



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“REHABILITACIÓN DE LOS KITS RETORTA DEL LABORATORIO
DE PETROFISICA”**

PROYECTO DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN PETRÓLEO

Presentado por:

BORIS ADRIAN MENDOZA RISCO

ROBERTO DANIEL RUIZ PAREDES

GUAYAQUIL- ECUADOR

2018

DEDICATORIA

A mis padres, que han sido mis guías espirituales, mi motivación y mi ejemplo a lo largo de mi vida.

A mis hermanos y mi novia, que con su amor han sabido incentivar me a superarme siempre y dar lo mejor de mí.

A mis amigos y familiares, que han estado conmigo en los buenos y malos momentos, y nunca me han defraudado.

Boris Adrián Mendoza Risco.

DEDICATORIA

A Dios, por otorgarme la vida, por guiarme en cada paso que doy y reconfortar mi corazón e iluminar mi mente.

A mis padres, por apoyarme en todo momento, por sus valores, consejos e infinita motivación la cual me ayudo a ser una persona de bien, pero más que ninguna otra cosa, por su amor. Y a todas las personas que han sido mi apoyo y compañía durante todo mi periodo de estudio.

Roberto Daniel Ruiz Paredes

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres, profesores, amigos y compañeros de la carrera, por guiarnos a ser unos buenos profesionales cada día.

A nuestra querida universidad ESPOL en donde nos formamos profesionalmente.

Boris Adrián Mendoza Risco

Roberto Daniel Ruiz Paredes

TRIBUNAL DEL PROYECTO

**M.Sc. Xavier Vargas Gutiérrez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

**M.Sc. Danilo Arcentales Bastidas
DIRECTOR DE MATERIA INTEGRADORA**

**M.Sc. Fernando Sagnay Sares
MIEMBRO EVALUADOR**

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

Boris Adrián Mendoza Risco

Roberto Daniel Ruiz Paredes

RESUMEN

El presente trabajo presenta la rehabilitación de los Kits Retorta del laboratorio de petrofísica para usarlo en el cálculo de porcentajes de petróleo, agua y sólidos presentes en una muestra de fluido de perforación. El equipo pertenece al Laboratorio de Petrofísica de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.

En el Capítulo 1 se describen los conceptos básicos de la industria petrolera y de los fluidos de perforación en una introducción del proyecto, también hay una revisión de los antecedentes, se plantea el problema, la metodología y los objetivos a cumplirse.

En el Capítulo 2 tenemos el marco teórico referente al área en que se enfoca el proyecto que es perforación de pozos de petróleo. En este capítulo se precisa la información referente al equipo basándonos en información publicada por el fabricante

En el Capítulo 3 se desarrolla la metodología correspondiente a la rehabilitación del equipo la cual consta de una parte experimental y otra de cálculos. En la parte experimental se realizará un análisis del equipo, se efectuarán las reparaciones y se probará el funcionamiento del equipo.

En el Capítulo 4 se realiza los cálculos del experimento con distintos tipos de fluidos de perforación, se los analizan los resultados y se procede a elaborar las prácticas de laboratorio.

En el Capítulo 5 se muestran las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	IV
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.....	V
DECLARACIÓN EXPRESA	VI
RESUMEN.....	VII
ÍNDICE GENERAL	IX
ABREVIATURAS	XIII
SIMBOLOGÍA	XV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
ÍNDICE DE TABLAS	XIX
CAPÍTULO 1	XX
INTRODUCCIÓN.....	XX
1.1. Preámbulo	19
1.2. Planteamiento del problema.....	21
1.3. Hipótesis.....	21
1.4. Objetivos	22

1.4.1. Objetivo General	22
1.4.2. Objetivos Específicos.....	22
1.5. Metodología de estudio	23
CAPÍTULO 2	19
DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.....	19
2.2. Laboratorio de Petrofísica	20
2.1.1. Equipos principales para Petrofísica.....	21
2.1.2. Equipos principales para fluidos del yacimiento	24
2.1.3. Equipos principales para fluidos de perforación.....	27
2.2. Fluidos de Perforación.....	29
2.2.1. Fluidos de perforación Acuosos	31
2.2.2. Fluidos de perforación no Acuosos	33
2.2.3. Funciones del fluido de perforación	35
2.2.3.1. Retirar los recortes o sólidos del pozo.....	35
2.2.3.2. Rotación de la columna de perforación	36
2.2.3.3. Control de las presiones de formación	37
2.2.3.4. Suspensión y descarga de recortes	39
2.2.3.5. Taponamiento de las formaciones permeables	41
2.2.3.6. Mantenimiento de la estabilidad del agujero.....	43
2.2.3.7. Minimización de los daños a la formación	44
2.2.4. Circulación del lodo de perforación.....	45
2.2.4.1. Recortes o sólidos de perforación	47

2.2.4.2. Control de los sólidos en lodos de perforación	48
CAPÍTULO 3	60
METODOLOGIA	60
3.1. Equipo Kit Retorta de petróleo y agua.....	61
3.1.1. Partes del Kit Retorta y sus condiciones.....	63
3.2. Procedimiento de operación.....	73
3.3. Estado de los equipos y de sus componentes	76
3.4. Rehabilitación del equipo y de sus componentes.....	82
3.5. Validación del equipo	86
3.5.1. Método normalizado	87
CAPÍTULO 4	90
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	90
4.1. Cálculos	91
4.2. Resultados	91
4.3. Ensayos.....	92
4.3.1. Ensayos y resultados con lodo de perforación KiaShield de la marca MISWACO una compañía de Schlumberger, con todos los Kits retorta de petróleo y agua.....	98
CAPÍTULO 5	104
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104

5.1. Conclusiones..... ¡Error! Marcador no definido.

5.2. Recomendaciones..... ¡Error! Marcador no definido.

BIBLOGRAFÍA

ANEXOS

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FICT	Facultad de ingeniería en ciencias de la tierra
API	Instituto Americano de Petróleo
BSW	Contenido de agua y sedimentos
ROP	Tasa de penetración
MWD	Mediciones durante la perforación
LWD	Registros durante la perforación
Ft	Pies
Psi	Libras por pulgadas cuadradas
Psig	Libras por pulgadas cuadradas en manómetros
COF	Coefficiente de fricción
DI	Diámetro interno
Cm	Centímetros
AC	Corriente alterna

NE	No existe
A	Amperios
V	Voltios
IEC	Comisión electrotécnica internacional
ISO	Organización internacional de normalización
ML	Mililitros
Vo	Volumen de aceite
Vw	Volumen de agua
Vs	Volumen de solidos

SIMBOLOGÍA

Ph	Medida de acidez de un fluido
S/N	Sin número
%	Porcentaje
CO ₂	Dióxido de carbono
H ₂ S	Ácido sulfhídrico
° C	Grados centígrados

ÍNDICE DE FIGURAS

Comentado [X1]: HAY UN DESFASE DE UNA PÁGINA, CORREGIR

Figura 2.1	Cortadora de núcleos.....	21
Figura 2.2	Permeámetros	22
Figura 2.3	Equipo de presión capilar.....	22
Figura 2.4	Horno de secado.....	23
Figura 2.5	Bomba de vacío	24
Figura 2.6	Centrifuga	25
Figura 2.7	Viscosímetro Saybolt	25
Figura 2.8	Mezcladora de lodos.....	26
Figura 2.9	Kit retorta de aceite y agua	26
Figura 2.10	Viscosímetro de lectura directa Fann.....	28
Figura 2.11	Filtro prensa API	28
Figura 2.12	Kit retorta de aceite y agua Fann	29
Figura 2.13	Gotas de aceite en una superficie de agua.....	34
Figura 2.14	Transporte de recortes de perforación hacia superficie... ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 2.15	Presiones en el subsuelo-Gradientes de presión..... ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 2.16	Asentamiento de recortes en pozos desviados ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 2.17	Contacto de Fluido de Perforación con espacios porosos de formación..... ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 2.18	Circulación del lodo de perforación.....	47
Figura 2.19	Rangos recomendados de sólidos en lodos base agua.....	50

Figura 3.1	Kit retorta de aceite y agua	61
Figura 3.2	Componentes de kit retorta.....	63
Figura 3.3	Carcasa del kit retorta	64
Figura 3.4	Cilindro graduado o copa.....	65
Figura 3.5	Termostato del kit retorta	66
Figura 3.6	Cámara de destilación	67
Figura 3.7	Cilindro de destilación.....	68
Figura 3.8	Lana de acero.....	68
Figura 3.9	Tapa de medición	69
Figura 3.10	Cámara de lodo con tapa.....	70
Figura 3.11	Cable de poder de un Kit	71
Figura 3.12	Componentes internos del kit retorta	72
Figura 3.13	Procedimientos de operación.....	75
Figura 3.14	Enchufe polarizado	82
Figura 3.15	Tomacorriente polarizado	83
Figura 3.16	Cable multipolar 3x12 AWG.....	83
Figura 3.17	Enchufe unido con cable.....	84
Figura 3.18	Bloque de yeso aislados de calor	84
Figura 3.19	Tapas de medición de acero inoxidable.....	85
Figura 3.20	Vista de los componentes internos del kit retorta.....	86
Figura 4.1	Resultado de ensayo 1 kit 1.....	92
Figura 4.2	Resultado de ensayo 1 kit 2.....	93
Figura 4.3	Resultado de ensayo 1 kit 3.....	94
Figura 4.4	Resultado de ensayo 1 kit 4.....	95

Figura 4.5 Resultado de ensayo 2 kit 1.....	96
Figura 4.6 Kit retorta con lodo de perforación MI SWACO.....	97
Figura 4.7 Resultado de ensayo 1 kit 5.....	97
Figura 4.8 Estudiantes, tesistas y profesor en el laboratorio de Petrofísica junto a los 5 Kits retorta	98
Figura 4.9 Resultado de ensayo 2 kit 1.....	99
Figura 4.10 Resultado de ensayo 2 kit 2.....	100
Figura 4.11 Resultado de ensayo 2 kit 3.....	101
Figura 4.12 Resultado de ensayo 2 kit 4.....	102
Figura 4.13 Resultado de ensayo 2 kit 5.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Criterios a considerar para escoger el tipo de fluido.....	32
Tabla II. Categoría de sólidos de acuerdo con el tamaño	51
Tabla III. Condición de los componentes del kit 1	77
Tabla IV. Condición de los componentes del kit 2.....	78
Tabla V. Condición de los componentes del kit 3.....	79
Tabla VI. Condición de los componentes del kit 4.....	80
Tabla VII. Condición de los componentes del kit 5.....	81
Tabla VIII. Datos de laboratorio para el funcionamiento del equipo	87
Tabla IX. Condiciones para la repetibilidad	88

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN

1.1. Preámbulo

Desde los inicios de la perforación petrolera, la petrofísica ha desempeñado un papel fundamental al momento de determinar las posibles ubicaciones donde perforar los pozos. Los lugares en donde se halló petróleo por primera vez fueron relacionados con estructuras geológicas llamadas anticlinales. Los primeros experimentos petrofísicos fueron realizados en laboratorios en los cuales se determinó inicialmente una relación entre porosidad, resistividad y saturación de agua de los yacimientos del subsuelo.

La Escuela Superior Politécnica del Litoral desde sus inicios a finales de los años cincuenta (Enriquez, 1958), cuenta con la carrera de Ingeniería en Petróleo (inicialmente unida con la carrera de Ingeniería en Minas), al considerar la importancia del petróleo para el desarrollo económico del Ecuador. Cuando la ESPOL se trasladó al Campus Prosperina, se construyeron las instalaciones del actual Laboratorio de Petrofísica en el bloque 20D de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (FICT, 2017).

La petrofísica está enfocada en caracterizar los yacimientos y obtener toda la información acerca de las rocas y los fluidos que estas contienen; para lo cual se usa una serie de métodos y correlaciones en el proceso de recolección e interpretación de datos.

Los primeros pozos petroleros fueron perforados usando el método de percusión, que consistía en martillar una herramienta sujeta a un cable. La perforación petrolera alcanzó mayores proporciones al incorporar el método giratorio y en el cual era indispensable tener un fluido capaz de suavizar la roca y mover fragmentos de roca triturada. Inicialmente se usaba una mezcla barrosa y viscosa de agua y arcilla, de donde se tomó el nombre de lodo de perforación. Conforme aumentaba la profundidad de perforación, aumentaba la importancia del fluido de perforación, llegando a convertirse el elemento más importante del proceso. El lodo de perforación actualmente es un fluido preparado con materiales químicos, circulando en circuito dentro del agujero por el interior de la tubería, impulsado por bombas y finalmente, devuelto a la superficie por el espacio anular.

Dado que el fluido de perforación es el componente de mayor importancia en los trabajos de perforación y que de este depende el éxito de la perforación. Para esto el Instituto Americano de Petróleo (con sus siglas en inglés API) ha desarrollado una serie de pruebas básicas para determinar la calidad del fluido de perforación como son: Densidad del lodo, Tasa de Filtración, Porcentaje de Líquidos y Sólidos, Viscosidad y Resistencia de Gel, Embudo de Marsh, Viscosímetro. El laboratorio de Petrofísica de la FICT cuenta con los equipos necesarios y operativos para realizar estas pruebas, con

excepción del kit Retorta de Aceite y Agua, el laboratorio tiene 5 de estos kits, los cuales no están operativos y son necesarios para realizar la prueba de cálculo de Porcentajes de Líquidos y Sólidos en los fluidos de perforación.

1.2. Planteamiento del problema

La facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra cuenta con el laboratorio de Petrofísica, el cual posee equipos que en el transcurso de los años no han recibido el mantenimiento adecuado. El problema radica en que de las cinco unidades de retorta de agua y petróleo que existen en el laboratorio, ninguna se encuentra operativa, lo que imposibilita que los estudiantes puedan realizar una de las pruebas estándares API para fluidos de perforación, como lo es la prueba de retorta para conocer el porcentaje de agua, aceite y sólidos.

1.3. Hipótesis

La facilidad de los estudiantes universitarios que usan el laboratorio de Petrofísica de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de familiarizarse con los lodos de perforación y sus componentes será accesible, ya que este equipo se utiliza para determinar la cantidad de líquidos y sólidos en un fluido de perforación.

Los Kits proporcionan un método para medir el porcentaje (%) de aceite y agua, sólidos suspendidos y disueltos contenidos en una muestra de lodos de perforación. El conocimiento de las proporciones de aceite, agua, y el contenido sólido es fundamental para el control adecuado de las propiedades del lodo en base aceite o agua, propiedades como: geología, densidad, filtración, y la salinidad. Determinar los sólidos en fluidos de perforación es esencial para la evaluación de los equipos de control de la viscosidad y sólidos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Rehabilitar y poner operativos los Kits de Retorta de Aceite y Agua Fann.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Conocer la importancia de los fluidos de perforación en la industria petrolera.
- Inspeccionar los kits Retorta de Aceite y Agua y sus distintos componentes para saber su estado inicial.
- Reparar o sustituir los componentes de los equipos que se encuentren en mal estado, de acuerdo con las recomendaciones técnicas del fabricante.

- Elaborar prácticas de laboratorio de petrofísica, con varias muestras de fluido de perforación usando los equipos para testearlo.
- Validar la rehabilitación de los equipos a través de métodos cuantitativos de validación, con el fin de otorgar un equipo eficiente al laboratorio de Petrofísica.
- Realizar prácticas de laboratorio de los equipos rehabilitados con los estudiantes de la materia Perforación

1.5. Metodología de estudio

Los laboratorios de petróleo en las universidades que poseen la carrera Ingeniería de petróleo indudablemente deben tener horas prácticas con equipos que simulen las actividades hidrocarburíferas de los campos, en este caso, la actividad es la perforación. En laboratorios es de suma importancia analizar fluidos de perforación para medir sus propiedades físicas, químicas y geológicas.

Las prácticas con los kits de retorta son pruebas estándares API para el análisis de fluidos de perforación en base agua y aceite, las cuales se realizan con equipos como los que se rehabilitarán. La prueba consiste en calentar hasta vaporizar los componentes líquidos de una muestra meticulosamente medida. Estos vapores se condensan en

una cámara de enfriamiento y se recogen en una probeta graduada. Los volúmenes de agua y aceite se leen directamente en porcentajes. El porcentaje de sólidos, tanto suspendidos y disueltos, se calcula restando el volumen de líquido final del total del volumen inicial de líquido total. Por lo tanto, la rehabilitación y la validación de los equipos aportan al laboratorio de petrofísica y a la universidad una importante práctica, para analizar lo estudiado teóricamente en las áreas de perforación de pozos, tratamiento químico y producción petrolera.

CAPÍTULO 2
DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

2.2. Laboratorio de Petrofísica

Los laboratorios de Petrofísica son claves en la industria petrolera, ya que la industria avanza su desarrollo experimental, basándose en las matemáticas que aspiran a simular y caracterizar los procedimientos que se realizan dentro del reservorio, manejándose con datos que se obtienen mediante la sísmica, pruebas de producción, registros eléctricos y pruebas de laboratorio (Arcentales, 2015)

Las actividades prácticas en los laboratorios son fundamentales en la investigación, aprendizaje y enseñanza de la ingeniería de petróleos, ya que fundamenta la teoría captada en clases que no son prácticas, de esta forma los estudiantes relacionan la teoría de mejor manera con la práctica. En estos tiempos, laboratorios resultan muy útiles para que los estudiantes universitarios se familiaricen con los fenómenos físicos y químicos de la naturaleza, con las verificaciones o contradicciones de hipótesis y con la investigación científica.

Al usar el laboratorio de Petrofísica se deben cumplir normas de seguridad, normas del buen uso, normas de préstamo de equipos, normas del cierre del laboratorio y normas al realizar informe según la práctica realizada.

Los equipos del laboratorio están clasificados en tres partes. Las cuales son:

- Petrofísica
- Fluidos de perforación
- Fluidos de yacimientos

2.1.1. Equipos principales para Petrofísica

Estos equipos fueron creados en el objetivo de realizar análisis en muestras de rocas, de esta forma comprender la geología y propiedades de los yacimientos, como la saturación, porosidad, permeabilidad y presión capilar. Los equipos fundamentales se los enlista a continuación:

- Cortadora de núcleos



Figura 2.1 Cortadora de núcleos
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

- Balanza
- Permeámetros



Figura 2.2 Permeámetros
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

- Equipo de presión capilar



Figura 2.3 Equipo de presión capilar
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

- Condensador
- Dean Stark
- Extractor
- Horno de secado



Figura 2.4 Horno de secado
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

- Columna cromatográfica
- Bomba de vacío



Figura 2.5 Bomba de vacío
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

- Soporte Universal

2.1.2. Equipos principales para fluidos del yacimiento

Con estos equipos es posible determinar características de los fluidos del yacimiento como, la gravedad API, gravedad específica, flash point y BSW. Los equipos principales para determinar estas características son:

- Hidrómetro
- Horno
- Centrifuga



Figura 2.6 Centrifuga
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

- Flash Tester



Figura 2.7 Viscosimetro Saybolt
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

- Mezcladora de lodos



Figura 2.8 Mezcladora de lodos
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

- Kit Retorta de aceite y agua Fann



Figura 2.9 Kit retorta de aceite y agua
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

2.1.3. Equipos principales para fluidos de perforación

Por las facultades que brindan estos equipos es posible determinar características del fluido de perforación como, la densidad o peso del lodo de perforación, viscosidad, punto cedente, resistencia o fuerza de gel, filtrado API, Ph, porcentaje de arena, porcentaje de sólidos, porcentaje de líquido, dureza, cloruros, alcalinidad y solidos arcillosos. Los equipos para determinar estas características de los fluidos son:

- Balanza de lodos
- Embudo de Marsh
- Viscosímetro de lectura directa Fann



Figura 2.10 Viscosímetro de lectura Fann
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

- Filtro de prensa API



Figura 2.11 Filtro prensa API
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

- Kit de arena
- Kit retorta de aceite y agua Fann



Figura 2.12 Kit retorta de aceite y agua Fann
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

- Capsula de titulación

2.2. Fluidos de Perforación

En la industria petrolera, después de realizada la operación de exploración el próximo paso es la perforación, la misma supone una actividad rodeada de diversos desafíos y retos, debido a que los resultados obtenidos de los estudios de superficie y subsuelo

apenas son una visión previa de lo que nos depara este largo proceso hasta llegar a la producción y transporte de este.

Por su parte, durante la prospección se definirá si la formación que estamos perforando es potencialmente rentable o no, no obstante, se debe tomar en cuenta que el mismo requiere equipos y lodos específicos para ser usados, ya que sus características petrofísicas y geológicas difieren entre cada estrato o formación. Uno de los equipos usados en esta actividad es la sarta de perforación, pero este requiere de un fluido que le permita tanto moverse como remover los ripios generados por la barrena de perforación por tal razón se le conoce como fluido de perforación.

Escoger el lodo adecuado es otra laboriosa tarea, porque debe tomarse en cuenta factores como densidad, viscosidad y punto cedente los cuales no deben afectar la producción por tal razón en la presente practica se destacará lo que es fluido de perforación, tipos, viscosidad, densidad, tipos de arcilla y el rendimiento de la misma. Los fluidos de perforación se dividen en fluidos acuosos y no acuosos. (Marcano R., 2011)

2.2.1. Fluidos de perforación Acuosos

A medida que se perfora el subsuelo las operaciones se vuelven más complejas, la presión y la temperatura del pozo incrementan, por lo tanto, los fluidos de perforación también aumentan su grado de complejidad. Generalmente dependiendo del lugar de perforación se usan varios tipos de fluidos de perforación, los criterios a considerar para escoger el tipo fluido se muestran en la tabla 2.1.

Aplicación	Intervalo superficial - Intervalo intermedio - Intervalo productivo - Método de completación - Tipo de producción
Geología	Tipo de formación - Permeabilidad - Tipo de Lutita - Tipo de Arena
Agua	Tipo de agua - Concentración de cloruro - Concentración de Dureza
Problemas	Problemas con lutitas - Embolamiento de la broca - Embolamiento del conjunto de fondo - Tubería pegada - Pérdida de circulación - Arena agotadas
Equipo de Perforación	Localidad - Espacio en superficie - Capacidad de la mezcla - Bombas de lodo - Equipo de control de sólidos
Contaminación	Cemento - Sólidos - Sales - Anhidrita - Ácidos (CO ₂ , H ₂ S)
Datos de Perforación	Profundidad de acuíferos - Tamaño del pozo - Angulo del pozo - Torque - Arrastre - Velocidad de perforación - Peso del fluido de perforación - Temperatura

Tabla I. Criterios a considerar para escoger el tipo de fluido
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

2.2.2. Fluidos de perforación no Acuosos

Los fluidos de perforación no acuosos inicialmente usaban el crudo como fluido de perforación. Los usos de fluidos no acuosos tienen algunas ventajas, como:

- Lodo con propiedades más estables.
- Menor contaminación.
- Las arcillas no se hinchan.
- Menores problemas al perforar.
- Reduce el ensanchamiento del pozo.

Pero estos fluidos no acuosos presentan características despreciables en la industria, como:

- Inflamables.
- Contienen características que partes del equipo de perforación, como, por ejemplo: mangueras, rines y empaquetaduras.
- Tóxicos.
- No se degradan fácilmente.
- Flotan con el agua, de esta forma pueden moverse grandes distancias.

Con el tiempo se logró aprovechar las ventajas de los fluidos de perforación base aceite, minimizando sus desventajas.

Preparando fluidos de perforación en base agua, pero con emulsiones de aceite, los cuales contienen aproximadamente 15% de aceite emulsionado. Esta preparación no podría ser creada sin productos químicos que intervengan en la emulsificación. Los resultados de este tipo de fluido son la reducción de fricción entre el pozo y la columna de perforación.

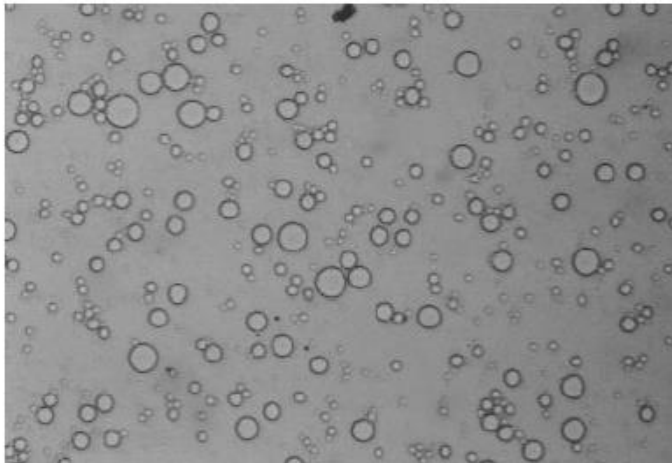


Figura 2.13 Gotas de aceite en una superficie de agua
Fuente: George P., 2008

2.2.3. Funciones del fluido de perforación

2.2.3.1. Retirar los recortes o sólidos del pozo

El proceso continuo de retirar los recortes o sólidos de perforación juntamente con la perforación, se lo hace principalmente para tener limpio el agujero y evitar restricciones en la perforación. Para que este proceso ocurra dentro de la columna perforada se propaga fluido de perforación, el fluido sirve de transporte para los sólidos hasta la superficie, este fluido de perforación baja por la tubería de perforación, pasando por la broca, la cual con la ayuda de toberas aumenta la presión de circulación, para luego elevarse por el espacio anular (Maldonado, 2016). Al retirar los recortes se debe tomar en cuenta:

- Tamaño y forma de los recortes
- Densidad y viscosidad de los recortes
- Velocidad del fluido circulado

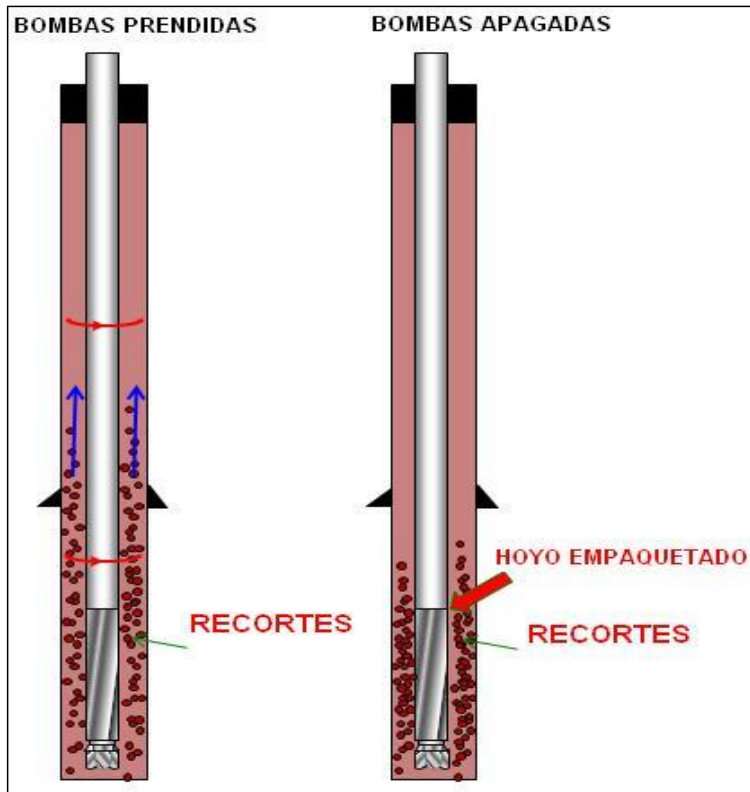


Figura 2.14 Transporte de recortes hacia superficie
Fuente: Mendoza L., 2009

2.2.3.2. Rotación de la columna de perforación

Este tipo de flujo de forma espiral ayuda a la remoción de los sólidos en la columna perforada, los recortes de perforación que se estacionan en las paredes de la columna en el cual la remoción

de los recortes es casi imposible, son movidos y llevados al espacio anular donde normalmente se está transportando los sólidos de perforación, esto sucede gracias a este efecto de rotación. Este tipo de fluido es muy usado en pozos horizontales. (Palacios, 2010)

2.2.3.3. Control de las presiones de formación

El control o manejo de las presiones de formación quiere decir que no existe ni un solo flujo de fluidos que no esté controlado dentro del pozo.

Para tener una operación de perforación segura es indispensable controlar las presiones de formación. Mientras se aumenta la profundidad en la perforación la presión de formación aumenta, por lo tanto, se debe aumentar la densidad de los fluidos de perforación para estabilizar las paredes del pozo, en fluidos de perforación en base agua se agrega barita para elevar la densidad.

La presión hidrostática del fluido de perforación debe ser igual o mayor a la presión de los fluidos de formación, con esto se evita que los fluidos de formación fluyan hacia el pozo. La presión hidrostática, es la presión que se da por la columna de fluido cuando se encuentra en condiciones estáticas. (Maldonado, 2016)

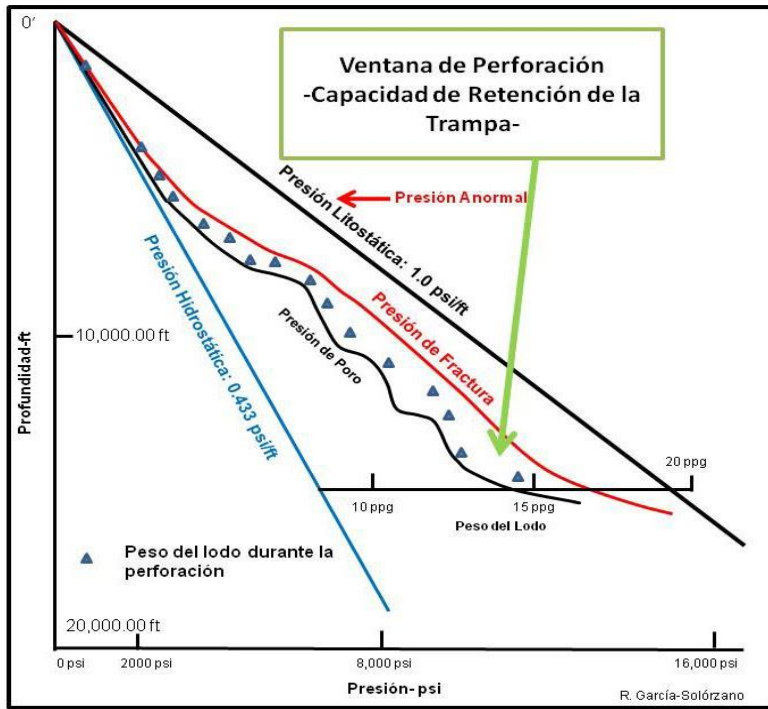


Figura 2.15 Presiones en el subsuelo-Gradientes de presión
Fuente: García R., 2011

2.2.3.4. Suspensión y descarga de recortes

Suspender los recortes de perforación teniendo en cuenta muchas condiciones es una de las funciones de los fluidos de perforación. Al sedimentarse los sólidos en condiciones estáticas, se forman cuerpos que bloquean la columna de perforación.

causando atascamiento de la tubería de perforación con las paredes del pozo y por lo tanto también pérdida de circulación de fluido y más sedimentación de sólidos. Por esto se debe controlar de las propiedades que ayudan el transporte de los sólidos y propiedades de los fluidos de perforación, los cuales suspenden los sólidos. Se tiene un control eficiente cuando en superficie, se tratan los fluidos de perforación contaminados por recortes, estos recortes descomponerse en partículas muy pequeñas para que facilitar el flujo y evitar los problemas mencionados anteriormente. (Maldonado, 2016)

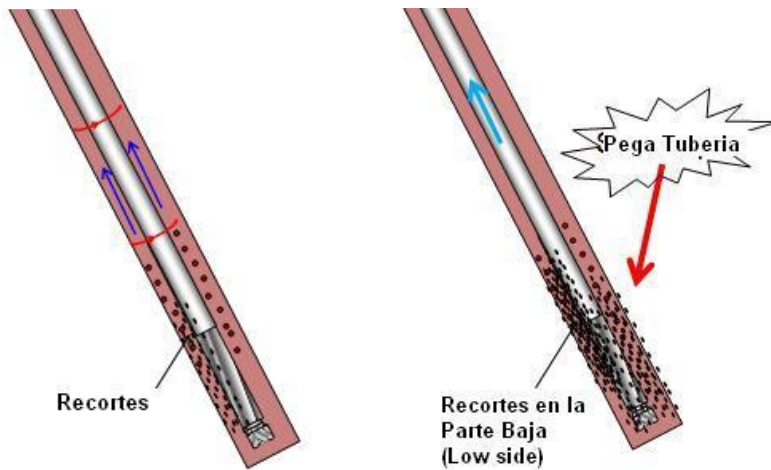


Figura 2.16 Asentamiento de recortes en pozos desviados
Fuente: Mendoza L., 2009

2.2.3.5. Taponamiento de las formaciones permeables

Si la presión de formación es menor a la presión en la columna perforada, los fluidos de control entran a la formación, creándose paredes de sedimentos paralelas a la pared del pozo. Estas paredes son de baja permeabilidad y tienen el objetivo de prevenir exceso de filtración. Lo cual ayuda a la estabilidad en las paredes del pozo mientras se perfora y en futuras operaciones como producción o rehabilitación de pozos. Los

inconvenientes comunes que se dan cuando existe filtración de fluidos de perforación en las formaciones son:

- Daños a la formación
- Merma en la circulación
- Elevados valores de arrastre y torque
- Deficientes registros

Cuando las formaciones son altamente permeables, el volumen de los fluidos de control o perforación completo suelen entrar a la formación. Si esto sucede, se necesita agentes químicos que ayudan a aislar las grandes gargantas de poros, consiguiendo una especie de sello en la cara de la formación. Según el poro más grande de la formación se elige el agente y debe ser del mismo tamaño que la mitad del poro de mayor tamaño. Normalmente están compuestos de celulosa molida, carbonato de calcio. También ayudan a formar el sello en la formación aditivos muy usados como la Bentonita. (Castro, 2013)

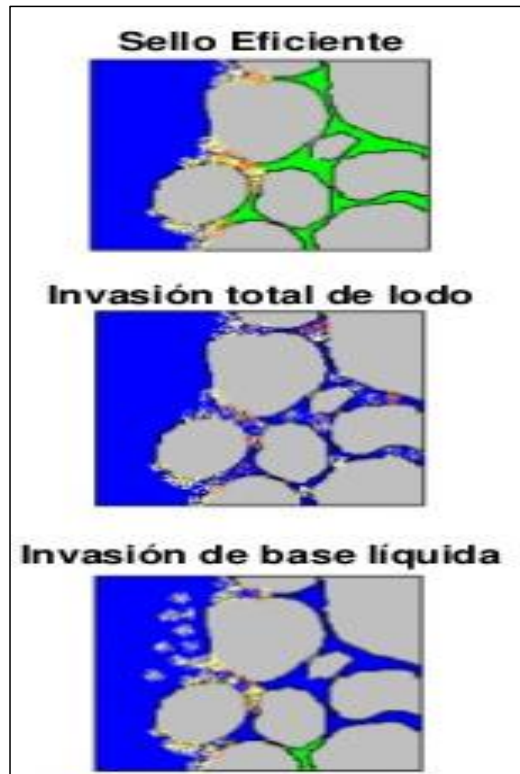


Figura 2.17 Contacto de Fluido de Perforación
Fuente: Grupo NOUS, 2010

2.2.3.6. Mantenimiento de la estabilidad del agujero

Las características y propiedades químicas de los fluidos de perforación representan puntos importantes, para el equilibrio en la columna perforada, normalizando factores físicos como las presiones y esfuerzos según la composición

química del fluido. Los fluidos de perforación cumplen la función de estabilizar la columna perforada hasta que se proceda al trabajo de cementación en la tubería de revestimiento. El peso del lodo, independientemente de su composición física debe ser mayor al peso de los fluidos de formación.

Cuando el pozo se lo considera inestable, ocurren derrumbes de formaciones inestables, bloqueando el espacio anular y minimizando la circulación del fluido de perforación y futuras malas operaciones, como la cementación. (Palacios, 2010)

2.2.3.7. Minimización de los daños a la formación

Una de las principales causas de la baja productividad en los yacimientos, ocurren por los daños de formación. La mala circulación del fluido de perforación o el mal tratamiento en superficie, como la falta de filtrado de los sólidos de arrastre de la columna perforación, llegan a reducir la porosidad natural en las formaciones de interés. El daño de formación se lo determina algunas veces

por caídas de presiones durante la producción del pozo. (Palacios, 2010)

A continuación, se mencionan mecanismos que causan daños de formación:

- Migración de los sólidos que arrastra el fluido de perforación hacia la formación, tapando los poros del yacimiento.
- Minimización de la permeabilidad por el agrandamiento de arcillas de la formación.
- Incompatibilidad entre el lodo de perforación y los fluidos de formación.
- Creación de emulsiones entre el lodo de perforación y los fluidos de formación.

2.2.4. Circulación del lodo de perforación

Sin motores y sus respectivas bombas el lodo no puede circular en la columna perforada, por lo que a estos equipos se los denomina el eje de la circulación del lodo de perforación, estos equipos pueden funcionar con combustibles como el gas,

diésel, gasolina o electricidad dependiendo de su fabricante y las condiciones energéticas, elevan presiones y caudales que se necesitan para bombear el fluido hasta el fondo de la perforación.

Los lodos de perforación están almacenados en un tanque a presión atmosférica, al llegar a la succión de la bomba y salir por la descarga se elevan las presiones, el lodo de perforación pasa por una tubería ubicada junto a la torre de perforación, pasa por el equipo de rotación el cual puede ser, Kelly o top drive, para luego introducirse en la columna perforada hasta llegar a la broca, donde se reduce el paso del lodo y por lo tanto se eleva las presiones ocasionando una inyección de alta velocidad que golpea la roca y limpia el fondo del pozo, después de esto sube por el espacio anular, recogiendo sólidos triturados por la broca. (Palacios, 2010)

El esquema de la circulación del lodo se muestra en la figura 2.18.

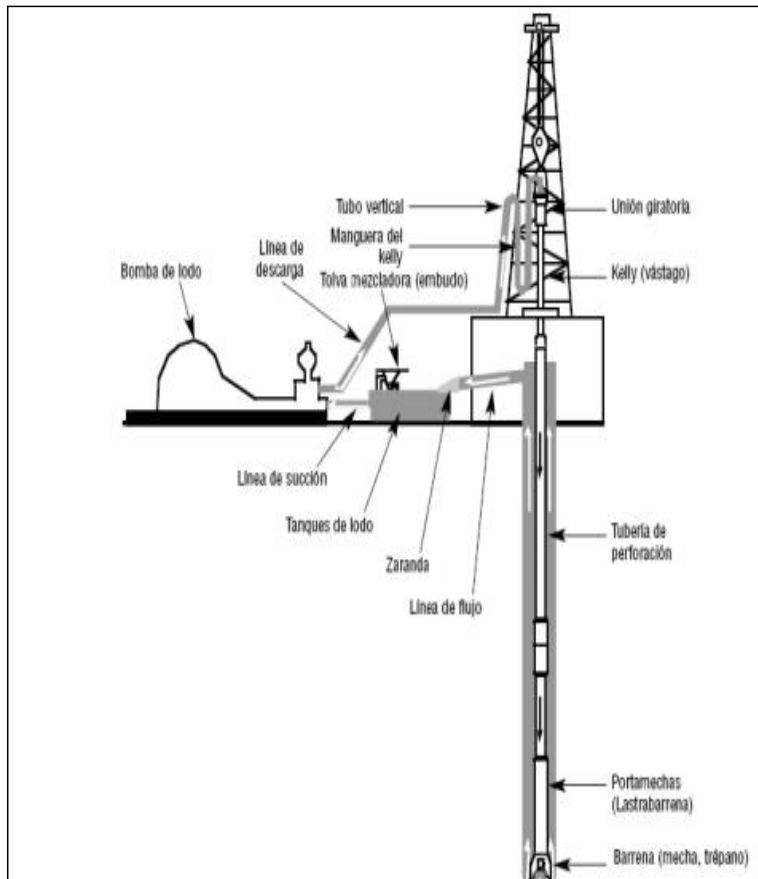


Figura 2.18 Circulación del lodo de perforación
Fuente: Palacios S, 2010.

2.2.4.1. Recortes o sólidos de perforación

Pequeños pedazos de roca las cuales son trituradas por la barrena o broca. Aproximadamente el 90% de

estos sólidos son filtrados en zarandas vibratorias, gracias a esto, los sólidos son estudiados para determinar sus características como: tamaño, forma, textura, color, presencia de hidrocarburos y gas. U otras características que el ingeniero encargado quisiera conocer. (Schlumberger, 2017)

2.2.4.2. Control de los sólidos en lodos de perforación

Para determinar las características físicas y químicas de los lodos que llegan a superficie luego de circular por la columna perforada, es necesario conocer los tipos y las cantidades de sólidos que contiene el lodo. El costo del tratamiento que se le da al lodo en superficie es elevado dependiendo de los volúmenes de sólidos filtrados, por esto el costo de control de sólidos es un valor importante en el presupuesto de las perforaciones.

Los recortes pueden perjudicar el proceso de perforación influyendo en el conjunto de fondo, presiones de surgencia y pintoneo, velocidades de perforación, estabilidad de las paredes del pozo, partes de la broca y bomba en superficie.

Gracias a los aditivos químicos que se agregan a los lodos de perforación se puede obtener propiedades deseadas, para elevar el rendimiento en las perforaciones. Los sólidos que normalmente son difíciles de eliminar y afectan de forma negativa a los lodos de perforación y a los componentes y equipos de perforación son las rocas y arcillas de bajo rendimiento, por esa razón a estos sólidos se los denomina contaminantes constantes en la circulación de lodos.

La separación de los recortes o sólidos en el aspecto de control en la circulación de lodos es una de las más importantes, por el impacto directo y continuo en la eficiencia de las perforaciones. (Palacios, 2010))

Entre los equipos y procesos para el control o separación de sólidos existen:

- Sedimentación
- Zaranda
- Hidrociclones
- Centrífugas rotativas

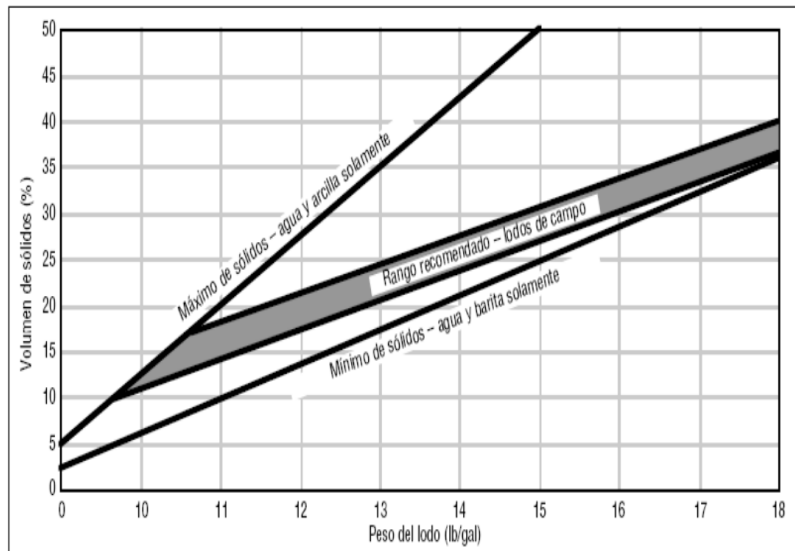


Figura 2.19 Rangos recomendados de sólidos en lodos base agua
Fuente: Palacios S, 2010.

2.2.4.3. Tamaño de partículas

Las partículas que lleva a superficie los lodos de perforación luego de circular por la columna perforada son de diferentes tamaños, pueden ser arcillas demasiado pequeñas, desde 1/25400 de pulgada o menos (micrón), hasta más de una pulgada o 25400 (micrones). (Palacios, 2010)

Según el tamaño los recortes de perforación están categorizados y se los puede ver en la siguiente tabla.

Categoría	Tamaño	Ejemplo
Grava	Mas de 2000 μ	Sólidos perforados, Grava
Arena	74 - 2000 μ	Sólidos perforados y Arena
Limo	2 - 74 μ	Sólidos perforados finos, Limo y Barita
Coloidal	2 μ o menos	Sólidos ultrafinos, Bentonita y Arcillas

Tabla II. Categoría de sólidos de acuerdo con el tamaño

Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

La categorización por tamaños de la tabla 2.2 no toma en cuenta la composición del material. Por ejemplo, en el grupo de limo puede estar agrupada partículas de arena fina, lutitas, barita y carbonatos finos. En arena pueden estar incluidos carbonatos, lutitas, recortes, sólidos de pérdida de circulación y barita fina.

CAPÍTULO 3
METODOLOGIA

3.1. Equipo Kit Retorta de petróleo y agua



Figura 3.1 Kit retorta de aceite y agua
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

El kit de retorta de aceite y agua fue creado para determinar con facilidad los porcentajes de aceite, agua y en el caso de existir sólidos en los lodos de perforación y para determinar el porcentaje de sólidos o agua en las cantidades de aceite tomadas para muestras o para calcular la saturación de aceite y agua en los núcleos captados de una zona de interés del subsuelo.

Los Kits retorta trabajan a altas temperaturas con electricidad, su temperatura es controlada con un termostato, el cual sirve como un

pequeño componente de control y seguridad para proteger el equipo y evitar que alcance temperaturas altas no deseadas, el termostato, abre y cierra los circuitos eléctricos dependiendo de la temperatura con la que se trabaja. El termostato cierra el circuito a una temperatura anticipada de: $498\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 21^{\circ}$ o $930\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 70\text{ }^{\circ}$ conforme las normas API. La potencia eléctrica se la puede usar con una combinación de 115/12 voltios lo cual se la puede obtener de la batería de un vehículo pequeño.

Estos equipos se los presenta en cajas de aluminio fáciles de transportar de tamaño 24 cm x 22 cm x 43 cm o 9.5" x 8.5" x 1.7" con un peso de 12.8 kg o 12.85 lb. (Fann Instrument Company, 2011)

El número de equipos, kit retorta de petróleo y agua son 5. De los cuales todos se van a rehabilitar y validar.

3.1.1. Partes del Kit Retorta y sus condiciones

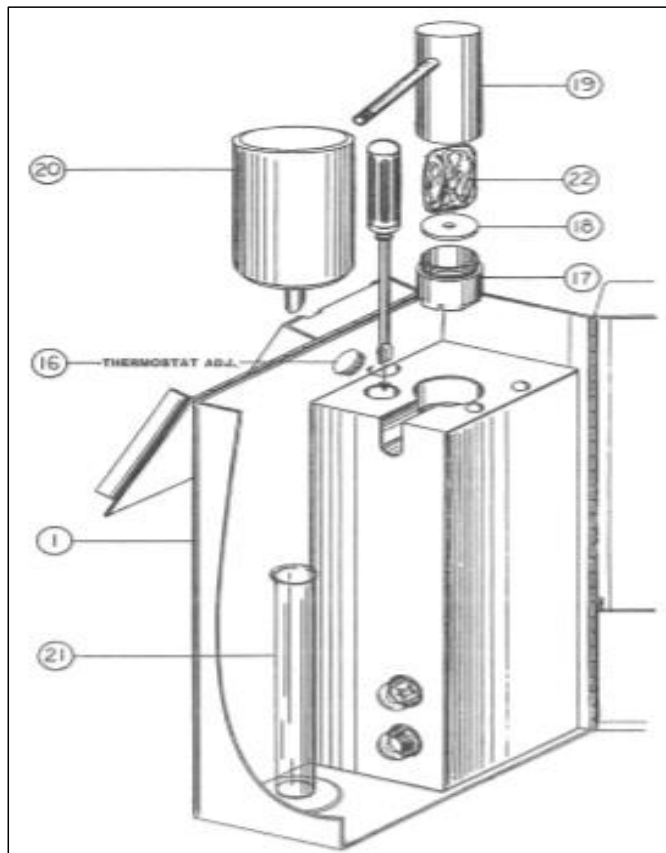


Figura 3.2 Componentes de kit retorta
Fuente: Fann Instrument, Co., 2009

El kit retorta petróleo y agua mostrado en la figura 3.2 permite visualizar los componentes de mayor tamaño en el equipo, los cuales son:

Carcasa de aluminio: Carcasa que en su interior posea todas las partes del equipo de retorta. **Condición:** En buena condición, 5 de 5 equipos



Figura 3.3 Carcasa del kit retorta

Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

(21) Cilindro graduado de 10 ml (10 cm³): Cilindro para depositar lodos de perforación. **Condición:** Mala condición, 5 de 5 equipos.



Figura 3.4 Cilindro graduado o copa
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

(16) Termostato: Abre y cierra los circuitos eléctricos dependiendo de la temperatura con la que se trabaja. **Condición:** Buena condición, 5 de 5 equipos.

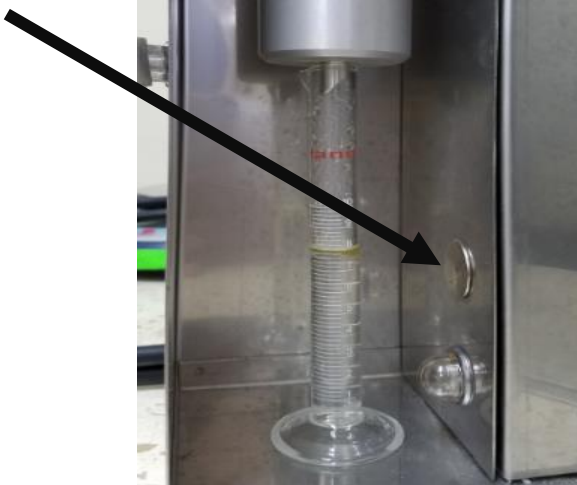


Figura 3.5 Termostato del kit retorta
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

(20) Cámara de destilación o condensador: Componente en el cual se van a separar los sólidos de los fluidos. **Condición:** Buena condición, 5 de 5 equipos.



Figura 3.6 Cámara de destilación
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

(19) Cámara de ebullición: Es el componente que estará más expuesto a altas temperaturas contiene el componente (22) lana de acero. **Condición:** Mala condición, 5 de 5 equipos.



Figura 3.7 Cilindro de destilación
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

(22) **Lana de Acero:** Sirve como filtro o malla para evitar el paso de sólidos. **Condición:** Extraviado, 5 de 5 equipos



Figura 3.8 Lana de acero
Fuente Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

(18) Tapa de medición: Es el componente que se lo ubica entre la cámara de destilación y el cilindro graduado, ayuda a que la muestra de fluido no se pase de su medida (10 ml). **Condiciones:** Mala condición, 3 de 5 equipos y 2 de 5 equipos no extraviados.



Figura 3.9 Tapa de medición
Fuente: Ruíz, R., Mendoza, B., 2018

(17) Cámara de lodo de perforación con tapa: Cilindro para depositar lodos de perforación. **Condición:** Mala condición, 5 de 5 equipos.



Figura 3.10 Cámara de lodo llena
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

Cable de la fuente de poder: Sirve como transporte de energía, desde un tomacorriente de 110V, hacia el equipo rehabilitado

Condiciones: Extraviado, 5 de 5 equipos.



Figura 3.11 Cable de poder de un Kit
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

A continuación, se muestran los componentes más pequeños del kit retorta.

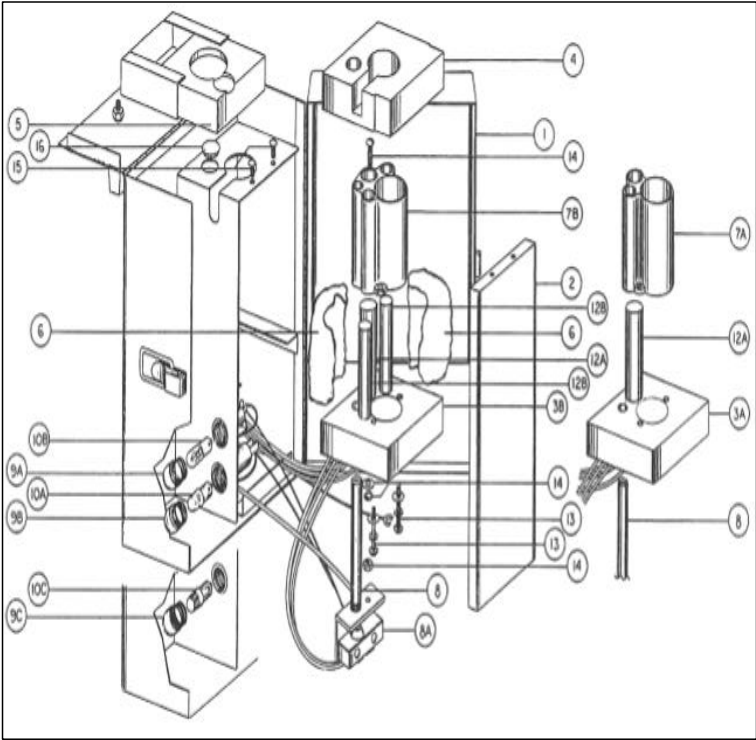


Figura 3.12 Componentes internos del kit retorta
Fuente: Fann Instrumente. Co., 2009

(5) Bloque Aislador: Aísla el calor de varios componentes.

(15) Tornillos: Componentes que sirven para fijar o sostener alguna parte del equipo.

(6) Aislamiento (1lb): Aísla el calor de varios componentes.

(10), (10B), (10C) Bombillos indicadores de temperatura: Luces que se apagan cuando la retorta llega a una temperatura determinada.

(2) Cubierta: Parte de la carcasa del equipo

(14) Tornillos: Tornillos para asegurar el montaje del termostato.

(3) Estante: Componente para sostener las partes (12A) y (12B).

(12A), (12B), (12C) Calentadores: Componentes fundamentales los cuales elevan la temperatura al equipo.

3.2. Procedimiento de operación

- Previo a su uso la retorta debe ser preparada para recibir la muestra de fluido por lo que se debe realizar un proceso de limpieza con la espátula, para eliminar cualquier traza de sólidos adherida a la cámara de lodo (17) o a su tapa (18); y de

lubricación de la rosca con la crema lubricante, para evitar la pega de los hilos.

- Rellenar la cámara de ebullición (19) con una cantidad considerable de lana de acero (22).
- Llenar hasta el tope la cámara de lodo (17) con la muestra de lodo y tapar, permitiendo que el exceso de fluido se escape por el agujero central de la tapa (18). Limpiar los excesos de fluido derramado.
- Ensamblar la cámara de lodos (17) con la cámara de ebullición (19), evitando derramar fluido.
- Ensamblar la retorta con el condensador (20). E introducir la retorta dentro del calentador.
- Humectar la probeta graduada con el líquido humectante y colocar debajo del condensador.
- Encender conectando el cable de poder a una fuente de poder de 110 voltios AC.
- Esperar 20 minutos para que la destilación pueda ser completada.
- Leer el volumen de aceite y agua de la muestra.

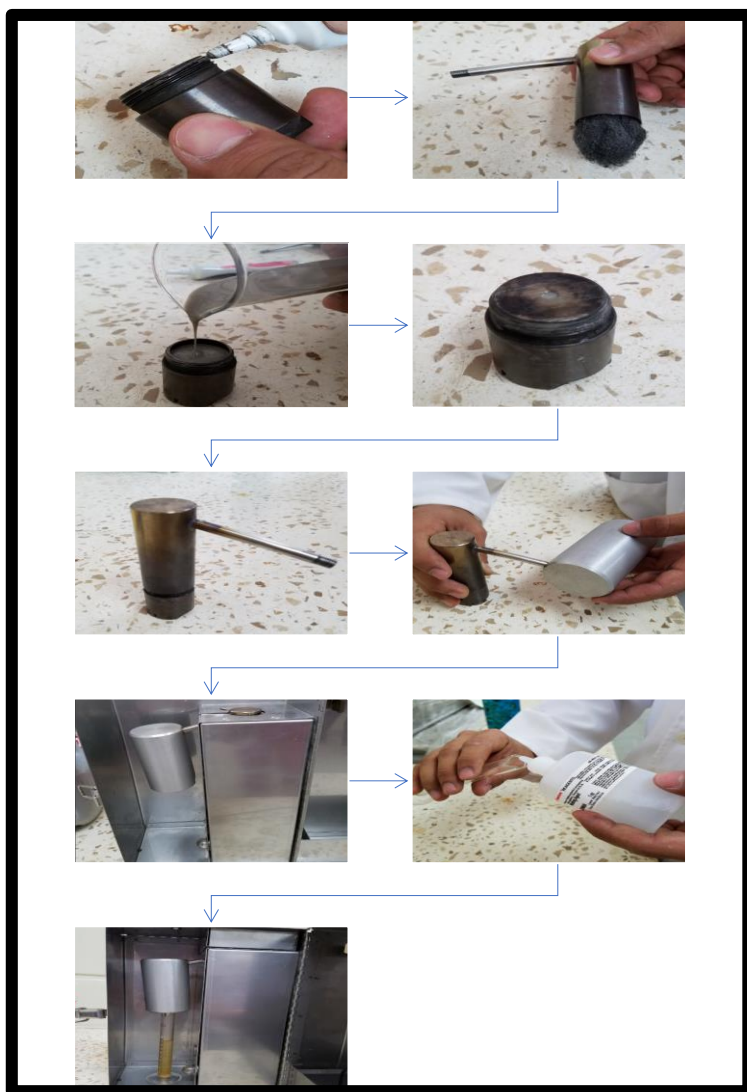


Figura 3.13 Procedimientos de operación
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

3.3. Estado de los equipos y de sus componentes

Los equipos al estar encerrados dentro de una caja de acero inoxidable que es su cubierta exterior se conservaban muy bien a pesar de no haber recibido mantenimiento alguno, pero todos presentaban una característica similar a simple vista ninguno contaba con el cable de poder. Los componentes metálicos del equipo que se exponen a las altas temperaturas, como la cámara de ebullición, cámara de lodos y su tapa se encontraban descoloridos.

KIT 1		
Componente	Estado	Observación
Carcasa de aluminio	1	S/N
Probeta de 10ml	1	S/N
Termostato	0	No enciende el foco
Condensador	1	S/N
Cámara de ebullición	0	Presenta desgaste en su superficie
Tapa de medición	NE	No se encontraba dentro del equipo
Cámara de lodo	0	Desgaste en sus hilos
Cable de poder	NE	No se encontraba dentro del equipo
Bloque aislador	1	Ligero desgaste
1 = Buena condición Novedad		S/N = Sin
0 = Mala condición		
NE = No Existe		

Tabla III. Condición de los componentes del kit 1

Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

KIT 2		
Componente	Estado	Observación
Carcasa de aluminio	1	S/N
Probeta de 10ml	NE	No se encontraba dentro del equipo
Termostato	1	S/N
Condensador	1	S/N
Cámara de ebullición	0	Presenta desgaste en su superficie
Tapa de medición	0	No presentaba un cierre hermético
Cámara de lodo	0	Presenta desgaste en su superficie
Cable de poder	NE	No se encontraba dentro del equipo
Bloque aislador	0	El yeso presenta fisuras
1 = Buena condición Novedad		S/N = Sin
0 = Mala condición		
NE = No Existe		

Tabla IV. Condición de los componentes del kit 2

Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

KIT 3		
Componente	Estado	Observación
Carcasa de aluminio	1	S/N
Probeta de 10ml	1	S/N
Termostato	1	S/N
Condensador	1	S/N
Cámara de ebullición	0	Presenta desgaste en su superficie
Tapa de medición	NE	No se encontraba dentro del equipo
Cámara de lodo	0	Presenta residuos adheridos
Cable de poder	NE	No se encontraba dentro del equipo
Bloque aislador	NE	No se encontraba dentro del equipo
1 = Buena condición Novedad		S/N = Sin
0 = Mala condición		
NE = No Existe		

Tabla V. Condición de los componentes del kit 3
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

KIT 4		
Componente	Estado	Observación
Carcasa de aluminio	0	El seguro de la caja no funciona
Probeta de 10ml	1	S/N
Termostato	0	Cables interiores quemados
Condensador	1	S/N
Cámara de ebullición	0	Presenta desgaste en su superficie
Tapa de medición	1	S/N
Cámara de lodo	0	Desgaste en sus hilos
Cable de poder	NE	No se encontraba dentro del equipo
Bloque aislador	1	S/N
1 = Buena condición Novedad		S/N = Sin
0 = Mala condición		
NE = No Existe		

Tabla VI. Condición de los componentes del kit 4
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

KIT 5		
Componente	Estado	Observación
Carcasa de aluminio	1	S/N
Probeta de 10ml	1	S/N
Termostato	1	S/N
Condensador	1	S/N
Cámara de ebullición	0	Presenta obstrucción en el conducto
Tapa de medición	NE	No se encontraba dentro del equipo
Cámara de lodo	1	Ligero desgaste
Cable de poder	NE	No se encontraba dentro del equipo
Bloque aislador	1	Ligero desgaste
1 = Buena condición Novedad		S/N = Sin
0 = Mala condición		
NE = No Existe		

Tabla VII. Condición de los componentes del kit 5
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

3.4. Rehabilitación del equipo y de sus componentes

Para los componentes eléctricos extraviados se los consiguió en un centro de distribución autorizado de equipos eléctricos. Los componentes fueron:

- Cinco enchufes polarizados de la marca Cooper (15A / 125V).



Figura 3.14 Enchufe polarizado
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

- Cinco tomacorrientes polarizados de la marca Cooper (15A / 125V).



Figura 3.15 Tomacorriente polarizado
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

- Cinco metros de cable multipolar 3x12 AWG de la marca Incable.

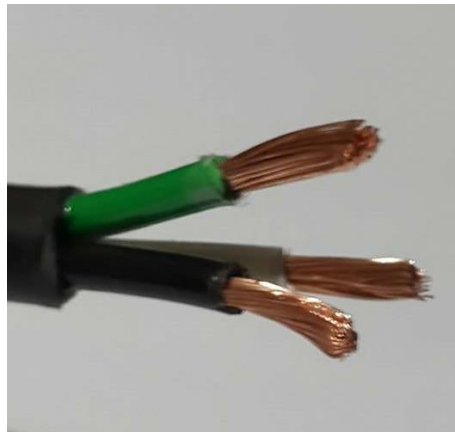


Figura 3.16 Cable multipolar 3x12 AWG
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

Finalmente se ensamblaron los componentes del cable de poder.

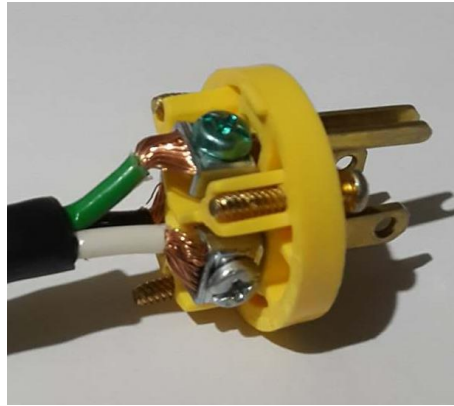


Figura 3.17 Enchufe unido con cable
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

Los bloques aisladores de yeso fueron fabricados bajo pedido en un distribuidor autorizado de planchas de Gypsum.



Figura 3.18 Bloque de yeso

Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

Los componentes de acero inoxidable se los fabricaron o se les dieron mantenimiento en un torno autorizado.



Figura 3.19 Tapas de medición
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

El foco del termostato no se encontraba correctamente ajustado al igual que los cables internos del mismo por lo que se procedió a pulirlos y a conectarlos fijamente.



Figura 3.20 Componentes internos del kit
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

3.5. Validación del equipo

La validación permite confirmar el trabajo eficiente de los equipos de laboratorio. La validación del equipo tiene como objetivo, afirmar que el kit retorta de aceite y agua está listo para ser usado sin ningún problema alguno y confirmar que las características de su proceso sean adecuadas.

El servicio de acreditación ecuatoriano recomienda basarse en la norma ISO IEC 17025:2005, para validar equipos de laboratorios como el kit de retorta aceite y agua, usando el método normalizado.

3.5.1. Método normalizado

Este método se fundamenta en procesos cuantitativos de supervisión, (Servicio de Acreditación Ecuatoriano, 2011) los cuales son:

- Repetitividad
- Reproducibilidad
- Exactitud
- Límite de cuantificación
- Límite de detección
- Intervalo de trabajo

Para validar y calcular el volumen de en porcentajes de agua, aceite y solidos se necesitan los siguientes datos:

Volumen de la muestra	10 ml
Temperatura máxima de operación	1000°F
Potencia eléctrica	110 V

Tabla VII.: Datos de laboratorio para el funcionamiento del equipo

Fuente: Ruiz & Mendoza., 2018

3.5.1.1. Repetitividad

Es la actividad de repetir el ensayo del laboratorio de una manera semejante todos los procesos que se efectúen con el equipo. (Servicio de Acreditación Ecuatoriano, 2011)

3.5.1.2. Condiciones para la repetibilidad

Nombre de la practica	Destilación de lodos de perforación
No. De ensayos	2 para cada tipo de lodo
Composición del fluido	Agua, aceite y solidos
Lugar	Laboratorio de petrofísica (FICT)
Tiempo	3 semanas

Tabla IX. Condiciones para la repetibilidad

Fuente: Ruiz & Mendoza., 2018

3.5.1.3. Reproducibilidad

Cabida de repetir las condiciones en las que actúa el equipo, con las mismas piezas y cambiando factores, como el tipo de fluido de perforación o algún

hidrocarburo para comprobar la destilación del equipo.
(Servicio de Acreditación Ecuatoriano, 2011)

3.4.1.3. Método de Promedios y Rangos para Reproducibilidad y Repetitividad.

Se determinan el equipo que se desea ensayar, el número de operadores y el número de ensayos que debe efectuar cada uno de ellos, en este caso serán 5 equipos, 3 ensayos en cada equipo. Los ensayos son realizados en 2 meses.

Dos personas estarán operando los equipos. Cada uno de los operadores realiza los ensayos correspondientes del equipo y consigna los resultados.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. Cálculos

Los volúmenes observados en la probeta de aceite y agua, se lo transforma a porcentajes del volumen y el volumen restante hasta llegar a 10 ml es de sólidos, el cual también es llevado a porcentajes.

*Porcentaje de **volumen** de aceite, % = V_o*

$$V_o = \frac{100 (\text{Volumen de aceite observado, ml})}{\text{Volumen total de muestra, ml}} \quad \text{Ec.1}$$

Porcentaje de volumen de agua, % = V_w

$$V_w = \frac{100 (\text{Volumen de agua observado, ml})}{\text{Volumen total de muestra, ml}} \quad \text{Ec.2}$$

$$\text{Porcentaje de volumen de sólidos, \% = } V_s = 100 - (V_o + V_w) \quad \text{Ec.3}$$

El porcentaje de volumen de sólidos, pueden ser de los sólidos en suspensión, disueltos, los sólidos volátiles que no se llegan a condensarse y los materiales biológicos carbonizados.

4.2. Resultados

Para los primeros ensayos se usan lodos en base agua con diferentes cantidades de bentonita, arena fina y diésel. Para comprobar el funcionamiento de los equipos.

4.3 Ensayos

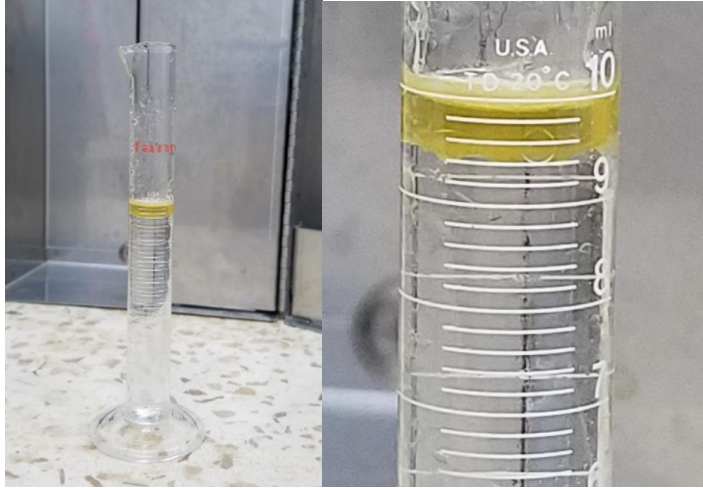


Figura 4.1 Resultado de ensayo 1 kit 1
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

$$\text{Porcentaje de volumen de aceite, \%} = V_o = \frac{100 (0.5) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad \text{Ec.1}$$

$$V_o = 5 \%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de agua, \%} = V_w = \frac{100 (9.5) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad \text{Ec.2}$$

$$V_w = 95 \%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de solidos, \%} = V_s = 100 - (5 + 95) \quad \text{Ec.3}$$

$$V_s = 0 \%$$



Figura 4.2 Resultado de ensayo 1 kit 2
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

$$\text{Porcentaje de volumen de aceite, \%} = V_o = \frac{100 (1.8) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (1)$$

$$V_o = 18\%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de agua, \%} = V_w = \frac{100 (8.0) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (2)$$

$$V_w = 80 \%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de solidos, \%} = V_s = 100 - (18 + 80) \quad (3)$$

$$V_s = 2 \%$$

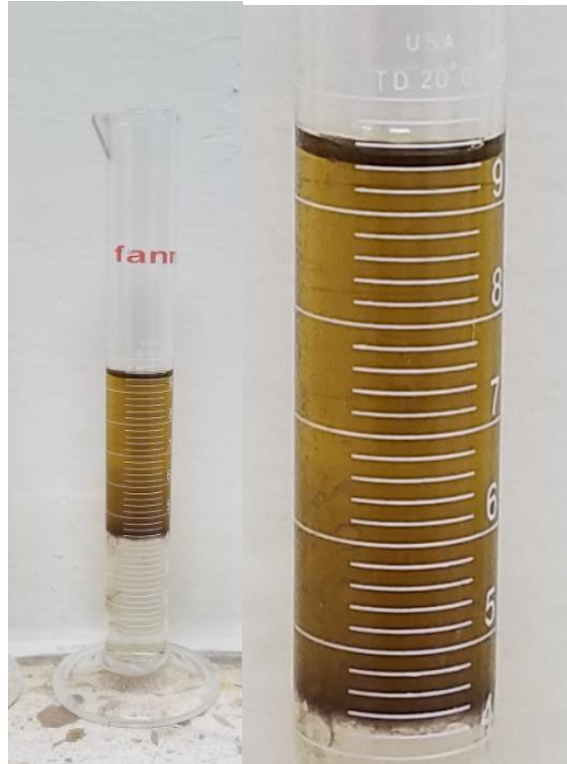


Figura 4.3 Resultado de ensayo 1 kit 3
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

$$\text{Porcentaje de volumen de aceite, \%} = V_o = \frac{100 (5.3) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (1)$$

$$V_o = 53\%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de agua, \%} = V_w = \frac{100 (4.3) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (2)$$

$$V_w = 43 \%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de solidos, \%} = V_s = 100 - (53 + 43) \quad (3)$$

$$V_s = 4 \%$$



Figura 4.4 Resultado de ensayo 1 kit 4
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

$$\text{Porcentaje de volumen de aceite, \%} = V_o = \frac{100 (5.2) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (1)$$

$$V_o = 52\%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de agua, \%} = V_w = \frac{100 (4) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (2)$$

$$V_w = 40 \%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de solidos, \%} = V_s = 100 - (52 + 40) \quad (3)$$

$$V_s = 8 \%$$

Se realizó ensayo con un crudo pesado, con gravedad API de 17, para comprobar la eficiencia de destilación de los equipos.



Figura 4.5 Resultado de ensayo 2 kit 1
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

Debido al proceso de destilación, el equipo hizo que el crudo libere los hidrocarburos livianos que contenía, como por ejemplo el gas y la nafta. En la figura se puede observar 3 ml de nafta de 10 ml que se usaron en el ensayo, Por lo tanto, el crudo se hizo más pesado.

Ensayo y resultados con lodo de perforación KiaShield de la marca MISWACO una compañía de Schlumberger



Figura 4.6. Kit retorta con lodo de perforación MI SWACO
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018



Figura 4.7 Resultado de ensayo 1 kit 5
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

$$\text{Porcentaje de volumen de aceite, \%} = V_o = \frac{100(0.2) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (1)$$
$$V_o = 2\%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de agua, \%} = V_w = \frac{100(9.2) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (2)$$
$$V_w = 92\%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de solidos, \%} = V_s = 100 - (2 + 92) \quad (3)$$
$$V_s = 6\%$$

4.3.1. Ensayos y resultados con lodo de perforación KiaShield de la marca MISWACO una compañía de Schlumberger, con todos los Kits retorta de petróleo y agua.

Los ensayos fueron realizados por los estudiantes de la materia Perforación, con la guía de los tesistas y el profesor a cargo del laboratorio de Petrofísica.



Figura 4.8 Estudiantes, tesistas y profesor en el laboratorio de Petrofísica junto a los 5 Kits retorta

Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

4.3.1.1. KIT 1



Figura 4.9 Resultado de ensayo 2 kit 1
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

$$\text{Porcentaje de volumen de aceite, \%} = V_o = \frac{100 (1.7) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (1)$$

$$V_o = 17\%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de agua, \%} = V_w = \frac{100 (7.3) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (2)$$

$$V_w = 73 \%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de solidos, \%} = V_s = 100 - (17 + 73) \quad (3)$$

$$V_s = 10 \%$$

4.3.1.2. KIT 2



Figura 4.10 Resultado de ensayo 2 kit 2
Fuente: Ruiz & Mendoza., 2018

$$\text{Porcentaje de volumen de aceite, \%} = V_o = \frac{100 (1.7) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (1)$$

$$V_o = 17\%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de agua, \%} = V_w = \frac{100 (7.8) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (2)$$

$$V_w = 78$$

$$\text{Porcentaje de volumen de solidos, \%} = V_s = 100 - (17 + 78) \quad (3)$$

$$V_s = 5 \%$$

4.3.1.3. KIT 3



Figura 4.11 Resultado de ensayo 2 kit 3
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

$$\text{Porcentaje de volumen de aceite, \%} = V_o = \frac{100(1.2) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (1)$$

$$V_o = 12\%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de agua, \%} = V_w = \frac{100(8.3) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (2)$$

$$V_w = 83 \%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de solidos, \%} = V_s = 100 - (12 + 83) \quad (3)$$

$$V_s = 5 \%$$

4.3.1.4. KIT 4

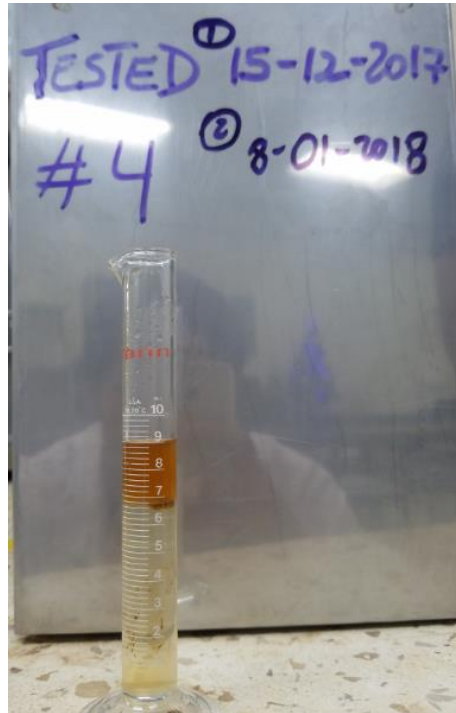


Figura 4.12 Resultado de ensayo 2 kit 4
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

$$\text{Porcentaje de volumen de aceite, \%} = V_o = \frac{100(2.2) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (1)$$

$$V_o = 22 \%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de agua, \%} = V_w = \frac{100(6.8) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (2)$$

$$V_w = 68 \%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de solidos, \%} = V_s = 100 - (22 + 68) \quad (3)$$

$$V_s = 10 \%$$

4.3.1.5. KIT 5



Figura 4.13 Resultado de ensayo 2 kit 5
Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

$$\text{Porcentaje de volumen de aceite, \%} = V_o = \frac{100 (1.2) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (1)$$

$$V_o = 12\%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de agua, \%} = V_w = \frac{100 (8) \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \quad (2)$$

$$V_w = 80 \%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de sólidos, \%} = V_s = 100 - (12 + 80) \quad (3)$$

$$V_s = 8 \%$$

CAPÍTULO 5
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La rehabilitación de los Kits retorta de petróleo y agua fue exitosa, según las eficientes prácticas efectuadas y explicadas por el profesor encargado del laboratorio de Petrofísica FICT-ESPOL, hacia sus estudiantes.

Los 5 equipos puestos operativos, facilitaron a todos los estudiantes de la carrera manejar uno por uno los kits y se familiarizaron con sus componentes de operación y los lodos de perforación.

Dada la cantidad de ensayos que se realizaron con todos los kits retorta de petróleo y agua, se concluye que el tiempo de operación, para una práctica que muestre valores confiables es de 15 minutos.

Las prácticas de laboratorio son indispensables para fundamentar el conocimiento de los estudiantes de la carrera ingeniería en petróleo.

Al realizar ensayos de los kits con crudo pesado, se comprobó que el equipo sirve como una muy pequeña torre de destilación, ya que separo los livianos que poseía el crudo pesado. A futuro en el laboratorio se podrían realizar

prácticas de destilación de crudo, por las altas temperaturas que alcanza el dispositivo.

Si se realiza un mal tratamiento de los sólidos que contienen los fluidos o lodos de perforación en superficie durante la perforación, se pueden obtener pérdidas grandes de dinero y tiempo, para la empresa de perforación.

RECOMENDACIONES

Se recomienda al Laboratorio de Petrofísica adquirir el Kit Retorta de 50ml, para poder realizar la práctica con núcleos saturados y fluidos de perforación que contengan recortes.

Usar mascarilla al momento de realizar la práctica ya que los vapores desprendidos de los fluidos pueden llegar a ser muy tóxicos y perjudiciales para la salud.

Al momento de poner en práctica el equipo remediado del laboratorio, se toma en cuenta lo siguientes sugerencias, para garantizar el funcionamiento del kit retorta petróleo y agua:

Tener extrema precaución al colocar una retorta caliente en agua. El vapor caliente generado cuando el agua golpea la lata caliente puede causar quemaduras severas.

Asegure que el cable de alimentación del Kit de retorta de petróleo y agua esté en buen estado y tenga la conexión a tierra adecuada

BIBLIOGRAFIA

Arcentales, & M. (2015). *Manual de Practicas de Laboratorio de Petrofísica*. Guayaquil.

Castro, R. Y. (Marzo de 2013). Guía de diseño para el asentamiento y diseño de tuberías de revestimiento. México D. F., México.

Enriquez, C. P. (11 de Noviembre de 1958). Decreto Ejecutivo N° 1664. *Decreto de Creación de la ESPOL*. Quito, Pichincha , Ecuador.

Fann Instrument Company. (Agosto de 2011). Oil and Water Retort Instruction Manual. EEUU.

FICT. (2017). *Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra*. Obtenido de <http://www.fict.espol.edu.ec/es/infraestructura>

Garcia, R. (Abril de 2011). *Método de conversión de PPG a Presión*. Obtenido de Nejasayoil: <http://www.nejasayoil.com/2011/04/presiones-metodo-de-conversion-de-ppg.html>

Maldonado, A. (2016). Formulación y Evaluación de Fluidos de Perforación, Tesis de Grado. Bucaramanga, Colombia.

Marcano R., M. H. (Mayo de 2011). Unidad Currular: Fluidos de Perforación, Universidad de Zulia. Cabimas.

Palacios, S. (2010). Remediación del fluido de perforación optimizando la reducción de su impacto ambiental, Tesis de Grado. Lima, Perú.

Schlumberger. (2017). *Glossary Oilfield*.

Servicio de Acreditación Ecuatoriano. (2011). Método Normalizado. Quito, Ecuador.

ANEXOS



Figura A- 1 Lodo de perforación base agua

Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018

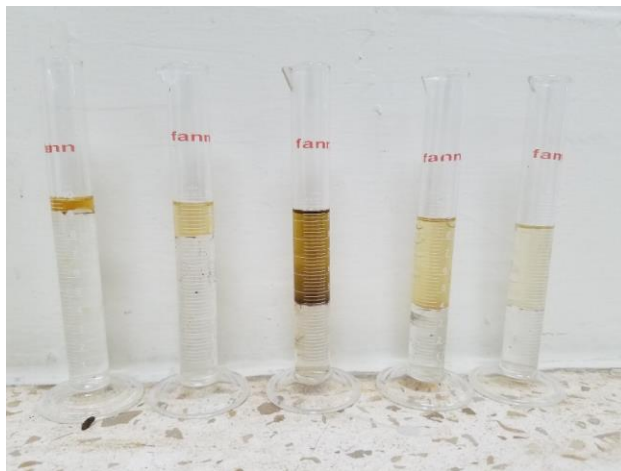


Figura A- 2 Resultados de ensayos con cada equipo

Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018



Figura A- 3 Estudiantes de la carrera de Petróleos

Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018



Figura A- 4 Ensamblaje del equipo

Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018



Figura A- 5 Ing. Xavier Salas, Tutor

Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018



Figura A- 6 Estudiantes durante la práctica

Fuente: Ruiz, R., Mendoza, B., 2018



Figura A- 7 Estudiantes realizando la práctica del laboratorio

Fuente: Ruiz & Mendoza., 2018



Figura A- 8 Estudiantes realizando la práctica del laboratorio

Fuente: Ruiz & Mendoza., 2018



Figura A- 9 Estudiantes realizando la práctica del laboratorio

Fuente: Ruiz & Mendoza., 2018



Figura A- 10 Estudiantes realizando la práctica del laboratorio

Fuente: Ruiz & Mendoza., 2018



Figura A- 11 Estudiantes realizando la práctica del laboratorio

Fuente: Ruiz & Mendoza., 2018

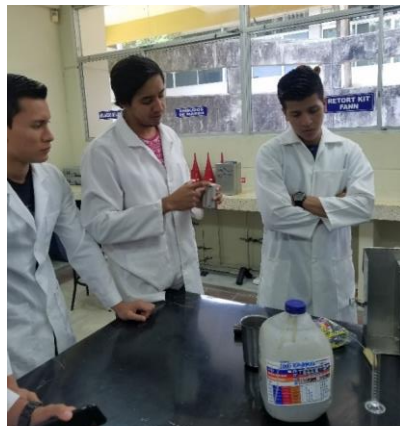


Figura A- 12 Estudiantes realizando la práctica del laboratorio

Fuente: Ruiz & Mendoza., 2018



Figura A- 13 Estudiante realizando la práctica del laboratorio

Fuente: Ruiz & Mendoza., 2018



Figura A- 14 Estudiantes realizando la práctica del laboratorio

Fuente: Ruiz & Mendoza., 2018



FICT
Facultad de Ingeniería en
Ciencias de la Tierra

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

NOMBRE DE LA PRÁCTICA

KIT RETORTA FANN

NOMBRES DE LOS ESTUDIANTES

JOSE CHAVEZ

DAYANA OCHOA

JEAN PRIETO

GRUPO # 5 OBREDECHT

DOCENTE

Ing. Xavier Salas

II TÉRMINO

2017 – 2018

Abstract

In the present practice carried out in the Petroleum Engineering laboratory of the FICT, we worked with a mud brought from an oil field located in the Ecuadorian East, to which said mud was added a quantity of solid and oil to be able to carry out said practice.

The objective of the practice is to determine the composition of liquids and solids in a sample of 10 cc of mud, a team called Retorta was used, whose function is to distill the sample by separating water and the detritus of the crude dissolved in the mud, in our Case is the sand and oil added to the mud. When placing the mud sample, you should wait 15 to 30 minutes to have the percentage of solids in the mud.

Resumen

En la presente práctica realizada en el laboratorio de Petr6leos de la FICT se trabaj6 con un lodo traído de un campo petrolero ubicado en el oriente ecuatoriano, a dicho lodo se le agregó una cantidad de sólido y aceite para poder llevar a cabo dicha práctica. El objetivo de la práctica es determinar la composición de líquidos y sólidos en una muestra de 10 cc de lodo, se usó un equipo llamado Retorta, que tiene como función destilar la muestra separando agua y los detritos del crudo disueltos en el lodo, en nuestro caso es la arena y el aceite agregados al lodo. Al colocar la muestra de lodo se debe esperar de 15 a 30 minutos para tener el porcentaje de sólidos en el lodo.

Introducción

El lodo de perforación es una mezcla de dos fases, la fase continua es líquido (agua o aceite) y la fase dispersa (sólidos), es utilizada en las perforaciones de los pozos de petróleo y cumple con varias funciones tales como: llevar los ripios a la superficie, controlar la presión de formación, lubricar la sarta de perforación, formar la costra de lodo, entre otros; por lo tanto la fabricación de este lodo es de gran importancia en las operaciones de perforación, para cumplir con ello se usa varios equipos en la

industria, entre ellos se tiene el equipo de “Retorta Fann” que sirve para conocer de manera cuantitativa el contenido de aceite, agua y sólidos presentes en el fluido.

Objetivo

Determinar el contenido de sólidos y fracciones de líquido presentes en una mezcla de lodo de perforación mediante el conocimiento del uso del equipo “Retorta Fann” para definir la relación agua-aceite presente en la mezcla.

Marco teórico

El lodo de perforación es una mezcla de agua, barro, material para darle peso a la mezcla y unos cuantos agentes químicos. A veces se usa aceite en vez de agua o se le añade un poco de aceite al agua para darle ciertas propiedades deseables. (Baker, 1979) Este fluido es capaz de realizar diversas funciones que ayudan al cumplimiento de las labores de perforación, entre ellas están: el control de las presiones de formación, este lodo ejerce una presión hidrostática que es mayor o igual a la presión de formación para así evitar que ocurra un influjo de fluido de las formaciones, para ello se agregan aditivos al lodo para que sea más pesado; otra de las funciones es llevar los ripios a superficie que se generan mientras esta perforando la broca, también sirve para evitar derrumbes en el hoyo.

Los fluidos de perforación se clasifican en: base agua y base aceite. Los de base agua como su nombre lo indica son mezclas de aditivos con el agua (los más usados), son más baratos que el otro tipo de lodo ya que el uso de agua es menos costoso y se opera con mayor facilidad dentro del hoyo; claro está que también posee desventajas como son el daño potencial a la formación, la contaminación del agua usada y no se puede trabajar con altas temperaturas. Los lodos base aceite poseen en su fase continua aceites y su fase dispersa sólidos y otros aditivos, este tipo de lodo

minimiza la corrosión de la tubería, además, así como también el daño a la formación, se puede usar cuando se requiere operaciones a altas temperaturas; dentro de las desventajas al usar este tipo de lodo se tiene que es inflamable, es más caro y la contaminación del agua es más propensa. El análisis de las propiedades es dar importancia ya que influyen directamente en las operaciones de perforación, tener conocimiento cuantitativamente del contenido de sólidos y líquidos se lo puede conocer mediante el uso del equipo "Retorta Fann", para luego conocer las relaciones agua-aceite, sólido-agua y sólido-aceite. Para esta práctica analizaremos la relación agua-aceite.

El "Retorta Fann" se usa para determinar cuánto existe de líquidos y sólidos en el fluido. El equipo usado en el laboratorio es de 10ml de capacidad, el fluido se coloca en la copa que posteriormente debido al calentamiento (930 – 1000 ° F) los líquidos se evaporarán, sus vapores pasan por la cámara de evaporación que contiene una malla o filtro para atrapar los sólidos que puedan existir, luego a través del condensador, los líquidos volverán a su estado inicial, pero con la diferencia de que estarán separados donde en la probeta graduada se observará con claridad.

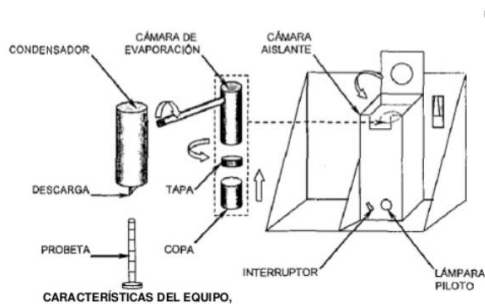


Ilustración 1 Partes del equipo "Kit Retorta"

Procedimiento

1. Previo a su uso la retorta debe ser preparada para recibir la muestra de fluido por lo que se debe realizar un proceso de limpieza con la espátula, para eliminar cualquier traza de sólidos adherida a la cámara de lodo (17) o a su tapa (18); y de lubricación de la rosca con la crema lubricante, para evitar la pega de los hilos.

2. Rellenar la cámara de ebullición (19) con una cantidad considerable de lana de acero (22).
3. Llenar hasta el tope la cámara de lodo (17) con la muestra de lodo y tapar, permitiendo que el exceso de fluido se escape por el agujero central de la tapa (18). Limpiar los excesos de fluido derramado.
4. Ensamblar la cámara de lodos (17) con la cámara de ebullición (19), evitando derramar fluido.
5. Ensamblar la retorta con el condensador (20). E introducir la retorta dentro del calentador.
6. Humectar la probeta graduada con el líquido humectante y colocar debajo del condensador.
7. Encender conectando el cable de poder a una fuente de poder de 110 voltios AC.
8. Esperar 20 minutos para que la destilación pueda ser completada.
9. Leer el volumen de aceite y agua de la muestra.

Tabla de resultados

<u>FLUIDO 1</u>	
Agua %	80
Aceite %	12
Sólidos %	8
<u>FLUIDO 2</u>	
Agua %	68
Aceite %	22
Sólidos %	10

Recomendaciones

- Se recomienda tener cuidado al momento de manejar el equipo ya que este se calienta a altas temperaturas y de no tener precaución podría afectar su integridad física.
- Se recomienda utilizar crema para lubricar las rocas (colocar antes de sellar la cámara)
- También se recomienda utilizar un agente humectante (2 gotas aproximadamente) para que en la probeta sea más sencillo que el agua y el aceite se separe.
- Se debe tener cuidado en la medición del porcentaje ya que puede existir errores.

Conclusiones

- Con la realización de esta práctica se pudo determinar de manera eficiente cuanto sólido, cuanto aceite y cuanta cantidad de agua existe en un lodo de perforación base aceite creado en el laboratorio.
- La remoción de sólidos es uno de los aspectos más importantes del control del sistema de lodo, ya que tiene un impacto directo sobre la eficacia de la perforación.
- Los sólidos de perforación causan un desgaste excesivo de las bombas de lodo y otros equipos de perforación, el control de los sólidos tiene como finalidad su remoción económica y eficiente.

Bibliografía

- Baker, R. (1979). Fluido de perforación. En R. Baker, Conceptos básicos de perforación (págs. 42-43). Austin: El servicio de extensión petrolera.
- Schlumberger. (2017). Oilfield Glossary. Obtenido de http://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/d/drilling_mud.aspx

Anexo



Ilustración 2 Kit Retorta Fann



Ilustración 3 Copa y Cámara de evaporación



Ilustración 4 Agente humectante

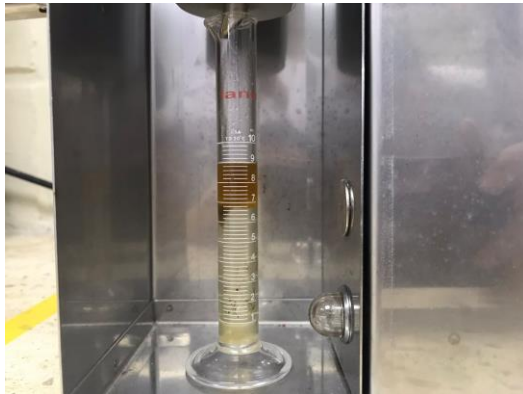


Ilustración 5 Probeta con los líquidos separados