



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 06 de abril de 2018

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Juan Sebastian Bonelo Celly, con C.C. No. 1079411123

Diego Andrés Ospina Vargas, con C.C. No. 1077870206

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado “APLICACIÓN DE MICROONDAS EN EL TRATAMIENTO DE EMULSIONES EN LABORATORIO” presentado y aprobado en el año 2018 como requisito para optar al título de Ingeniero de Petróleos; Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

Juan Sebastian Bonelo Celly
C.C. 1079411123

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

Diego Andrés Ospina Vargas
C.C. 1077870206

Vigilada Mineducación



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Bonelo Celly	Juan Sebastian
Ospina Vargas	Diego Andrés

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Aranda Aranda	Ervin

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero de Petróleos

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería de Petróleos

CIUDAD: Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2018 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 81

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas__ Fotografías_X__ Grabaciones en discos__ Ilustraciones en general_X__ Grabados__
Láminas__ Litografías__ Mapas__ Música impresa__ Planos__ Retratos__ Sin ilustraciones__
Tablas o Cuadros_X_

Vigilada mieducación



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 5
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

1. Microondas
2. Emulsiones
3. Separación
4. Tratamiento
5. emulsificante

Ingles

- Microwaves
- Emulsions
- Separation
- Treatment
- Emulsifier

Español

6. Viscosidad
7. Potencia de onda
8. Asentamiento
9. Interfase
10. Tiempo de tratamiento

Ingles

- Viscosity
- Wave power
- Settlement
- Interphase
- Treatment time

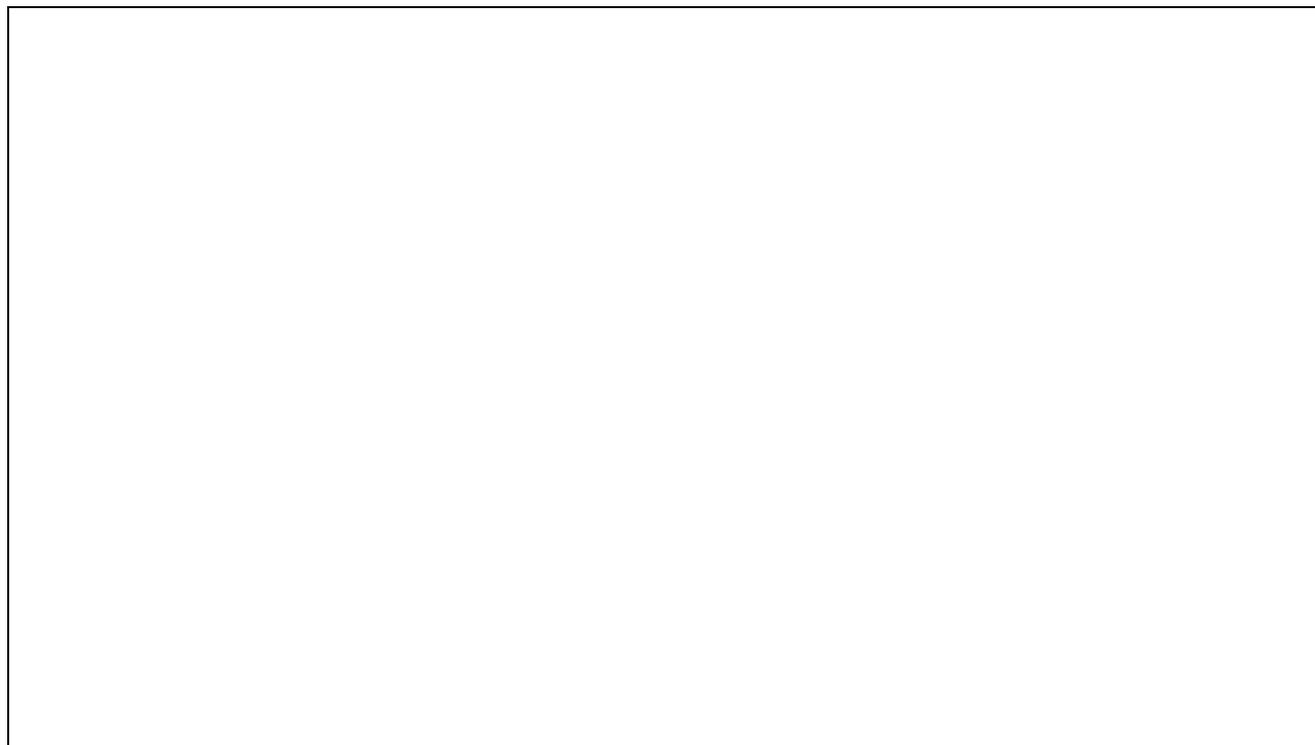
RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Este trabajo se basa en proponer la implementación de microondas como un método alternativo no convencional para el rompimiento de emulsiones agua en crudo mediante la desestabilización de la fase interna aplicando microondas; se realiza una comparación con el método convencional que incluye la acción de rompedores químicos combinado con calentamiento (prueba de botellas) para evaluar la viabilidad del proceso con microondas.

Primeramente se llevó a cabo la separación de emulsiones utilizando el método convencional (prueba de botellas) para determinar cuál es el rompedor y la concentración óptima para separar la emulsión.

Posteriormente se realizó el proceso de irradiación con microondas, para este caso se tuvo en cuenta la potencia de onda a utilizar y los tiempos de irradiación.

La comparación de ambos métodos favorece la implementación de microondas como método alternativo para separar emulsiones en cuanto al factor tiempo, sin embargo al trabajar con temperaturas tan elevadas se presentan pérdidas de agua y livianos bastantes considerables que no pueden ser ignoradas, factor que disminuye la calidad del crudo; debido a esto se sugiere trabajar con el modelo tradicional ya que éste evita la pérdida de agua y livianos, además que separa una mayor cantidad de agua aunque tarde un poco más de tiempo.



ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This work is based on proposing the implementation of microwaves as an alternative non-conventional method for the breaking of raw water emulsions by destabilizing the internal phase by applying microwaves; a comparison is made with the traditional method that includes the action of chemical breakers combined with heating (bottle testing) to evaluate the viability of the process with microwaves.

Firstly, the separation of emulsions was carried out using the conventional method (bottle test) to determine which is the breaker and the optimum concentration to separate the emulsion.

Subsequently, the irradiation process was carried out with microwaves, for this case the wave power to be used and the irradiation times were taken into account.

The comparison of both methods favors the implementation of microwaves as an alternative method to separate emulsions in terms of the time factor, however when working with such high temperatures there are considerable and considerable water losses that cannot be ignored, a factor that decreases the quality of the crude; Due to this, it is suggested to work with the traditional model since it avoids the loss of water and light, in addition it separates a greater quantity of water although it takes a little more time.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	4 de 5
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------



APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: Luis Fernando Bonilla Camacho

Firma:

Luis Fernando Bonilla Camacho

Jurado

Nombre Jurado: Haydee Molares Mondragon

Firma:

Haydee Morales Mondragon

Jurado

Aplicación de microondas en el tratamiento de emulsiones en laboratorio.

Trabajo De Grado Presentado Para Obtener El Título De
Ingeniero de Petróleos
Universidad Surcolombiana, Neiva

Juan Sebastián Bonelo Celly & Diego Andrés Ospina Vargas
Febrero de 2018.

Copyright © 2018 por Juan Sebastián Bonelo Celly & Diego Andrés Ospina Vargas. Todos los derechos reservados.

Dedicatoria

Dedico esta tesis a:

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, a mi madre Nancy y mi padre Javier por el valor mostrado para salir adelante y su constante motivación que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor, a mis hermanos por haberme apoyado en todo momento, a mis compañeros, amigos y novia quienes sin esperar nada a cambio compartieron conmigo alegrías y tristezas durante este trayecto.

Diego Andrés

Dedico esta tesis a:

Dios por brindarme salud, sabiduría y llenar mi camino de personas que me han guiado y hecho un ser humano de bien.

A mis padres Farith y Gladys por la educación que me han brindado, el amor incondicional que me expresan cada día y sobretodo enseñarme que la perseverancia es la clave del éxito.

A mi hermana Laura Mercedes por ser mi compañera, consejera y brindarme siempre su apoyo en cada decisión que he tomado en el transcurso de mi vida.

A mi novia por acompañarme y brindarme siempre su apoyo en el transcurso de mi carrera.

A mi familia, amigos y cada una de las personas que de una u otra forma han aportado a mi formación personal.

Juan Sebastian

Agradecimientos

Luego de finalizar esta importante etapa de mi vida con este proyecto, queremos expresar
Nuestros más sinceros agradecimientos:

A Dios y nuestra familia por todo el apoyo brindado.

A Los profesores del programa de Ingeniería de Petróleos quienes nos han formado
Como profesionales y han logrado que nuestra pasión por esta carrera haya aumentado en
Comparación a cuando iniciamos.

De manera muy especial al Ingeniero Ervin Aranda Aranda quien como
profesor nos permitió extender nuestro conocimiento en el área de emulsiones y como director
de este proyecto nos ha brindado apoyo desde el primer momento y nos ha dado valiosos
consejos para la consolidación de un buen documento.

A todos ellos muchas gracias, por aportarme de una u otra manera y permitirnos
Culminar esta importante etapa de nuestra vida.

Resumen

Este trabajo se basa en proponer la implementación de microondas como un método alternativo no convencional para el rompimiento de emulsiones agua en crudo mediante la desestabilización de la fase interna aplicando microondas; se realiza una comparación con el método tradicional que incluye la acción de rompedores químicos combinado con calentamiento (prueba de botellas) para evaluar la viabilidad del proceso con microondas.

Primeramente se llevó a cabo la separación de emulsiones utilizando el método convencional (prueba de botellas) para determinar cuál es el rompedor y la concentración óptima para separar la emulsión, este proceso se realizó en el laboratorio de crudos y derivados de la Universidad Surcolombiana, se utilizaron muestras de crudo del campo Dina Terciarios y rompedores químicos que fueron suministrados por Ecopetrol; gracias a este procedimiento se obtuvo como resultado que el rompedor que mejor separa la emulsión es phase treat 13960 (Clariant) con una concentración de 0.3 ml con un BSW de 9.5% .

Posteriormente se realizó el proceso de irradiación con microondas, para este caso se tuvo en cuenta la potencia de onda a utilizar y los tiempos de irradiación, se decidió trabajar con cuatro potencias de onda (70, 140, 210 y 280 watts) debido a que, a valores más altos el método no es confiable; se trabajaron cuatro tiempos de irradiación (60, 120, 180 y 210 segundos). De igual forma se registraron las temperaturas y pesos de la muestra antes y después de ser irradiada, esto, con el objetivo de cuantificar las pérdidas de agua y livianos que se puedan dar puesto que después de los 60°C se presentan pérdidas de componentes livianos en una muestra de crudo. Una vez realizado este procedimiento, se obtuvieron los mejores resultados irradiando las muestras con una potencia de onda de 280 Watts durante 3 minutos registrando un valor de 6 % de BSW.

La comparación de ambos métodos favorece la implementación de microondas como método alternativo para separar emulsiones en cuanto al factor tiempo, ya que éste es 8 veces menor que el requerido para la separación de emulsiones utilizando el método convencional, debido a que en este último se debe llevar a cabo un proceso de calentamiento (10 min), además de la centrifugación (15 min) por tanto son requeridos 25 min para realizar la separación óptima de la emulsión , con el método de microondas solo se necesita una irradiación de 3 min para la separación óptima de la emulsión; sin embargo al trabajar con temperaturas tan elevadas se presentan pérdidas de agua y livianos bastantes considerables que no pueden ser ignoradas con valores cercanos a los 5 ml en condiciones extremas, factor que disminuye la calidad del crudo; debido a esto se sugiere trabajar con el modelo tradicional ya que éste al no superar una temperatura de 60 °C evita la pérdida de agua y livianos, además que separa una mayor cantidad de agua aunque tarde un poco más de tiempo.

Abstrac

This work is based on proposing the implementation of microwaves as an alternative non-conventional method for the breaking of raw water emulsions by destabilizing the internal phase by applying microwaves; a comparison is made with the traditional method that includes the action of chemical breakers combined with heating (bottle testing) to evaluate the viability of the process with microwaves.

First the separation of emulsions was carried out using the conventional method (bottle test) to determine which is the breaker and the optimum concentration to separate the emulsion, this process was carried out in the laboratory of crude and derivatives of the Surcolombiana University, crude samples from the Dina Terciarios field and chemical breakers that were supplied by Ecopetrol were used; thanks to this procedure was obtained as a result that the breaker that best separates the emulsion is phase treat 13960 (Clariant) with a concentration of 0.3 ml with a BSW of 9.5%.

Subsequently, the microwave irradiation process was carried out. In this case, the wave power to be used and the irradiation times were taken into account, it was decided to work with four wave powers (70 , 140, 210 & 280 watts) because at higher values the method is not reliable; Four irradiation times were worked (60, 120, 180 & 210 seconds). Likewise, the temperatures and weights of the sample were recorded before and after being irradiated in order to quantify the water losses and light losses that may occur since, after 60 ° C, there are losses of light components in a sample of crude. Once this procedure was carried out, was obtained the best results by irradiating the sample with a wave power of 280 Watts for 3 minutes, registering a value of 6% of BSW.

The comparison of both methods favors the implementation of microwaves as an alternative method to separate emulsions in terms of the time factor since this is 8 times less than that required for the separation of emulsions using the conventional method, because in the latter a heating

process must be carried out (10 min), in addition to the centrifugation (15 min) so 25 min are required to perform the optimal separation of the emulsion, with the microwave method only it needs an irradiation of 3 min for the optimal separation of the emulsion; However, when working with such high temperatures there are considerable and considerable water losses that can not be ignored with values close to 5 ml in extreme conditions, a factor that decreases the quality of the crude oil; Due to this, it is suggested to work with the traditional model since it does not exceed a temperature of 60 ° C and avoids the loss of water and light, apart from separating a larger quantity of water even though it takes a little longer.

Tabla de contenido

1. Introducción	1
2. Generalidades	3
2.1 Naturaleza de la emulsión.	3
2.2 Formación de las emulsiones.	5
2.3 Estabilidad de las emulsiones.....	7
2.3.1 Tamaño de las gotas	7
2.3.2. Tipo de agente emulsificante	8
2.3.3. Tipo de petróleo:.....	8
2.3.4. Porcentaje de agua.....	8
2.3.5. Viscosidad del petróleo crudo.....	8
2.3.6. Densidad:	9
2.3.7. Edad de la emulsión	9
2.3.8. Temperatura	9
2.3.9. Residuos de carbón.....	9
2.3.10. Exposición al aire	10
2.4. Naturaleza de los desemulsificantes.....	10
2.4.1. Atracción fuerte a la interfase agua-petróleo	10
2.4.2. Floculación	10
2.4.3. Coalescencia.....	11
2.4.4. Humectabilidad de los sólidos	11
2.5 Tratamiento de separación de la emulsión	12
2.5.1 Adición de producto desemulsificante.....	12
2.5.2 Agitación.....	14
2.5.3 Calor	15
2.5.4 Asentamiento.....	16
2.6. Métodos de tratamiento.....	18
2.6.1 Método mecánico	19
2.6.1.1 Aplicación de calor	19
2.6.1.2. Centrifugación.....	20

2.6.1.3. Separación por gravedad o asentamiento.....	20
2.6.2. Método químico.....	21
2.7. Separación de emulsiones por microondas	22
2.7.1 Principio de Operación	22
2.7.2 Implementación de microondas en separación de emulsiones de petróleo y agua	24
3. Metodología.....	28
3.1. Prueba piloto para la identificación y tratamiento de emulsiones.....	28
3.1.1. Materiales y equipos.	28
3.1.1.1. Desemulsificantes	28
3.1.1.2. Botellas Graduadas	28
3.1.1.3 Pipetas	29
3.1.1.5 centrifuga para la determinacion de agua y sedimentos del petroleo koehler	30
3.1.1.6 Muestras de crudos “Dina Terciarios”	31
3.1.2. Procedimiento	31
3.1.2.1. Prueba de Relación	31
3.1.2.2 Prueba de Eliminación	32
3.2. Método de separación de emulsiones por microondas.....	33
3.2.1. Materiales y equipos	33
3.2.1.1. Horno microondas: Horno comercial marca Simply, referencia 20PX78-L, potencia de onda de salida 700 W graduable a 10 niveles. Requerimiento eléctrico de 110V - 60Hz.33	
3.2.1.2. Botellas Graduadas	33
3.2.1.3. Termómetro digital	33
3.2.1.4. Muestras de crudos “Dina Terciarios”	33
3.2.2 Proceso experimental	34
4. Resultados y análisis de resultados.....	36
4.1. Prueba piloto para la identificación y tratamiento de emulsiones.....	36
4.1.1. Prueba de relación	36
4.1.2. Prueba de eliminación.....	38
4.1.3. Prueba de confirmación.....	39
4.2 Método de separación de emulsiones por microondas.....	41

4.3 Comparación entre el método convencional para el tratamiento de emulsiones en laboratorio y el método de separación por microondas	499
5. Conclusiones.....	511
6. Recomendaciones	52
7. Referencias bibliográficas.....	53
7. Apéndice	55
Apéndice 1: Centrifuga portátil para la determinación de agua y sedimentos en petróleo marca Koehler.....	55

Listado de tablas

Tabla 1. Relaciones potencia de onda-Tiempo para método de microondas.....	35
Tabla 2. Resultados de la prueba de relación usando el desemulsificante Phase Treat 3243.....	36
Tabla 3. Resultados de la prueba de eliminación a una concentración de 0,3 ml de desemulsificante.....	38
Tabla 4. Resultados de la prueba de confirmación utilizando el desemulsificante Phase Treat 13960.....	399
Tabla 5. Resultados de la prueba de microondas para 70 Watts.....	43
Tabla 6. Resultados de la prueba de microondas para 140Watts.....	44
Tabla 7. Resultados de la prueba de microondas para 210Watts.....	45
Tabla 8. Resultados de la prueba de microondas para 280Watts.....	46

Listado de figuras

Figura 1. Fotografía muestras de desemulsificante.....	28
Figura 2. Fotografía de botella graduada de 100 ml (zanahoria).....	29
Figura 3. Fotografía de pipeta de 1 ml.....	29
Figura 4. Fotografía de termómetro digital.....	30
Figura 5. Fotografía de Centrífuga para la determinación de agua y sedimentos en petróleo.....	30
Figura 6. Fotografía muestras de crudo.	31
Figura 7. Fotografía de horno microondas.....	33
Figura 8. Fotografía procedimiento microondas.....	34
Figura 9. Gráfico de la prueba de relación: volumen de agua separada respecto a cantidad de rompedor utilizado.....	37
Figura 10. Gráfico de la prueba de eliminación: volumen de agua separada respecto a cantidad de rompedor adicionado a una concentración de 0,3 ml.	39
Figura 11. Fotografía resultado prueba de confirmación.....	40
Figura 12. Gráfico de la prueba de confirmación: volumen de agua separada respecto a cantidad de rompedor utilizado..	41
Figura 13. Fotografía, evaporación instantánea de agua.....	43
Figura 14. Fotografía resultado método microondas..	47
Figura 15. Gráfico del método de microondas: Volumen de agua separada respecto al tiempo de prueba.....	48
Figura 16. Gráfico del método de microondas: Temperatura final de tratamiento respecto al tiempo....	48
Figura 17. Gráficos del método de microondas: a) pérdidas de la muestra respecto al tiempo. b) pérdidas de la muestra respecto a la temperatura.....	49
Figura 18. Gráfico comparativo entre el método convencional de separación de emulsiones y el método de microondas.	50

1. Introducción

Actualmente en los procesos de extracción y refinación del petróleo se forman emulsiones de agua, petróleo y otros productos químicos de manera natural, esto es un proceso inevitable e indeseable, por lo tanto, existe la necesidad de romperlas para separar estas emulsiones en dos fases con el fin de eliminar el agua que está presente en el crudo debido a que su existencia genera una gran cantidad de problemas en cuanto a transporte y refinación en las plantas procesadoras.

Los métodos que se utilizan habitualmente para la separación de emulsiones a nivel de laboratorio comprenden la aplicación de calentamiento convencional, centrifugación, electroquímicos y adición de químicos; mientras que en campo se utilizan métodos químicos, eléctricos, térmicos, de asentamiento y de lavado. Cuando se realiza un calentamiento convencional existen deficiencias debido a la lenta transferencia de calor que se presenta, los desemulsificantes químicos se ven afectados por regulaciones de descarga en aguas públicas, además no alcanzan niveles altos de separación. Por lo tanto, el presente trabajo se fundamenta en la necesidad de implementar un nuevo método alternativo de rompimiento de emulsiones principalmente en la industria petrolera.

El uso de las microondas se presenta como una alternativa en el rompimiento de emulsiones con tecnología más limpia que evita el uso de químicos o calentamientos convencionales. El mecanismo por el cual las microondas generan calor en un material es la rotación dipolar; el agua por ser una molécula polar tiende a alinearse bajo la acción del campo electromagnético alterno, en el que la polaridad varía con la frecuencia de las microondas. El calor es generado por la fricción de las moléculas, las cuales vuelven a su orientación al azar, una vez suspendido el campo.

En el proceso de rompimiento de una emulsión agua en crudo por radiación con microondas ocurre un calentamiento selectivo de las gotas de agua que trae consigo, la disminución de la viscosidad de la interfase agua-crudo permitiendo la coalescencia y posterior separación de fases,

también se cree que ocasionan la desestabilización de los agentes tenso activos presentes en la interfase mediante un aumento de solubilidad a la fase continua crudo. Una vez eliminada la resistencia a la coalescencia, las gotas de agua se unen formando gotas más grandes y luego se asientan por diferencia de densidades. La estabilidad de una emulsión también está relacionada con la presencia de surfactantes; se cree que tal comportamiento es debido a que el surfactante proporciona una mayor estabilidad a la emulsión y por consiguiente hace más difícil el rompimiento de ésta. El efecto del tipo de surfactante sobre la desemulsificación con microondas es el de desestabilizar a la emulsión ofreciendo una menor resistencia a la ruptura.

Las pruebas realizadas en laboratorio evidencian la eficiencia que tiene el método de microondas en la separación de emulsiones de agua y petróleo. Los análisis de los resultados muestran una comparación entre el método convencional y el método alternativo presentado en el trabajo para determinar cuál de ellos presentó mejores resultados. Debido a que las pruebas a realizar son preliminares y de laboratorio, no se realizó un estudio económico. El principal factor por considerar, es la eficiencia energética del proceso, teniendo en cuenta que las muestras no consumen la totalidad de la energía generada por el magnetrón debido a que la cavidad del equipo utilizado es de tamaño preestablecido.

2. Generalidades

2.1 Naturaleza de la emulsión.

Una emulsión es una mezcla de dos líquidos inmiscibles mutuamente, o sea, dos líquidos que no se mezclan bajo condiciones normales, uno de los cuales está disperso como gotas en el otro, y su estabilizador es un agente emulsificante. Las gotas dispersas son conocidas como la fase interna, el líquido que rodea a estas gotas es la fase continua o externa. El agente emulsificante, generalmente actúa en forma de una membrana envolvente y su función es separar la fase interna de la fase continua en la mezcla. (Fernández y Orángel, 2002).

Según Urbaez (1987), las emulsiones de petróleo y agua pueden ocurrir de cuatro formas diferentes:

- Agua en petróleo: consiste en que en la fase continua (petróleo) existen gotas de agua (fase dispersa) inmersas en ella. Este tipo de emulsión comprende el mayor porcentaje de las emulsiones presentes en la Industria Petrolera. Por esta razón también se le conoce como emulsión “normal”. El contenido de agua en un campo de producción puede variar entre 1% y 80%.
- Petróleo en agua: este tipo de emulsión consiste en gotas de petróleo dispersas en una fase continua de agua. También se le conoce como emulsión “inversa” o “reversa” por estar constituida de manera opuesta a la Emulsión “normal”. Con excepción de la orimulsión que es inversa, pero el agua (fase continua) tiene porcentaje volumétrico menor que el del crudo (fase dispersa) es una emulsión estable de bitumen en agua, lo cual en términos sencillos podría decirse que es la suspensión de partículas infinitesimalmente pequeñas de bitumen en agua. Este tipo de emulsión no se presenta de manera natural es fabricada por las facilidades que posee para ser transportada y el valor calorífico que contiene.

- **Petróleo en agua en petróleo:** este tipo de emulsión raramente es encontrada en la producción de petróleo. En las áreas donde se encuentra, el petróleo es de alta viscosidad y gravedad específica o el agua es relativamente blanda y fresca. La forma de este tipo de emulsión es hasta cierto punto muy compleja. Las gotas de petróleo están dispersas en gotas más grandes de agua las cuales a su vez están dispersas en una fase continua de petróleo.

- **Agua en petróleo en agua:** este tipo de emulsión no ha sido encontrada en la producción de petróleo, aunque experimentalmente puede prepararse. En estructura es exactamente el reverso del tipo petróleo-agua-petróleo. Las gotas de agua están dispersas en gotas más grandes de petróleo las cuales a su vez están dispersas en una fase continua de agua. Este tipo de emulsión se trata de la misma manera que la emulsión agua en petróleo, pero los residuos de agua que se asientan pueden contener la mayor parte del contenido original del petróleo en gotas, por lo tanto, es necesario un tratamiento posterior como si fuera una emulsión de petróleo en agua. (pp. 6-7).

También Urbaz (1987), asegura que el método más simple para identificar el tipo de emulsión es por medio del uso del microscopio. Se obtiene una muestra de la emulsión y se coloca en el microscopio, luego una pequeña cantidad, bien sea de petróleo o de agua es agregada a la muestra. El líquido que sea miscible con la emulsión representa la fase continua. Bajo un microscopio, las gotas individuales son claramente visibles, por lo tanto, por medio de la prueba explicada y la aparición de gotas, el tipo de una emulsión compleja puede ser también identificada. (p.7).

2.2 Formación de las emulsiones.

“Básicamente existen tres componentes en una emulsión agua-petróleo: el agua presente en gotas dispersas (fase interna); el petróleo presente como fase continua (fase externa) y el agente emulsificante que estabiliza la dispersión” (Bansbach, 1970 en Brito, 1990, p.10). Con la sola presencia de ellos no se forma la emulsión, existen entonces tres condiciones que son necesarias para la formación de una emulsión estable, es decir, una emulsión que no se romperá sin alguna forma de tratamiento: Los líquidos (agua y petróleo) deben ser inmiscibles entre sí y debe haber suficiente agitación para dispersar un líquido en forma de gotas en el otro líquido. Las emulsiones no se forman espontáneamente, por lo tanto, hay que generar cierto trabajo en el sistema, este trabajo es producido por la turbulencia o agitación que ocurre en el movimiento de los fluidos por el paso a través de bombas, cambios de diámetro (chokes) o cualquier vía sujeta a severa agitación o presión. Por ejemplo, en un pozo que produce por flujo natural, esta turbulencia o agitación puede ser dada por el paso del flujo a través de la línea de transporte, conexiones del cabezal, estranguladores. En pozos de bombeo, lo ya antes expuesto más la agitación producida por la bomba es más que suficiente para la formación de la emulsión. (Fernández y Orángel, 2002).

La presencia de un agente emulsificante, que puede ser uno o combinación de materiales surfactantes como los asfáltenos (un término general aplicado a la amplia variedad de compuestos de alto peso molecular que contienen sulfuro, nitrógeno, oxígeno, metales) resinas, ácidos orgánicos, arcillas, parafinas y muchas otras. (Petrolite, 1983, p19).

Como las moléculas de petróleo son las que prevalecen, estos materiales serán poco atraídos por el cuerpo interno del petróleo y migrarán a la interfase agua-petróleo. Similarmente las impurezas del agua también migrarán. Estos agentes emulsificantes tienen una atracción mutua

La cual resulta en una membrana elástica formada alrededor de las gotas, previniendo que las gotas de agua se unan y decanten por gravedad. El agente emulsificante, es algún compuesto orgánico o inorgánico que se encuentra presente en el petróleo crudo y que estabiliza la fase dispersa al formar una membrana o película elástica y fuerte que envuelve la superficie de las gotas. Esta membrana es gruesa y puede ser fácilmente visible en un microscopio. Su presencia hace difícil la coalescencia de las gotas. Cuando estas gotas chocan entre sí, la elasticidad de la membrana actúa como pelota elástica o algunas veces se rompe formando partículas más pequeñas. Aunque esta acción repelente puede ser causada por otra razón, se ha comprobado que es debido más que todo a las propiedades elásticas de la membrana protectora que se forma por la acción del agente emulsificante. Es por esta razón que en cualquier sistema del tratamiento el objetivo principal es el de destruir esta membrana protectora, lo cual puede conseguirse si se neutraliza la acción del agente emulsificante. Si esto se consigue, las gotas serán capaces de coalescer en partículas lo suficientemente grandes de manera que puedan separarse del petróleo por la acción de la gravedad. (Fernández y Orángel, 2002).

Los tipos de agentes emulsificantes pueden ser subdivididos de acuerdo con su solubilidad en la fase continua. Entre los agentes emulsificantes sólidos (no solubles) se tienen: Sílice, Negro de Humo y Arcilla. Entre los solubles se puede contar con: Surfactantes de Sodio, Calcio, Surfactantes de Magnesio, Asfalto y Bitúmenes. Adicionalmente, ciertas sustancias hidrofílicas como la goma (sustancia viscosa soluble en agua), que no se encuentran con el crudo pero que pueden ser tomados en el equipo de superficie, pueden actuar como agentes emulsificantes. “El agente emulsificante se adhiere a los glóbulos por absorción y posiblemente por atracción iónica”. (Urbaez, 1987, p. 9). Además, se puede decir que, el tipo de agente emulsificante que es absorbido en la interfase petróleo-agua determinará el tipo de emulsión que se formará. Para agentes

emulsificantes sólidos, el líquido que moja al agente será el líquido que formará la fase continua de la emulsión. Para los agentes solubles, la fase líquida de mayor solubilidad para el agente emulsificante será la fase continua de la emulsión. Estos fenómenos son un efecto de la tensión superficial que existe entre el agente y el petróleo y, el agente y el agua. Por ejemplo, si el agente es mojado o absorbido por el petróleo, la tensión superficial entre el petróleo y el agente en la interfase será más baja y el petróleo se convertirá en la fase continua. Como la tensión interfacial entre el agua y el agente emulsificante será más alta que la anterior descrita, el agua se agrupará en gotas. Los emulsificantes de surfactantes están formados por una cadena muy larga de hidrocarburos y un grupo polar. El grupo polar es atraído por el agua, mientras que, la cadena de hidrocarburos se incorpora por sí misma al petróleo. Aunque solamente surfactantes de sodio y calcio han sido nombrados, surfactantes de cualquier metal alcalino, los surfactantes de metales de alta valencia, como zinc, hierro, aluminio, etc., actúan de manera similar a los surfactantes de calcio en su función emulsificadora. (Fernández y Orángel, 2002).

2.3 Estabilidad de las emulsiones.

Además de las condiciones nombradas anteriormente para formar la emulsión, necesitamos la presencia de varios factores para poder mantener la estabilidad de la emulsión formada, entre las cuales tenemos:

2.3.1 Tamaño de las gotas: El tamaño de las gotas dispersas es determinado por el tipo y severidad de agitación. Mientras más severa sea la agitación en un sistema de producción de petróleo crudo, mayor será la acción cortante que puede ser impartida a la mezcla agua-petróleo, dando como resultado un tamaño de gotas más pequeñas y con ello una emulsión más estable. En una emulsión estable se pueden encontrar diferentes tamaños de gotas, pero el porcentaje de gotas pequeñas es alto. (Petrolite, 1983).

2.3.2. Tipo de agente emulsificante: drásticamente a la estabilidad de la emulsión. Se puede contar con varios agentes para actuar bajo condiciones diferentes. Esto es generalmente relacionado a dos funciones: rapidez de migración a la interfase y cómo actúa los agentes emulsificantes en el lugar. Cuando el agua y el petróleo se unen, el agente emulsificante puede ser distribuido uniformemente en el petróleo, entonces la emulsión es relativamente inestable. Con el tiempo, el agente en el petróleo migra a la interfase debido a las características tensoactivas. Esta migración, con el tiempo, produce una gruesa y dura película alrededor de las gotas, resultando en una emulsión que es más difícil de romper. (Petrolite, 1983).

2.3.3. Tipo de petróleo: Los petróleos de base nafténica o asfáltica se emulsificarán con mayor rapidez y permanencia que los de base parafínica, esto se debe a que el asfalto y el bitumen que se encuentran en el petróleo de base nafténica actúan como excelentes agentes emulsificantes. La validez de lo antes dicho puede verse claramente si se compara lo extenso que es este problema en los campos que producen este tipo de petróleo. (Urbaez, 1987).

2.3.4. Porcentaje de agua: La cantidad de agua presente en una emulsión y el lugar que toma el tiempo de agitación es directamente relacionado con la estabilidad de la emulsión. Generalmente, mientras el contenido de agua aumenta, la estabilidad de la emulsión decrece. Esto es referido a la baja concentración de los agentes emulsificantes en la interfase agua-petróleo y el promedio extenso de gotas de agua en el petróleo. (Petrolite, Manual N° 109).

2.3.5. Viscosidad del petróleo crudo: La viscosidad de un líquido es la resistencia que éste presenta a fluir, es decir, a mayor viscosidad mayor resistencia a fluir y viceversa. Un petróleo con alta viscosidad mantendrá en suspensión gotas mucho más grandes que otro de viscosidad baja.

En los crudos pesados la migración de los agentes emulsificantes a la interfase se retarda, es decir, en crudos de alta viscosidad se forman emulsiones estables. Por eso los crudos de alta viscosidad son más difíciles, generalmente, de deshidratar que los de baja viscosidad. (Urbaez, 1987).

2.3.6. Densidad: Otro factor que afecta la estabilidad de la emulsión y el tiempo de asentamiento es la densidad relativa del petróleo y el agua. A medida que la diferencia de densidades entre el agua y el petróleo es mayor, la acción de la gravedad en fase interna se incrementa y es más rápido el tiempo de asentamiento. (Petrolite, 1983).

2.3.7. Edad de la emulsión: Las emulsiones se vuelven más estables con el tiempo. Esto se explica porque la adsorción de los agentes emulsionantes a la superficie de las gotas de agua es, con el correr del tiempo, más completa (Petroleum Extensión Service, 1990).

2.3.8. Temperatura: La estabilidad de una emulsión depende de la temperatura, que controla varios efectos. Un incremento en la temperatura tiene tres efectos: primero, la viscosidad del petróleo decrece ayudando así a la fácil coalescencia de las gotas de agua. Segundo, la membrana que rodea a la gota con el agente emulsificante es debilitada o rota debido a la expansión del agua y consigo el decrecimiento de la eficiencia del agente emulsificante, y tercero, la diferencia de densidad de los fluidos agiliza el incremento de tamaño de las gotas de agua. (Petrolite, Manual # 109).

2.3.9. Residuos de carbón: El efecto de los residuos de carbón en la estabilidad de las emulsiones es comparable al de la viscosidad del petróleo, es decir, entre mayor sea el contenido de residuos de carbón presentes en el petróleo, mayor será su estabilidad y viceversa. (Urbaez, 1987).

2.3.10. Exposición al aire: Se ha comprobado que las emulsiones se hacen más estables cuando están expuestas al aire. Esto es debido a que el oxígeno en el aire va a reaccionar con los componentes en el crudo para formar un agente emulsificante. Esta acción ocurre rápidamente y solo unos pocos segundos de exposición al aire son necesarios para estabilizar la emulsión en alto grado. (Urbaez, 1987).

2.4. Naturaleza de los desemulsificantes

Los desemulsificantes son materiales surfactantes, los cuales, son similares en naturaleza a los emulsificantes. Estas son las cuatro principales acciones de un desemulsificante:

2.4.1. Atracción fuerte a la interfase agua-petróleo: El proceso de desemulsificación toma lugar en la interfase agua-petróleo así que el desemulsificante tiene que migrar rápidamente a la interfase para realizar su función. El emulsificante está normalmente concentrado en la interfase y eso crea un obstáculo adicional para el desemulsificante. Un buen desemulsificante debe, por ende, no solamente migrar rápidamente a la interfase, también debe competir con éxito por su posición en este sitio. (Petrolite, Manual N° 109).

2.4.2. Floculación: Cuando un desemulsificante se encuentra con la superficie de una gota de agua, la gota tiene una fuerte atracción hacia otra gota en la misma condición. Por este mecanismo, grandes aglomeraciones de gotas de agua se producen. Esta característica de los desemulsificantes para producir aglomeración de las gotas, normalmente no rompe la continuidad de la membrana del emulsificante.

Si la membrana del emulsificante es débil, este proceso de floculación puede ser causa suficiente para romper la emulsión. De cualquier modo, en la mayoría de las emulsiones es necesario acciones adicionales para la unidad de las gotas de agua para volverse lo suficientemente grande para separarse del volumen de petróleo. (Petrolite, Manual N° 109).

2.4.3. Coalescencia: La ruptura completa de la membrana del emulsificante y la fusión de las gotas se describe como coalescencia. Debido a la floculación las gotas de agua se acercan continuamente y al final se rompe la membrana del emulsificante resultando en un rápido crecimiento del tamaño de las gotas. Esto es primordial para una rápida separación de agua y un rompimiento completo de la emulsión. (Petrolite, Manual N° 109).

2.4.4. Humectabilidad de los sólidos: En muchos crudos los sólidos tales como sedimentos, sulfuro de hierro, arcillas, los sólidos del lodo de perforación y parafinas, complican el proceso de desemulsificación. Ellos tienden a reunirse en la interfase y contribuir significativamente a la estabilidad de la emulsión. Algunas veces dichos sólidos son los materiales primarios estabilizantes y es necesario removerlos para realizar satisfactoriamente el rompimiento de la emulsión. Para removerlos de la interfase, estos sólidos pueden ser dispersados en el petróleo o ellos pueden ser humectados con agua y removerlos con esta. Si son dispersados en el petróleo, la emulsión puede ser rota, pero los sólidos pueden permanecer precipitados como un contaminante en el petróleo. Generalmente es más deseable para remover sólidos inorgánicos humectarlos con agua. La parafina y otros sólidos orgánicos son una excepción, estos pueden ser recobrados en el proceso de refinación, por eso es considerable mantener dichos materiales dispersos en el petróleo para transportarlos hasta la refinería. Un mecanismo similar prevalece en cualquier otro petróleo o en sólidos humectados, pero el tratamiento será diferente. En ambos casos, cada gota de desemulsificante tiene un fin, que es atacar fuertemente a los sólidos, por lo tanto, formar una envoltura encima. El otro fin de las gotas es que las partículas de sólido suspendidas dentro del líquido se atraigan fuertemente hacia el agua o el petróleo. (Fernández y Orángel, 2002).

2.5 Tratamiento de separación de la emulsión

Bansbach y Bessler, (s.f.) en Brito (1991); afirman que el programa de tratamiento regularmente incorpora cuatro factores básicos: Producto desemulsificante, agitación, calor y tiempo de asentamiento. Una cierta cantidad de cada uno de estos trabajando simultáneamente genera una separación adecuada de la emulsión. Al igual que en una ecuación o escala, los factores de tratamiento por un lado están en balance con el petróleo tratado y viceversa. Reduciendo la cantidad de uno o más de estos factores de tratamiento se destruirá el balance y por lo tanto la separación de la emulsión no será efectiva. Como sea, si uno de los factores de tratamiento es reducido, uno o más de los otros se incrementará adecuadamente, y así el balance puede ser mantenido para la adecuada separación de la emulsión. Una revisión de la funcionalidad de cada uno de estos factores es importante para determinar los límites en los cuales pueden fluctuar.

2.5.1 Adición de producto desemulsificante: Ya que el producto desemulsificante debe entrar en contacto con las gotas de agua para desestabilizarlas, debe estar completamente mezclado con toda la emulsión. Esto se logra normalmente por inyección continua de desemulsificante dentro de la emulsión cuando la emulsión está comenzando a producirse. El punto de inyección es importante, generalmente, se puede decir que el producto desemulsificante debe ser adicionado lo más lejos aguas arriba como sea posible. Esto da un mínimo de tiempo para que el emulsificante se concentre en la interfase con el resultado de que se incremente la estabilidad, y provea una máxima agitación y tiempo para que el desemulsificante trabaje. El último método en la aplicación de química consiste en inyectarla en el fondo del pozo. Esto lleva al producto desemulsificante al punto de producción y provee el tratamiento más efectivo. (Fernández y Orángel, 2002).

Cuatro razones para la efectividad del tratamiento en el fondo del pozo según (Petrolite, 1983) son:

- Mezclado intenso, particularmente importante cuando una corta línea de producción no produce la agitación suficiente.
- Las altas temperaturas al final del hoyo, las cuales cuando son combinadas con el producto desemulsificante tiende a reducir la severidad de la emulsificación.
- El contacto del producto desemulsificante antes que la emulsión esté estabilizada, lo cual frecuentemente previene la emulsificación.
- Reduce la viscosidad de la emulsión formada (la emulsión tiene mayor viscosidad que cualquiera de los dos líquidos por separado, entonces reduciendo la emulsificación se reduce la carga del equipo de levantamiento, se reduce la presión y se incrementa la producción). Inyectando el producto desemulsificante en el fondo del pozo se presentan dificultades mecánicas y por lo tanto este método vale la pena solamente en algunos casos.

La inyección de producto desemulsificante dentro de la línea de flujo cerca del cabezal del pozo es un acceso en la práctica. Con sistemas de muchos pozos, la inyección presenta también problemas. El costo inicial de muchos de los inyectores es alto, y el mantenimiento y servicio consume mucho tiempo. Frecuentemente un arreglo usado, es instalar los inyectores sobre algunos pozos en lugar de todos ellos. La selección de dichos pozos debe ser con mucho cuidado y acierto. Una buena selección puede ser; un pozo produciendo emulsiones estables, uno que esté produciendo altos volúmenes de fluidos, uno que esté continuamente produciendo, o uno cuya línea de flujo se une con la de otro pozo antes de llegar al múltiple de entrada a la planta de tratamiento. Un punto en común para la inyección de producto desmulsificante es en el múltiple del pozo.

La inyección aquí garantiza que el producto desmulsificante será introducido continuamente dentro de toda la producción. El inyector sencillo tiene una instalación de bajo costo inicial y se estipula para un mínimo servicio y mantenimiento. Dicho ahorro puede compensar el costo de producto desmulsificante extra el cual usualmente es requerido por causa de la baja agitación y tiempo de mezcla. Cada sistema debe ser evaluado para determinar como el producto desmulsificante puede ser mejor aplicado. La cantidad de desmulsificante necesario para producir el grado deseado de tratamiento, es influenciado por muchos factores. Entre estos tenemos, la emulsión muy fuerte y estabilizada, cantidad de agitación, temperatura, tiempo de retención o asentamiento, etc. La variedad de dichas influencias y sus combinaciones hace que sea imposible que se coloque una cantidad específica o una relación. Un indicador de la cantidad necesaria para lo que requiere un sistema puede ser determinada de una prueba de botellas preliminar. Como sea, la cantidad óptima actual, solamente se puede determinar en la planta. (Fernández y Orángel, 2002).

2.5.2 Agitación: Después que el producto desmulsificante es adicionado a la emulsión, la agitación es necesaria para que se distribuya uniformemente, y luego de que la emulsión se rompa, la agitación adicional promueve la coalescencia de las gotas de agua para incrementar la velocidad de asentamiento. La agitación es necesaria por dos razones, para que se mezcle íntimamente el desmulsificante con la emulsión y para que luego de que la membrana emulsificante se rompa, se promueva la colisión de las gotas. La agitación es realmente obtenida en muchos sistemas por el paso del fluido a través de las líneas de flujo, cabezales, separadores y tanques de tratamiento. (Bansbach, 1970 en Brito, 1990).

Debido a que los desmulsificantes modernos pueden realmente migrar a través del crudo gracias a su alta actividad surfactante, y pueden promocionar la coalescencia efectivamente, ellos

Cumplen en muchos pozos con una mínima agitación. En generaciones anteriores de desemulsificantes se requería significativamente más agitación para obtener un rendimiento aceptable. El uso en campo de mezcladores con deflectores, técnicas de inyección atomizada y tuberías adicionales muestran una gran mejoría en el tratamiento. La emulsión puede ocurrir si la agitación es muy severa, esto es, que se emulsiona otra vez, después de rota, unión entre agua y petróleo. Entonces hay que observar el resultado luego de pasar por los separadores de gas, bombas, o cualquier otro equipo en el sistema donde se produzca una severa agitación una vez que haya sido rota la emulsión. (Fernández y Orángel, 2002).

2.5.3 Calor: Muchos crudos son producidos calientes y no es necesario incrementar la temperatura para ayudar a la deshidratación. Algunas plantas de tratamiento, sin embargo, usan calor en este procedimiento, ya que provee una ayuda a la mezcla, coalescencia y asentamiento. El calor es útil además para:

- Reducir la viscosidad del petróleo
- Debilitar o romper la membrana que existe entre el petróleo y las gotas de agua.
- Variando la diferencia en la gravedad de los fluidos y así la tendencia a decrecer el tiempo de asentamiento (Petrolite, 1983).

En efecto, el calor acelera el proceso de tratamiento y es usado primordialmente para reducir el tamaño de los tanques de tratamiento. El calor vaporiza los componentes ligeros del petróleo, a menos que el nivel de calor sea menor para conservar estos, para que se reduzca la gravedad API y el volumen. También, como el calor es incrementado, se incrementan los problemas de mantenimiento. Generalmente es mejor el uso de más producto desemulsificante y menos calor, pero por la parte económica es preferible utilizar un tanque grande, aplicando una pequeña

cantidad de calor para obtener velocidad de asentamiento, que el uso de un tanque pequeño (Fernández y Orángel, 2002).

2.5.4 Asentamiento: Es el componente básico en todo el proceso de tratamiento. Toda operación que envuelva el uso de calor, producto desemulsificante o cualquier dispositivo mecánico son diseñados para preparar la emulsión agua-petróleo para el paso de asentamiento.

Los tanques de tratamiento usualmente proveen suficiente tiempo para permitir que toda el agua se asiente. El tiempo necesario para permitir este asentamiento es determinado por la diferencia de gravedad específica de la emulsión, la viscosidad del petróleo y el tamaño de las gotas de agua. Mientras una turbulencia suave ayudará en la coalescencia, la turbulencia severa en la sección de asentamiento incrementará el tiempo.

Una ley que provee una aclaración de como las gotas de aguas dispersas (emulsionadas) en el petróleo se asientan al estar relativamente el producto deshidratado, es la ley de Stoke, que probó que la velocidad a la cual una gota de uno de los líquidos inmiscibles (el agua) se separará del otro líquido y se asentará y puede ser calculado con la siguiente relación (Petrolite, 1983):

$$V = \frac{g * (\rho_w - \rho_o) * r^2}{18 * \mu_o} \quad [\text{Petrolite, Manual \#109}]$$

Donde:

V: velocidad de la caída de la fase dispersa [cm/sg]

r: radio de la fase dispersa (gotas de agua) [cm]

g: constante de aceleración de gravedad [cm/sg²]

ρ_w : densidad de la fase dispersa (agua) [gr/cc]

ρ_o : densidad de la fase continua (petróleo) [gr/cc]

μ_o : viscosidad de la fase continua (petróleo) a la temperatura de asentamiento. [poise=
1Kg/(m*sg)]

Diferencia de densidad ($\rho_w - \rho_o$): Ciertamente cualquier deseo por agilizar la separación de las gotas de agua del petróleo se quiere que la diferencia de densidad entre las fases agua y petróleo sea lo más grande posible. La gravedad específica del agua destilada es 1,0. la gravedad de las aguas que se producen será ligeramente mayor debido a las sales disueltas. La densidad del petróleo decrece como la gravedad API se incrementa. Por consiguiente, una alta gravedad específica del petróleo será supuestamente más fácil de deshidratar que un petróleo de baja gravedad específica.

(Fernández y Orángel, 2002).

Gravedad (g): En un sistema de emulsión normal, g es la gravedad ó 980 cm/sg^2 . Solamente la vía para aumentar la gravedad es el empleo de la centrífuga. El uso de la centrífuga no es práctica para volúmenes de petróleo muy grandes por la cantidad de energía requerida y el mantenimiento que envuelve las partes de rotación de alta velocidad. (Fernández y Orángel, 2002).

Viscosidad (μ_o): La viscosidad es una función de la temperatura. En la medida que la temperatura del petróleo es incrementada, su viscosidad decrecerá como una función logarítmica. El incremento de la velocidad de asentamiento de las gotas por la ley de Stoke, se debe al incremento de la temperatura para reducir la viscosidad. Como el factor de viscosidad está en el denominador en la ecuación de Stoke, un cambio severo en la magnitud de la viscosidad tendrá un incremento significativo en la velocidad de asentamiento de las gotas de agua. (Fernández y Orángel, 2002).

Tamaño de las gotas (r): Cuando se examina por primera vez la ley de Stoke y se tiene una libre selección de una de las variables que se pueden controlar para ayudar en el asentamiento se opta

por controlar el tamaño de las gotas. Porque el tamaño de las gotas es un término cuadrático, un pequeño incremento en el diámetro se refleja como muy grande en la velocidad de asentamiento de las gotas. (Fernández y Orángel, 2002).

Según Petrolite (1983): “El diámetro de las gotas de agua en un típico campo de petróleo emulsionado, frecuentemente se encuentra en el rango de los micrones. Se puede decir que el tamaño típico de las gotas está alrededor de 100 micrones en diámetro (por la coalescencia de muchas gotas pequeñas formando unas gotas más grandes), esto afectará considerable la velocidad de asentamiento ya que al ser al cuadrado este término se hará más grande y aumentará la velocidad. (pp. 58)

2.6. Métodos de tratamiento

En una emulsión de agua en petróleo existen dos fuerzas que se oponen constantemente:

- La tensión superficial o interfacial, que permite que las gotas pequeñas formen gotas mayores, las cuales cuando están suficientemente grandes asientan por gravedad.
- La membrana del agente emulsificante que rodea al agua tiende a evitar la unión de las gotas pequeñas y aún en el choque de dos gotas pequeñas tiende a quedar entre ellas de manera que no pueda formarse una gota más grande.

Como se observa, la única alternativa que queda es la de romper la membrana del agente emulsificante que está poniendo aquellas dos fuerzas en antagonismo. Con este fin, dos métodos generales de tratamiento se usan actualmente, uno en mayor ó menor grado que otro de acuerdo con el carácter de las emulsiones, tipo de crudo tratado, y por último la técnica del operador (Fernández y Orángel, 2002).

Según Urbáez (1987), dichos métodos son:

- Método Mecánico
- Método Químico

2.6.1 Método mecánico: Esta forma de tratamiento es usada en combinación con los métodos químicos y eléctricos, es decir, como un tratamiento previo al uso de los dos métodos o combinación con ellos. En los casos de emulsiones muy inestables, la sola aplicación de calor puede en algunos casos, producir un rápido rompimiento de la emulsión, pero en la gran mayoría de los casos, el tratamiento químico o eléctrico es necesario, a menos que la temperatura usada se acerque al punto de ebullición del agua, con la desventaja de pérdida de petróleo liviano. Los siguientes procesos ayudan a este método:

2.6.1.1 Aplicación de calor: La aplicación de calor por sí sola, no rompe la emulsión y es sólo un proceso auxiliar para acelerar la separación. Sin embargo, cualquier emulsión puede romperse aplicando calor hasta una temperatura igual a la del punto de ebullición del agua, ya que una vez se alcance esa temperatura, las gotas de agua se evaporan y por lo tanto la membrana protectora se rompe. La aplicación de calor a tan alta temperatura tiene muchas desventajas por la cual, en la práctica no se opera en esos niveles. Entre las desventajas se puede enumerar:

- El calentamiento excesivo, puede causar pérdidas de los hidrocarburos más livianos y volátiles del petróleo, resultando una pérdida tanto en volumen como en gravedad API para el productor.
- Alto costo debido a la gran cantidad de combustible usado.
- Mayor desgaste en el equipo.

En general se concluye que no es ventajoso aplicar muy altas temperaturas y por lo tanto, el operador debe conformarse con obtener los siguientes resultados por medio de aplicación de calor:

- Reducir la viscosidad para ayudar el asentamiento.
- Afectar la tensión interfacial que hay entre el petróleo y el agua.

2.6.1.2. Centrifugación: Este proceso para romper la emulsión de agua en petróleo fue en el pasado bastante usado, pero en el presente ha sido relegado a los laboratorios. La centrifugación de las emulsiones produce las mismas fuerzas que produce ordinariamente el asentamiento por gravedad. Por medio de la centrífuga, la fuerza de gravedad es acelerada muchas veces y la separación del petróleo-agua, ocurre en un período más corto.

La eficiencia de la separación por medio de la centrifugadora depende directamente de las densidades de los líquidos. Si los líquidos tienen diferentes densidades, ocurre una separación rápida y limpia; pero con las emulsiones normales de petróleo-agua, ocurre alto arrastre del petróleo por el agua, entonces para asegurar una separación rápida, la viscosidad de la emulsión es reducida por medio del calor.

Aunque el método de la centrífuga es un proceso rápido y fácil de adaptar, el costo inicial del equipo es alto. Por esta razón este método prácticamente ha dejado de existir en la escala comercial de tratamiento de emulsiones.

2.6.1.3. Separación por gravedad o asentamiento: Este proceso mecánico para tratar una emulsión no es más que el de un simple asentamiento por lo cual se deja a la fuerza de gravedad actuar entre el petróleo y el agua, en virtud de sus diferencias en densidades.

El asentamiento o separación por gravedad puede ser efectivo únicamente cuando la emulsión ha sido rota previamente por medio de algún otro tipo de tratamiento. Si la membrana protectora

Y las cargas eléctricas estabilizadoras de las gotas no son neutralizadas previamente, cualquier asentamiento que ocurra será tan lento que no será práctico su uso. Como se ha dicho, la velocidad de asentamiento está altamente influenciada por la viscosidad del petróleo y es por esta razón que la emulsión, en algunos casos, se calienta antes de colocarse en los tanques de asentamiento.

Para que el asentamiento ocurra a mayor velocidad, es muy importante que la emulsión, una vez en el tanque u otro equipo decantador, esté en un estado de absoluta tranquilidad, de tal manera que no ocurra ninguna liberación de gas en el equipo decantador que redunde en turbulencia o agitación. Para evitar al máximo la agitación, en algunos diseños, la emulsión que entra en el equipo decantador es pasada a través de un colchón de agua. Este colchón de agua ayuda a coagular las gotas de agua dispersas en la emulsión y sirve a la vez como igualador de temperatura, debido a que cualquier mala distribución del calor puede causar corrientes que agiten la mezcla y por lo tanto eviten la separación.

En general, el tiempo total de asentamiento necesario para la separación de la emulsión, depende de variables como: viscosidad del petróleo, densidades tanto del agua como del petróleo, cantidad de agitación en el equipo de decantación, velocidad del fluido que entra en el equipo y tamaño de las partículas de agua.

2.6.2. Método químico: En el tratamiento químico de las emulsiones, la desemulsificación es obtenida introduciendo una sustancia que contrarreste el efecto del agente emulsificante en los casos que la emulsión está estabilizada por una membrana protectora, o introduciendo un producto desemulsificante que neutralice las cargas de las gotas si la emulsión está estabilizada por las atracciones eléctricas.

Para contrarrestar la acción del agente emulsificante se introduce un producto desemulsificante en el petróleo para que se una en la emulsión con el agente y que no tenga ninguna propiedad emulsificante, sino todo lo contrario, desemulsificante.

En los comienzos de la Industria Petrolera, este método era una operación al azar y cada estación se manejaba de una manera diferente. Muchos supervisores dependían de los operadores de campo para tratar al petróleo y no hacían un esfuerzo para investigar las posibilidades de usar sustancias químicas para tratar las emulsiones. Durante este período se usaban diversos productos químicos como auxiliares en el tratamiento, tales como lejía, ácido clorhídrico y jabones en polvo cuyo efecto provechoso fue hallado al tanteo.

Tras estos comienzos, se formaron las compañías de reactivos y hoy día existen numerosas empresas que se dedican a la manufactura y venta de compuestos para separar las emulsiones. Algunas compañías tienen laboratorios de investigación y personal de ingenieros de campo para ayudar al productor en la selección adecuada de las sustancias y otros materiales para su aplicación en tratamientos en el campo.

2.7. Separación de emulsiones por microondas

2.7.1 Principio de Operación: Un horno de microondas está formado esencialmente por un generador de alta potencia y una cavidad de paredes metálicas. Los hornos de microondas tienen un rendimiento del orden de un 50%, bastante superior al que presenta un horno clásico de convección. A diferencia de los hornos convencionales, en un horno de microondas el calentamiento actúa directamente sobre el interior de los alimentos. Este calentamiento se produce esencialmente por las elevadas pérdidas dieléctricas que presentan prácticamente todos los tejidos orgánicos a frecuencias de microondas. Por otra parte, las pérdidas dieléctricas de estos tejidos disminuyen al aumentar la temperatura y por tanto el calentamiento por microondas

Es parcialmente autorregulable. El agua experimenta una reducción de la parte imaginaria de la permitividad dieléctrica relativa de 20 a 5 cuando se calienta de 5°C a 60°C. Así mismo, se ha verificado experimentalmente que muchos alimentos también experimentan reducciones significativas de sus pérdidas dieléctricas al calentarse, fundamentalmente como consecuencia de la pérdida en el contenido del agua.

Todos los dieléctricos tienen frecuencias características denominadas frecuencia de relajación. A ésta frecuencia, los átomos y moléculas constitutivas del material se hacen especialmente eficaces en la absorción de radiación, presentando pérdidas máximas en la parte imaginaria de la permitividad dieléctrica. Existen distintos mecanismos de relajación dieléctrica. Para las frecuencias de microondas, el mecanismo más importante es la relajación dipolar, la cual aparece en todos aquellos materiales constituidos por moléculas que tienen un momento dipolar neto. Este mecanismo está presente en el agua, cuyas moléculas tienen dos enlaces polares que forman un ángulo de unos 105°. De hecho, el agua libre presenta pérdidas máximas a 10 GHz como consecuencia de la relajación dipolar. El agua está presente en los tejidos orgánicos en forma de agua ligada cuando sus moléculas están unidas a otras moléculas orgánicas. En estas circunstancias, tanto el mecanismo de máximas pérdidas como las frecuencias de relajación pueden cambiar significativamente. El agua de cristalización y el hielo presentan máximas pérdidas dieléctricas en frecuencias del orden de 1 a 100 kHz, mientras que en el agua ligada las pérdidas son máximas a frecuencias intermedias, en torno a unas decenas de MHz. Se podría pensar en optimizar el proceso de calentamiento utilizando alguna de las frecuencias de relajación más habituales en los materiales orgánicos, pero en la práctica también es conveniente tener en cuenta que una absorción excesiva puede dar lugar a un calentamiento muy superficial: si el cuerpo a calentar es excesivamente voluminoso la radiación apenas llega a las partes más

Internas del mismo. (Bengtsson y Rissman, 1983, pp.355-365), (Akyel, Bosisio, Chahine y Bose, 1971, pp. 107-123).

2.7.2 Implementación de microondas en separación de emulsiones de petróleo y agua: De las primeras investigaciones realizadas acerca de la aplicación de las microondas en la separación de emulsiones, se pueden mencionar las patentes de Klaila (1978) US.4067683 “Métodos y Aparatos para controlar el flujo de fluidos de hidrocarburos de alta viscosidad” y “Uso de Microondas en la Separación de Emulsiones y Dispersiones de Hidrocarburos y Agua”, realizada por Wolf (1986] US.4582629. En particular, se estudia el mejoramiento en la separación de emulsiones y dispersiones de aceite en agua, mediante la aplicación de radiación de microondas, ya sea sola o en conjunto, con los tratamientos convencionales de separación.

En otras patentes de aplicación como la de Nilsen (2001)US WO 0112289 de “Método para separar emulsiones por el uso de microondas” se propone un sistema de separación de emulsiones W/O (agua en líquido orgánico) basado en el calentamiento por microondas, usando frecuencias en un rango de 300MHz a 100GHz ; y la de Owens (1999) US 5911885 con “Aplicación de microondas y centrifugación para la separación de emulsiones y dispersiones” quien desarrolló un método y un dispositivo para aplicar microondas a materiales fluidos dentro de un equipo de centrifugación, lo que le permitió separar rápidamente componentes inmiscibles de emulsiones y dispersiones.

Fang, Chang y Lai (1988), realizaron pruebas de laboratorio y de campo con emulsiones de aceite en agua (O/W) y agua en aceite (W/O) en presencia de sólidos. Su trabajo con emulsiones mostró que, en general, las muestras tratadas con microondas se calentaron más rápidamente que por calentamiento convencional. Adicionalmente, las emulsiones que fueron calentadas con microondas demulsificaron más que las calentadas con hornos convencionales. Estos

investigadores llegaron a la conclusión de que el cambio de calentamiento es un factor importante en la desemulsificación y que las rotaciones moleculares producidas por las microondas pueden reducir el potencial de la superficie y las fuerzas de repulsión entre las moléculas (potencial zeta), lo cual separa las gotas de agua y las partículas sólidas en la emulsión. (pp.227-239).

Fang, Lai, Chang y Klaia (1989) publicaron otro artículo, basado en sus trabajos anteriores con varias modificaciones. Primero, analizaron una emulsión con aceite vegetal, agua y tierra diatomácea para comparar los resultados del calentamiento con microondas y el calentamiento convencional encontrando que, si calentaban las dos emulsiones llegando a la misma temperatura, una con cada método, la emulsión que calentaron con microondas registraba mejor recuperación de aceite. Paralelamente, analizaron más detalladamente la reducción del potencial zeta que resulta de la exposición a las microondas; sin embargo, este decrecimiento no seguía un modelo que se pudiera reproducir, aunque las reducciones del potencial zeta estaban entre el 5 y 20%. (pp.235.238).

Rajinder (1994) investigó la importancia de variar las propiedades de las emulsiones al aplicar las microondas como sistema de desemulsificación y mostraron que el factor más importante es la temperatura de la emulsión; además, notaron que una concentración mayor (2%) de sal (NaCl) en la fase acuosa, incrementa la variación de temperatura en la emulsión y disminuye por ende el tiempo de exposición a microondas; igualmente investigaron los efectos de la concentración del surfactante descubriendo que, al subir la concentración del tensoactivo no iónico, disminuye la recuperación del aceite. Además, concluyeron que la recuperación de la fase dispersa en una emulsión es un factor importante para evaluar la efectividad de una técnica de desemulsificación. En particular cuando compararon la desemulsificación con microondas y la desemulsificación con

calor convencional, el tratamiento con microondas siempre reportó una mayor recuperación. (pp.141-193).

Fang y Lai (1995) realizaron experimentos en laboratorio y campo con emulsiones W/O empleando aceite mineral y como estabilizante hidróxido de sodio (NaOH). Su trabajo con las emulsiones mostró que el calentamiento por microondas provee una opción de separación de emulsiones viscosas y estables que son difíciles de bombear y mezclar con desemulsificantes químicos. Adicionalmente, calcularon propiedades dieléctricas de las emulsiones considerando la emulsión agua en aceite como una mezcla heterogénea. Los valores calculados usando los datos disponibles en la literatura, fueron aproximadamente un 30% menores que los experimentales. (pp.46-57).

Chieh y Ching (2002) publicaron sus resultados de desemulsificación con membranas de emulsión líquida, exponiendo la emulsión a un campo de microondas donde se produce rotación molecular y conducción iónica, siendo las ondas electromagnéticas responsables del calentamiento interno. En este trabajo, fueron estudiados sistemáticamente los efectos de las condiciones de la emulsión y las condiciones de operación de las microondas en la desemulsificación y la eficiencia de la separación de la emulsión W/O. Los resultados mostraron que tanto la razón de desemulsificación, así como la eficiencia de desemulsificación aumentaban con el diámetro de las partículas, de igual forma al incrementar la concentración del surfactante. (pp.3407-3420).

Evdokimov y Novikov (2007) investigaron el efecto de las propiedades térmicas y estructurales de emulsiones del tipo agua en aceite crudo al aplicar las microondas como método de desemulsificación. Ellos concluyeron que la mayor tasa de calentamiento y eficiencia de separación en las emulsiones se logra en aquellas que tengan entre un 20% y 60% de porcentaje

de agua. Si se mantiene el porcentaje de agua cerca de estos valores se puede minimizar el tiempo de exposición a microondas y acelerar el proceso de desemulsificación (pp.46-50).

En otros trabajos de investigación, Perl, Bussey y Wasan, (1985) estudiaron las propiedades dieléctricas de las emulsiones W/O y O/W empleando cavidades resonantes a diferentes frecuencias: 8.193 GHz, 11.003 GHz, 23.5 GHz, lejos de la frecuencia de calentamiento estándar. Adicionalmente, obtuvieron un método para la determinación en forma simultánea del tipo de emulsión y contenido de agua por medio de una relación con las propiedades dieléctricas. (pp.528-540).

Por otro lado, Thomas, Perl y Wasan (1990) realizaron estudios sobre las propiedades dieléctricas de macro emulsiones empleando modelos de potencial de interacción y teorías efectivas, concluyendo que los valores del módulo dieléctrico de la emulsión calculado por los modelos teóricos concuerdan con los datos experimentales reportados anteriormente, y son invariantes en un rango de frecuencias de microondas. (pp.1-13). De lo anterior se infiere que es de interés general realizar aplicaciones de ondas electromagnéticas a emulsiones del tipo agua en aceite ó aceite agua como técnica alternativa a los procesos convencionales, con el fin de monitorear, caracterizar y/o separar según sea el tipo de industria o etapa del proceso donde se formen. (Pérez, 2009).

3. Metodología

3.1. Prueba piloto para la identificación y tratamiento de emulsiones.

3.1.1. Materiales y equipos.

3.1.1.1. Desemulsificantes: Los desemulsificantes usados durante este procedimiento son:

Phase treat 15164, Phase treat 3243, Phase treat 13960 de la marca Clariant.



Figura 1. Fotografía muestras de desemulsificante. Fuente. (Autores).

3.1.1.2. Botellas Graduadas: se utilizaron botellas refractarias aforadas hasta 100 ml (zanahorias) para adicionar las muestras de crudo que fueron utilizadas para el proceso de calentamiento y centrifugación. (Ver *Figura 2*).

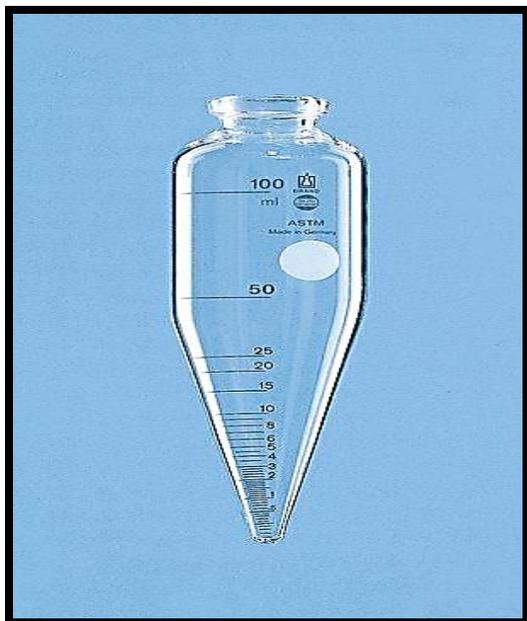


Figura 2. Fotografía de botella graduada de 100 ml (zanahoria). Fuente. (Autores).

3.1.1.3 Pipetas: se utilizaron pipetas de 1 ml para adicionar la cantidad de desemulsificante necesaria.

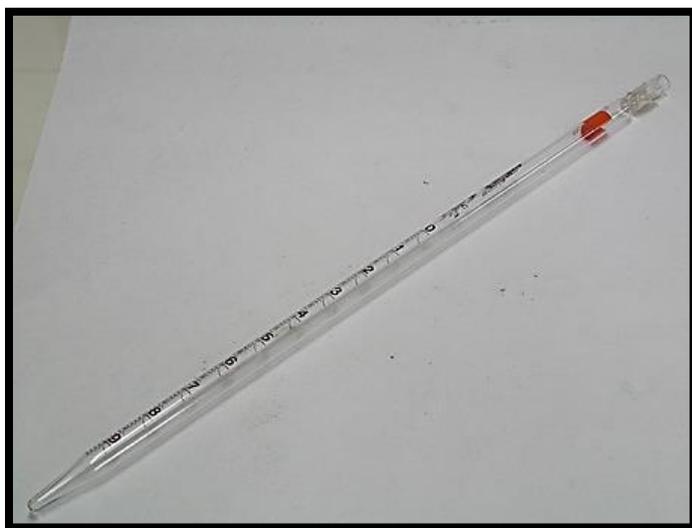


Figura 3. Fotografía de pipeta de 1 ml. Fuente. (Autores).

3.1.2.4 Termómetro digital: termómetro digital para llevar a cabo las mediciones de temperatura en el transcurso de las pruebas.



Figura 4. Fotografía de termómetro digital. Fuente. (Autores).

3.1.1.5. Centrifuga portátil para la determinación de agua y sedimentos en petróleo marca Koehler: Cumple con las especificaciones de ASTM D96, capacidad para 4 tubos tipo zanahoria de cono corto de 100 ml., rango de velocidad de 300- 1800 RPM con controlador digital, regulador de tiempo digital para 30 minutos máximo, requisito eléctrico 115v – 60Hz. (Manual de operación en el Apéndice 1).



Figura 5. Fotografía de Centrifuga para la determinación de agua y sedimentos en petróleo. Fuente. (Autores).

3.1.1.6 Muestras de crudos “Dina Terciarios”: El Campo Dina Terciarios fue el primer campo descubierto en el área Neiva en 1961. Está localizado en el sector central-oeste de la Concesión Neiva-540, las muestras fueron recolectadas y proporcionadas por ECOPETROL S.A.

3.1.2. Procedimiento: Con el fin de determinar el desemulsificante adecuado para romper las emulsiones, llevamos a cabo tres procedimientos relacionados y consecutivos:

3.1.2.1. Prueba de Relación: se agita la emulsión para homogenizarla antes de llenar las botellas de prueba, seguidamente se llenan cuatro botellas hasta la marca de 100 ml. Con la muestra y se numeran, se tapan las botellas y se invierten de tal manera que toda la pared de los recipientes quede cubierta con una película de la muestra. (La *Figura 6*. Muestra una fotografía de las muestras).



Figura 6. Fotografía muestras de crudo. Fuente. (Autores).

Con ayuda de pipetas se agrega 0.1, 0.2, 0.3, y 0.4 ml. a cada una de las botellas respectivamente se le adiciona una concentración diferente de desemulsificante Phase treat 3243 de Clariant, como se relaciona a continuación: botella N°1 0.1 ml, botella N°2 0.2 ml, botella N°3 0.3 ml y botella

Nº4 0.4 ml. Nuevamente se tapan las botellas y se agitan para tener una adecuada dispersión del químico en el crudo, posteriormente las botellas son calentadas durante 15 minutos a una temperatura de 60°C en el pre calentador que está incorporado en la centrifuga , se transfieren las muestras a los tubos para centrifuga y se realiza dicha prueba a 1500 R.P.M durante 10 minutos, se mide el porcentaje de BSW obtenido, se observa la calidad del agua separada y de la interfase agua-petróleo , se comparan los resultados y se toma la relación de desemulsificante más efectiva.

3.1.2.2 Prueba de Eliminación: se sigue el mismo procedimiento de la prueba de relación, pero esta vez se inyecta la misma cantidad en ml de un desemulsificante distinto en cada botella. La cantidad a usar será la óptima de la prueba de relación como se describe a continuación: botella Nº1 Phase treat 3243, botella Nº2 Phase treat 3834, botella Nº3 Phase treat 15164 y botella Nº4 Phase treat 13960 de Clariant. Se comparan los resultados y se toma el mejor desemulsificante para llevar a cabo la prueba de confirmación.

3.1.2.3 Prueba de Confirmación: Se sigue el mismo procedimiento de las pruebas anteriores excepto que la formula seleccionada se corre a tres cantidades distintas, según la mejor relación obtenida en la prueba de eliminación, una por encima y otra por debajo, como se describe a continuación: botella Nº1 0.2 ml, botella Nº2 0.3 ml, botella Nº3 0.4 ml. El propósito es eliminar toda duda de cuál es el mejor desemulsificante para el crudo en cuestión. Para la elección de la mejor dosis y el mejor desemulsificante, se debe tener en cuenta, la cantidad de agua separada, la calidad del agua que fue separada y la calidad de la interfase agua – petróleo.

3.2. Método de separación de emulsiones por microondas.

3.2.1. Materiales y equipos

3.2.1.1. Horno microondas: Horno comercial marca Simply, referencia 20PX78-L, potencia de onda de salida 700 W graduable a 10 niveles. Requerimiento eléctrico de 110V - 60Hz.



Figura 7. Fotografía de horno microondas. Fuente. (Autores).

3.2.1.2. Botellas Graduadas: se utilizan las mismas botellas usadas en la prueba piloto para la identificación y tratamiento de emulsiones.

3.2.1.3. Termómetro digital: se utiliza el mismo termómetro usado en la prueba piloto para la identificación y tratamiento de emulsiones.

3.2.1.4. Muestras de crudos “Dina Terciarios”: El Campo Dina Terciarios fue el primer campo descubierto en el área Neiva en 1961. Está localizado en el sector central-oeste de la Concesión Neiva-540, las muestras fueron recolectadas y proporcionadas por ECOPETROL S.A.

3.2.2 Proceso experimental: Se agita la emulsión de petróleo y agua para homogenizarla antes de llenar las botellas de prueba. Seguidamente se llena una botella graduada hasta la marca de 100 ml. con emulsión. Se mide la temperatura de la muestra, se tapan las botellas y se agitan de tal manera que toda la pared de los recipientes quede cubierta con una película de la muestra.

Seguidamente se procede a irradiar la muestra (la *Figura 8.* muestra una fotografía del procedimiento), este proceso se hace para diferentes relaciones de potencia de onda y tiempo: (70, 140, 210 y 280 Watts) a tiempos de (60, 120, 180, 240 segundos) y se mide la temperatura final. Se hace la prueba a una muestra por cada relación de potencia de onda-tiempo. Las relaciones realizadas se muestran en la *Tabla 1.*



Figura 8. Fotografía procedimiento microondas. Fuente. (Autores).

Tabla 1. Relaciones potencia de onda-Tiempo para método de microondas. Fuente. (Autores).

Relación	Potencia de onda (W)	Tiempo (seg.)	Agua separada (ml)
1	70	60	0.0
2		120	0.8
3		180	1.2
4		240	1.25
5	140	60	0.0
6		120	1.25
7		180	2.6
8		240	3.1
9	210	60	0.7
10		120	3.8
11		180	4.2
12		240	5.2
13	280	60	1.1
14		120	5.25
15		180	6.0
16		240	5.8

Para la elección de la mejor relación de potencia de onda-tiempo los resultados se reportan en una tabla de la siguiente manera para cada relación: separación de agua en ml, temperatura inicial y final de la muestra, peso inicial y final, pérdida de livianos y agua, observaciones.

4. Resultados y análisis de resultados

4.1. Prueba piloto para la identificación y tratamiento de emulsiones.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos por cada una de las pruebas pertinentes a la Prueba piloto para la identificación y tratamiento de emulsiones: relación, eliminación y confirmación después de realizarse según lo establecido en la metodología del trabajo.

4.1.1. Prueba de relación: La *Tabla 2*. Muestra los datos observados en cada una de las botellas de la prueba de relación, comparando la concentración de desemulsificante usado, el porcentaje de agua separado, y la calidad de agua separada e interfase agua-petróleo respectivamente en cada botella.

Tabla 2. Resultados de la prueba de relación usando el desemulsificante Phase Treat 3243.
Fuente. (Autores).

Nº de botella	Cantidad de desemulsificante adicionado (ml)	Separación de agua (ml)	Calidad del agua separada	Calidad de la interfase W/O
1	0,1	4,5	Mala	Turbia.
2	0,2	5	Regular	Turbia
3	0,3	7	Buena	Clara.
4	0,4	5,5	Buena	Clara.

La *Figura 9*. Es una gráfica que muestra el porcentaje de agua separada respecto a la concentración de rompedor que se usó por cada muestra en la prueba de relación. Se evidencia claramente que el mejor resultado fue el obtenido con la concentración de 0,3 ml de rompedor

Phase treat 3243 que separó 7 ml. Seguido de la concentración de 0,4 ml de rompedor Phase treat 3243 que separó. 5,5 ml de agua. De acuerdo con la *Tabla 2*. Ambas relaciones mostraron buena calidad del agua y la interfase agua-petróleo, por lo que se determinó que la mejor concentración Para realizar la prueba de botellas es de 0,3 ml de rompedor químico puesto que se separó más cantidad de agua.

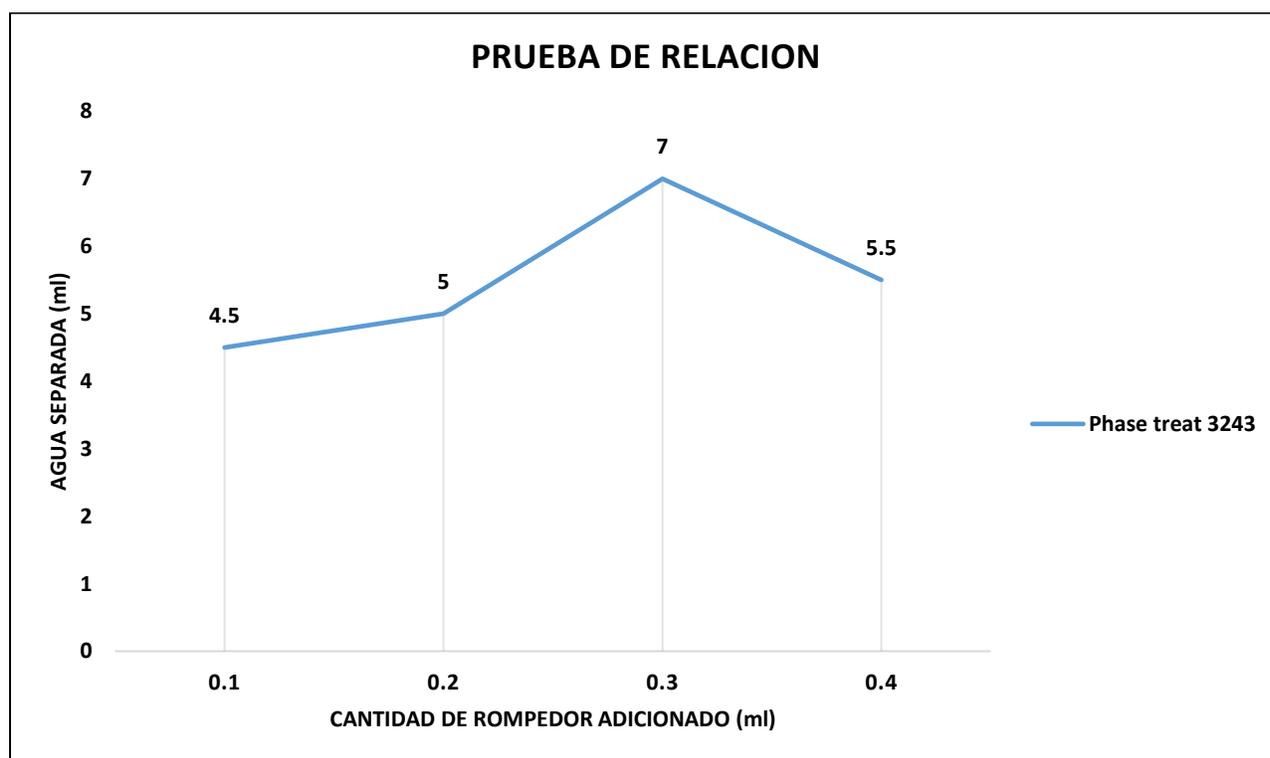


Figura 9. Gráfico de la prueba de relación: volumen de agua separada respecto a cantidad de rompedor utilizado. Fuente. (Autores).

4.1.2. Prueba de eliminación: Los datos tabulados en la *Tabla 3*. Muestran resultados de la prueba de eliminación, comparando el rompedor usado, el porcentaje de agua separado, y la calidad de agua separada e interfase agua-petróleo para cada una de las botellas respectivamente, como se estableció en la metodología del trabajo.

Tabla 3. Resultados de la prueba de eliminación a una concentración de 0,3 ml de desemulsificante. *Fuente. (Autores).*

N° de botella	Desemulsificante	Separación de agua (ml)	Calidad del agua separada	Calidad de la interfase W/O
1	Phase treat 3243	7	Buena	Clara
2	Phase treat 3834	9	Buena	Turbia.
3	Phase treat 15164	10	Regular	Turbia.
4	Phase treat 13960	9,5	Buena	Clara.

La *Figura 10*. Es un gráfico de barras que muestra el porcentaje de agua separado por cada uno de los rompedores y se evidencia que los mejores resultados fueron los obtenidos por los rompedores Phase treat 13960 y Phase treat 15164 al separar 10 y 9,5 ml respectivamente. Con ayuda de los datos reportados en la *Tabla 3*. Se elige el rompedor Phase treat 13960 puesto que separó 9,5 ml de agua sin gotas de crudo y con una interfase agua- petróleo clara a diferencia del Phase treat 15164 que separó 10 ml de agua con manchas de crudo y una interfase de agua-petróleo turbia.

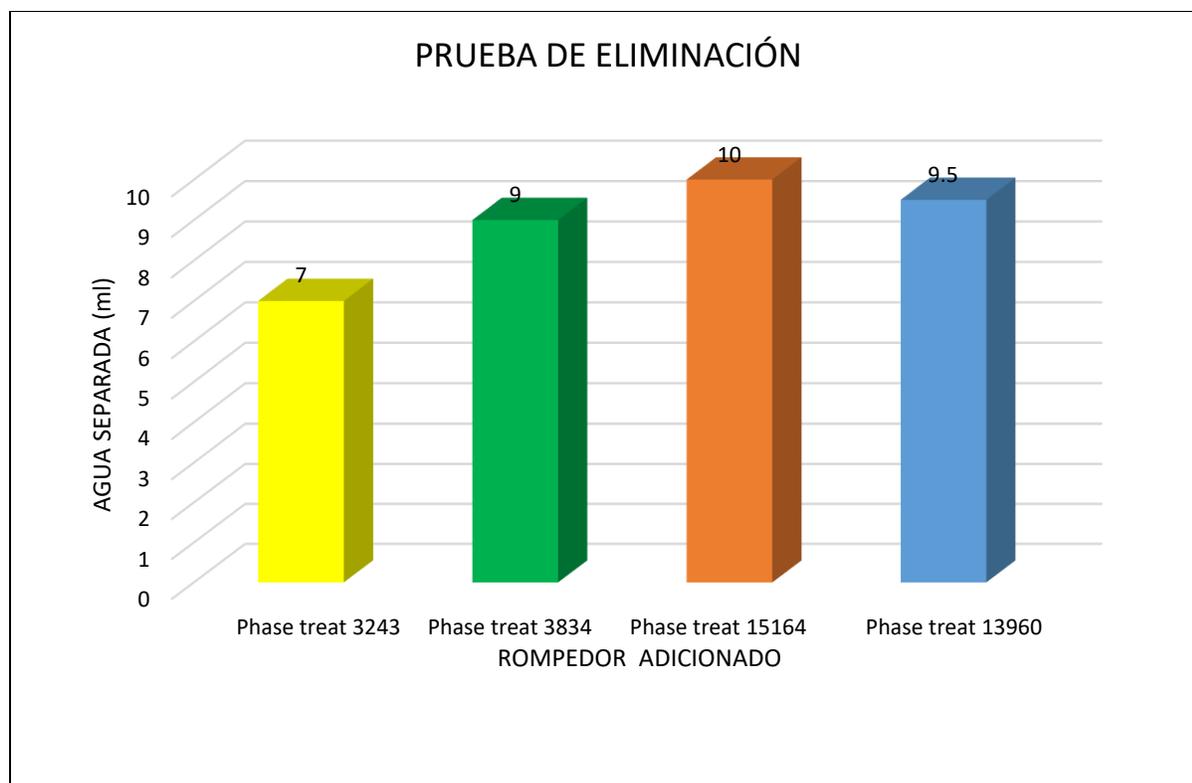


Figura 10. Gráfico de la prueba de eliminación: volumen de agua separada respecto a cantidad de rompedor adicionado a una concentración de 0,3 ml. Fuente. (Autores).

4.1.3. Prueba de confirmación: A continuación, la *Tabla 4*. Muestra resultados de la prueba de confirmación, en ella se relacionan la concentración de desemulsificante usado, el porcentaje de agua separado, y la calidad del agua separada y de la interfase agua-petróleo respectivamente para cada una de las muestras evaluadas.

Tabla 4. Resultados de la prueba de confirmación utilizando el desemulsificante Phase Treat 13960. Fuente. (Autores).

N° de botella	Cantidad de desemulsificante adicionado (ml)	Separación de agua (ml)	Calidad del agua separada	Calidad de la interfase W/O
1	0,2	7	Regular	Clara.
2	0,3	9,5	Buena	Clara.
3	0,4	8,5	Buena	Turbia.

La *Figura 12*. Es una gráfica que muestra el porcentaje de agua separado para cada concentración de rompedor Phase treat 13960 utilizado en la prueba de confirmación. Se puede ver que las concentraciones de 0,3 y 0,4 ml de rompedor tuvieron los mejores resultados separando 9,5 y 9 ml respectivamente, ayudados con los datos reportados en la *Tabla 4*. Se escoge la concentración de 0,3 ml, puesto que el agua separada se mostraba sin gotas de crudo y con una interfase agua- petróleo clara. (La *Figura 11*. Muestra una fotografía del resultado de la prueba de relación).



Figura 11. Fotografía resultado de la prueba de confirmación. Fuente. (Autores).

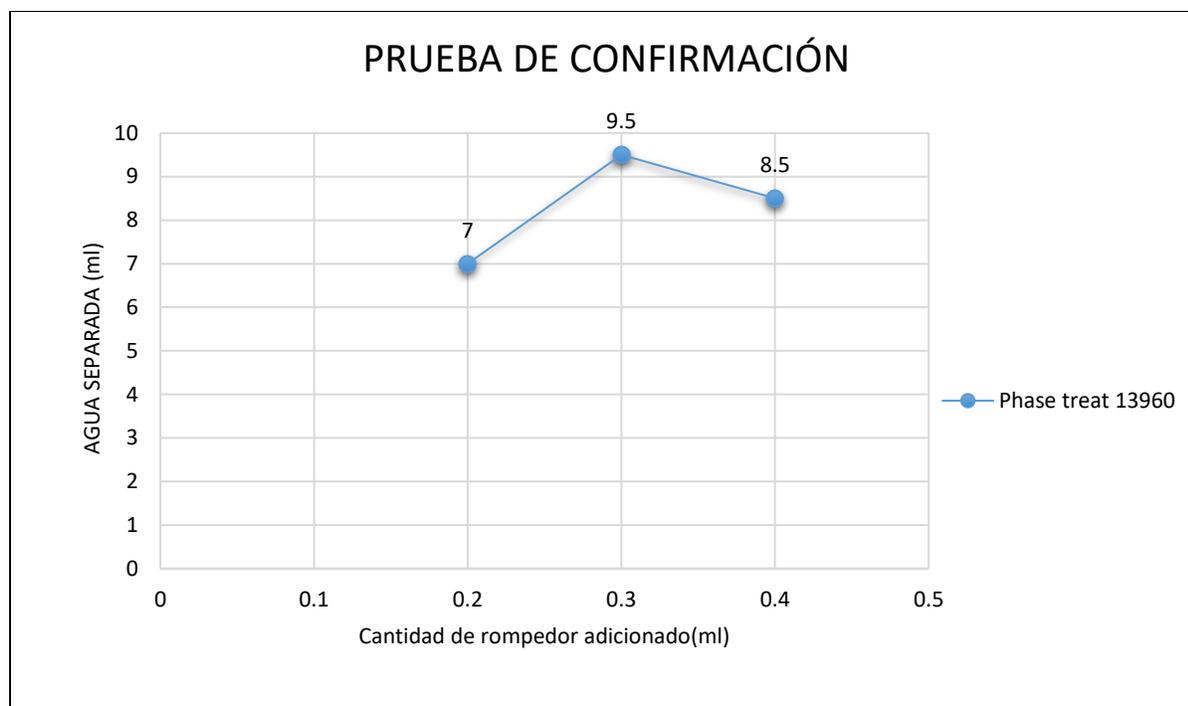


Figura 12. Gráfico de la prueba de confirmación: volumen de agua separada respecto a cantidad de rompedor utilizado. Fuente. (Autores).

Con los resultados obtenidos se selecciona el rompedor Phase treat 13960 a una concentración de 0,3 ml como la mejor relación para separación y tratamiento de emulsiones de agua-petróleo para crudos del campo Dina Terciario por el método convencional de laboratorio.

4.2 Método de separación de emulsiones por microondas

De acuerdo con lo que se había establecido en la metodología, se irradiaron muestras de crudo trabajando cuatro potencias de onda (70, 140, 210 y 280 Watts) con cuatro valores de tiempo distintos (60, 120, 180 y 240 seg).

Una vez realizado esto, se observó que en la emulsión ocurre un calentamiento selectivo de las gotas de agua, que trae consigo, la disminución de la viscosidad de la interfase agua-crudo, permitiendo la coalescencia y posterior separación de fase; también se cree que ocasionan la desestabilización de los agentes tenso activos presentes en la interfase mediante un aumento de la solubilidad a la fase continua crudo. Una vez es eliminada la resistencia a la coalescencia, las gotas de agua se asientan por diferencia de densidades, un factor importante que se observó es el hecho

que al no ser aplicado un proceso de centrifugación, las gotas de agua no se asientan con tanta facilidad como ocurre con el método convencional; además, debido a que se trabaja con tiempos pequeños de irradiación, es difícil que las gotas de agua se asienten correctamente.

Como se mencionó anteriormente, se trabajó con tiempos pequeños de irradiación esto principalmente porque a una temperatura de 60 °C el crudo empieza a perder sus componentes livianos, se registró que a temperaturas cercanas a los 90 °C se presenta una alta evaporación instantánea de agua que se evidencia debido a las gotas de agua que están presentes en la parte superior de la zanahoria (la *Figura 13* , muestra una fotografía con el fenómeno descrito), la temperatura máxima que se trabajó fue de 150.4 °C debido a que se presentó una explosión de la muestra por la rápida evaporación de las gotas de agua ; ya que se observaron pérdidas considerables de agua por las altas temperaturas que se manejan , se procedió a cuantificarlas utilizando la densidad de la muestra de crudo, los pesos iniciales y finales que fueron registrados en el transcurso de la práctica , obteniendo de esta manera valores considerables para temperaturas superiores a 88.5 °C con pérdidas de agua y livianos de 2.282 ml y un máximo de 4.82 ml para una temperatura de 150.4 °C.

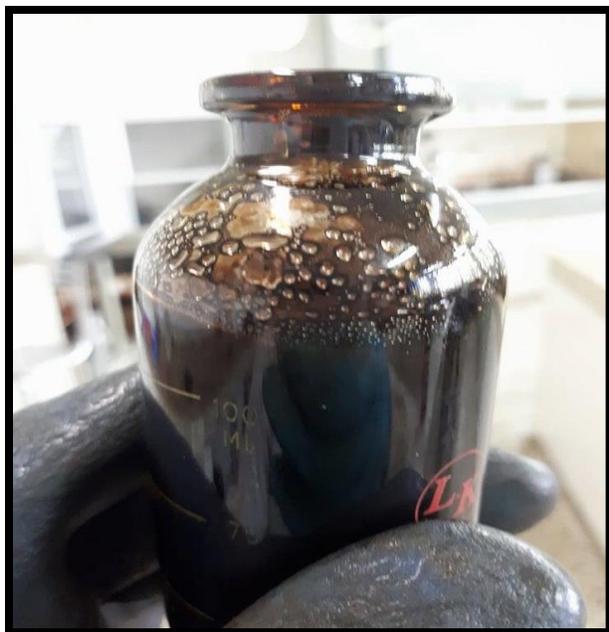


Figura 13. Fotografía, evaporación instantánea de agua. Fuente. (Autores).

A continuación, se muestran las *Tablas 5, 6, 7 y 8*. Que contienen los datos arrojados por el método de separación de emulsiones por microondas por potencia de onda para cada tiempo evaluado:

Potencia de onda 70 Watts

Tabla 5. Resultados de la prueba de microondas para 70 Watts. Fuente. (Autores).

TIEMPO (seg)	SEPARACION DE AGUA (ml)	TEMPERATURA (°C)		PESO (gr)		PÉRDIDA DE LIVIANOS Y AGUA (ml)	OBSERVACIONES
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
60	0.0	29.6	38	89.26	89.26	0	No hay cambios en la muestra
120	0.8	29.4	49.3	89.3	89.29	0.010	No se define con claridad la interfase
180	1.2	29.0	57.4	89.2	89.18	0.021	No se define con claridad la interfase
240	1.25	29.0	68.7	89.23	89.22	0.010	Interfase visible y alta claridad en el agua

En la primera radiación realizada a la muestra de crudo con una potencia de onda de 70 watts no se presentaron cambios representativos, el valor máximo de agua separada que se registró fue de 1.25 ml., con una temperatura de 68.7°C con alta claridad en el agua separada y pérdidas de agua y livianos mínimas. En los dos primeros minutos no se registraron cambios considerables en las muestras por la baja temperatura y la falta de tiempo para que las moléculas de agua se asienten por la diferencia de densidades. Se observó que existe una relación entre el tiempo de irradiación y la separación de agua, a medida que aumenta el tiempo también incrementa la separación de agua y de igual forma la temperatura final de la muestra.

Potencia de onda 140 Watts

Tabla 6. Resultados de la prueba de microondas para 140Watts. Fuente. (Autores).

TIEMPO (seg)	SEPARACION DE AGUA (ml)	TEMPERATURA (°C)		PESO (gr)		PÉRDIDA DE LIVIANOS Y AGUA (ml)	OBSERVACIONES
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
60	0.0	29.3	46	89.4	89.4	0	No hay cambios en la muestra
120	1.25	29.7	59	89.3	89.25	0.05	No se define con claridad la interfase
180	2.6	29.4	68.5	89.32	89.2	0.12	Buena interfase
240	3.1	29.0	79.4	89.33	88.7	0.66	Buena interfase

Para la segunda radiación realizada con una potencia de onda de 140 watts se obtuvo una separación máxima de agua de 3.1 ml con una temperatura final de 79.4 °C, las pérdidas de agua y livianos fueron relativamente bajas con un valor de 0.66 ml; no se observaron cambios en la muestra que se irradió durante el primer minuto debido a que las gotas de agua no tienen el tiempo suficiente para asentarse por diferencia de densidades y de igual manera la temperatura final es

Baja 46°C ; además de presentar una buena interfase, se observa que la temperatura y la separación de agua siguen aumentando con respecto al tiempo .

Potencia de onda 210 Watts

Tabla 7. Resultados de la prueba de microondas para 210Watts. Fuente. (Autores).

TIEMPO (seg)	SEPARACION DE AGUA (ml)	TEMPERATURA (°C)		PESO (gr)		PÉRDIDA DE LIVIANOS Y AGUA (ml)	OBSERVACIONES
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
60	0.7	30.2	48	89.35	89.26	0.094	No se define con claridad la interfase
120	3.8	31.0	79	89.3	88.1	1.262	Buena interfase
180	4.2	31.3	88.5	89.37	87.2	2.282	Presencia de gotas de agua en la parte superior de la zanahoria
240	5.2	32.0	109.4	89.4	86.5	2.987	Presencia de gotas de agua en la parte superior de la zanahoria

Con una potencia de onda de 210 watts se observó que a una temperatura de 88.5 °C y un tiempo de 180 seg Se tuvo una separación de agua de 4.2 ml, pérdidas de livianos y agua de 2.282 ml un valor que es considerable, se observaron gotas de agua en la parte superior de la zanahoria lo que indica que, gracias a la temperatura, éstas se evaporan instantáneamente y no se asientan en la botella por diferencia de densidad. La cantidad máxima de agua separada fue de 5.2 ml con una temperatura de 109.4 °C y pérdidas de agua y livianos de 2.987 ml; a medida que aumenta el tiempo de igual forma lo hace la temperatura, separación de agua y además se observó que la pérdida de agua y livianos incremento considerablemente debido al aumento de la potencia de onda utilizada.

Potencia de onda 280 Watts

Tabla 8. Resultados de la prueba de microondas para 280Watts. Fuente. (Autores).

TIEMPO (seg)	SEPARACION DE AGUA (ml)	TEMPERATURA (°C)		PESO (gr)		PÉRDIDA DE LIVIANOS Y AGUA (ml)	OBSERVACIONES
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
60	1.1	31.0	58	89.28	89.1	0.189	No se define con claridad la interfase
120	5.25	32.3	97.5	89.4	86.2	3.366	Presencia de gotas de agua en la parte superior de la zanahoria
180	6.0	32.0	118.5	89.36	85.3	4.27	Presencia de gotas de agua en la parte superior de la zanahoria
240	5.8	32.0	150.4	89.29	84.7	4.82	Explosión de la muestra

Finalmente, con una potencia de onda de 280 watts se observó cambios desde el primer minuto debido a la velocidad del calentamiento, después de 120 seg. Se obtuvo una separación de agua de 5.25 ml con una temperatura de 97.5 °C y un valor de 3.366 ml en cuanto a pérdidas de agua y livianos, un valor bastante considerable, gran cantidad de gotas de agua en la parte superior de la zanahoria. Como se observó en las corridas anteriores la temperatura, separación de agua y pérdida de agua y livianos aumentan con el tiempo, después de 240 seg. Se presenta la explosión de la muestra debido a la evaporación instantánea del agua, se registró una separación de agua de 5.8 ml para este caso, menor que la presentada a 180 seg. Esto debido a que el agua se evapora con mayor rapidez, temperatura máxima de 150.4 °C, pérdidas de agua y livianos de 4.82 ml.

En la *Figura 15*. Se representa por medio de una gráfica el volumen de agua separada para cada potencia de onda en función de los tiempos en que se realizó la prueba, se logra identificar que el tiempo de tratamiento influye en la separación de agua de la emulsión, y se muestra como una variable de alta influencia, se puede decir que el porcentaje de separación de agua es directamente proporcional al tiempo de tratamiento, aclarando que esto solo hasta alcanzar temperaturas críticas en donde se presenta evaporación rápida del agua provocando la pérdida de fluido de la muestra cómo se mencionó anteriormente. De igual manera, en la *Figura 15*. Se observa que la relación potencia de onda-tiempo arrojó los mejores resultados de separación de agua, utilizando el método de microondas a 280 Watts de potencia de onda y un tiempo de 3 minutos, separando 6 ml de agua. (La *Figura 14*. Muestra una fotografía del resultado de esta relación).



Figura 14. Fotografía resultado método microondas. Fuente. (Autores).

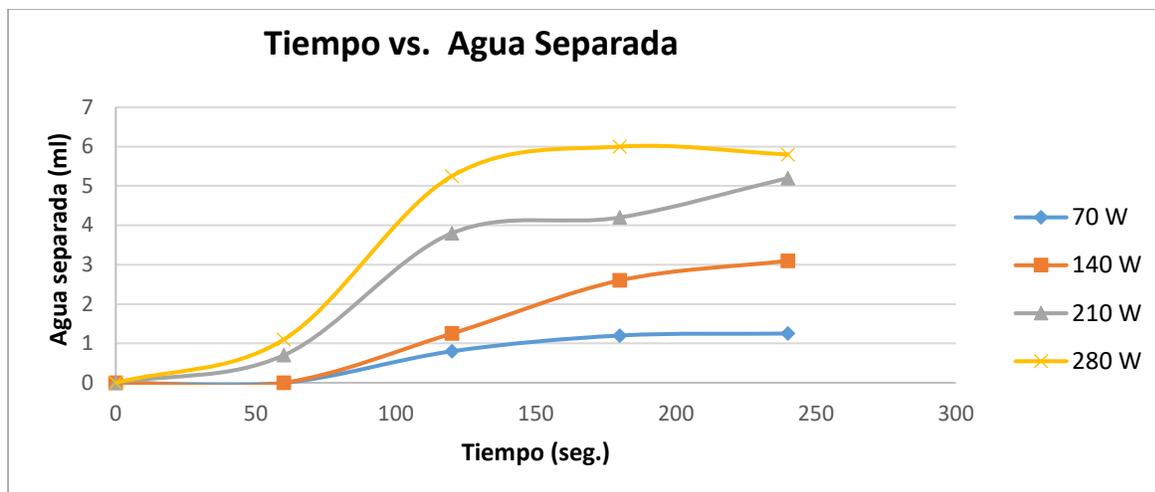


Figura 15. Gráfico del método de microondas: Volumen de agua separada respecto al tiempo de prueba. Fuente. (Autores).

En la Figura 16. se graficó el comportamiento de la temperatura respecto a los tiempos de prueba para cada potencia de onda, en él se observa como la temperatura aumenta de manera proporcional al aumento del tiempo de tratamiento para cada potencia de onda, además se ve como la rapidez de absorción de irradiación aumenta conforme aumenta la potencia de onda, alcanzando temperaturas críticas más rápidamente, lo que permite deducir que a mayores tiempos y/o potencias de onda, la prueba no tendrá resultados favorables de separación de agua.

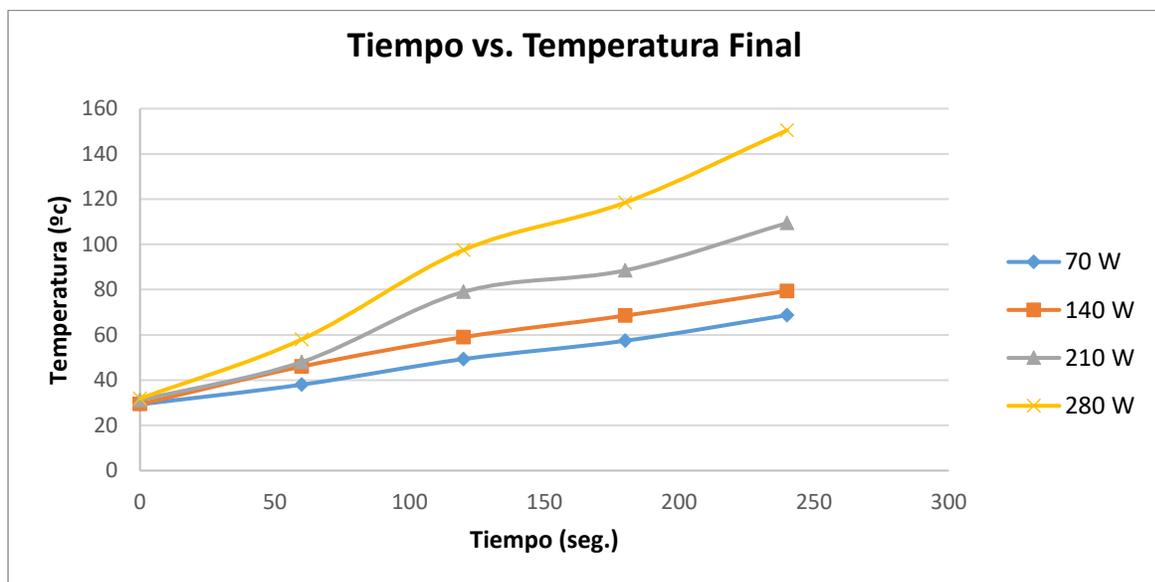


Figura 16. Gráfico del método de microondas: Temperatura final de tratamiento respecto al tiempo. Fuente. (Autores).

Las Figuras 17a. y 17b. Muestran las pérdidas de agua y livianos evaporados respecto al tiempo y la temperatura respectivamente, en ambos casos se ve como las pérdidas aumentan de manera proporcional al aumento de la temperatura y al tiempo, por lo que estas tres variables son importantes a la hora de controlar las pérdidas de muestra para el método de microondas.

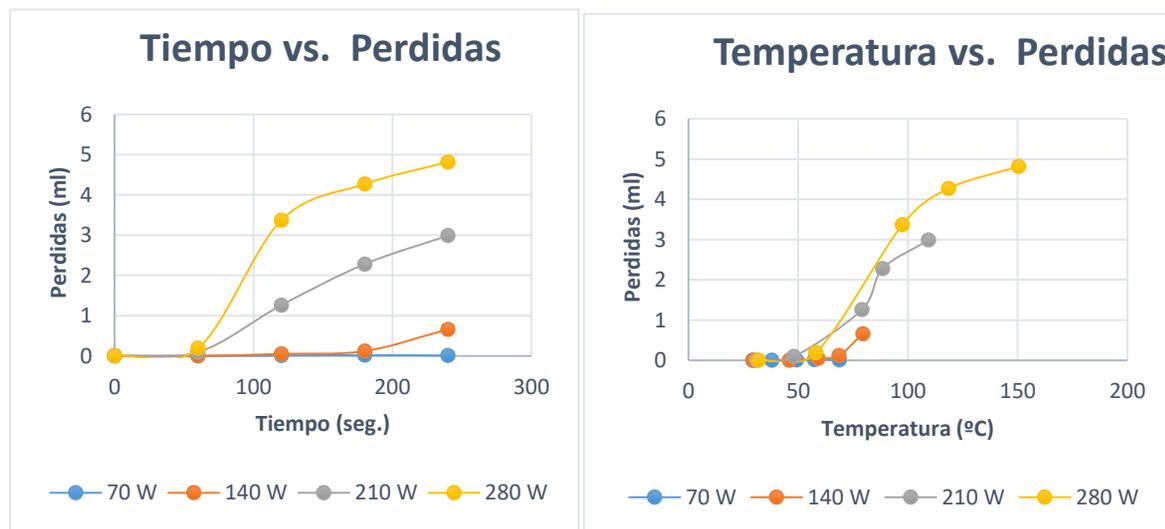


Figura 17 a

Figura 17 b

Figura 17. Gráficos del método de microondas: a) pérdidas de la muestra respecto al tiempo. b) pérdidas de la muestra respecto a la temperatura. Fuente. (Autores).

4.3 Comparación entre el método convencional para el tratamiento de emulsiones en laboratorio y el método de separación por microondas:

En la Figura 18. Se puede observar una gran diferencia en los tiempos registrados entre microondas y método convencional, para este último se mantuvo la temperatura final alrededor de los 60 °C y la separación óptima de agua fue de 9.5 ml con pérdidas de agua y livianos mínimas en un tiempo de 1500 seg. El tratamiento con microondas presenta un valor de separación de agua máximo de 6 ml con una temperatura final de 118.5°C y con un tiempo de 180 seg muchísimo menor que el tiempo registrado con el método convencional.

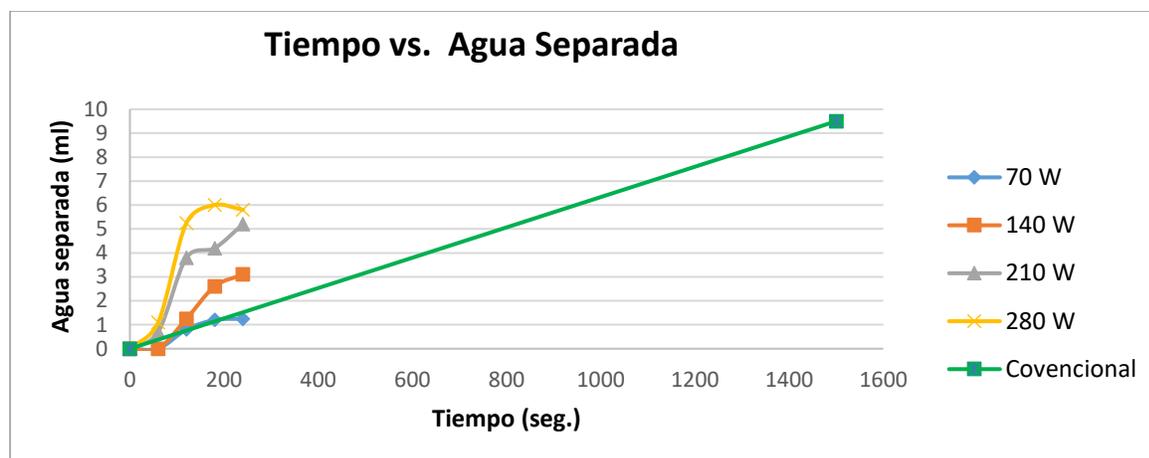


Figura 18. Gráfico comparativo entre el método convencional de separación de emulsiones y el método de microondas. Fuente. (Autores).

De igual manera en la *Figura 18*. Se observa que la separación de agua por microondas depende de la potencia de onda utilizada, ya que entre mayor es la potencia más rápido el calentamiento y por tanto se obtienen mejores resultados en un tiempo menor, pero lastimosamente se registran altas pérdidas de componentes livianos y agua con un valor máximo de 4.82 ml lo que a la larga disminuye la calidad del crudo.

Es recomendable el uso del método convencional ya que, aunque el tiempo de tratamiento es más largo se obtiene una mayor separación de agua con pérdidas mínimas de agua y livianos.

La aplicación de microondas puede ser un método viable gracias a la alta disminución del tiempo de tratamiento que favorece el proceso de rompimiento de emulsiones en cuanto a que genera menores gastos energéticos siempre y cuando se trabaje en rangos de potencia de onda y tiempo que minimicen las pérdidas de agua y livianos.

5. Conclusiones

- Las pruebas realizadas en el laboratorio para separación de emulsiones por el método de microondas respondieron positivamente, se logró obtener una separación máxima de agua de aproximadamente el 40 a 60 %, logrando un máximo de separación de 6,0 ml de agua emulsionada de la muestra a una potencia de onda de 280 W, un tiempo de 3 minutos y temperatura final de 118,5 °C.
- Al realizar las pruebas utilizando el método de microondas se alcanzan temperaturas altas en el sistema que generan una rápida evaporación de agua de la muestra, generando pérdidas de agua y livianos de crudo que alteran la efectividad del método, temperaturas críticas causan explosión de la muestra en el peor de los casos, esto hace que el tiempo y la potencia de onda sean variables importantes en la prueba, por lo que se deben escoger de manera adecuada la relación de estas dos variables.
- Las pruebas realizadas por el método convencional para el tratamiento de emulsiones en laboratorio separaron 9,5 ml de agua de la emulsión, más del 90% de agua emulsionada utilizando rompedor Phase treat 13960 de la marca Clariant en 25 minutos de tratamiento , aunque la cantidad de agua separada es mayor a la lograda con el método propuesto, lo cual es fundamental en la industria petrolera a la hora de realizar la deshidratación del crudo ya sea para procesos de transporte o refinamiento, la deshidratación con microondas presentó mayor efectividad en cuanto a los tiempos de separación, logrando separar cantidades de agua considerables en un tiempo 8 veces menor, lo que se traduce en un menor gasto energético además presentándose como una alternativa limpia sin uso de químicos.

6. Recomendaciones

- El principal inconveniente que presenta el método de separación de emulsiones utilizando microondas, es la cantidad de agua y componentes livianos que se pierden en el proceso de irradiación, ya que al superar los 60 °C estos tienden a evaporarse. Por tanto se recomienda trabajar con potencias de onda bajas para evitar grandes incrementos de temperatura en la muestra, además de aumentar el tiempo de irradiación para compensar la disminución de la potencia de onda aplicada.
- El presente trabajo se enfocó en evaluar el efecto que tienen las microondas sobre una emulsión, por tanto no se aplicó ningún tipo de rompedor químico a las muestras que fueron irradiadas, debido a que lo planteamos como un método limpio libre de químicos. A pesar de esto es viable el uso de este tipo de rompedores ya que facilitan el proceso de separación de las emulsiones, por tanto se presume que se obtendrían mejores resultados al combinar la aplicación de microondas con rompedores químicos.
- Para la aplicación de ambos métodos, tanto el convencional como el de microondas se utilizaron solamente muestras de crudo del campo Dina Terciarios. Se recomienda realizar el mismo procedimiento que se llevó a cabo en el presente trabajo a muestras de distintos campos con diversos valores de BSW, para realizar una comparación de resultados y observar el comportamiento que tienen las microondas en las emulsiones que se presentan en estos campos.

7. Referencias bibliográficas

Akyel C., Bosisio R., Chahine, R., Bose, T. (1971). Measurement of the complex permittivity of food products during microwave-power heating cycles” *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, vol. 6 (2), pp.107-123.

Bengtsson, N., Rissman, P. (1983). Dielectric properties of foods at 3 GHz as determined by cavity perturbation technique. Measurements on food materials. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, vol 18, pp. 335-365.

Bessler, D. (s.f.). Oilfield Demulsification Water-in-Oil emulsion. U.S.A. Petrolite Corporation.

Brito, A. (1990). Optimización Preparación de Crudo. Refinería El Palito. Corcoven S.A. South American Petrolite de Venezuela S.A.

Brito, A. (1991). Deshidratación de Combustible Residual. Refinería El Palito. Corcoven S.A. Petrolite Surafricana S.A.

Chieh, C., Ching, C. (2002). Demulsification of W/O emulsions by microwave radiation. *Separation Science and Technology*, vol. 37 (15), PP. 3407-3420.

Evdokimov, I., Novikov, M. (2007). "Structural features of industrial water crude oil emulsions. *Microwaves studies*," *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, vol. 43 (1), pp. 46-50.

Fang, C., Chang, B., y Lai. P. (1988). Microwave demulsification. *Chemical Engineering Communications.*, vol. 73, pp. 227-239.

Fang, C., Chang, B., y Lai. P. y Klaila, w. (1989). Oil recovery and waste reduction by microwave radiation. *Environmental Progress*, vol. 8, pp. 235-238.

Fang, C., Lai. P. (1995). Microwave heating and separation of water in oil emulsions. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, vol. 30 (1), pp. 46-57.

Fernández, A., Orángel, J. (2002). Selección de un agente desemulsificante para la deshidratación del crudo proveniente de la unidad colón del municipio Jesús María Semprúm del estado Zulia. Tesis de pregrado. Universidad Central de Venezuela.

Klaila. W. J. (1978). Method and apparatus for controlling fluency of high viscosity hydrocarbon fluids, U.S: 4067683.

Nilsen, P. (2001). Method for separating an emulsion by using microwave radiation, WO: 0112289.

Owens, T. (1999). Application of microwave radiation in a centrifuge for the separation of emulsions and dispersions, US: 5911885.

Pérez, R. (2009). Aplicación de Microondas en el Tratamiento de Emulsiones del Tipo Agua en Aceite (w/o) y Aceite en Agua(o/w). Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/4328/tesisUPV2981.pdf>

Perl, J., Bussey, H., y Wasan, T. (1985). Complex dielectric properties of macroemulsions using a calibrated microwave resonance dielectrometer. *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 108 (2), pp. 528-540.

Petroleum Extension Service (1990). *Treating Oilfield Emulsions 4th Edition*. Austin. The University of Texas.

Petrolite Corporation Petreco (1983). *Dehydration/Desalting Training Program*. U.S.A. Petrolite Corporation Petreco.

Petrolite Suramericana (s.f.). *Emulsiones Manual de Aplicaciones. Manual N° 109*. U.S.A. Petrolite suramericana.

Rajinder, P. (1994). Techniques for measuring the composition (oil and water content) of emulsions -a state of the art review. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 84, pp. 141-193.

Thomas, C., Perl, J. y Wasan, T. (1990). Complex dielectric properties of macroemulsions in the microwave región. *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 139 (1), pp 1-13.

Urbaz, J. (1987). *Tratamiento de Crudos*. San Tomé. Corpoven S.A.

Wolf, N. (1986). Use of microwave radiation in separating emulsions and dispersions of hydrocarbons and water, U.S: 4582629.

8. Apéndice

Apéndice 1: Centrifuga portátil para la determinación de agua y sedimentos en petróleo marca Koehler.



K60094
CENTRIFUGA PORTÁTIL PARA
DETERMINACIÓN DE BSW

MANUAL DE OPERACIÓN E INSTRUCCIÓN

REV A.1

Koehler Instrument Company, Inc.

1595 Sycamore Avenue • Bohemia, New York 11716-1796 • USA

Toll Free: 1-800-878-9070 (US only) • Tel: +1 631 589 3800 • Fax: +1 631 589 3815

<http://www.koehlerinstrument.com> • e-mail: info@koehlerinstrument.com

Petroleum Testing & Analysis Instrumentation • Custom Design & Manufacturing

Tabla de contenido

1	Introducción.....	2
	1.1 <i>Compromiso de Koehler con nuestros clientes</i>	2
	1.2 <i>Recursos recomendados y publicaciones.....</i>	2
	1.3 <i>Especificaciones del instrumento.....</i>	3
2	Información de seguridad y advertencias	3
3	Empezando.	4
	3.1 <i>Lista de empaque.....</i>	4
	3.2 <i>Desempacando</i>	4
	3.3 <i>Instalación</i>	4
	3.4 <i>Accesorios para ejecutar pruebas.....</i>	4
4	Descripciones	5
	4.1 <i>Centrífuga portátil de prueba de aceite.....</i>	5
	4.2 <i>Panel de control</i>	5
	4.3 <i>Controlador de temperatura</i>	6
5	Operación.....	6
	5.1 <i>Conexión eléctrica.....</i>	6
	5.2 <i>Procedimiento de prueba</i>	6
6	Mantenimiento	8
	6.1 <i>Mantenimiento de rutina.....</i>	8
	6.2 <i>Piezas de repuesto.....</i>	8
7	Diagrama de cableado	9
8	Solución de problemas	10
	8.1 <i>La prueba no comenzará</i>	10
	8.2 <i>El motor se para o no se acelerará adecuadamente</i>	10
	8.3 <i>La unidad no se calienta</i>	10
9	Servicio	10
10	Almacenamiento.....	10
11	Garantía.....	10
12	Política de bienes devueltos	10
	Notas.....	11

1 Introducción

La Centrífuga de prueba de aceite K60094 es una centrífuga modelo portátil diseñada expresamente para la determinación de agua y sedimentos de petróleo crudo durante las transferencias de custodia en campo. Esta unidad tiene capacidad para dos tubos de centrífuga de tipo cónico ASTM 6 ". Los soportes de PTFE moldeados proporcionan la máxima protección y fácil colocación de los tubos. Incluye un soporte de tubo integrado (2) y precalentador (2) para facilitar el manejo de la muestra y el pre - Acondicionamiento

- ❖ Accommodates two 6" conical centrifuge short tubes
- ❖ Control de velocidad analógico Integrated Tube Holder (2) and Pre-heater (2)
- ❖ Pantallas de temperatura digitales independientes para la temperatura Del tazón y del precalentador
- ❖ Pantalla de temperatura intercambiable entre ° C y F
- ❖ Aislamiento sustancial para reducir la pérdida de calor
- ❖ Requisito de alimentación de CC de 12V para uso en el campo
- ❖ Apertura en Tapa Superior para Calibración de Velocidad con Tacómetro Láser Portátil

Este manual proporciona información importante sobre seguridad, referencia técnica, requisitos de instalación, especificaciones de condiciones de operación, requisitos de recursos de la instalación del usuario e instrucciones de operación para la Centrífuga portátil de prueba de aceite. Este manual también debe usarse junto con los procedimientos de laboratorio publicados aplicables. La información sobre estos procedimientos se encuentra en la sección 1.2.

1.1 Compromiso de Koehler con nuestros clientes

Proporcionar instrumentos de prueba de calidad y servicios de soporte técnico para laboratorios de investigación y pruebas ha sido nuestra especialidad por más de 50 años.

En Koehler, el enfoque principal de nuestro negocio es proporcionarle el soporte completo de sus necesidades de pruebas de laboratorio. Nuestros productos están respaldados por nuestro personal de especialistas capacitados y con conocimientos técnicos que tienen experiencia tanto en pruebas de productos derivados del petróleo como en servicios de instrumentos para comprender mejor sus requisitos y brindarle las mejores soluciones. Puede confiar en Koehler para obtener una gama completa de instrumentación precisa y confiable, así como también soporte para sus programas de pruebas de laboratorio. No dude en contactarnos en cualquier momento con sus consultas sobre equipos, pruebas o soporte técnico.

Toll Free: 1-800-878-9070 (US only)
Tel: +1 631 589 3800 • Fax: +1 631 589 3815
Email: info@koehlerinstrument.com
<http://www.koehlerinstrument.com>

1.2 Recursos recomendados y publicaciones

1. American Society for Testing and Materials (ASTM)
 100 Barr Harbor Drive
 West Conshohocken, Pennsylvania 19428-2959, USA
 Tel: +1 610 832 9500 • Fax: +1 610 832 9555
<http://www.astm.org> • email: service@astm.org

ASTM Publicación:

- ASTM D96: Método de prueba estándar para agua y sedimentos en petróleo crudo por método de centrífuga (procedimiento de campo)

2. Energy Institute (IP)
 61 New Cavendish Street
 London, WIM 8AR, United Kingdom
 Tel: 44 (0)20 7467 7100
 Fax: 44 (0)20 7255 1472
<http://www.energyinstpubs.org.uk/>

IP Publication:

- IP: MPMS Chapter 10.4

1.3 Especificaciones del instrumento

Modelo: K60094

Requisitos

Electricos: 12V DC 40A

Rango de temperatura: Ambient to 160°F
(71.1°C)

Temperatura

A leer: Dos (2) pantallas independientes digitales para recipiente centrífugo y precalentador Rotor Swing

Diámetro: 15.6" (396.24mm)

Rango de velocidad: 300 - 1800 RPM

RCF Rango: 20 - 700

Capacidad: dos (2) conos cortos 6" Tubos

Dimensiones: 20.79 x 23.43 x 13.91
(w x d x h, in.(cm)) (Con precalentador abierto) (52.8 x 59.5 x 35.33)

Peso neto: 50 lbs (22.7 kg)

2 Información de seguridad y advertencias

Consideraciones de seguridad. El uso de este equipo puede involucrar materiales peligrosos y operaciones. Este manual no pretende abordar todos los problemas de seguridad asociados con el uso de este equipo. Es responsabilidad de cualquier usuario de este equipo investigar, investigar y establecer prácticas de seguridad y salud adecuadas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

ADVERTENCIA: ¡MANTENGA LA TAPA DEL TAZÓN DE FUENTE CERRADA MIENTRAS LAS MUESTRAS HACEN GIRO!



- ❖ **NUNCA** intente reducir la velocidad del brazo del carrusel con sus manos o coloque sus manos o cualquier objeto dentro del tazón mientras el

Brazo este girando Permita que el brazo del carrusel se detenga por completo antes de retirar su muestra

- ❖ **NUNCA** deje la centrífuga desatendida mientras las muestras están girando.
- ❖ **NUNCA** deje la centrífuga desatendida mientras la unidad está encendida.
- ❖ **NUNCA** deje el instrumento funcionando o girando durante más de 15 minutos
- ❖ **Asegurar** el interruptor de la tapa está en posición bloqueada antes de girar el rotor.
- ❖ **Asegurar** todos los interruptores están apagados cuando la unidad no está en uso.
- ❖ Asegúrese de que no haya objetos extraños en el recipiente de la centrífuga.
- ❖ Desconecte la fuente de alimentación antes de quitar o reemplazar las piezas eléctricas o mecánicas.
- ❖ **NO** deje trapos aceitosos o cualquier tipo de material combustible dentro o alrededor de su centrífuga.
- ❖ **NO permitir** que personas no autorizadas accedan a la centrífuga.
- ❖ **ALERTA!** No opere esta unidad bajo la influencia de medicamentos, alcohol o drogas.

Modificaciones de equipos y piezas de repuesto: No se recomienda modificar o alterar este equipo de las especificaciones de fábrica y anula la garantía del fabricante, la seguridad del producto, las especificaciones de rendimiento y / o certificaciones, ya sean específicas o implícitas, y puede ocasionar lesiones personales y / o pérdida de propiedad. Las piezas de repuesto deben ser O.E.M. equipo de reemplazo exacto.

Diseño de la unidad: Este equipo está diseñado específicamente para su uso de acuerdo con los métodos de prueba estándar aplicable enumerados en la sección 1.2 de este manual. No se recomienda el uso de este equipo de acuerdo con otros procedimientos de prueba, o para cualquier otro propósito, y puede ser extremadamente peligroso.

Información sobre reactivos químicos: Los productos químicos y reactivos utilizados en la realización de la prueba pueden presentar riesgos potenciales. Cualquier usuario debe estar familiarizado con los posibles peligros antes de su uso. Nosotros también recomendamos consultar los datos del material y la hoja de seguridad (MSDS)

En cada reactivo químico para obtener información adicional. La información de MSDS se puede ubicar fácilmente en Internet en <http://siri.uvm.edu> o <http://www.sigma-aldrich.com>.

3 Empezando

3.1 Lista de empaque

- Centrífuga portátil de prueba de aceite calentado K60094, 12VDC 40A
- Soporte de tubo de centrífuga de cono corto (2)
- Cojines de tubo de centrífuga de cono corto (2)
- Cable de cable de 12VDC, 6 pies
- Soporte de soporte (2)
- K60094-Manual K60094 Centrífuga portátil de prueba de aceite Manual de operación e instrucción

3.2 Desempacando

Desembale con cuidado y coloque el instrumento y los accesorios en un lugar seguro. Inspeccione la unidad por daños. Si se encuentra algún daño, guarde todos los materiales de embalaje e informe inmediatamente del daño al transportista. Le ayudaremos con su reclamo, si así lo solicita. Al enviar un reclamo por daños de envío, solicite que el transportista inspeccione el contenedor y el equipo de envío. No devuelva productos a Koehler sin una autorización por escrito.

3.3 Instalación

Colocación de equipo: Coloque el instrumento sobre una superficie firme en un área segura.

El equipo viene con los soportes z instalados en la fábrica.

Después de que la unidad esté montada, enchufe el cable de 12 VCC en la parte posterior del instrumento. Vea la figura 3 a continuación. Conecte el extremo opuesto del cable a una fuente de alimentación. La fuente de alimentación puede ser una batería de automóvil / camión de 12 VCC para uso en el campo o un adaptador de suministro de energía de 115/230 V CA para uso en el laboratorio.



Figure 3. Power Connection

3.4 Accesorios para ejecutar pruebas

6" long, 100mL capacidad de muestra

K61102	Short Tube, marked in 200 parts every 4 parts above 20mL
K61105	Short Tube, marked in mL
K61107	Short Tube, marked in mL every 2mL above 10mL
K61108	Short Tube, 6", marked in 200 parts
K60002-03058	PTFE cushion for Short Tubes
K61111	Cork Stopper for Long, Short, and Pear Tube

4 Descripciones

4.1 Centrífuga portátil de prueba de aceite



Figure 3. Centrífuga portátil de prueba de aceite

- 1. Panel de control.** Proporciona medios para encender / apagar y ajustar la velocidad y la temperatura de la centrífuga. Consulte la Sección 4.2 para la descripción detallada del panel de control.
- 2. Tapa de apertura superior.** La tapa corrediza de aluminio proporciona acceso a la taza de la centrífuga y al conjunto del rotor para cargar muestras y limpiar, si es necesario.

PELIGRO: Nunca intente reducir la velocidad del brazo del carrusel con las manos o coloque las manos o cualquier objeto dentro del recipiente mientras el brazo del carrusel gira. Permita que el brazo del carrusel se detenga por completo antes de retirar la muestra.

- 3. Soporte de tubo.** Proporciona medios convenientes para sostener dos tubos de centrífuga mientras se prepara la muestra antes del precalentamiento y la prueba.
- 4. Precalentador de tubo integrado.** Para el calentamiento de dos tubos de centrífuga para probar la temperatura antes de colocarlos en el conjunto del rotor de la centrífuga para la prueba.

4.2 Panel de control

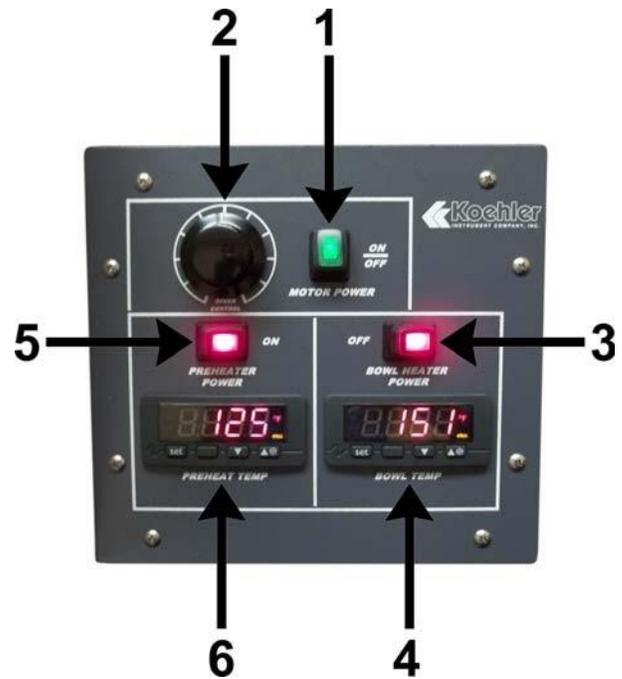


Figure 4. Control Panel

- 1. Motor de poder.** Controla la potencia del motor de la centrífuga. Presione el interruptor hacia arriba para encender. Presione el interruptor hacia abajo para apagarlo.
- 2. NOTE:** El motor se enfría mediante aire forzado directo para un mejor mantenimiento de la temperatura durante la prueba.
- 3. Marcado rápido del motor.** El dial del motor debe ajustarse al valor mínimo luego ajustar la velocidad deseada girando en sentido de las manecillas del reloj.

NOTE: Las marcas indicadoras que rodean el cuadrante son arbitrarias y no representan una velocidad establecida específica. Las lecturas de velocidad se deben realizar y confirmar utilizando un tacómetro portátil que pueda leer la velocidad del rotor a través de la pequeña abertura en la tapa de la centrífuga.

- 4. Potencia del calentador de tazón.** Controla la potencia de la cámara principal o tazón de la centrífuga. Presione el interruptor hacia la derecha para encender. Presione el interruptor hacia la izquierda para apagarlo.
- 5. Control de temperatura del tazón.** Para ajustar la temperatura de punto de ajuste de la cámara principal o tazón de la centrífuga. Consulte la sección 4.3 para una descripción detallada del controlador de temperatura.

6. **Potencia de precalentamiento.** Controla la potencia de las dos cámaras de precalentamiento. Estas cámaras son las dos cámaras más a la derecha del conjunto de soporte de tubo integrado de cuatro posiciones. Presione el interruptor hacia la derecha para encender. Presione el interruptor hacia la izquierda para apagarlo.

7. **Control de temperatura del precalentador.** Para ajustar la temperatura de punto de ajuste de las dos cámaras de precalentamiento del tubo de centrífuga integrado. Consulte la sección 4.3 para una descripción detallada del controlador de temperatura.

4.3 Controlador de temperatura



Figure 5. Controlador de temperatura

1. **Pantalla de temperatura.** La pantalla LED roja muestra la temperatura real tal como se lee en el termopar tipo K. El punto de ajuste de la temperatura varía desde el ambiente hasta 160 ° F (71.1 ° C).
2. **Mostrar mensaje.** Muestra la condición del controlador de temperatura. Consulte mostrar mensajes a continuación.

Salida sólidamente iluminada	El calentador está "ENCENDIDO"
Pantalla parpadeando	Error de sonda
°C	La temperatura se mide en Celsius ° C
°F	La temperatura se mide en Fahrenheit ° F

3. **Establecer clave.** Actúa como una acción multifuncional, avance o ingrese la clave. La tecla Set se usa junto con las teclas de flecha hacia arriba y hacia abajo para ajustar los valores de los parámetros, la programación, restaurar la configuración predeterminada de fábrica, etc.

4. **Flecha hacia abajo.** Se usa para disminuir la temperatura del punto de ajuste y para disminuir o cambiar los parámetros cuando se programa el controlador de temperatura.

5. **Flecha arriba.** Se usa para aumentar la temperatura del punto de ajuste y para aumentar o cambiar los parámetros al programar el controlador de temperatura.

6. **Salida.** Indica que el calentador está "ENCENDIDO".

PELIGRO: El controlador de temperatura digital para la unidad viene preprogramado desde la fábrica de Koehler. NO intente reprogramar el controlador de temperatura digital ya que esto anulará la garantía del producto. Si necesita ayuda, no dude en ponerse en contacto con el departamento de servicio técnico de Koehler.

Ajuste de la temperatura del punto de ajuste.

Esta rutina permite al usuario ajustar la temperatura de punto de ajuste preprogramado del controlador de temperatura digital.

- a. Presione **Set**
- b. Use **FLECHA ARRIBA** o **FLECHA ABAJO** para ajustar el valor del parámetro de temperatura al valor requerido
- c. Presione **Set** de nuevo para almacenar el valor, este será el nuevo punto de ajuste.

5 Operación

5.1 Conexión eléctrica

Enchufe el cable de línea suministrado en el receptáculo de alimentación ubicado en la parte posterior del instrumento y luego conéctelo al receptáculo correctamente fusionado y conectado a tierra con la tensión correcta, como se indica en la sección 1.3 o en la parte posterior de la unidad.

PELIGRO: Por seguridad, desconecte la corriente cuando realice cualquier mantenimiento y / o limpieza.

5.2 Procedimiento de prueba

1. Cambie los botones de encendido del precalentador y del calentador del tazón a la posición de ENCENDIDO. Las pantallas de temperatura parpadearán y cada unidad comenzará a calentar a la temperatura de prueba establecida.

2. Con la ayuda de los dos portavasos de la centrífuga no calentados más a la izquierda, llene cada uno de los dos tubos de centrífuga exactamente con la marca de 50 ml (100 partes) con la muestra de prueba.
3. Llene cada tubo con solvente exactamente a la marca de 100 ml (200 partes).

NOTE: Lea la parte superior del menisco en las marcas de 50 ml y 100 ml (100 partes y 200 partes)

NOTE: Si la experiencia indica que se requiere un demulsificador y aún no se ha agregado uno al solvente, agregue a cada cantidad de tubo de solución madre de solvente demulsificante que se haya determinado previamente que es satisfactorio para el crudo sometido a prueba. Tape cada tubo con fuerza e invierta los tubos un mínimo de 10 veces para asegurarse de que el aceite y el solvente se mezclen uniformemente.

PELIGRO: En general, las presiones de vapor de los hidrocarburos a 60 ° C (140 ° F) son aproximadamente el doble que las de 40 ° C (104 ° F). En consecuencia, los tubos siempre deben invertirse en una posición por debajo del nivel del ojo.

NOTE: Donde el petróleo crudo es muy viscoso y la mezcla del solvente con el aceite es difícil, el solvente puede ser agregado al tubo de centrífuga antes del aceite para facilitar la mezcla. En este caso, se debe tener extremo cuidado de llenar el tubo de centrífuga exactamente con la marca de 50 ml (100 partes) con disolvente y luego exactamente con la marca de 100 ml (200 partes) con la muestra.

4. Coloque los tapones sueltos en los tubos de la centrífuga para evitar la acumulación de presión durante el calentamiento.
5. Coloque los tubos de centrífuga en los dos soportes de tubo de centrífuga precalentados más a la derecha y caliente el contenido de los tubos a 60 ° C ± 3 ° C (140 ° F ± 5 ° F).
6. O Una vez que la temperatura de la muestra alcanza y se estabiliza a la temperatura de prueba deseada, asegure los tapones e invierta los tubos (10) veces para asegurar una mezcla uniforme del aceite y el solvente.
7. Abra la tapa y cargue los tubos llenos en ambos soportes para tubos.

PELIGRO: Tenga precaución al manipular muestras calentadas.

Asegúrese de que haya cojines en la parte inferior de los soportes del tubo y que no haya residuos de aceite ni acumulación. Siempre verifique y elimine cualquier objeto extraño dentro del recipiente.

NOTE: Equilibre siempre el rotor asegurándose de que se usen dos muestras iguales. Nunca cargue muestras desiguales.

8. Asegúrese de que todos los tubos estén colocados correctamente dentro de sus soportes y cierre la tapa.
9. Verifique que el disco del motor esté ajustado al valor mínimo (gírelo en sentido contrario a las agujas del reloj) antes de encender el motor.
10. Presione el interruptor de encendido del motor hacia arriba para activar el motor de la centrífuga.
11. Después de encender el interruptor del motor, gire lentamente el dial de velocidad del motor hacia la derecha hasta una velocidad que produzca un RCF de 500. Consulte la ecuación siguiente de ASTM D96 y el diámetro del rotor al que se hace referencia en la sección 1.3 de este documento para determinar las RPM apropiadas valor.

$$\text{rpm} = 1335 \sqrt{\text{rcf}/d} \quad (1)$$

$$\text{rpm} = 265 \sqrt{\text{rcf}/d} \quad (2)$$

Donde:

rpm = rotational speed, in revolutions per minute

rcf = relative centrifugal force

d = diameter of swing, in mm (eq 1) or in. (eq 2), measured between the tips of opposite tubes when the tubes are in their rotating position.

12. Girar la muestra durante al menos 5 minutos.
13. Después de que se complete el tiempo de prueba de 5 minutos, apague la corriente del motor.
14. Inmediatamente después de que la centrífuga se detenga, verifique la temperatura. No altere la interfaz aceite-agua con el termómetro. La prueba no es válida si la temperatura final después de la centrifugación es inferior a 52 ° C (125 ° F).

NOTE: Si la temperatura final se encuentra por debajo de 52 ° C (125 ° F), ajuste la

El calentador de la centrifuga para aumentar la temperatura final de prueba e iniciar el procedimiento, comenzando con el Paso 4.

15. Lea y anote el volumen combinado de sedimento y agua en el fondo de cada tubo.

PELIGRO: Tenga precaución al manipular muestras calentadas.

16. Vuelva a calentar ambos tubos a $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($140\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{F}$), devuelva los tubos sin agitación a la centrifuga y centrifugue durante otros 5 minutos a la misma velocidad. Repita esta operación hasta que se obtengan dos lecturas consistentes consecutivas en cada tubo.

17. Para que la prueba se considere válida, se debe observar una interfaz clara entre la capa de aceite y el agua separada. No debe haber capas identificables (es decir, una emulsión) inmediatamente arriba de la interfaz aceite-agua. En tales casos, uno o más de los siguientes remedios pueden ser efectivos:

- i. Agite la mezcla entre los vórtices en la centrifuga lo suficiente como para dispersar la emulsión
- ii. Use una cantidad diferente o mayor de demulsificador. (El demulsificador no debe, sin embargo, contribuir al volumen de sedimento y agua).
- iii. Use una cantidad diferente o mayor de solvente. Después de que se haya elaborado un procedimiento satisfactorio para un tipo particular de aceite, normalmente será adecuado para todas las muestras del mismo petróleo crudo.

6 Mantenimiento

PELIGRO. Desconecte la energía de la unidad antes de repararla para evitar la exposición a altos voltajes y / o temperaturas que pueden ocasionar lesiones personales o la muerte. Si tiene alguna pregunta sobre el mantenimiento de su equipo, no dude en ponerse en contacto con el departamento de servicio técnico de Koehler.

6.1 Mantenimiento de rutina

- ❖ Limpie la unidad después de cada prueba. La acumulación de residuos de aceite puede causar problemas con la operación y la eficiencia de la centrifuga.
- ❖ Periódicamente, verifique el cojín del tubo de muestra dentro de los protectores del carrusel. Reemplazar si se usa excesivamente.
- ❖ **SIEMPRE** Verifique las piezas móviles, tanto mecánicas como eléctricas, para detectar el desgaste y el estrés. Reemplace si es necesario.

6.2 Piezas de repuesto

Algunas partes del instrumento pueden necesitar ser reemplazadas. Cuando solicite piezas de repuesto, proporcione el número de modelo, el número de serie y la fecha de envío del producto de su equipo para que podamos asegurarnos de que reciba las piezas de repuesto adecuadas.

Part Number	Descripción
K60094-23014	Ensamblaje del rotor
K60002-03043	Soporte de tubo corto
K60002-03058	Cojín de PTFE de tubo corto
230-012-001	Calentador de banda, 140W, 12VDC
275-600-011	Temperatura digital Controlador, 12v-24V
265-000-007	Termopar, tipo K
090-012-003	Relay, 40A, 12VDC SPST
278-002-001	Fusible, 2A
278-020-001	Fusible, 20A
288-012-003	Motor, 12VDC

8 Solución de problemas

8.1 La prueba no comenzará

- ❖ Póngase en contacto con el Departamento de Servicio Técnico de Koehler.

8.2 El motor se para o no se acelerará adecuadamente

- ❖ Verifique si el interruptor de encendido del motor que se muestra en la sección 4.2 está parpadeando. Esto indica una sobre corriente en el motor. Apague el instrumento y verifique si hay algo que restrinja la rotación del carrusel en el recipiente.
- ❖ verificar fusibles

8.3 La unidad no se calienta

- ❖ Asegúrese de que el calentador esté encendido.
- ❖ Verificar fusibles

9 Servicio

En condiciones normales de operación y con mantenimiento de rutina, la Centrífuga de prueba de aceite calentado portátil K60094 no debe requerir servicio. Cualquier problema de servicio se puede resolver rápidamente contactando al departamento de servicio técnico de Koehler ya sea por carta, teléfono, fax o correo electrónico. Para asegurar el servicio más rápido posible, por favor bríndenos la siguiente información.

Número de Modelo:

Número de serie:

Fecha de envió:

10 Almacenamiento

Este instrumento de prueba de laboratorio está equipado con componentes eléctricos. Las instalaciones de almacenamiento deben ser consistentes con un ambiente de laboratorio interior. Este equipo de prueba no debe estar sujeto a temperaturas y / o humedad extrema.

Este equipo se envió de fábrica en un contenedor de cartón corrugado. Si se prevé el almacenamiento a largo plazo, se recomienda volver a empaquetar el instrumento en un recipiente resistente al agua para garantizar la seguridad y longevidad del equipo.

11 Garantía

En Koehler queremos agradecerle por la compra de su equipo, que está protegido por la siguiente garantía. Si dentro de un (1) año a partir de la fecha de recepción, pero no más de quince (15) meses a partir de la fecha de envío, el equipo Koehler no funciona correctamente debido a defectos en materiales o mano de obra, Koehler Instrument Company, Inc. reparará o, a su entera discreción, reemplazar el equipo sin cargo

ENGAÑAR. su planta, siempre que el equipo haya sido instalado, operado y mantenido correctamente. Koehler Instrument Company debe ser informado por escrito sobre el mal funcionamiento y autorizar la devolución del producto a la fábrica. La única responsabilidad de Koehler Instrument Company y el remedio exclusivo del comprador para cualquier reclamo que surja de la compra de cualquier producto es la reparación o el reemplazo del producto. En ningún caso el costo del recurso del comprador excederá el precio de compra, ni Koehler Instrument Company será responsable de ningún daño especial, indirecto, incidental, consecuencial o ejemplar. KOEHLER INSTRUMENT COMPANY, INC. NIEGA TODAS LAS DEMÁS GARANTÍAS, EXPRESAS O IMPLÍCITAS, INCLUYENDO CUALQUIER GARANTÍA IMPLÍCITA DE ADECUACIÓN PARA UN PROPÓSITO EN PARTICULAR. Guarde la caja de envío en caso de que sea necesario devolver el equipo a la fábrica para repararlo. Si la caja de cartón se descarta, será responsabilidad del comprador proporcionar una caja de envío apropiada.

12 Política de bienes devueltos

Para devolver productos para crédito o reemplazo, comuníquese con el Servicio al Cliente de Koehler con su número de orden de compra, nuestra lista de empaque / número de factura, los artículos que se devolverán y el motivo de la devolución. Se le emitirá un número de Autorización de Devolución (RA, por sus siglas en inglés), que debe mostrarse de forma destacada en el contenedor de envío cuando devuelva el material a nuestra planta. Los contenedores de envío sin un número de RA visible de forma destacada se devolverán al remitente. Los productos deben ser devueltos con flete prepago. Las devoluciones estarán sujetas a un cargo por reabastecimiento, cuya aplicación dependerá de las circunstancias que requieran la devolución. Algunas devoluciones no pueden autorizarse, incluidos ciertos productos comprados a proveedores externos para la conveniencia del cliente, productos fabricados por pedido especial, productos enviados desde la fábrica más allá de los noventa (90) días, y productos que han sido usados o modificados

Notes
