

PROYECTO DE INTEGRACIÓN

EFFECTO DEL CONTENIDO DE ASFALTENOS EN EL COMPORTAMIENTO DE LA VISCOSIDAD Y DENSIDAD DEL CRUDO PESADO A DIFERENTES TEMPERATURAS Y PRESIONES

Para obtener el título de
INGENIERO QUÍMICO

Presenta
María del Rocío Rodríguez Hernández

Asesores
M. en I. Q. Carlos R. Tapia Medina (UAM-A)
M. en C. José Luis Mendoza de la Cruz (IMP)

Contenido	Página
Lista de figuras	7
Lista de tablas	9
Resumen	10
Introducción	11
Capítulo 1: Asfaltenos; problemas y alternativas de solución en la producción de crudos pesados y extra-pesados	13
1.1 Definición, origen e importancia del petróleo	13
1.2 Componentes del crudo	14
1.3 Aceite crudo pesado	15
1.4 Asfaltenos	16
1.5 Comportamiento de los asfaltenos en el crudo	20
1.6 La deposición de asfaltenos	21
1.7 Extracción de los asfaltenos	22
1.8 Problemática del asfalteno y su importancia económica	23
1.9 Alternativas de solución	26
Capitulo 2: Viscosidad y densidad de crudos pesados y extrapesados y su importancia	29
2.1 La viscosidad	29
2.2. Definición	29
2.3. Ley de Newton de la viscosidad	30
2.4. Viscosidad absoluta o dinámica	32
2.5. Viscosidad cinemática	32
2.6. Viscosidad del aceite crudo en función de la temperatura y presión	32
2.7. Importancia de la viscosidad del petróleo	34
2.8. Densidad del crudo	36
Capitulo 3: Modelos/coorrelaciones para la viscosidad de crudos pesados	39
3.1. Correlaciones empíricas para estimar la viscosidad del aceite crudo	40
3.2. Correlaciones para estimar la viscosidad del crudo pesado muerto	40
3.2.1 Beal (1946)	40
3.2.2 Beggs y Robinson (1975)	41
3.2.3 Egbogah (1975)	42
3.2.4 Egbogah y Jacks (1990)	42
3.2.5 Egbogah y Jacks modificado (1990)	42
3.2.6 Glaso (1980)	42
3.2.7 Kartoatmodjo (1994)	43
3.2.8 Labedi (1992)	43
3.2.9 Petrosky y Farshad (1995)	43

<u>Capitulo 4: Equipos y procedimiento experimentales</u>	44
<u>4.1. Equipos</u>	44
<u>4.1.1. Viscosímetro electromagnético a fuerza constante</u>	44
<u>4.1.2. Control y medición de la temperatura en el sistema</u>	47
<u>4.1.3. Generación y medición de la presión en el viscosímetro</u>	47
<u>4.1.4. Calibración del viscosímetro electromagnético</u>	47
<u>4.1.5. Densímetro de tubo vibrante</u>	48
<u>4.1.6. El principio de medición</u>	48
<u>4.1.7. Características y ventajas</u>	49
<u>4.1.8. Calibración del densímetro de tubo vibrante</u>	51
<u>4.2. Procedimientos experimentales</u>	52
<u>4.2.1. Contenido de asfaltenos del crudo pesado</u>	52
<u>4.2.2. Obtención de asfaltenos en grandes cantidades</u>	52
<u>4.2.3. Preparación de soluciones asfaltano-tolueno</u>	52
<u>4.2.3.1. Densidad de los asfaltenos y su fracción de volumen</u>	53
<u>4.2.4. Preparación de mezclas de crudo pesado</u> <u>desasfaltado [maltenos]-asfaltenos</u>	54
<u>4.2.5. Cargado de muestras</u>	54
<u>4.2.6. Mediciones de viscosidad dinámica</u>	55
<u>4.2.7. Mediciones de densidad</u>	56
<u>Capitulo 5: Resultados y discusión</u>	57
<u>5.1. Contenido de asfaltenos de crudo pesado</u>	57
<u>5.2. Análisis SARA</u>	57
<u>5.3. Análisis composicional del crudo pesado</u>	58
<u>5.4. Preparación de soluciones asfaltano-tolueno</u>	59
<u>5.5. Preparación de mezclas de crudo desasfaltado-asfaltenos</u>	60
<u>5.6. Mediciones de viscosidad</u>	60
<u>5.6.1. Viscosidades del crudo pesado a diferentes temperaturas</u>	60
<u>5.6.2. Viscosidades del crudo pesado desasfaltado [maltenos] a diferentes</u> <u>Temperaturas</u>	61
<u>5.6.3. Viscosidades de soluciones de asfaltano-tolueno a diferentes</u> <u>Temperaturas</u>	62
<u>5.6.4. Viscosidades de mezclas de maltenos-asfaltenos a diferentes</u> <u>Temperaturas</u>	63
<u>5.6.4. Viscosidades de mezclas de crudo pesado [maltenos]-asfaltano a</u> <u>Diferentes presiones</u>	64
<u>5.7. Mediciones de densidad</u>	71
<u>5.7.1. Densidades del crudo pesado a diferentes temperaturas</u>	72
<u>5.7.2. Densidades del crudo pesado desasfaltado [maltenos] a diferentes</u> <u>Temperaturas</u>	73
<u>5.7.3. Densidades de soluciones de asfaltano-tolueno a diferentes</u> <u>Temperaturas</u>	76
<u>5.7.3.1. Densidad de los asfaltenos su fracción de volumen</u>	77
<u>Conclusiones</u>	78
<u>Referencias</u>	79

El contenido de asfaltenos representa un factor importante en la determinación de sus altas propiedades termofísicas, tales como la viscosidad y densidad del crudo pesado. En este trabajo se presenta un estudio experimental y teórico de los efectos específicos del contenido de asfaltenos en la viscosidad y densidad del crudo pesado a diferentes temperaturas y presiones. En el experimento, a partir de un crudo pesado se obtuvieron, un crudo pesado desasfaltado es decir maltenos y el contenido de asfaltenos empleando el método estándar ASTM 3279-97 para precipitar asfaltenos. Luego, se prepararon seis soluciones de asfaltenos-tolueno mediante la adición de los asfaltenos precipitados en tolueno tomando las que contenía mayor concentración como solución base para preparar cuatro mezclas de crudo pesado [maltenos]-asfalteno adicionando la solución base junto con una cantidad de crudo pesado [maltenos], tanto las soluciones como las mezclas con un contenido diferente de asfaltenos en cada una es decir con distintas concentraciones. Fueron medidas las viscosidades y densidades de las muestras de crudo pesado [filtrado], crudo pesado [maltenos], soluciones de asfalteno-tolueno y mezclas de crudo pesado [maltenos], las mediciones se realizaron, primero cuatro diferentes temperaturas constantes a presión atmosférica y segundo a cuatro diferentes temperaturas constantes y variando la presión únicamente a la mezcla de crudo pesado [maltenos], empleando un viscosímetro electromagnético a fuerza constante y un densímetro de tubo vibrante. Se analizó el comportamiento de estas propiedades termofísicas del crudo pesado ya que son de suma importancia en la forma que se ven afectados los procesos de extracción y refinación al tener valores altos al igual el cómo es dependiente la fracción volumen de su viscosidad

Con el agotamiento gradual de las fuentes de crudos convencionales (mediano y ligero), se centra la mayor atención en cómo recuperar eficaz y económicamente las reservas de crudos no convencionales (pesado y extra-pesado). En México, el crudo pesado se obtiene de diferentes regiones (Activo Integral Cantarell, Activo Integral Ku-Maloob-Zaap, Crudo pesado Región Sur y Crudo pesado Región Norte), de los cuales el 61% se encuentra en las reservas probadas (PEMEX, s.f., PEMEX, 2012). El crudo pesado se puede clasificar por sus altas viscosidades, es decir, superior a 100 MPa·s para crudo pesado y densidades API bajas (es decir, entre los valores 10.0-22.3) y densidad (g/cm^3) entre los valores 1.0 - 0.92 (IMP, s.f.).

Debido a sus viscosidades extremadamente altas, los crudos pesados no pueden ser extraídos de manera eficaz usando técnicas de explotación existentes para los crudos mediano y ligero. La alta viscosidad del crudo pesado es un factor crucial que afecta fuertemente su recuperación, el transporte a la superficie y los procesos de refinado. Los asfaltenos suelen originar precipitados (sólidos) que acarrearán taponamientos en las tuberías de transporte (Mohammed et al, 2013). Una mejor comprensión de cómo afecta el contenido de asfaltenos en el crudo y en sus propiedades termo-físicas (viscosidad y densidad) puede ser de gran utilidad para proponer métodos más eficaces y económicos para la recuperación del crudo pesado y extra-pesado y la reducción del capital relacionado y/o los costos de operación (Peng Luo, 2006).

En la literatura, hay un número de los modelos teóricos y las correlaciones empíricas para la predicción de la viscosidad del crudo [4-6]. Sin embargo, algunos equipos de perforación, modelos de viscosidad desarrollados para una lata de líquido simple no se puede aplicar directamente para predecir con precisión la viscosidad de una muestra de petróleo pesado debido a su composición más compleja. Las propiedades químicas y físicas de un crudo pesado puede cambiar drásticamente de un yacimiento a otro (Peng Luo, 2006).

Varios estudios experimentales han demostrado que la viscosidad del crudo pesado depende considerablemente de la fracción volumen (que a su vez depende de P y T) y de las

propiedades físicas y químicas de los asfaltenos (Luo et al, 2007). Una manera eficaz para modelar la viscosidad de un crudo pesado es considerarlo como un sistema de suspensión coloidal, en la que los asfaltenos están dispersos (Mack, 1932).

De acuerdo con la teoría existente de la viscosidad de la suspensión, la fracción de volumen y el estado de agregación de las partículas de asfaltenos en una muestra de petróleo pesado dado puede afectar bastante su viscosidad.

El efecto del contenido de asfaltenos en la viscosidad del petróleo pesado ha sido estudiado en algunos trabajos donde indican la medición de la viscosidad para asfaltenos mexicanos, los datos muestran claramente un aumento de su viscosidad con su alto contenido de asfaltenos (Mack, 1932)

La dependencia de la viscosidad con la presencia de asfaltenos y a condiciones de temperatura y presión son criterios importantes para conocer la calidad de los crudos. A temperaturas bajas, la viscosidad es alta y a medida que es mayor el contenido de asfaltenos en el crudo pesado mayor es su viscosidad y más difícil su producción (Pramana et al, 2012). De allí que, en este trabajo se evaluará el efecto del contenido de asfaltenos en la viscosidad dinámica y en la densidad de crudos pesados a diferentes condiciones de temperatura y presión (desde la presión de 0.1 MPa hasta 20.7 MPa y desde la temperatura ambiente hasta 393 K).



FORMATO DE EVALUACIÓN DE PROYECTO DE INTEGRACIÓN EN INGENIERÍA QUÍMICA

PI-E-QUI

Trimestre de evaluación: Fecha: PI-E-QUI

DATOS DEL ALUMNO

Nombre: Matrícula:
Correo personal:

ASESOR RESPONSABLE / DATOS DE LA EMPRESA

Nombre del asesor/Empresa:
No. económico: Adscripción/Departamento o sección:
Área de investigación:
Correo institucional:

Firma

COASESOR O ASESOR EXTERNO / JEFE O RESPONSABLE LEGAL DE LA EMPRESA

Nombre del asesor/Jefe o Responsable legal:
No. económico/Teléfono: Adscripción/Puesto:
Área de investigación/Departamento:
Correo electrónico:

Firma

MODALIDAD DEL PROYECTO

Proyecto tecnológico Proyecto de investigación Estancia profesional Experiencia profesional

TÍTULO DEL PROYECTO

Efecto del contenido de asfaltenos en el comportamiento de la densidad y viscosidad de crudos pesados a diferentes temperaturas y presiones

OBJETIVO GENERAL

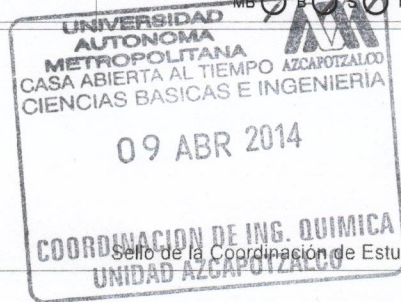
Determinar el contenido de asfaltenos en la viscosidad y densidad de crudos pesados cuando son sometidos a diferentes temperaturas y presiones

UNIDADES DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE QUE SE EVALÚAN

Clave	UEA	Evalúan
1100120	Proyecto de Integración en Ingeniería Química I	MB <input checked="" type="radio"/> B <input type="radio"/> S <input type="radio"/> NA <input type="radio"/>
1100130	Proyecto de Integración en Ingeniería Química II	MB <input type="radio"/> B <input checked="" type="radio"/> S <input type="radio"/> NA <input checked="" type="radio"/>
1100140	Introducción al Trabajo de Investigación en Ingeniería Química	MB <input type="radio"/> B <input type="radio"/> S <input type="radio"/> NA <input checked="" type="radio"/>

Nombre y firma del Coordinador de Estudios

Dra. Rosa María Luna Sánchez



Sello de la Coordinación de Estudios

Trimestre en que se autoriza la propuesta: fecha: PIA-QUI:

DATOS DEL ALUMNO

Nombre: Matrícula:
 Correo externo:

Firma:

[Firma manuscrita]
 Firma:

ASESOR RESPONSABLE

Nombre del asesor:
 No. económico: Adscripción:
 Área de investigación:
 Correo institucional:

[Firma manuscrita]
 Firma:

COASESOR O ASESOR EXTERNO

Nombre del asesor:
 No. económico: Adscripción:
 Área de investigación:
 Correo electrónico:

Firma:

[Firma manuscrita]

MODALIDAD DEL PROYECTO

Proyecto tecnológico Estancia industrial Estancia de investigación Experiencia profesional

TÍTULO DEL PROYECTO

OBJETIVO GENERAL

UNIDADES DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE QUE SE AUTORIZAN

Clevo	UEA	Trimestre de inicio de vigencia	Trimestre de fin de vigencia
1100120	Proyecto de Integración en Ingeniería Química I	<input type="text" value="13-P"/>	<input type="text" value="14-P"/>
1100130	Proyecto de Integración en Ingeniería Química II	<input type="text" value="13-P"/>	<input type="text" value="14-P"/>
1100140	Introducción al Trabajo de Investigación en Ingeniería Química	<input type="text" value="13-P"/>	<input type="text" value="14-P"/>

Nombre y firma del Coordinador de Estudios:

Rosa María Luna S.
 Dra. Rosa María Luna Sánchez

