

**1. Datos Generales de la asignatura**

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Diseño y Caracterización de Fluidos de Perforación
<b>Clave de la asignatura:</b>	PRD-1702
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	2-3-5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Química

**2. Presentación**

<b>Caracterización de la asignatura</b>
La asignatura de Diseño y caracterización de los fluidos de perforación, forma parte del Módulo de Especialidad de la carrera de Ingeniería Química. Esta materia le permitirá al estudiante conocer las actividades que se llevan a cabo en la perforación de pozos; supervisar la operación de los fluidos de perforación, la terminación y mantenimiento de pozos, mediante técnicas de diseño, preparación, análisis y caracterización de los fluidos de perforación, con base en la normatividad establecida, para contribuir al proceso de extracción de hidrocarburos y al desarrollo sustentable de la región.
<b>Intención didáctica</b>
<p>El temario está integrado por cinco temas, el primer tema aborda las teorías del origen del petróleo, la composición de las capas de la litosfera, los tipos de accidentes geológicos que propician la acumulación de los hidrocarburos, la búsqueda de los hidrocarburos por exploración y por último la clasificación de los yacimientos en base a sus diagramas de fases.</p> <p>El segundo tema clasifica los tipos de equipos en base a si la perforación se realiza en tierra o mar, se describen los componentes que integran el equipo de perforación, se da a conocer qué son los fluidos de perforación y la forma de clasificarlos en base a su composición y funciones que desempeñan, además de la forma de prepararlos utilizando las formulaciones químicas que involucran las relaciones de proporción de los aditivos que intervienen y que le aportan las características deseadas.</p> <p>El tercer tema; incluye todas las pruebas químicas y físicas que se realizan en el fluido de perforación para caracterizarlo y así describir su composición y comportamiento ante las condiciones adversas que enfrentará en el pozo.</p> <p>El cuarto tema; analiza la normatividad aplicable a la selección de los aditivos que constituyen los fluidos de perforación y la normatividad para los fluidos ya preparados, se toma en cuenta la normatividad establecida por el Instituto Americano del Petróleo (API), ya que es el organismo más importante en la regulación de los métodos aplicables a los fluidos de perforación; también se toma en cuenta las normas establecidas en nuestro país, para formar en el estudiante un amplio panorama de las leyes que rigen el quehacer de la perforación.</p> <p>Finalmente, el quinto tema; incluye la selección del tipo de fluido a emplear en la perforación de pozos, el conocimiento del sistema de circulación de los fluidos de perforación, los cálculos para establecer la cantidad de fluido requerido en el proceso de perforación, los tipos de contaminación que enfrenta el fluido en su recorrido al estar en contacto con las distintas capas del suelo y el tratamiento físico o químico necesarios para restablecer las condiciones apropiadas de trabajo.</p>

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

Se sugiere una actividad integradora donde se permita mostrar los productos elaborados en la asignatura, además de visitas a empresas o microempresas relacionadas con los temas vistos. El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades en preparación, evaluación y tratamiento de los fluidos de perforación.

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de Villahermosa. 23 de Junio del 2017.	Academia de Ingeniería Química. Ing. Juana Selván García, Ing. Carlos Enrique Ramón Baylón. M.C. Mónica Pérez Montes.	Asignatura propuesta para el módulo de especialidad de procesos en la carrera de Ingeniería Química. Se recomienda la actualización por lo menos cada tres años debido a los cambios del entorno industrial, económico, y de servicios.

### 4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realiza, analiza y evalúa estudios del origen de los yacimientos y equipos empleados en la perforación de pozos petroleros.</li> <li>Lleva a cabo la preparación, caracterización y selección de los fluidos de perforación bajo las normas y estándares vigentes para su aplicación durante el proceso de perforación.</li> </ul>

### 5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza las características estructurales de los compuestos orgánicos para determinar las condiciones adecuadas de manejo a nivel laboratorio e industrial.</li> <li>Identifica el impacto biológico y ambiental de las sustancias orgánicas en función de sus características estructurales, físicas y químicas con el objeto de minimizar sus efectos.</li> <li>Conocer los métodos químicos fundamentales y sus diferentes aplicaciones en la caracterización de diferentes sustancias.</li> <li>Utilizar diferentes técnicas de muestreo y preparación de muestras, con base en el tipo de análisis.</li> <li>Estructurar modelos matemáticos del comportamiento de los fluidos aplicando balances diferenciales a volúmenes de control en espacios cartesianos y cilíndricos.</li> <li>Determinar con base a los modelos obtenidos las velocidades media y máxima, los flujos volumétricos, espesores de película y las fuerzas que actúan sobre las superficies en contacto con los fluidos.</li> </ul>
--

**6. Temario**

No.	Temas	Subtemas
1	Origen de los yacimientos	1.1 Teorías del origen del petróleo 1.1.1 Teoría orgánica 1.1.2 Teoría físico química 1.2 Eras geológicas 1.2.1 Capas del subsuelo 1.2.2 Columna geológica típica del sureste mexicano 1.2.3 Accidentes geológicos (falla, anticlinal, fosa) 1.2.4 Geopresiones, porosidad y permeabilidad de la roca y litología 1.3 Exploración en busca de Yacimientos 1.3.1 Exploración geofísica 1.3.2 Exploración sísmica 1.3.3 Exploración geológica 1.4 Diagramas de fases característicos del tipo de yacimiento. 1.4.1 Gas seco 1.4.2 Gas húmedo 1.4.3 Gas y condensado 1.4.4 Aceite ligero 1.4.5 Aceite mediano 1.4.6 Aceite pesado 1.4.7 Aceite extrapesado
2	Equipos y fluidos de perforación	2.1 Equipos de perforación 2.1.1 Perforación en tierra 2.1.2 Perforación marina 2.1.3 Componentes del equipo de perforación 2.2 Fluidos de perforación 2.2.1 Concepto y funciones de los fluidos de perforación 2.2.2 Clasificación de los fluidos de perforación 2.3 Formulación de los fluidos de perforación 2.3.1 Aditivos empleados en la preparación 2.3.2 Composición química de los aditivos y del fluido 2.5 Preparación de los fluidos de perforación.
3	Caracterización físico-química del fluido de perforación	3.1 Características físicas de los fluidos de perforación 3.1.1 Densidad y viscosidad del fluido 3.1.2 Propiedades reológicas 3.1.3 Filtrado API y APAT 3.1.4 % Arena, % de sólidos, líquidos y $R_{A/a}$ .

		<p>3.2 Características químicas de los fluidos de perforación</p> <p>3.2.1 Alcalinidad al filtrado: Pf, Mf y Pm</p> <p>3.2.2 Contenido de cal, cloruro calcio.</p> <p>3.2.3 Capacidad de intercambio catiónico (CEC)</p> <p>3.2.4 pH y Alcalinidad de fluidos</p> <p>3.2.5 Arcilla presente</p>
4	Normatividad de los fluidos de perforación	<p>4.1 Normatividad para la selección de los aditivos</p> <p>4.1.1 Normas API</p> <p>4.1.2 Normas Mexicanas</p> <p>4.2 Normatividad de los fluidos de perforación.</p> <p>4.2.1 Normas API</p> <p>4.2.2 Normas mexicanas</p>
5	Proceso de aplicación de los fluidos de perforación	<p>5.1 Selección del tipo de fluido empleado en la perforación de pozos.</p> <p>5.2 Sistema de circulación de los fluidos de perforación.</p> <p>5.3 Cálculos para establecer la cantidad de fluido requerido en el proceso de perforación.</p> <p>5.3.1 Capacidad anular</p> <p>5.3.2 Volumen del pozo</p> <p>5.3.3 Presión de bombeo</p> <p>5.3.4 Tiempo de atraso y ciclo completo</p> <p>5.3.5 Presión de formación, hidrostática</p> <p>5.3.6 Presión de circulación y de fractura</p> <p>5.3.7 Presión de poro y de sobrecarga</p> <p>5.4 Contaminación y tratamiento</p> <p>5.4.1 Contaminación y tratamiento físico</p> <p>5.4.2 Contaminación y tratamiento químico</p>

**7. Actividades de aprendizaje de los temas**

<b>1. Origen de los yacimientos</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b> Conoce la litología de cada una de las capas del subsuelo y la relaciona con los tipos de yacimiento.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de la información.</li> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de trabajar de forma autónoma.</li> <li>• Aplicar los conocimientos en la práctica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investiga y elabora mapa mental de las teorías del origen del petróleo.</li> <li>• Elabora por equipos de trabajo, tabla descriptiva de las capas de la litosfera donde identifica la columna geológica típica del sureste mexicano, sus subdivisiones, la edad y duración, litología y características de la roca.</li> <li>• Investiga y realiza mapa conceptual de los tipos de exploración en busca de yacimientos.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiza diagramas de fases de cada uno de los tipos de yacimientos en base a su clasificación.</li> </ul>
<b>2. Equipos y fluidos de perforación</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b> Conoce las funciones del fluido de perforación. Prepara fluidos de preparación.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de la información.</li> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de trabajar de forma autónoma.</li> <li>• Aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elabora por equipos de trabajo tabla comparativa de los tipos de equipos de perforación en base a su clasificación en tierra o marina.</li> <li>• Investiga y realiza diagrama de flujo de cada uno de los sistemas componentes del equipo de perforación.</li> <li>• Investiga el concepto de fluido de perforación y enlista las funciones que debe desempeñar.</li> <li>• Elabora diagrama de la clasificación de fluidos de perforación</li> <li>• Realiza práctica de la formulación de fluidos de perforación, elabora reporte mostrando los cálculos de concentraciones y descripción de las reacciones químicas que se llevan a cabo.</li> <li>• Realiza reporte de visita a empresa de fluidos de perforación.</li> </ul>
<b>3. Caracterización físico-química del fluido de perforación</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b> Conoce y aplica las técnicas para la determinación de las propiedades fisicoquímicas que caracterizan los fluidos de perforación.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elabora por equipos de trabajo diagrama de flujo del procedimiento de las pruebas fisicoquímicas para la determinación de las propiedades de los fluidos de perforación.</li> <li>• Realiza prácticas de laboratorio y reporte para cada una de las determinaciones de propiedades físicas de los fluidos de perforación (Densidad, viscosidad del fluido, propiedades reológicas, filtrado API y APAT, % Arena, % de sólidos, líquidos y <math>R_{A/a}</math>).</li> <li>• Realiza prácticas de laboratorio y reporte para cada una de las determinaciones de propiedades</li> </ul>

<p>resolver problemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de la información.</li> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de trabajar de forma autónoma.</li> </ul>	<p>químicas de los fluidos de perforación (Alcalinidad al filtrado: Pf, Mf y Pm; contenido de cal, cloruro calcio, capacidad de intercambio catiónico (CEC), pH, Alcalinidad y prueba de azul de metileno MBT.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiza reporte de visita a laboratorio de caracterización de fluidos de perforación.</li> </ul>
<p><b>4. Normatividad de los fluidos de perforación</b></p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p><b>Específica(s):</b> Conoce y aplica la normatividad vigente sobre fluidos de perforación.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de la información.</li> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investiga y elabora mapa conceptual de la normatividad que deben cumplir los aditivos y los fluidos para ser utilizados en la perforación de pozos petroleros, entregar por equipos de trabajo.</li> <li>• Elabora reporte de resultados de pruebas fisicoquímicas y los compara con los valores establecidos en la normatividad vigente.</li> </ul>
<p><b>5. Proceso de aplicación de los fluidos de perforación</b></p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p><b>Específica(s):</b> Calcula los volúmenes de fluido necesario y las presiones de trabajo en el pozo. Selecciona y lleva a cabo tratamiento físico y químico a los fluidos de perforación</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de la información.</li> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiza cálculos de volúmenes de fluido necesario para la perforación de un pozo, a partir de una propuesta del profesor, donde determine las capacidades anulares, volumen de pozo, presión de bombeo, tiempo de atraso y ciclo completo.</li> <li>• Realiza cálculos de presiones de circulación, presión de fractura, presión de poro y de sobrecarga</li> <li>• Elabora reporte de práctica de la contaminación y tratamiento físico y químico más conveniente dependiendo del tipo de contaminante presente en el fluido de perforación.</li> </ul>

## 8. Práctica(s)

1. Preparación de fluidos de perforación base agua.
2. Preparación de fluidos de perforación base aceite.
3. Determinar la densidad y viscosidad Marsh de fluidos de perforación
4. Determinar propiedades reológicas de fluidos de perforación.
5. Determinar filtración API de fluidos base agua.
6. Determinar filtración APAT en fluidos de perforación base aceite
7. Determinar porcentaje de arena en fluidos de perforación base agua
8. Realizar prueba de retorta en fluidos de perforación para determinar porcentajes de agua, aceite, sólidos y RA/a
9. Determinar alcalinidad en filtrado base agua: pf, Mf y Pm.
10. Determinar contenido de cal y cloruro de calcio en fluidos base aceite
11. Determinar el contenido de arcillas mediante la prueba de azul de metileno MBT
12. Determinar el pH del filtrado en fluidos de perforación base agua.
13. Contaminación de fluidos y tratamiento

## 9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que plantee el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitaria, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

### 10. Evaluación por competencias

El docente evaluará cada una de las actividades de aprendizaje, haciendo uso de la lista de actividades que aparecen en la lista siguiente:

- Mapa mental
- Tabla descriptiva
- Mapa conceptual
- Diagramas
- Tabla comparativa
- Diagrama de flujo
- Lista de cotejo
- Reporte de prácticas de laboratorio
- Reporte de visita a empresa
- Ejercicios de resueltos de aplicación de ecuaciones.

### 11. Fuentes de información

1. Alí Prieto Ortega, Tecnología Básica de los fluidos de perforación, Caracas Venezuela 2007
2. Baker Hughes Inteq, Manual de Ingeniería de Fluidos, Houston USA, 2006.
3. Pemex, Perforador y ayudante, Vol. I. México, 2007
4. QMax de México, Procedimientos de análisis y preparación de Fluidos, México 2008
5. Schlumberger, Cien años de la perforación en México, México, 2008
6. Schlumberger, Geología de México, México, 2008
7. Schlumberger, Introducción al equipo y operaciones de perforación, USA, 2004.
8. Yran Romai, Fluidos de perforación, México, 2008.