



CTAP

# Laboratorios y Equipamiento del CTAP, al Servicio de la Industria Petrolera Nacional e Internacional (Primera Parte)

*La identificación de problemas asociados al aseguramiento de flujo, permitirá el establecimiento de estrategias de explotación más apropiadas al tipo de fluidos, así como mejores prácticas operativas*

De acuerdo con la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), miles de millones de barriles de petróleo crudo equivalente de recursos prospectivos convencionales; de los cuales el 25 por ciento se concentra en aguas profundas del Golfo de México dentro de tirantes de agua de entre 500 y tres mil metros (m), en una extensión mayor a 575 mil kilómetros cuadrados (km<sup>2</sup>); son necesarios de explotar y analizar. El pozo exploratorio del campo mexicano con mayor tirante de agua es Maximino, está en Tamaulipas y su profundidad es de dos mil 933 m.

En virtud de lo anterior, en el primer trimestre de este año se concretó el objetivo concebido

en 2007 por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y el sector energético del país, para el desarrollo de campos petroleros en aguas profundas y ultra profundas del Golfo de México, denominado Centro de Tecnología para Aguas Profundas (CTAP).

En Boca del Río, Veracruz; el CTAP-IMP —cuya construcción se ubica en un predio de 20.7 hectáreas de terreno—proporciona pruebas especializadas, desarrollo tecnológico, ingeniería, trabajos de investigación—útiles en el diseño de infraestructura—y otros para la industria petrolera nacional e internacional, a través de sus primeros cinco laboratorios. Una segunda etapa comprenderá la instauración





www.cavinse.com • ventas@cavinse.com



**Distribuidores Master de las marcas:**

**GEMÜ®** Válvulas metálicas o plásticas, industriales y FDA, instrumentación y automatización.

**ANDERSON NEGELE** : Instrumentos y sensores de presión, nivel, temperatura, flujo, conductividad y turbidez.

**Productos:**

**GEMÜ®**

- Válvulas en General
- Cajas de Switches
- Flujómetros
- Posicionadores (Control)
- Indicadores de Posición

**ANDERSON NEGELE**

- Instrumentos para Nivel
- Temperatura
- Presión
- Flujo
- Conductividad y Turbidez



Distribuimos también las marcas:



Col. Del Valle, Benito Juárez, Ciudad de México, México, C.P. 03100

Teléfonos: (55) 4995 5976 • (55) 4632 0101



90 por ciento del equipamiento del LAF-CTAP es europeo; proveniente de Francia, Inglaterra, Austria y Escocia. Sin embargo, en el diseño de algunos dispositivos participaron mexicanos y muchos equipos son primeros en llegar a América Latina.



de otros cuatro y en la etapa final se concluirán tres más. De manera que el CTAP albergará un total de 12 laboratorios.

Las cinco áreas de experimentación que ya se encuentran operando, casi en su totalidad, cuentan con equipamiento de muy alta tecnología y parte del mismo se diseñó especialmente para nuestro país; lo que lo hace único en Latinoamérica e incluso en el mundo.

Aseguramiento de flujo, Geotecnia e interacción suelo-estructura, Simulación numérica de fenómenos metocéanicos e hidrodinámicos; Fluidos de perforación, terminación y cementación de pozos; aparte de Calificación de tecnologías son los cinco laboratorios en funcionamiento.

Conforme al doctor en ingeniería Federico Barranco Cicilia, coordinador del CTAP-IMP, en cada laboratorio existen investigadores y especialistas muy destacados, con una importante experiencia en investigación y aplicación industrial, pero también principiantes y técnicos cuyo dominio en otros temas da como resultado una sinergia muy enriquecedora de diversos conocimientos.

Dado que la puesta en marcha del CTAP es relativamente reciente, por el momento sólo Petróleos Mexicanos (Pemex) ha solicitado propuestas de servicios. Sin embargo, ya se estableció un acercamiento con Diavaz, Exxon Mobil y Eni, entre otras operadoras.

Los precios de los servicios, aunque existe un estándar, son diferenciados y dependiendo de los alcances es el costo. Las pruebas estándar tienen una tarifa promedio, pero las especializaciones se cotizan individualmente porque además de pruebas experimentales, comprenden el diseño de los experimentos, modelación numérica, establecimiento de procesos, pruebas particulares, técnicas nuevas que se están desarrollando y que es parte de la investigación y por eso se cobra aparte y conforme la especificidad de cada proyecto, explicó el ingeniero civil Barranco Cicilia.

“Una prueba estándar se puede solicitar en cualquier lugar especializado, pero un estudio en el CTAP, además de las pruebas y mediciones experimentales, incluye: el desarrollo de modelos matemáticos para predecir y desarrollar nuevas operaciones y resultados, aplicación de programas informáticos, proyectos de investigación, etcétera. Dando como resultado un trabajo muy completo y profundo”.

### Laboratorio de Aseguramiento de Flujo (LAF)

Su finalidad principal es la caracterización física y química de los hidrocarburos —bajo condiciones de presión, temperatura y gasto semejantes

*Gracias a los resultados encontrados en el LAF se puede optimizar el desarrollo y aplicación de productos químicos como mejoradores de flujo, reductores de viscosidad, inhibidores, entre otros*

a las existentes en tuberías y pozos— sin importar su calidad API, siglas en inglés del Instituto Americano de Petróleo. Los grados o la gravedad API se determinan a partir de la densidad que tiene el crudo en comparación con el agua a temperaturas iguales; es decir, si ésta es ligera, mediana, pesada o extrapesada. “Entre menor es la API, el fluido es más pesado y viceversa. El API de una mezcla de gas condensado puede llegar a valores de 50 o 60°, explica el doctor en física Edgar Ramírez Jaramillo, responsable del Laboratorio de Aseguramiento de Flujo (LAF).

El trabajo en este laboratorio estriba en conocer el comportamiento termodinámico de los hidrocarburos, es decir la afectación de sus propiedades, como por ejemplo la viscosidad y densidad cuando cambian la presión y temperatura; a fin de analizar la problemática que conlleva la producción de crudo desde que está en el yacimiento hasta que llega a los puntos de separación. “A lo largo de su trayectoria, el hidrocarburo sufre cambios que provocan efectos físicos y químicos, como la aparición de fases gaseosas o sólidas. La aparición de la fase vapor se da cuando el hidrocarburo alcanza su presión de saturación, ocasionando la formación del gas. La fase más nociva para la producción de hidrocarburos es la sólida, porque al agruparse y crecer en tamaño, llega a tapar las tuberías completamente y por ende se detiene la producción.”

Por ejemplo, añade el doctor Edgar Ramírez, la dimensión del tapón que hubo en un pozo productor de la Región Sur de México fue de aproximadamente dos kilómetros, provocando el cierre del pozo. En algunos casos se puede sustituir la tubería para que el pozo siga funcionando, pero si el daño es muy intenso, se perforan pozos paralelos para llevarlos al mismo intervalo de producción. No obstante, depende mucho de las características de los yacimientos. Otras veces se introducen productos químicos como solventes o bien, hidrocarburos ligeros como tolueno o xileno y también alguna herramienta mecánica que ayude a remover el daño y destapar, pero si el espesor es muy grande, resulta muy difícil lograrlo.

### Reducción de problemas

“A partir de los estudios de caracterización que se hacen en el Laboratorio de Aseguramiento de Flujo, se proporcionan herramientas experi-

## Entre menor es la gravedad API, el fluido es más pesado y viceversa

mentales y teóricas para precisar qué tecnología es la idónea ante determinado problema y poder aminorarlo o incluso inhibirlo. Por ejemplo, al analizar la integridad física de materiales, se detecta la corrosión o erosión en una tubería y puede recomendarse la incorporación de algún recubrimiento o inhibidor. En ese sentido, los retos que enfrenta este laboratorio son diversos, tanto a nivel de pozo-yacimiento, tubería o líneas superficiales durante el proceso de producción y transporte del hidrocarburo (a partir del estrangulador ubicado en la cabeza del pozo)”.

El estrangulador ayuda a mantener un flujo estable y evita problemas de arenamiento o invasión de agua; elementos que, al estar contenidos en los hidrocarburos, erosionan las tuberías al grado de romperlas y/o desprenderlas. El cambio de presión —muy alta en el fondo del yacimiento y muy baja en la superficie— es la energía que tiene el fluido para poder subir, pero durante el trayecto, la presencia de fases (gaseosa, líquida o sólida) cambia y ese comportamiento hidrodinámico del fluido puede generar baches, afectando la integridad física de la tubería como ya se mencionó. De manera que, aparte de las propiedades termodinámicas de los fluidos, este otro tipo de fenómenos igualmente se analizan

*Doctor Edgar Ramírez Jaramillo explicando que el microscopio óptico de alta resolución es muy versátil y trabaja con una fuente de rayos X para analizar estructuras moleculares y a partir de ahí predecir a nivel macro lo que sucede; a fin de dar seguimiento a fenómenos como la corrosión, etc.*





La fase más nociva para la producción de hidrocarburos es la sólida porque puede tapar la tubería completamente y se deja de producir.

en esta área, por lo que son estudios integrales que permiten establecer estrategias de explotación para asegurar el flujo ininterrumpido de hidrocarburos, desde el yacimiento hasta los centros de almacenamiento.

Este laboratorio es primero en su tipo en Latinoamérica y también está dentro de los primeros cinco a nivel mundial, por contar con la capacidad para caracterizar —tanto en condiciones dinámicas como estáticas— las propiedades termodinámicas, fisicoquímicas y de transporte de los hidrocarburos; además de estudiar los fenómenos que afectan la producción en condiciones reales de operación (presión, temperatura y gasto), proporcionando soluciones tecnológicas específicas para cualquier tipo de aceite y yacimiento.

### Tecnología de vanguardia

El titular del LAF del CTAP-IMP refiere que 90 por ciento de los equipos son europeos,

provenientes de Francia, Inglaterra, Austria y Escocia. Sin embargo, en el diseño de algunos de ellos participaron mexicanos y muchos equipos son los primeros en llegar a América Latina; como las celdas de alta presión para analizar hidratos que, al mezclarse bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, forman cristales. También se evalúan productos químicos inhibidores ya que éstos retrasan la formación de hidratos. Igualmente se estudia el efecto que por ejemplo tienen los granos de arena del propio yacimiento y cómo estos aceleran la formación de hidratos. Estos equipos trabajan 15 mil libras en promedio y alcanzan hasta 120 grados centígrados, así como aproximadamente 15 grados centígrados bajo cero.

Otro tipo de tecnología son las celdas PVT para estudios de equilibrio de fases, a las cuales se les incorporó un sistema de detección más sofisticado consistente en una fuente de luz láser que mide la cantidad de luz que pasa a través del hidrocarburo. Asimismo, cuentan con un sistema infrarrojo cercano el cual permite mejorar la detección de la formación de una fase sólida. Este otro tipo de celdas llegan a una presión de 20 mil libras y 170 grados centígrados y se puede determinar la envolvente de formación de fases sólidas y aplicarse en gas y condensado, aceites muy ligeros o muy pesados, detalla el doctor Ramírez Jaramillo.

Entre los equipos más emblemáticos del LAF está el de desplazamiento de fluidos en medio poroso, de origen francés pero hecho ex profeso para México. Se trata de una celda en cuyo interior se pone una muestra de la roca o núcleo del yacimiento y en el cual se pueden analizar aceites ligeros o pesados, como los que se producen en la zona de Campeche Oriente. “El aceite se introduce a la roca y se desplaza, pudiendo utilizar, agua, gas, algún solvente o producto químico y lo que se busca es conocer cuánta cantidad de crudo se puede recuperar. Con las estrategias

---

*Cada laboratorio del CTAP cuenta con investigadores y especialistas muy destacados, principiantes y técnicos cuyo dominio en otros temas da como resultado una sinergia muy enriquecedora de conocimientos*

---





*Conocer el comportamiento termodinámico de los hidrocarburos; afectación de su viscosidad, densidad, presión, temperatura y analizar la problemática de la producción de crudo es parte del trabajo del LAF-CTAP-IMP*

de recuperación mejorada, se determina cuál es el producto o fluido que ayuda a obtener mayor producción; lo que resulta de mucha utilidad sobre todo para los campos maduros, ya que, aunque su producción es baja, sus reservas siguen siendo altas y en promedio el factor de recuperación es de 20 a 30 por ciento. El problema es que el aceite residual es de una API baja (aceite pesado), resultando un gran reto poder obtenerlo.

El equipo también se puede rotar para tener en cuenta efectos gravitacionales y ver cómo funciona según la posición, trabaja hasta 15 mil libras y 180 grados centígrados y no sólo sirve para llevar a cabo estudios del desplazamiento de fluidos, también es posible realizar estudios de daño a la formación por aceites viscosos que afectan la porosidad o permeabilidad de la roca, evitando que el crudo fluya debido a la formación de fases sólidas al interior.

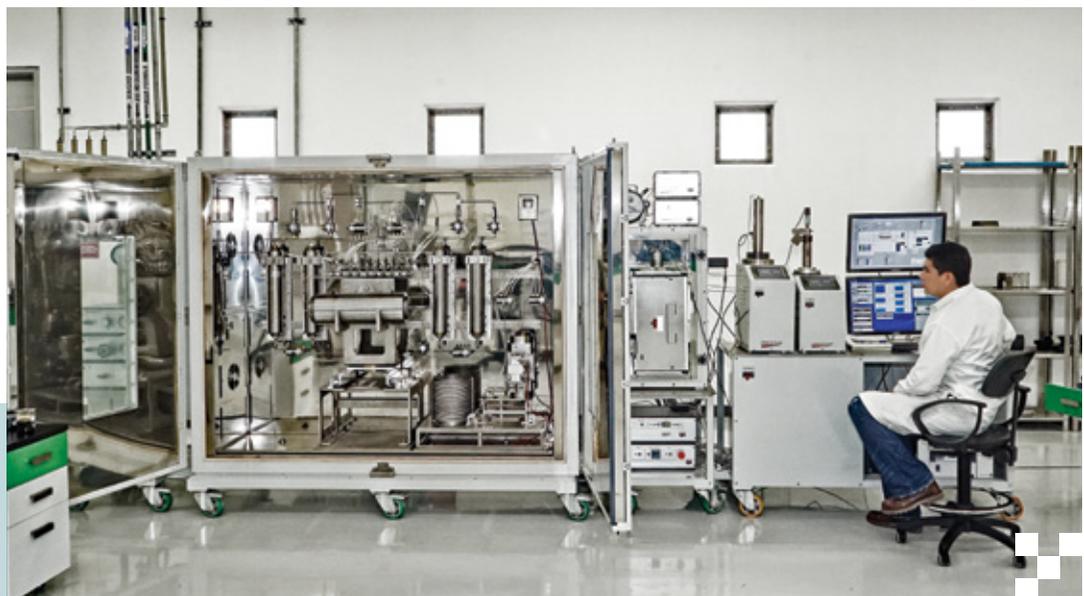
Otro de los equipos del LAF, es un tensiómetro de gota pendiente, que se aplica para realizar estudios detallados de tensión superficial, proporcionando información útil para

estudios del comportamiento de las fases y saber en qué momento se puede formar un vapor o un sólido.

### Área de investigación paralela

Una de las áreas que forma parte del LAF, se incorporó dentro de una jaula tipo Farady, con láminas de acero en las paredes y un piso antivibratorio especial para evitar que cualquier radiación electromagnética o un mínimo movimiento afecte los sensores de los equipos, ya que al ser sumamente sensibles pueden alterarse los resultados. “En ésta área, se realizan, entre otros estudios, la compatibilidad de los fluidos; mezclando un hidrocarburo con un producto químico u otro hidrocarburo y observar qué tan estable es la mezcla. Por ejemplo, para transportar aceites pesados debe inyectarse otro aceite más ligero, pero si no se mezclan bien, por un lado, irá el aceite pesado, por otro el ligero y ya no fluirá porque el aceite pesado comenzará a detenerse. Con este tipo de análisis se sabe qué concentración es la óptima para evitar la segregación y precisar el comportamiento y la respuesta real de los hidrocarburos”.

Además se cuenta con unos dispositivos que se emplean para medir la distribución del tamaño de las partículas, peso molecular y movilidad electroforética. Con esta información es posible realizar, entre otras cosas, una mejor caracterización de los asfaltenos, por ejemplo, ayudando a desarrollar mejores inhibidores de la precipitación de estos com-



*Mejorar la producción y el transporte de aceites pesados y extra-pesados es el objetivo del LAF del CTAP-IMP.*



*La construcción del CTAP se ubica en un predio de 20.7 hectáreas en Boca del Río, Veracruz. Entre sus servicios ofrece pruebas especializadas, desarrollo tecnológico, así como trabajos de investigación e ingeniería para la industria petrolera nacional e internacional.*

ponentes, mejoradores de flujo o reductores de viscosidad, dependiendo de las características moleculares del aceite. Se cuenta también con equipos para realizar estudios reológicos a alta presión y temperatura. Dado que la viscosidad es una propiedad del transporte que cambia de acuerdo con el flujo derivado de la presión y la temperatura, los viscosímetros ayudan a precisar mejor este comportamiento.

Adicionalmente, se tiene un microscopio óptico de alta resolución, muy versátil y que trabaja con una fuente de rayos X. Permite analizar estructuras moleculares y determinar qué tipo de moléculas o átomos existen en una muestra y a partir de ahí hacer nuevos modelos para predecir a nivel macro lo que está sucediendo y dar seguimiento a fenómenos como la corrosión e interacción de una partícula con una superficie. Dicha información puede utilizarse para sintetizar nuevos productos químicos, como por ejemplo productos químicos inhibidores o algún otro que pueda ayudar a reducir los problemas asociados al aseguramiento de flujo que se tienen en los pozos.

El doctor en física Edgar Ramírez concluyó refiriendo que actualmente el LAF está trabajando en unas pruebas para el activo bloque norte de Petróleos Mexicanos (Pemex) en muestras del pozo recién perforado Ixachi-1 en Veracruz, haciendo un estudio para medir la presión, volumen y temperatura de los fluidos o estudio PVT.

## Conclusión

Sin duda, el trabajo desarrollado por los especialistas e investigadores del LAF está encaminado a mejorar la producción y transporte de aceites producidos, incluyendo los pesados y extra-pesados. Así como evitar diferentes problemas tales como: flujo inestable, corrosión, erosión, producción de agua, arena y formación de emulsiones. Para ello, una de las áreas de investigación que se desarrollan en este laboratorio, es la optimización de la aplicación de productos químicos como mejoradores de flujo, reductores de viscosidad, inhibidores, etcétera. Además de la predicción, la función de la posición y el tiempo de daños al yacimiento y las tuberías; debido a fenómenos como la precipitación o incrustación de compuestos sólidos orgánicos e inorgánicos como asfaltenos, parafinas e hidratos; o inorgánicos como las sales minerales.

Parte de los beneficios otorgados por el LAF-CTAP-IMP será la reducción de costos, gracias a que sus pruebas y trabajos de investigación para detectar problemas asociados al aseguramiento de flujo, derivarán en el diseño mejorado de ductos y equipos de superficie. Asimismo, será posible establecer mejores estrategias de explotación, apropiadas al tipo de fluidos y mejores prácticas operativas. Incluso contribuirá a la reducción de accidentes derivados de la incertidumbre en el comportamiento de los fluidos producidos en los pozos.