

Tamil: nuevo pozo de Pemex en las aguas profundas del Golfo de México

Por Fabio Barbosa, UNAM

En esta breve nota, que también podríamos titular “bitácora de la perforación de Tamil”, informamos sobre algunos aspectos de la **séptima** perforación de Pemex, en aguas de más de 500 metros de profundidad, en el Golfo de México.

La perforación concluyó hace ya seis meses, se han efectuado las pruebas de producción y se tienen los resultados. Sin embargo, Pemex continúa un pertinaz silencio. Considerando que cada vez son más numerosos los grupos de ciudadanos interesados en información veraz sobre las actividades de Pemex nos complace entregarles esta primicia, aunque aún no logramos la información completa. Desde luego, todos los datos que aquí publicamos son oficiales, tomados de la documentación de las dependencias de Pemex Exploración y Producción (PEP) que participaron en el diseño y las operaciones, especialmente el equipo multidisciplinario de la División Marina de PEP y otras que enumeraremos al final del texto.

ANTECEDENTES

Tamil se ubica frente a las costas de Campeche, en el límite entre las aguas someras y el talud, donde comienza el descenso del fondo marino hacia el Golfo profundo, en un tirante de agua de 673 metros y cincuenta centímetros.

La localización empezó a ser estudiada desde finales de los años noventa, en el sexenio de Zedillo (igual que las localizaciones mexicanas en la frontera con Estados Unidos), pero los trabajos de sísmica más detallados se realizaron en 2003 y, desde 2005, Tamil comenzó a aparecer en los mapas de Pemex, como “**localización aprobada para perforación**”.

La perforación, se retrasó quizás por problemas de disponibilidad de equipos y de financiamiento. Finalmente, Pemex **alquiló o rentó** a la empresa texana Diamond Offshore, cuya sucursal en México se llama Mexdrill Offshore, S. de R.L. de C.V., la plataforma semisumergible “**Ocean Voyager**”, es el mismo equipo que perforó Noxal y Chelem [1]. “Semisumergible” quiere decir que es una plataforma flotante y permanece posicionada con **amarres** en el lecho marino, este tipo de equipos se utilizan para profundidades mayores de 100 metros de tirante de agua.

Tamil es un pozo de exploración. **En Pemex se define “pozo de exploración”, de manera muy incompleta: es un pozo del que se carece de información sobre la columna geológica que se atravesará, es decir, un pozo “distante” de pozos ya perforados.** En el caso, los pozos más cercanos a Tamil son **Kastelán**, un pozo en 440 metros de profundidad el cual no encontró hidrocarburos (desde luego Pemex no ha informado una línea sobre este contratamiento) que se ubica a 12 kilómetros al sur de Tamil. Otros pozos en la

2008 energía 8 (118) 11, FTE de México cercanía son **Kach**, en 223 metros de tirante de agua y, poco más de 14 kilómetros al Suroeste de Tamil, **Alak** de 23 metros de profundidad y distante 15 kilómetros al Suroeste y **Kaxán** de 21 metros de profundidad y casi 16 kilómetros de distancia.

Las informaciones anteriores permiten concluir que con la perforación de Tamil Pemex ha regresado al **Proyecto Campeche Oriente**, el área en la que, en aguas profundas, se han perforado Chukta-1, en el sexenio de Zedillo y Chukta-201 y “Nab” en 2004.

INTRODUCCION DE LA TUBERÍA EN SUELOS BLANDOS, LOS PRIMEROS 1,000 METROS

El 6 de febrero de 2008, a las 13 horas, la Ocean Voyager, ya “amarrada” en 670 metros 81 centímetros de profundidad de agua, y concluido el armado de la sarta inició el “**jetteo**” (el **jetteo es una noción tomada del inglés, que los mexicanos hemos castellanizado como “yeteo”, “yeteo”, etcétera, consiste en bajar la tubería, checar el fondo marino e introducirla, sin utilizar fluidos, en el suelo marino, muy blando de sedimentos arenosos o rellenos recientes de moluscos y otros vegetales**).

Al día siguiente, 7 de febrero, en sedimentos blandos, con una barrena de 26 pulgadas empezó a penetrarse; para el 8 de febrero, se alcanzaron los primeros 1000 metros de profundidad. Más adelante veremos que hubo días en que al penetrar en formaciones muy compactas, que ofrecieron resistencia, en toda una jornada de 24 horas solo se pudo perforar dos metros.

Ese mismo día los técnicos de Halliburton introdujeron 150 metros cúbicos de lodo bentonítico. El 10 de febrero toda la jornada estuvo dedicada a cementar tubería de revestimiento. Se utilizaron, sólo en este día, más de 100 toneladas de cementos de diversos tipos.

Febrero 17. La perforación alcanzó mil 163 metros de profundidad y se inició lo que los técnicos llamaron una segunda etapa, que consistió en la sustitución de la barrena por otra más delgada, ahora de 12 y media pulgadas. Al día siguiente, 18 de febrero a la profundidad de mil 164 metros se encontró resistencia, que fue vencida y se continuó perforando hasta 1 263 metros. El 19 de febrero ocurrieron fallas en la toma de registros y las actividades se suspendieron por varias horas.

El 20 de febrero, en el Plioceno, aquí formado por lutitas suaves y calcáreas, **empezaron a presentarse problemas de pérdidas de lodo.** El 22 de febrero subió a la Ocean Voyager personal de la Compañía texana Cameron que realizaron algunas tareas de apoyo, como la recuperación de piezas; el 24 y 25 regresaron “los Cameron” a realizar pruebas de hermeticidad de los sellos.

Febrero 27. Desde la madrugada se presentaron malas condiciones climatológicas, se ordenó levantar la barrena y casi toda la sarta de perforación rotatoria de mil 350 metros hasta los 625 metros. Al día siguiente las actividades se reanudaron y para el día final de ese mes, el día 28, se perforó de 1 435 metros hasta 1 444 metros. **Ese mismo día se efectuaron pruebas de bombeo.**

Marzo 1. La perforación se suspendió: técnicos de Schlumberger subieron a la plataforma, levantaron la sarta y realizaron una limpieza del pozo, también cambiaron algunas piezas.

El 3 de marzo se reanudó la perforación, a la profundidad de mil 695 metros, la barrena entró al Mioceno Medio **uno de los objetivos especificados por Pemex.** El espesor encontrado fue de 295 metros de lutitas grises y verdosas en partes arenosas.

Ese día la perforación avanzó de mil 884 metros hasta mil 916 metros. Al día siguiente, el 4 de marzo se presentó el llamado frente frío número 23 y se suspendieron las operaciones.

El 5 de marzo, al cumplirse el día 29, volvió a suspenderse la perforación para que personal de Schlumberger metieran sondas y equipos electrónicos al pozo y tomaron registros geofísicos. El 13 de marzo se perforó desde los mil

2008 energía 8 (118) 12, FTE de México

916 hasta los mil 931 metros de profundidad y dos días más tarde, el 15 de marzo se alcanzaron los 2 mil metros de profundidad, este último día se

presentaron **fallas en las herramientas** y se levantó la barrena hasta la superficie.

DERRUMBES DEL POZO EN 2,289 METROS DE PROFUNDIDAD

Marzo 16. La perforación se encontraba en el Mioceno, la composición de los estratos eran “lutitas de gris a gris oscuro, en partes ligeramente arenosa”, en la lacónica documentación oficial simplemente se anotó: “se observa salida de **abundante derrumbe** en temblorinas”. Entonces se encendieron las luces rojas.

Los derrumbes son fragmentos desprendidos de la pared del pozo, son lo peor que puede ocurrir en una perforación, significan **que el “enjarre” o material que permitiría resistir a las paredes del pozo y mantenerlas estables** no está funcionando y **las paredes se están desprendiendo en pedazos**. Los fragmentos pueden caer al fondo, **bloquear la tubería**, desviar el pozo, **atrapar la sarta** y en el caso extremo, **colapsar el pozo**.

Las “temblorinas” también llamadas “sarandas vibradoras” son un equipo en la superficie, es decir en la plataforma del Ocean Voyager, podríamos decir que son una simple criba que cuela el lodo para que los recortes (y en este caso, los derrumbes), no sean bombeados de regreso al interior del pozo.

Haremos un pequeño paréntesis para ampliar la explicación. Perforar, sea en aguas someras o profundas es romper los sedimentos, arenas y rocas con el movimiento giratorio de los dientes de la barrena; al perforar se presentan dos grandes problemas: 1) ¿cómo sacar los “recortes” de roca que va rompiendo la barrena? y 2) **conforme se profundiza, las presiones en el interior del subsuelo aumentan, y, por diferencial de presiones, el material tiende a escapar a la superficie**, de ahí que **la perforación petrolera es también el conjunto de toma de registros, de mediciones que son estudiadas in situ y en laboratorios, para decidir, en cada situación, conforme la perforación avanza, cómo mantener la estabilidad del agujero, fundamentalmente controlando las presiones**. En casos extremos pueden sufrirse irrupción de agua, de gases o de aceite que tenderán a escapar a la superficie y provocar “brotes”, “reventones” o, en el peor de los

eventos, accidentes como el del Ixtoc en los años ochenta.

¿Cómo se resuelven estos dos problemas?, ¿cómo sacar los recortes y controlar las presiones **con fluidos que se bombean constantemente al interior del pozo y vuelven a bombarse al exterior; de regreso a la plataforma?** Estos fluidos se reciben en presas de lodo, inmediatamente se les filtra (en las temblorinas), para separar el recorte, luego pasan a instrumentos que eliminan gases y arenas y una vez que los lodos están limpios, se regresan al pozo, en un accionar continuo, a la trayectoria de este flujo se le denomina “circuito hidráulico” y al conjunto de conductos y equipo de filtrado y bombeo: “sistema de circulación”.

De esta manera, **los fluidos, en permanente circulación dentro del pozo**, tienen como funciones, entre otras: 1) sacar a la superficie los recortes (y en algunos casos, como este de Tamil, los derrumbes) 2) **sustituir** el volumen de roca que es removido por la barrena, de tal manera **que se mantengan estables las paredes del agujero y que no se derrumben** y 3) por su composición, volumen y densidad, que los técnicos diseñan específicamente para cada situación dentro del pozo, los fluidos, que están ocupando por entero el agujero perforado, controlarán (o deben controlar) la presión en los poros de la roca, se trata de mantener un equilibrio, resultado de factores mecánicos (presión u esfuerzo) y químicos (interacción roca-fluido). La clave para lograr todo esto es **la calidad y cantidad de información en tiempo real**: demasiada densidad en fluidos provoca mayor presión y la misma perforación puede ocasionar **rupturas** en la pared del pozo, y **pérdida** de fluidos. Desde luego, al penetrarse zonas arenosas, no consolidadas, o cavernosas, si no se tomaron las medidas preventivas, también pueden perderse volúmenes de lodos.

Por todo lo anterior podemos decir que **hoy, la perforación de un pozo es trabajo de un numeroso grupo interdisciplinario cooperando en la vigilancia permanente de una serie de datos**

y tomando las mejores decisiones. El objetivo del equipo es lograr la estabilidad del pozo hasta que se pueda introducir y cementar la tubería de revestimiento [2].

Volvamos al Ocean Voyager, ¿qué pasó en la perforación del Tamil la noche del 16 de marzo, a las 22:47 horas cuando la barrena estaba en 2 289 metros? Como anotamos, el pozo se estaba derrumbando, se habían presentado grandes pérdidas de lodo y disminuido la presión de los fluidos de perforación para mantener en su lugar las paredes del agujero. Teóricamente no deberían presentarse las pérdidas de fluidos, si ocurrieron fue porque la información de la que se dispuso para planear y diseñar el pozo **no fue suficiente para prever esos eventos**.

¿El Tamil atravesó formaciones geológicas con alta permeabilidad y no estaba prevista su existencia? o ¿la información fue insuficiente y los planes se quedaron cortos en el pronóstico? Desde luego no estamos formulando ninguna crítica porque Tamil-1, fue **un pozo explorador penetrando a unos estratos antes totalmente desconocidos** (o conocidos solo con información indirecta de geofísica tomada desde la superficie). Por el contrario, reconocemos al equipo de perforación que **resolvió el problema de los derrumbes modificando los fluidos de**

2008 energía 8 (118) 13, FTE de México **perforación para incrementar su densidad**, en ese equipo también se encontraba el pequeño segmento del personal operativo de la División Marina de Pemex Exploración y Producción, que participó en las actividades.

Marzo 18. Se continuó metiendo barrena y sarta rotatoria. Se perforó hasta alcanzar los 2,407 metros de profundidad. Ocurrieron nuevas fallas en los registros de control en tiempo real. El 19 de marzo se realizaron nuevos registros geofísicos y el 24 de ese mes se pasó a la tercera etapa, cambiando la barrena por otra más **delgada** (pequeña) de 10 pulgadas cinco octavos.

Marzo 25. Un momento fundamental en la perforación: **se realizó un “paro de seguridad”**. Toda la actividad fue suspendida y personal de la misma compañía propietaria de la plataforma, Mexdrill Offshore, inspeccionó todos los equipos y materiales y efectuó la corrección de anomalías detectadas. La barrena se encontraba muy cerca del Cretácico, objetivo del pozo. Dos días más tarde, el 27 de marzo, se armó de nuevo la sarta y se introdujo hasta los 2 mil 307 metros.

Marzo 28. La perforación estaba acercándose cada vez más al objetivo cretácico, la tensión aumentó, en los dos mil 423 metros, las actividades se suspendieron por falla en un pistón en una de las bombas.

LA BARRENA EN EL JURASICO

Marzo 29. Día 53 de la perforación. Se reanudó la penetración y a los dos mil 740 metros **la barrena alcanzó el Cretácico Superior**, encontrando un espesor de 10 metros. **Ese mismo día se alcanzó el Jurásico**.

Abril 6. A las 24 horas se ordenó una suspensión de actividades. Personal de los propietarios de la plataforma, Mexdrill Offshore, realizaron una nueva auditoría llamada “Nivel integral de seguridad ambiental en la instalación” (NISAI). Se corrigieron algunas anomalías.

Abril 7. Se armó de nuevo la sarta, pero la perforación se suspendió por diversas fallas, al día siguiente se reanudaron las operaciones y para el 8 de abril la barrena se encontraba a 2 760 metros.

Abril 11. En el intervalo 2 mil 784 - 2 mil 789 metros se tomó el núcleo número uno, es decir, un fragmento del subsuelo de varios metros de largo. Los resultados fueron decepcionantes, el

reporte dice: “**con pobre impregnación de aceite**”. Para concluir esa amarga jornada, ese mismo día, el 11 de abril, se sufrieron pegaduras en la sarta.

El 13 de abril se obtiene otra muestra del interior recuperada a dos mil 805 metros: “**se observa una ligera impregnación de aceite**”.

Abril 14. A los dos mil 835 se presentan resistencias que son vencidas con rotación y bombeo.

Abril 15. Se cortó el núcleo número dos, en el intervalo 2 mil 831- 2 mil 840 metros encontrando “**buena impregnación de aceite, despidió fuerte olor a hidrocarburos en todo el núcleo**”. Algunos se estrecharon las manos, otros se abrazaron.

Abril 20. Día 76. Con una nueva barrena de 8 y media pulgadas y a las 14:00 horas, el Tamil, alcanzó los 3 mil metros de profundidad. El día 30 de ese mismo mes los **Schlumberger (en México y**

2008 energía 8 (118) 14, FTE de México
de manera coloquial se les conoce como churumbeles o azules) volvieron a tomar registros.

Mayo 3. La perforación ha alcanzado los 3 mil 200 metros. Se tomaron muestras para los geólogos.

Mayo 5. Se cortó el núcleo número 3 en el intervalo 3 mil 210 - 3 mil 219 metros. Esta muestra, señala el reporte, “no despidió olor a hidrocarburos”. El día 8 se perforó un tramo de 3 mil 371 a 3 mil 570 metros. En dos ocasiones se extrajeron muestras para los geólogos.

Mayo 10. Nuevamente se sustituye la barrena, para alcanzar la profundidad total de perforación programada en este pozo: 3 mil 598

metros. Para esta última fase la nueva barrena es de seis pulgadas y media.

El día 15 se observó una resistencia franca. Sin poder vencerla se sacó la barrena a la superficie y se observan una tobera tapada, desgastes, partes de la herramienta dañadas por fricción. Tres días más tarde, el 18 de mayo de 2008, concluyó oficialmente la perforación del Tamil-1, **a una profundidad total de 4 mil 271 metros**, que resultan de la suma del tirante de agua de 673.5 metros, más los 3 mil 598 metros perforados en el subsuelo. **El 22 de mayo se realizó un recuento, encontrando dientes perdidos y quebrados.**

CONCLUSIONES

La perforación fue exitosa porque cumplió los objetivos que fueron señalados por Pemex Exploración y Producción: obtener información sobre las rocas y los sedimentos de los carbonatos del Jurásico Kimmeridgiano, Oxfordiano y Cretácico, así como de las arenas del Mioceno Medio. Tamil-1, fue clasificado como pozo de “sondeo estratigráfico”. Debemos advertir que todo pozo exploratorio perforado, encuentre o no hidrocarburos, es una fuente muy rica de informaciones de las que antes solo se tenía datos indirectos, tomados desde la superficie, con herramientas de Geofísica.

Tamil-1, descubrió hidrocarburos, pero pudiera ser que éstos no resulten comerciales, ello sería un problema que debe examinarse no con los ingenieros de perforación, sino en otro ámbito y con otros especialistas: los geólogos, geofísicos, los matemáticos (estos utilizando cálculo de probabilidades contribuyeron a determinar la localización de perforación).

En la perforación de Tamil-1, sin duda se presentaron problemas. **Los volúmenes de fluidos perdidos fueron exageradamente elevados, la bitácora muestra que hubo días en que se perdieron hasta 116 metros cúbicos, en otros días se perdieron 70 metros cúbicos de lodos.** En pozos perforados en áreas conocidas, por ejemplo en “Ku”, las pérdidas son 10 o quince veces menores. Desde luego nunca sabremos, ni existe algún dato que permita saber si la presión, en términos de densidad del fluido de perforación,

sobrepasó la presión de fractura de la formación, es decir si las pérdidas del fluido fueron inducidas.

Otro aspecto es la persistencia de Pemex en el área Campeche Oriente. En esta área Pemex ya ha perforado varios pozos pero sólo ha encontrado crudo en uno de ellos: “Nab”, perforado en 2004. De ahí que, incluso antes de la perforación, Pemex no abrigaba grandes expectativas para Tamil. Se realizaron dos **pruebas de producción en el Jurásico**, en 2 mil 930 - 3 mil 020 esperaba **crudo pesado de 13 grados API**, y en un segundo intervalo, más arriba, entre 2 mil, 760-2 mil 850 metros, adelantó que **esperaba aceite pesado de 15 grados API**, ambos con una producción muy pobre, de unos **150 barriles diarios**. A finales de mayo de 2008, el Doctor Guillermo Pérez Cruz, director del Activo de Pemex para aguas profundas, afirmó que Tamil había descubierto crudos de 18 grados API, pero no aportó ninguna otra información [4].

Entre los petroleros se extiende el temor de que lo declaren sin reserva probada. Hemos dicho que en uno de los núcleos recuperados se percibió un **fuerte olor a hidrocarburos** y se observó una **buena impregnación de aceite**. Desde luego estos son datos muy interesantes pero **absolutamente insuficientes para desprender conclusiones**, se trata solo de buenos indicios. Si los volúmenes descubiertos por Tamil son insuficientes para una explotación económica lo sabremos hasta el próximo 18 de marzo de 2009.

Finalmente, presentamos una lista de las empresas proveedoras de equipos y servicios en la perforación de Tamil; se encuentran Halliburton,

Schlumberger, Cameron, pero también Protexa de Monterrey, TAMSA, la productora de tubería que opera en Veracruz desde hace medio siglo y, como puede verse, también personal de Pemex realizó algunas labores y contribuyó con algunos equipos. Desde luego la **compañía operadora de la perforación fue Petróleos Mexicanos** (Tamil no fue un contrato llave en mano, como algunos pozos perforados en el sexenio de Salinas), entre las dependencias que participaron en la experiencia señalamos destacadamente a la División Marina de Pemex Exploración y Producción, al Grupo Multidisciplinario del Activo Regional de Exploración Marina y a la Unidad Operativa del Activo Abkatún-Pol Chuc de la Región Marina Suroeste en cuya jurisdicción se realizó la perforación de este séptimo pozo de Pemex en las aguas profundas del Golfo de México.

Para finalizar, a pesar de que nos hacen falta muchos datos pueden intentarse algunas reflexiones.

Como se ha visto, la perforación (en someras y más en aguas profundas, donde la complejidad es mayor) es una actividad interdisciplinaria en la que el éxito depende de: 1) la calidad y el número de las informaciones disponibles, algunas necesarias en tiempo real (las presiones, la pérdida de lodo y sus causas, entre otras), 2) La calidad de los equipos y materiales empleados y 3) y más importante: los recursos humanos y la efectividad de los procedimientos.

Todo lo anterior es resultado de la cooperación entre el personal operativo y las diversas empresas proveedoras de equipos, insumos y servicios. Nadie ha planteado que Pemex trabaje solo, desde luego tiene que buscar la **cooperación** (hoy lo llaman sinergias), **nunca** en los setenta años de la historia de Pemex se ha trabajado en autarquía, siempre se han comprado insumos y servicios. Pero si este país desea optimizar la explotación de sus recursos naturales, tiene que librar una batalla cotidiana para que también los talleres y fábricas instaladas en México, las pequeñas y medianas empresas amplíen su participación como proveedores de partes, piezas, refacciones, equipos y servicios. Desde luego también para que la ingeniería nacional y nuestros centros de investigación se desarrollen. La perforación de Tamil confirma la dependencia tecnológica, pero también ofrece algunos datos de que Pemex, por la larga historia de las actividades petroleras y la formación de ingenieros desde hace más de medio

2008 energía 8 (118) 15, FTE de México siglo, dispone de personal calificado, laboratorios y algunos equipos, que le permiten participar aunque sea limitadamente en experiencias como la que aquí se ha reseñado.

La “reforma energética” ha tenido un desenlace inesperado, podríamos decir que **ha sido una batalla interrumpida**, los forcejeos cotidianos sobre quién se queda con los contratos, o si diversos materiales se compran en México o en el extranjero, que se ha librado en el pasado, continuará en el futuro. Cada párrafo, cada línea y hasta cómo deben interpretarse algunas palabras de la nueva legislación, seguirá siendo objeto de interminables discusiones y litigios en los tribunales. **La batalla quedó inconclusa.**

Algunos nunca entendieron que lo que estaba en disputa era el propósito de elevar la producción y obtener dinero fácil o transformar aquí los recursos y fortalecer el aparato industrial en México y crear empleos en nuestro territorio. Otros se enredaron en falsos debates, o en preguntas mal formuladas. ¿Podrá Pemex o el IMP desarrollar tecnología?, se preguntaban, desconociendo lo que precisamente en esos mismos días técnicos mexicanos estaban aportando en la perforación de Tamil y en muchos otros campos petroleros. Desde luego existen muchos otros ámbitos en los que Pemex carece de experiencia e incluso de las nuevas herramientas de trabajo. Pero se han creado nuevos grupos de investigación y la experiencia de Tamil demuestra que existen posibilidades para ampliar el número de contratos para trabajos y actividades para el IMP, UNAM, la UAM y muchas otras instituciones de investigación. La UAM Iztapalapa, por ejemplo, ya ha obtenido contratos para participar en los estudios sobre las áreas petrolíferas en el Cinturón Perdido, ubicado en la frontera con los EE.UU. En los estudios paleontológicos (que tendrán que hacerse con los núcleos rescatados de Tamil), México tiene algunos de los expertos más reconocidos del mundo, como el Doctor Abelardo Cantú Chapa, del IPN. Si las investigaciones se pueden hacer en México ¿por qué firmar contratos con laboratorios o proveedores del extranjero? En una palabra, se trata de que nuestras actividades petroleras, entre ellas las que Pemex está obstinado en continuar en las aguas profundas del Golfo de México, no sean, como ocurre en las costas africanas, una actividad de enclave.

(fabiobarbosacano@gmail.com).

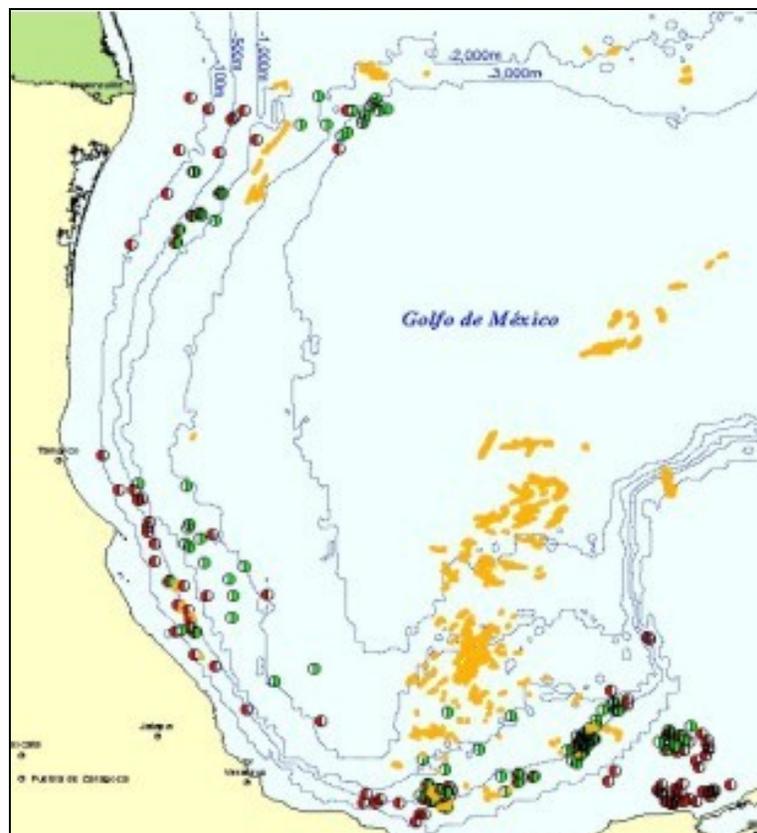
Referencias

[1] Puede consultarse información sobre la Ocean Voyager en la página electrónica de la empresa: http://www.diamondoffshore.com/ourFleet/rigs_voyager.php

[2] A esta altura del texto podemos aclarar que, el llamado en la jerga petrolera: “lodo” es en realidad una mezcla de minerales como barita y otros químicos, que **deberían denominarse más apropiadamente fluidos de perforación**, la composición o diseño de estos fluidos de perforación dependerá de estudios de laboratorio en los que se mide, utilizando microscopios electrónicos, el diámetro de los poros de los granos de las arenas que se están penetrando con el objetivo de seleccionar los **obturantes** adecuados. En Pemex se han formado equipos muy experimentados para manejar y resolver los problemas del control de pérdidas de “lodos” y evaluación del material obturante. Personal operativo de la División Marina de la Subdirección de Perforación y Mantenimiento de Pozos ha implementado talleres para **analizar, comprender y buscar soluciones**, trabajando con especialistas de las compañías vendedoras de los fluidos y de las empresas cementadoras, así como investigadores del Instituto Mexicano del Petróleo. En esta última se cuenta con microscopios electrónicos y con laboratorios en los que se reproducen los procesos en lo que hemos llamado “el sistema circulatorio” para proponer los materiales con mejor eficiencia de obturamiento (Véase José Manuel Pavón Preve, *et al.*, “Procedimiento operativo para control de pérdidas de circulación y modelo para evaluar el material obturante”, documento interno de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México, AIPM, 2005).

[3] Pemex Exploración y Producción. División Marina. Equipo Multidisciplinario de diseño integral de perforación de pozos Exploratorios, Programa de terminación del pozo exploratorio Tamil-1, Cd del Carmen, mayo 2008, p. 40.

[4] “Tamil-1 delivers for Pemex” (<http://www.upstreamonline.com/live/article156055.ece>) 30 may 2008.



Manifestaciones no definidas de crudo en el Golfo de México