

## Procedimiento innovador en sitio para el reacondicionamiento de árboles y cabezales en plataformas marinas para el desarrollo de campos maduros en el Golfo de México

**Luis Fernando Aguilera Naveja**  
[luis.fernando.aguilera@pemex.com](mailto:luis.fernando.aguilera@pemex.com)

**Arturo Ramírez Rodríguez**  
[arturo.ramirezr@pemex.com](mailto:arturo.ramirezr@pemex.com)

**Gerardo Torres Meza**  
[gerardo.torresm@pemex.com](mailto:gerardo.torresm@pemex.com)

**Luis Alejandro Marcelino Castro Ríos**  
[luis.alejandro.castro@pemex.com](mailto:luis.alejandro.castro@pemex.com)

**Gioswald Ramón Inciarte Fermín**  
[pexgrinciartef01@pemex.com](mailto:pexgrinciartef01@pemex.com)

*Pemex Exploración y Producción,  
Región norte, Activo de Producción Poza Rica – Altamira  
Departamento Faja de Oro Marina*

**Jorge Francisco Robles Cortés**  
[jorge.roblesyz@udlap.mx](mailto:jorge.roblesyz@udlap.mx)  
*JR Consultores Industriales; SA de CV  
Comalcalco, Tabasco*

Información del artículo: recibido: julio de 2016-aceptado: agosto de 2016

### Resumen

El “campo Marsopa”, se localiza dentro de la plataforma continental, en aguas territoriales del Golfo de México, frente a las costas sur del estado de Tamaulipas y norte del estado de Veracruz. Su fecha de descubrimiento fue en el año 1972, a una profundidad de 2,500 mvbmr, en la formación productora El Abra.

El Grupo multidisciplinario de diseño de explotación Faja de Oro Marina (FOM), con base en la inspección y levantamiento de las condiciones físicas y mecánicas, realizada en la Plataforma Marina Marsopa, detectó que las condiciones que presentan las conexiones superficiales de control de los pozos, árboles de válvulas, bridas, niples y cabezales, tienen un alto grado de deterioro estructural (físico y mecánico), debido al intemperismo al que han estado expuestos. Esto ha propiciado pérdida de material estructural en las partes metálicas de los cuerpos de cada componente, dando como resultado la pérdida de espesor en el acero por corrosión severa, disminuyendo la vida útil y capacidad operativa; por ende, representan un riesgo potencial de contingencia mayor a las instalaciones, entorno social y medio ambiente. Adicionalmente, un impacto en el diferimiento de producción (dos pozos productores: Marsopa-18/5); así como, de las plataformas circundantes que descargan su producción al cabezal en esta instalación que lo transporta a la batería de Punta Piedra.

De tal manera que la inspección nace de la necesidad de aseguramiento operativo de la plataforma de producción y de la búsqueda de oportunidades para continuar con la explotación del campo. En este sentido se identificaron áreas de oportunidad a través de perforación de tipo side track con el apoyo de información sísmica 3D, dado que en el pasado los pozos se perforaron con sísmica 2D (década 1970); todo esto supeditado adicionalmente a la toma de información

en los pozos existentes, RPFC, RST y otros con miras a la reactivación del campo. Por otra parte, hoy día es sabido que alrededor del 70% del petróleo producido en la actualidad proviene de campos maduros de más de 30 años de longevidad, lo que centra el interés de la industria mundial y nacional frente a campos petroleros maduros.

Los trabajos consistieron en adecuar la infraestructura total de la instalación, equipos de izaje y maniobra, eliminar la tornillería de cabezales, válvulas laterales, válvulas del medio árbol y bridas por sección. En los casos donde se presenta corrosión severa, empleo de la herramienta rompe tuercas, procediendo a su vez a eliminar las capas de óxido presente en las estructuras principales y en orificio de paso de la tornillería, para posteriormente colocar los sistemas de limpieza y reforzamiento por medio de sistemas poliméricos moleculares de protección integral.

**Palabras claves:** Plataforma marina, árboles y cabezales, conexiones superficiales de control, sistemas poliméricos, rehabilitación.

## Christmas tree and wellhead reconditioning for offshore platforms in mature field development in north of Mexico's Gulf coast

### Abstract

The Operating Design Multidisciplinary Group in Golden Marine Lane (GML), based on the inspection and monitoring of the physical and mechanical conditions of Marsopa platform, detected that Christmas tree valves, flanges, adapters and heads, have a high degree of structural deterioration due to weathering to which they have been exposed. This has led to the loss of structural material on the metal parts of each component, resulting in the loss of thickness in the steel by severe corrosion, reducing the service life and operational capacity; therefore, this is a potential contingency risk in the facilities, environment and social environment. Additionally, an impact on the deferment of production (two producing wells: Marsopa 18/5); as well as the surrounding platforms that discharge its production in Marsopa's which transports the oil production from Marsopa to Punta Piedra battery onshore.

Moreover, up to date it is known that about 70% of the oil production comes from mature fields over 30 years of longevity, which focuses the global and domestic industry interests from mature oil fields. The work is to adjust the entire facility infrastructure, lifting and handling equipment to remove the wellhead screws, side valves, Christmas tree valves and flanges by section.

**Keywords:** Marine platform, trees and heads, surface control connections, polymeric systems, rehabilitation.

### Campo Marsopa: ubicación

El campo Marsopa fue descubierto por el pozo Esturión-1 en agosto de 1965 y confirmando la existencia de hidrocarburos a través del pozo Marsopa-2 en septiembre de 1969; dicho campo se ubica en aguas territoriales del Golfo de México, aproximadamente a 28.4 km al N 6° 45'E del faro del puerto de Tuxpan y al norte del campo Bagre, frente a las costas sur del estado de Tamaulipas y norte del estado de Veracruz. Tiene un volumen original 51.8 MMbbls de aceite con una producción acumulada de 18.4 MMbbls. y una

reserva remanente 2P de 4.6 MMbbls de aceite con un factor de recuperación del 34% al 1 de enero de 2012. El campo cuenta con un área de 5.21 km<sup>2</sup>. La formación productora es El Abra, de calizas fracturadas y presenta gravedad API de 35° con una porosidad de 11%, permeabilidad entre: 50-70 mD y una saturación de agua de 27%. El espesor neto promedio es de 36 m. Se perforaron 15 pozos en la plataforma de tipo octápodo (1973), de los cuales dos son productores en la actualidad. La presión original es de 279 kg/cm<sup>2</sup> y la presión de saturación de 88 kg/cm<sup>2</sup>. Cabe mencionar que el tirante de agua en este campo es de 49 m.



Figura 1. Golfo de México, ubicación del campo Marsopa.

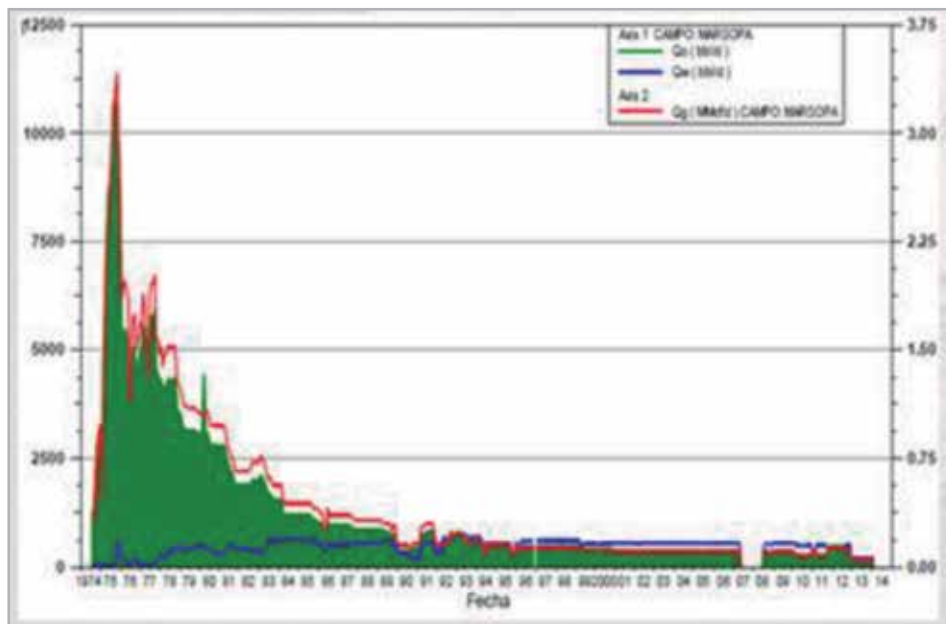


Figura 2. Comportamiento histórico, producción campo Marsopa.

## Situación de conexiones superficiales de control, árboles y cabezales la plataforma Marsopa

En inspecciones realizadas en el año 2013 por parte Grupo Multidisciplinario de Diseño de Explotación Faja de Oro Marino (FOM), y el levantamiento de las condiciones físicas y mecánicas, realizada en la Plataforma Marina

Marsopa, se detectó que las condiciones de las conexiones superficiales de control de los pozos: árboles de válvulas, bridas, nipples y cabezales, cuentan con un alto grado de deterioro estructural de tipo físico y de operabilidad mecánica, debido al intemperismo al que han estado expuestos, aunado a la falta de mantenimiento adecuado en las últimas décadas (1980-2000) debido a limitaciones presupuestales en la Región Marina de Zona norte.

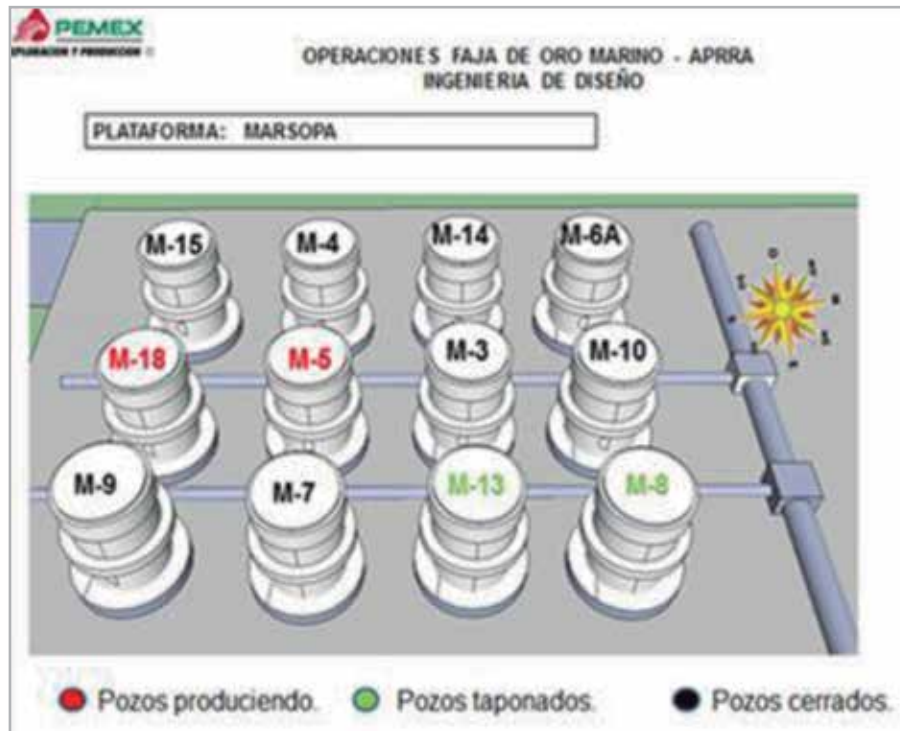


Figura 3. Mapa de ubicación y orientación de conductores de plataforma Marsopa.

### Explotación en campos maduros

El acondicionamiento de esta plataforma permite continuar con el proceso de explotación en campos maduros en la Región Marina de Zona norte, que como se mencionó previamente, se estima que el 70% del petróleo producido en la actualidad proviene de campos maduros de más de 30 años de explotación. De manera que lograr incrementar la producción en estos campos, que aunque tienen justificaciones técnicas, económicas y estratégicas, todas están asociadas a un hecho irrefutable, el descubrimiento de nuevos campos trae consigo, una explotación cada vez más difícil, riesgosa y de altos incrementos de costos. Por tal motivo, se implementa una estrategia de explotación

no convencional para estos campos maduros, aplicando técnicas innovadoras, ya que los estudios actualmente realizados por el Equipo Multidisciplinario indican un valor agregado en el desarrollo de esta área marina en términos de recuperación de inversión y de rentabilidad (VPN/TIR, eficiencia de inversión).

En la plataforma de producción Marsopa se ubican 12 pozos y existe una oportunidad de incorporar incremental de producción por la vía de mantenimiento de pozos en primera instancia (apertura de pozos, calibraciones, limpieza y estimulaciones), y en segundo lugar con las reparaciones menores y mayores e inclusive de tipo side track (5) con altas probabilidades de contribuir a la producción del campo.

### Equipos multidisciplinarios

Una de las principales premisas para llevar a cabo este tipo de trabajos, fue crear un equipo multidisciplinario, que permitiera una forma de pensar estratégica de visión integral, con un enfoque a resultados inmediatos y a mediano plazo, logrando con esto transformar situaciones críticas en áreas de oportunidad, teniendo en consideración la administración de sus riesgos, capacidad de decidir y actuar ante nuevos cambios e innovaciones e implementando tecnologías en los nuevos procesos para los trabajos a realizar, con base en los principios corporativos de Disciplina Operativa e Integridad Mecánica y Aseguramiento de Calidad (IMAC).

Un término importante utilizado en este nuevo esquema de trabajo utilizando la sinergia del trabajo en equipo, es la “transversalidad” de conocimientos, que hace el movimiento continuo del aprendizaje a través del intercambio de ideas, diálogo permanente con cada uno de los integrantes; así mismo tener apertura hacia el exterior con los suplidores de los equipos, herramientas, tecnologías de avanzada y servicios periféricos para que se integren al proceso de construcción y mantenimiento de pozos de forma efectiva, y sean socios activos importantes del nuevo desarrollo.

### Estado de conexiones superficiales de control

Con el equipo multidisciplinario, se verificaron las condiciones mecánicas presentes en árboles y cabezales de la Plataforma Marina Marsopa, a los cuales durante aproximadamente 25 a 30 años, no se les proporcionó mantenimiento alguno, presentando corrosión y severo daño en sus componentes, que resultan en un deterioro grave, con un alto riesgo de fuga que de presentarse generaría una contingencia de grandes proporciones, y dada la condición de ser pozos marinos dificultaría su intervención inmediata para el control de los mismos. Algunos ejemplos se describen seguidamente.

#### Árbol de válvulas tipo “solid block”

Es una unidad integral de cuerpo sólido de 2-9/16” 3M X 2-1/16” 3M: en la mayoría de los pozos presentó corrosión severa en tuercas y birlos, las graseras se encuentran completamente selladas, fuera de operación, imposibilitando la lubricación de los componentes internos de control como la compuerta, que es una pieza fundamental para efectuar el sello hermético. Esto conlleva a una disminución importante en el manejo de la presión de trabajo superficial, que pone en riesgo la integridad del personal y mecánica de la estructura al trabajar en el cierre o apertura del pozo.



Figura 4. Condiciones del ½ árbol de válvulas tipo “solid block”.



### Cabezal de tuberías 13-5/8 (3M) X 11 (3M): sección B válvulas laterales de 2 1/16"

En esta parte del cabezal se presenta corrosión severa en las salidas laterales de 2 1/16" (3M), con deformación en los birlos empotrados y alojamiento de los mismos, los cuales unen las válvulas laterales, imposibilitando el cambio y mantenimiento de éstas por el desgaste en las graseras del cuerpo, birlos y tuercas tanto del bonete como en la conexión lateral a la brida compañera.



Figura 5. Condiciones de cabezal de tuberías, sección B.

#### Rehabilitación de conexiones superficiales de control, árboles y cabezales

La rehabilitación de la plataforma representó un reto técnico en la búsqueda de materiales y servicios que permitieran la adecuación de las conexiones superficiales de control, árboles y cabezales de los pozos existentes, dada las limitaciones de grúa y otras facilidades, al presente.

Esto conllevó a la integración de personal especialista de Pemex y compañías de servicios, que conjuntamente efectuaron levantamiento del estado de las conexiones, donde se observó pérdida de material en la estructura del cabezal y árbol, esto dio pauta a implementar un proceso práctico de "resanamiento y relleno", a fin de lograr reconstruir estructuralmente al cuerpo de los diferentes

elementos. Se diseñó un polímero de alta resistencia, se probó en laboratorio de la compañía, con resultados altamente confiables, acorde con las pruebas realizadas, mediante una simulación de un cuerpo metálico y ensayos destructivos / presión, se comportó estructuralmente como un elemento recién fabricado. De igual manera se procedió con los cuerpos de las bridas de cabezales y válvulas laterales y del medio árbol, eliminando las escamas de óxido (se realizó limpieza en todo el cuerpo del árbol de válvulas de acuerdo a la ISO 8501-1/ST 2 y SSPC/SP 1), hasta detectar metal sano y mediante la colocación de envoltentes metálicas proceder a la inyección de los sistemas de polímeros-metálicos que nos permitan recuperar los espesores perdidos y finalmente protegiéndolos con un acabado cerámico para controlar la corrosión y prolongar la vida productiva, ante la exposición a los ambientes marinos.



**Figura 6.** Operaciones de limpieza, plataforma Marsopa.

El diseño de polímeros de alta resistencia, se corresponde con sistemas de protección integral para maquinarias, equipos, edificios y estructuras, basado en sistemas poliméricos moleculares: cerámicos, epóxicos y elastoméricos. Esto permitió las ventajas comparativas a nivel de plataforma de: protección al personal que labora en las instalaciones por disminución de riesgos por el uso de trabajos en caliente, de igual manera al emplear sistemas de cero solventes se evitan riesgos de ignición – incendios por componentes volátiles.

El no sacar de operación la plataforma de producción, evitó la producción diferida de dos pozos productores en la

plataforma y la merma de producción por cierre y apertura de pozos; otro de los impactos importantes, es el no sustituir los árboles y cabezales con los consiguientes incrementos de costos y tiempos al proyecto, en adición a que muchos componentes de estas conexiones superficiales de control, dada la antigüedad que revisten, no existen en la actualidad.

Todos estos trabajos se ejecutaron en concordancia con SSPA, API-6ª y las reglas que dicta la norma NRF-295 de Pemex (Sistema de recubrimientos anticorrosivos para instalaciones superficiales de plataformas marinas de Pemex Exploración y Producción).



**Figura 7.** Rehabilitación de válvulas laterales del ½ árbol. Plataforma Marsopa.



**Figura 8.** Rehabilitación de árbol de válvulas. Plataforma Marsopa.

Finalmente, con el trabajo en equipo se contribuyó a identificar riesgos en la plataforma de producción marina, atendidos con prontitud necesaria para evitar situaciones de riesgo críticas que condujeran a daños de personas, ambiente e infraestructura, todo esto teniendo como norte la seguridad en las operaciones. Al mismo tiempo se habilita una plataforma marina con oportunidad de incorporar producción a través de métodos de ingeniería no convencionales.

## Agradecimientos

Al personal de Petróleos Mexicanos; Pemex, Exploración y Producción. Región norte, Activo de Producción Poza Rica – Altamira, (APPRA).

Al Equipo Multidisciplinario de trabajo conformado por personal de Pemex y compañías de servicios.

## Referencias

- Pemex, Exploración y Producción. Región Norte, Activo de Producción Poza Rica – Altamira (APPRA). 2014. Propuesta Apertura de Pozos para Plataforma Marsopa. Abril, 2014.
- Pemex, Exploración y Producción. Región Norte, Activo de Producción Poza Rica –Altamira (APPRA). 2014. Servicio Integral para la Rehabilitación, Refaccionamiento de Arboles de Válvulas y Cabezales en Pozos de la Plataforma Marina Marsopa del Activo de Producción Poza Rica – Altamira de la Región Norte. Abril, 2014.
- Reacondicionamiento a Pozos Campo Marsopa. 2014. Belzona. J.R. Consultores Industriales S.A. DE C.V. Mayo, 2014.



## Semblanzas de los autores

### Luis Fernando Aguilera Naveja

Es Ingeniero Petrolero egresado del Instituto Politécnico Nacional, con posgrado en la especialidad de perforación de pozos en la UNAM.

Durante su desarrollo profesional se desempeñó como Ingeniero de materiales, de operaciones en el Departamento de ingeniería petrolera zona norte, Ingeniero de cementaciones y Superintendente regional.

En la parte de perforación se desempeñó como Ingeniero de proyecto y diseño en pozos de Altamira, Reynosa y Veracruz. Igualmente ocupó la Jefatura de Diseño de la Unidad Operativa Poza Rica – Altamira (UOPRA), donde desarrolló técnicas de perforación horizontal en campos de Poza Rica, Carpa y Bagre.

Laboró como Líder de proyecto Faja de Oro Marino, donde aplicó el proceso metodológico FEL-VCDSE, para campos maduros marinos.

Actualmente se desempeña como Coordinador de intervención a pozos del APPRA.

Es miembro del CIPM y de la SPE.

### Arturo Ramírez Rodríguez

Ingeniero Petrolero egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México en el año de 1982, donde también obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería Petrolera en el año de 1990.

Ingresó a Pemex en el año 1983 como Ingeniero de estudios, en la sección de Ingeniería de equipos, costos y estadísticas del Departamento de Ingeniería Petrolera, en el Distrito de Agua Dulce, Veracruz.

Del año 2010 a 2015 se desempeñó como Administrador del Activo de Producción Cinco Presidentes; para posteriormente ser nombrado Administrador del Activo de Producción Poza Rica Altamira, donde actualmente dirige los procesos y áreas bajo su responsabilidad, definiendo los objetivos estratégicos y las iniciativas en el Activo.

### Gerardo Torres Meza

Ingeniero Industrial egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Tamaulipas en agosto de 1994.

Ingresó a Pemex, (PEP), en el año 1991 trabajando en el Departamento de operación de pozos, área Altamira.

En el año 1995 se integró al Departamento de mantenimiento equipo dinámico e instrumentos, área Altamira, ocupando las categorías de Supervisor de talleres mecánicos de piso e instrumentos, Jefatura de sección y Jefatura de departamento).

En el año 2012 es comisionado a la CMEDySA, área Poza Rica, siendo nombrado Encargado del Área Marina, comprendiendo los campos marinos Carpa, Marsopa, Bagre, Atún y Lankahuasa; ese mismo año se integra al Grupo multidisciplinario proyectos marinos de la Coordinación de diseño de explotación área Poza Rica.

Actualmente se desempeña en la CMEDySA, área Poza Rica, como encargado de la supervisión de los talleres mecánicos de piso – combustión interna.