

*Materiales Compuestos  
Evaluación Alta Presión y  
Alta Temperatura  
Desempeño Nuevos  
Materiales*

## **Búsqueda de Soluciones para la Protección Interna y Externa de Tuberías de Perforación para Alta Presión y Alta Temperatura (Materiales Compuestos)**

La corrosión siempre ha generado dificultades en la industria del petróleo y gas, puesto que cualquier falla en una tubería, por mínima que ésta sea, puede desencadenar en algo inesperado, desde el costoso tiempo de inactividad de un día de producción, hasta un grave derrame. Las tuberías de perforación hoy están expuestas a mayores temperaturas, mayores presiones y a fluidos y productos químicos más corrosivos, lo anterior como consecuencia de la explotación de campos maduros con recuperaciones secundarias y terciarias.

La economía de los campos más desafiantes, ahora comúnmente explotados, a menudo son marginales, por lo que reducir los costos y aumentar la vida útil de los equipos e infraestructura es fundamental. Encontrar una solución para proteger eficientemente la infraestructura contra la corrosión, la abrasión y la erosión no es sencillo. Actualmente, dadas las necesidades específicas de campos de producción en el país se ha intentado combatir estas problemáticas con productos como el *Fusion Bonded Epoxy - FBE* de altas especificaciones al igual que con materiales compuestos (fibras de vidrio reforzadas + un grout de relleno) que, según las fichas técnicas de los productos, pueden soportar la exposición 150°C y 4000 psi de presión.

En este sentido, la CIC ha desarrollado la infraestructura necesaria para la evaluación bajo estas condiciones, donde se mezclan electrolitos agresivos con condiciones extremas de alta presión y alta temperatura. Adicionalmente, ha diseñado e implementado una metodología que combina el uso de diferentes técnicas de análisis como SEM (Microscopía Electrónica de Barrido) e Infrarrojo que permiten llevar a cabo análisis más detallados de las diferentes cambios que puede sufrir los diversos materiales después de ser sometidos a las agresivas condiciones de exposición. Asimismo, dispone de técnicas electroquímicas que permiten la determinación rápida de velocidades de corrosión y el estudio del comportamiento de diferentes materiales, haciendo posible optimizar las inversiones llevadas a cabo para la protección interna de este tipo de tuberías, al realizar las evaluaciones bajo condiciones simuladas.

En la ilustración izquierda (ver página 2), se muestra el montaje llevado a cabo en la CIC, para la evaluación a 150°C y 4000 psi de presión en un material compuesto. La CIC cuenta con diferentes sistemas para la evaluación a altas temperaturas y su control. El incremento de la temperatura se realiza a través de bandas de calentamiento siliconadas externas o de resistencias eléctricas internas que están en contacto con el fluido. De igual forma, el control de temperatura se realiza mediante el uso de termopozos, en contacto directo con el fluido.



*Perforación en Aguas Profundas*



*Derrames de crudo en el mar.*

**Fecha Publicación:**  
14/08/2019

**Elaborador Por:**  
Ferney Vesga  
Msc. en Física

A través de los termopozos, los sensores de temperatura leen la temperatura del sistema constantemente y con los controladores mantienen la temperatura del sistema evaluado dentro del rango especificado.

## CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL SISTEMA EVALUADO

La CIC ha desarrollado una metodología con el fin de evaluar y cuantificar el desempeño de materiales compuestos. Ésta se basa en una caracterización inicial y unas pruebas de desempeño que se llevan a cabo con el fluido de interés y bajo condiciones de operación. Para caracterizar inicialmente el sistema se llevan a cabo las siguientes pruebas:

**Inspección Visual Micro/Macro:** los materiales compuestos aún cuando en apariencia se ven muy uniformes pueden poseer irregularidades que se detectan mediante la inspección con microscopios.

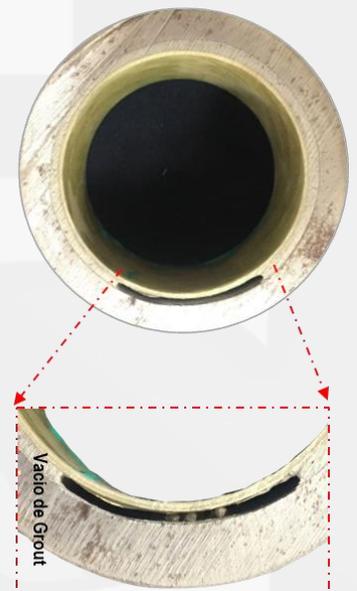
**Medición de Espesores:** por tratarse de evaluaciones a alta presiones, las bajas homogeneidades de los materiales compuestos pueden generar concentradores de esfuerzos que, finalmente, terminan afectando el desempeño del sistema de protección.

**Discontinuidad Eléctrica:** estas mediciones son fundamentales para garantizar que el sistema de protección no tenga discontinuidades que permitan el contacto del electrolito corrosivo con el metal directamente.

**Espectroscopía de Impedancia Electroquímica:** esta técnica permite calcular la resistencia que ofrece el sistema de protección al paso de contaminantes agresivos. En la medida en que este parámetro disminuye, se incrementa la probabilidad de que el sistema sea penetrado y el electrolito agresivo entre en contacto con el material, originando así los problemas de corrosión.



*Exposición a 150°C, 4000 psi*

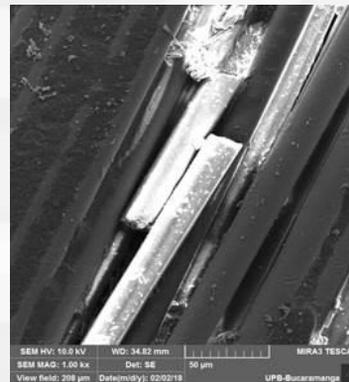


## PRUEBAS DE DESEMPEÑO

Una vez la exposición del sistema de protección al electrolito ha finalizado, las pruebas de caracterización son nuevamente realizadas.

### Inspección Visual Micro/Macro:

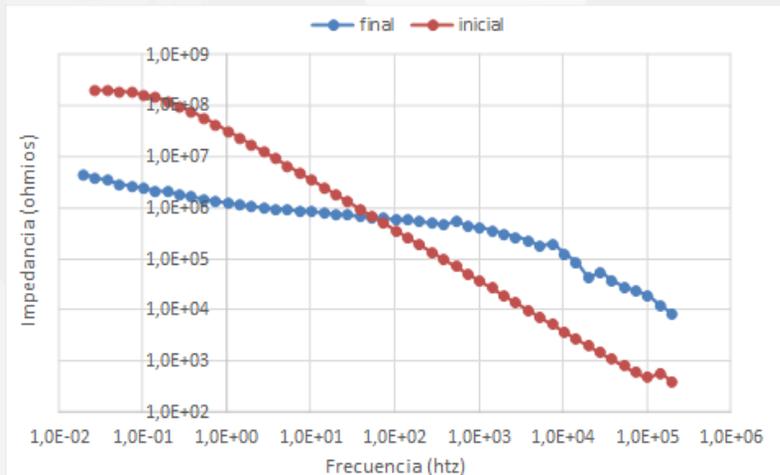
En la siguiente imagen, se observa una gran cantidad de ampollas formadas en la superficie de un composite reforzado. Igualmente, se observa un desprendimiento mayor entre las fibras del recubrimiento. A la derecha en la imagen de microscopía electrónica de barrido (SEM) se visualiza el rompimiento que presentaron las fibras del composite después de exposición.



Exposición a 150°C, 4000 psi

### Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS).

Un comportamiento típico de la Resistencia de Poro después de exposición, en un material compuesto, se observa en la siguiente ilustración. Allí, se ejemplifica el diagrama de Bode (Frecuencia Vs. Impedancia), para el inicio y el final de la prueba. Se puede observar una pérdida de la Impedancia total de más de dos órdenes de magnitud. Adicionalmente, el inicio de una nueva pendiente en la curva azul, es un indicio que existen reacciones del metal con el electrolito debajo del recubrimiento. Este comportamiento se considera como inaceptable para sistemas de protección tipo barrera como aquél de este sistema.



Actualmente, la CIC ha tenido la oportunidad de evaluar diferentes sistemas compuestos, los que han tenido buenos desempeños a temperaturas hasta 110 °C, sin embargo, para presiones superiores a 3200 psi y temperaturas mayores a 120°C, no se han obtenido desempeños favorables, abriéndose así oportunidades para trabajar en el desarrollo de estos productos.