

RECUBRIMIENTOS PARA TUBERIAS:

Selección de sistemas de recubrimientos en concordancia con las condiciones operacionales y el aseguramiento de calidad en su aplicación

La selección de un sistema de recubrimientos debe estar en función de las condiciones de operación, la vida útil esperada y factores económicos asociados al producto y su aplicación. Las condiciones de operación determinan los ensayos que deben ser realizados tanto en laboratorio como en campo. Un estudio técnico-económico permite clasificar los sistemas que califican para ser aplicados en la tubería correspondiente a un ambiente específico, en un orden de alternativas.

A continuación se presentará una metodología desarrollada a partir de la experiencia de la CIC en diversos proyectos y servicios de evaluación de recubrimientos para la industria. Se presenta además cada uno de los aspectos de mayor importancia para el estudio:

Preliminares a un Proyecto de Selección de Recubrimientos para Tuberías. Estos tienen que ver principalmente con:

- * Determinación de la vida útil esperada del sistema de recubrimientos
- * Condiciones generales de operación
- * Disponibilidad de recubrimientos
- * Facilidades para el desarrollo de las actividades de preparación de superficies y aplicación de recubrimientos

Condiciones de Exposición.

Las condiciones operacionales de las tuberías que necesitan ser protegidas, determinan los ensayos mínimo que deben desarrollarse en laboratorio y en campo y su peso dentro del proceso de evaluación de desempeño.

Evaluación de Desempeño Mediante Ensayos de Laboratorio.

Los ensayos de laboratorio permiten mediante condiciones controladas, estimar el desempeño de un sistema de recubrimientos, una vez éste sea expuesto a un ambiente determinado. Las normas y la experiencia del personal de laboratorio deben tender hacia la obtención de la mejor alternativa para desarrollar los ensayos, con el fin de garantizar que los resultados sean representativos de aquello que el cliente desea conocer en cuanto al desempeño de un sistema de recubrimientos.

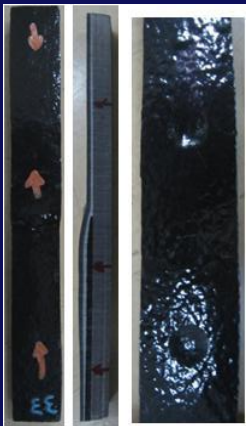
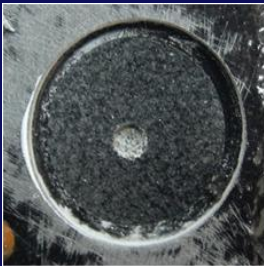


Figura 1. Resultados ensayos de laboratorio

Algunos de los ensayos más representativos son: Inspección visual, medición de espesores de película seca, detección de discontinuidades, porosidad del recubrimiento, dureza, resistencia al Impacto, ensayo de flexibilidad, adherencia Húmeda, resistencia química, exposición a niebla salina, exposición a radiación UV, permeabilidad al vapor de agua, penetración de agua, desprendimiento catódico, gouge resistance, peel-strength, lap shear strength, indentación.

Estudio de fallas prematuras mediante exposición en campo

De manera complementaria a los ensayos de laboratorio, el desarrollo de ensayos en campo es una alternativa de gran relevancia para la valoración del desempeño de un sistema de recubrimientos. La exposición directa en campo permite determinar las fallas prematuras que pueden presentarse como resultado de la sinergia de cada una de las variables que son evaluadas por separado en el laboratorio, además de aquellos factores que pueden no haber sido detectados durante la etapa de estudio de las condiciones de exposición del sistema de recubrimientos.

El tiempo de exposición en campo para el desarrollo del estudio no debe ser inferior a un año, con monitoreos periódicos no menores a cuatro meses. Algunos de los ensayos más representativos son: Inspección visual, medición de espesores de película seca, detección de discontinuidades, dureza, adherencia *pull off*, brillo.

Estudio técnico-económico

Una vez disponibles los resultados de los ensayos de laboratorio y de campo, se procede a realizar el análisis técnico-económico. El objetivo final de este análisis es establecer un orden de alternativas de sistemas de recubrimientos para cada uno de los microambientes de operación de las tuberías, capaz de que permitir al propietario de la tubería tomar decisiones para el mantenimiento de éstas.

El estudio Técnico-Económico tiene las siguientes etapas:

- Valoración de los Resultados de los Ensayos: Esta etapa toma los resultados de cada uno de los ensayos y les asigna un peso relativo en función de su desempeño, proceder que sitúa a cada sistema de recubrimientos como de *Alto*, *Moderado* o *Bajo* Desempeño, respecto del ensayo mismo.
- Cálculo del Índice de Falla: Debido a la gran cantidad de factores que pueden afectar el Desempeño de un Sistema de Recubrimientos para un ambiente de Operación específico, se hace complicado estimar su vida útil. Por ello, se busca, a partir de los resultados de los ensayos, establecer un indicador que permita, con posterioridad, ser utilizado dentro del estudio tendiente a posicionar el sistema dentro del conjunto que compite para ser aplicado sobre la estructura.
- Costos: La estimación de costos para cada sistema incluye la Preparación de Superficies, la Aplicación del Sistema y el costo del sistema de recubrimiento ($\$/m^2$).

Figura 3. Resultados exposición en campo



Figura 2. Aplicación de probetas para ensayos

Sistemas Seleccionados: El puesto que ocupe un sistema, con respecto a otros que compiten para ser aplicados a una estructura, dependerá finalmente de la mejor relación costo/beneficio que presente. Una vez se dispone del costo ($\$/m^2$), se grafica este valor con el Índice de Falla, obtenido tal y como se puede observar en Figura 3. El primer intervalo, correspondiente a la zona de alto desempeño, en este se jerarquizan los sistemas en función de su distancia al origen, lo cual tiene en cuenta el costo, mientras que en el segundo intervalo correspondiente a la zona de desempeño moderado se jerarquizan de acuerdo a su posición sobre el eje que indica el índice de falla independientemente de su costo/ m^2 .

Los sistemas cuyos resultados se encuentran en el tercer intervalo, zona de Bajo Desempeño, corresponden a aquellos cuyo desempeño no fue adecuado a las condiciones y se homologan como de Bajo Desempeño y se presentan en un orden de menor a mayor índice de falla.

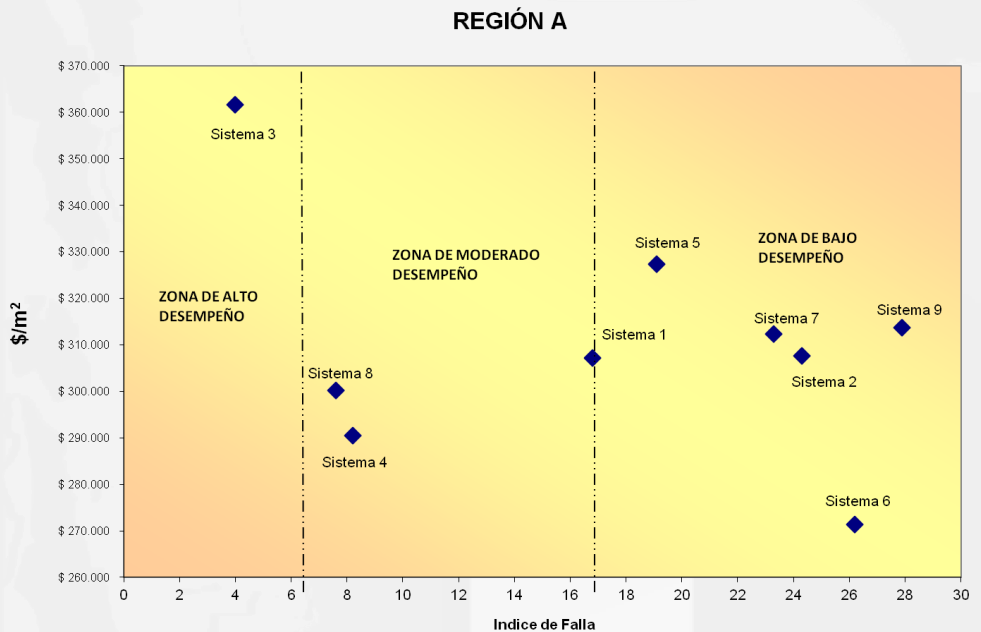


Figura 4. Costos ($\$/m^2$) Vs. Índice de Falla

Aseguramiento de la Calidad.

Una vez seleccionados los sistemas de Recubrimientos, es muy importante asegurar la calidad de las actividades de Preparación de Superficies y de Aplicación de cada uno de los sistemas de recubrimientos.

Además de la presencia en campo del Inspector de Recubrimientos dependiente de la empresa contratista para asegurar la calidad del servicio que entrega, como la presencia de la Interventoría delegada por el propietario de la tubería, es relevante que se realicen Ensayos de laboratorio al mismo sistema aplicado sobre secciones de tubería. La aplicación del sistema a la sección de tubería que será enviada al laboratorio debe hacerse bajo las mismas condiciones ambientales y de preparación de superficie que se está realizando a la tubería en campo.

En el laboratorio, los resultados de los ensayos serán correlacionados contra valores obtenidos del estudio de selección de recubrimientos y así se puede determinar si el sistema está siendo aplicado en condiciones favorables para asegurar el desempeño esperado.



Contacto

Km 2 Vía Refugio - Guatigará,
Sede UIS Piedecuesta,
Santander – Colombia

<http://corrosion.uis.edu.co>

| Ambiente | Mediciones realizadas sobre el Suelo | | | Mediciones Realizadas en el Laboratorio de la .C.I.C. | | | | | | | | |
|----------|--------------------------------------|--|--------------|---|-----|---------------|-----------------|------------------|---|-----|----------|----------|
| | Profundidad [m] | Resistividad Análisis de Barnes | Potencial ON | Resultados análisis físico - químicos | | | | | Resultados análisis microbiológico [Bac / ml] | | | |
| | | | | Humedad [%] | PH | Conductividad | Sulfatos [µg/g] | Cloruros [µg/g [| BaT | BSR | BAT | BPA |
| | 1.2 | 257 | | 14.7 | 7.9 | 13.46 | 762.0 | 3478.2 | 1.00E+06 | | 1.00E+05 | 1.00E+04 |
| Región A | Alto Desempeño | SISTEMA 3 | | | | | | | | | | |
| | Moderado Desempeño | SISTEMA 8, SISTEMA 4 | | | | | | | | | | |
| | Bajo Desempeño | SISTEMA 1, SISTEMA 5, SISTEMA 7, SISTEMA 2, SISTEMA 6, SISTEMA 9 | | | | | | | | | | |

Tabla 1. Homologación de Sistemas de Recubrimiento en Función de su Desempeño

Aseguramiento de la Calidad.

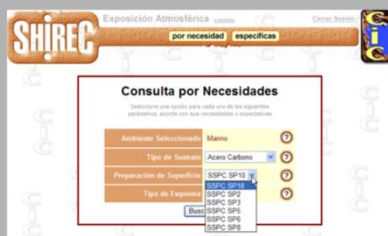
Una vez seleccionados los sistemas de Recubrimientos, es muy importante asegurar la calidad de las actividades de Preparación de Superficies y de Aplicación de cada uno de los sistemas de recubrimientos.

Además de la presencia en campo del Inspector de Recubrimientos dependiente de la empresa contratista para asegurar la calidad del servicio que entrega, como la presencia de la Interventoría delegada por el propietario de la tubería, es relevante que se realicen Ensayos de laboratorio al mismo sistema aplicado sobre secciones de tubería. La aplicación del sistema a la sección de tubería que será enviada al laboratorio debe hacerse bajo las mismas condiciones ambientales y de preparación de superficie que se está realizando a la tubería en campo.

En el laboratorio, los resultados de los ensayos serán correlacionados contra valores obtenidos del estudio de selección de recubrimientos y así se puede determinar si el sistema está siendo aplicado en condiciones favorables para asegurar el desempeño esperado.

DESARROLLO SOFTWARE Y SIMULACIÓN

SISTEMAS DE INFORMACIÓN / SIMULACIÓN DE VARIABLES DE CORROSIÓN Y FENÓMENOS A FINES / GESTIÓN DE INTEGRIDAD



Consultor en línea para diseñar y seleccionar sistemas de recubrimiento acorde a las necesidades del usuario.

Herramienta software para estimación de la probabilidad de falla en pozos.



Sistema de información para el monitoreo de Corrosión - Herramienta Web