

# **CORROSIÓN EN CENTROS COLECTORES DE LA EMPRESA DE PERFORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO DEL CENTRO (EPEP-CENTRO) EN MATANZAS, CUBA.**

**Ing. Dainerys Amaro Prieto<sup>1</sup>, Dr. C. Elpidia Caridad Cruz Cabrera<sup>2</sup>, Dr. C. Idaelsys López Arias<sup>3</sup>**

*1, 2, 3. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”,  
Vía Blanca km.3, Matanzas, Cuba. [dainerys.amaro@umcc.cu](mailto:dainerys.amaro@umcc.cu)*

## Resumen

El desarrollo de la industria, en particular la del petróleo, es una de las prioridades de trabajo para el fortalecimiento de la economía y del proyecto de desarrollo social, tal como lo reflejan los lineamientos del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba (129, 134, 135, 138, 215, 220 y 241) referidos a la política de ciencia, tecnología, innovación y medio ambiente, así como a la política industrial y energética. En correspondencia con lo anterior se estudia el deterioro por corrosión en instalaciones petroleras partiendo desde la problemática que representa este fenómeno a nivel mundial hasta su incidencia en Cuba, específicamente en centros colectores de crudo. El objetivo del presente trabajo es estudiar las causas de la problemática que constituye el deterioro de instalaciones petroleras como centros colectores y en particular de equipos como los separadores horizontales de medición que resultan ser los más afectados y por lo cual se incurre en considerables pérdidas económicas que afectan al país y particularmente a la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro en Matanzas, Cuba.

*Palabras claves: Corrosión; Petróleo; Centros Colectores; Separador Horizontal de Medición; Medio Ambiente*

---

## Introducción

La corrosión es un fenómeno natural e inevitable de deterioro de todos los materiales, principalmente de los metales. En años recientes, el estudio de la corrosión interior en ductos y equipos que transportan, procesan o almacenan hidrocarburos ha despertado gran interés, debido a las pérdidas que han significado para la industria petrolera mundial además de los riesgos a la salud. Por ello es importante prevenir los posibles paros para la reparación o sustitución de estos sistemas que hayan sido dañados por la corrosión, a fin de mantener la continuidad del proceso de refinación del crudo, obteniendo así los consecuentes beneficios económicos.

La corrosión es la causa general de la destrucción de la mayor parte de los materiales naturales o fabricados por el hombre (Gil, 2011). Si bien esta fuerza destructiva ha existido siempre, no se le ha prestado atención hasta los tiempos modernos, con el avance de la tecnología. El desarrollo de la industria y el uso de combustibles, en especial el petróleo, han cambiado la composición de la atmósfera de los centros industriales y grandes conglomerados urbanos, tornándola más corrosiva.

Al respecto, (Gil, 2011) señala que la producción de acero y las mejoras de sus propiedades mecánicas, han hecho de él un material muy útil. Junto con estas mejoras, se está pagando un tributo muy grande a la corrosión, ya que el 25% de la producción mundial anual del acero es destruida por la corrosión. Así mismo, plantean que la corrosión está ligada en la industria a problemas tanto de seguridad como económicos y los ingenieros son, en la mayoría de los casos, los responsables de minimizar los costos y los riesgos de la corrosión en muchos ámbitos. Sin embargo, muchas veces se ignoran las causas posibles de la corrosión y su forma de prevenirla.

En Cuba la industria del petróleo, es una de las prioridades de trabajo para el fortalecimiento de la economía y del proyecto de desarrollo social, tal como lo reflejan los lineamientos del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba (129, 134, 135, 138, 215, 220 y 241) referidos a la política de ciencia, tecnología, innovación y medio ambiente, así como a la política industrial y energética. En correspondencia con lo anterior y teniendo en cuenta el deterioro por corrosión en instalaciones petroleras, específicamente en centros colectores de crudo. El objetivo del presente trabajo es estudiar las causas de la problemática que constituye el deterioro de instalaciones petroleras como centros colectores y en particular de equipos como los separadores horizontales de medición que resultan ser los más afectados y por lo cual se incurre en considerables pérdidas económicas que afectan al país y particularmente a la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro (EPEP-Centro) en Matanzas, Cuba.

## **Desarrollo**

La corrosión, en general, no es más que la destrucción lenta y progresiva de un metal por la acción de un agente exterior. Uno de los factores que limitan la vida de las piezas metálicas en servicio es el ataque químico o físico-químico que sufren en el medio que les rodea (Fernández, 2009).

Según (Villanueva, 2006) para efectos prácticos, es casi imposible eliminar la corrosión y el secreto efectivo de la ingeniería en este campo radica más en su control que en su eliminación, siendo necesario tomar en cuenta el fenómeno corrosivo desde el diseño de las instalaciones y no después de ponerlas en operación. En países tropicales, como es el caso de Cuba, el fenómeno adquiere carácter más agresivo debido, entre otros factores, a la humedad relativa elevada que garantiza la permanencia de la capa húmeda sobre la superficie metálica y a la presencia del aerosol marino, que aporta iones que interaccionan con el metal, propiciando la formación de celdas electrolíticas (López, 2007).

La vida útil de los equipos de la industria petrolera a nivel mundial se acorta a menudo como resultado de los problemas ocasionados por la corrosión. En los últimos 10 años se han tenido grandes adelantos en su detección y remedios aplicados para su control en la producción de petróleo (Muthukumar, 2014).

La corrosión ha sido siempre un problema mayor en las industrias de procesos relacionadas con el gas y el petróleo. A medida que la industria ha ido creciendo y adoptando procesos modernos, los problemas de corrosión se han vuelto más numerosos y complejos. El 56% de los casos de fallas se relacionan con ambientes corrosivos (Vázquez, 2013).

En la etapa de diseño de los recipientes a presión, la selección de los materiales de construcción es de relevante importancia (EPEP-Centro, 2011). Debido a la existencia de diferentes materiales disponibles en el mercado, en ocasiones no resulta sencilla la tarea de seleccionar el material ya que deben considerarse varios aspectos como costos, disponibilidad de material, requerimientos de procesos y operación (Cruz, 2014).

De todas las fallas que ocurren en la industria del gas y del petróleo la más importante es la debida a la corrosión con el 33% de los casos, (Kerman y Harrop, 1995).

Los efectos de la corrosión sobre instalaciones y equipos industriales producen anualmente pérdidas que llegan a cifras muy importantes en los países industrializados, estas pérdidas se han valorado del 3 al 5% del Producto Interno Bruto (PIB).

Dentro del aspecto económico, se incluyen las pérdidas por:

- a. Reposición del equipo corroído.
- c. Mantenimiento preventivo como la aplicación de recubrimientos.
- d. Paros de producción debido a fallas por corrosión.
- e. Contaminación de productos.
- f. Pérdida de eficiencia ya que los coeficientes de seguridad, de sobre diseño de equipo y productos de corrosión por ejemplo, decrecen la velocidad de trasmisión de calor en intercambiadores de calor.
- g. Pérdida de productos valiosos.
- h. Daños a equipos adyacentes a aquel en el cual se tuvo la falla de corrosión.

En Cuba las pérdidas por este concepto pueden estimarse en más de 300 millones de pesos anuales, de ahí la necesidad de disminuirlas. (Hing, 2000).

Las pérdidas producidas por la corrosión en general se van más allá del marco puramente económico, alcanzando cuestiones relativas a la salud, la vida y el futuro de la humanidad.

Dentro de los aspectos humanos y sociales se incluyen: (Fernández, et al., 2010)

- a. La seguridad, ya que fallas violentas pueden producir incendios, explosiones y liberación de productos tóxicos y colapso de construcciones.
- b. Las condiciones insalubres por ejemplo, contaminaciones debido a la fuga de productos por el equipo o tubería corroídos o bien un producto de la corrosión misma.
- c. El agotamiento de los recursos naturales, tanto en metales como en combustibles usados para manufacturarlos.
- d. La apariencia, ya que los materiales corroídos generalmente no muestra buenas condiciones a simple vista. Naturalmente, estos aspectos sociales y humanos también tienen sus implicaciones económicas y se puede ver claramente que hay muchas razones para controlar la corrosión.

Cuba es un país estrecho, alargado y con costas, expuesto a la incidencia de varios factores climáticos como la humedad, temperatura, precipitaciones, humedad, polvo, tiempo de humectación y el viento que unidos al aerosol marino, propician condiciones que favorecen el fenómeno de la corrosión, que se agudiza en las zonas costeras por la presencia de altas concentraciones de cloruros y sulfatos. Estas condiciones están presentes todo el año, con la diferencia que existe un incremento elevado de los contaminantes en la atmósfera en los meses de invierno, debido al carácter estacional del aerosol marino.

Estos agentes externos unidos a los problemas de diseño anticorrosivo (resquicios o intersticios, conexiones con pernos, zonas de acumulación de depósitos, bordes, soldadura irregular, componente hueco), propicia la ocurrencia de los diversos mecanismos corrosivos, destacando fundamentalmente la corrosión atmosférica; ya que en la mayoría de los casos los equipos se encuentran ubicados a la intemperie.

Los problemas de diseño muchas veces vienen acompañados por el incumplimiento de las normas para la protección anticorrosiva, la conservación y el mantenimiento, lo que ayuda y favorece la existencia y desarrollo de los diferentes tipos de corrosión.

En Centros Colectores, además de la presencia de estos agentes corrosivos hay que prestar gran atención a las condiciones internas de sus equipamientos, y a las potencialidades agresivas del crudo que procesa, el cual está acompañado de componentes indeseables tales como agua de capa, ácido sulfhídrico ( $H_2S_{(ac)}$ ) y dióxido de carbono ( $CO_{2(ac)}$ ).

Tomando como ejemplo dentro de las instalaciones petroleras en Cuba, el Centro Colector 7, perteneciente a la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro en Matanzas, Cuba; se evidencia claramente la presencia de este indeseable fenómeno.

El mismo se encuentra ubicado en el bloque noroeste del yacimiento Varadero, próxima a la autopista Varadero-Matanzas y a unos 730m de la costa (Figura 1). El área se enmarca en una zona de maleza, con dispersas plantaciones de henequén y cubierta por una vegetación de arbustos, presenta una zona de depresiones poco profundas, temporalmente inundables, adyacente a un complejo de lagunas someras permanentes de agua salobre, con vegetación de manglar.

La explotación de los pozos y el tránsito de vehículos por la carretera,

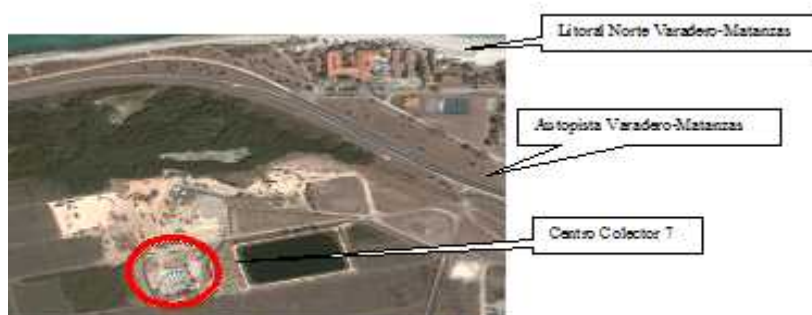


Figura 1: Imagen satelital del Centro Colector 7, 2009.

que utilizan motores de combustión, suman otros contaminantes como el H<sub>2</sub>S y el SO<sub>2</sub> antropogénico que intensifican la agresividad atmosférica a rangos mucho más elevados por combinación de atmósferas, en este caso, es marina con influencia industrial. Todos los contaminantes mencionados son transportados por el viento, considerado el principal encargado de este efecto en Cuba y por tanto, así ocurre en el área donde está ubicado el Centro.

Para el lugar donde se encuentra el mismo, el ambiente se clasifica según la norma UNE-EN ISO 12944-2: 2007 como ambiente contaminado por gases del petróleo y aerosol marino C5M (muy alto nivel de corrosión por influencia del mar) y C5I (muy alto nivel de corrosión por influencia industrial).

A pesar de estar clasificada de muy alta agresividad corrosiva según la norma antes mencionada, por estar a aproximadamente a 730m de la costa se clasifica como extrema según el Mapa de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera de Cuba (Figura 2).



Figura 2: Mapa de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera de Cuba.

La influencia de los factores internos es una de las mayores afectaciones que presentan los Centros Colectores, llámese factores internos a las condiciones y agentes existentes dentro de los recipientes o equipos de trabajo, como son los separadores horizontales.

Por ejemplo el Centro Colector 7 cuenta con varios separadores, entre ellos el separador horizontales de medición, primer equipo que recibe el crudo directamente de los yacimientos y cuya función es la separación de las dos fases presentes y a la contabilización de las mismas (flujo de gas y petróleo proveniente de cada pozo), (Figura 3).



Figura 3: Vista exterior del separador horizontal de medición.

Se puede comprobar que en el separador horizontal de medición es donde mayores afectaciones por corrosión se presentan, dado que es al que se alimenta la corriente de crudo más agresiva por el contenido de agua presente y en el que además permanece por mayor tiempo. Se considera que la corrosión en el interior del mismo es producto de la acumulación en la parte inferior del agua proveniente de los yacimientos de petróleo.

El agua acompañante del petróleo representa alrededor de un 16% del fluido que se extrae y presenta un alto contenido de agentes contaminantes, entre los que sobresalen los cloruros y sulfatos en alta concentración, que le confieren al agua la categoría de “aguas fuertemente salobres” que reporta la bibliografía para el agua de mar, con concentraciones en el orden de 15 000 a 35 000 mg/litro (Echeverría, 2015), lo que propicia la ocurrencia de la corrosión picadura, altamente agresiva fundamentalmente por su penetración en el cuerpo metálico.

Por otra parte, el petróleo por su composición constituye un medio de cultivo para diferentes especies de microorganismos, que al formarse un reservorio de agua en el fondo del separador, permite el crecimiento microbiano bajo condiciones de temperatura, presión, pH y presencia de oxígeno, además de las características que presenta el recipiente en cuanto a su diseño (forma semiesférica), por lo que hay que considerar además el efecto de los microorganismos.

A los factores de riesgo corrosivo que se mencionan anteriormente se suman otros de operación y diseño que propician el deterioro interior del separador horizontal de medición como son la ausencia de medidas y métodos de protección anticorrosiva, y el incumplimiento del sistemático drenaje del agua acompañante del crudo y limpieza periódica del equipo.

Esta agua de capa que acompaña al crudo, constituye en el proceso un residual clasificado como peligroso por la repercusión que tiene sobre el medio ambiente, en general la vida, las aguas y el suelo; la acción de los elementos que contiene: sales disueltas (cloruros, sulfatos, carbonatos y algunas otras en cantidades más pequeñas) y gases mayoritariamente de gran toxicidad como el sulfuro de hidrógeno.

Precisamente es el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) uno de los componentes más indeseables en el crudo, ya que es tóxico y corrosivo. Junto a los óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) y al dióxido de azufre ( $SO_2$ ) puede emanarse a la atmósfera durante el acondicionamiento y explotación del yacimiento a pesar de la tecnología utilizada para minimizar las emisiones de gases, las cuales contribuyen a la corrosión de las instalaciones productivas y a la contaminación atmosférica y medioambiental en general.

La interacción entre todos estos factores permite el desarrollo de diversos mecanismos corrosivos, que inciden interna y externamente en el deterioro por corrosión de las instalaciones y en particular de los separadores horizontales de medición, que han requerido de su sustitución durante el período de explotación de la instalación, lo que representa

pérdidas económicas considerables para la industria, si se tiene en cuenta que el precio mínimo de estos equipos oscila alrededor de los 150 000CUC.

## **Conclusiones**

Las causas del deterioro de instalaciones petroleras en Centros Colectores y en particular de equipos como los separadores horizontales de medición en la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro en Matanzas, están dadas fundamentalmente por las condiciones climáticas típicas de un país insular con clima tropical húmedo y en particular en zonas próximas a la costa, así por las características del crudo y de la operación que se desarrolla en particular en los separadores horizontales de medición en que se propicia la existencia de un reservorio de agua que unido además a problemas de diseño anticorrosivo, crean las condiciones que favorecen los procesos corrosivos, que además no se ven atenuados por la deficiente aplicación de acciones y métodos de protección; elementos que en conjunto propician importantes pérdidas económicas que implican la sustitución de elementos y en particular de separadores horizontales de medición de un considerable precio en el mercado.

## **Bibliografía**

Cruz, H. I. Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. Recipientes a presión. Diciembre 2014. Disponible en: [www.monografias.com](http://www.monografias.com).

Echeverría, C. A. Lage. CONFERENCIA 3: Corrosión y Protección en Aguas. Tema III. Fundamentos de la corrosión. Curso de Ingeniería de Materiales II. CEAT. Facultad de Ingenierías. Universidad de Matanzas. Matanzas. 2015

EPEP-Centro. Informe de Inspección de Equipos Estáticos. Grupo de Inspección y Diagnóstico. División Cárdenas. 2011.

Fernández, C. F. L. Análisis del fenómeno de la corrosión en materiales de uso técnico: Metales. Procedimientos de protección. D.N.I.: 30.819.442-V Noviembre-2009.

Fernández, G., I. Galván, M. R.; Martínez, M. E. A.; Orozco, C. R.; Ramírez, R. J. L.; Corrosión: fenómeno natural, visible y catastrófico. Año 2010.

Gil, F. L. Corrosión en la industria del petróleo y el uso de tecnologías de recubrimientos como alternativa de protección. Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Centro de Estudios de Corrosión de la Universidad Nacional Experimental Politécnica -UNEXPO, Vicerrectorado de Puerto Ordaz. 2011.

Harrop, D.; Kerman, M. B. *BP International*, SPE 29784, 1995.

Hing, R. C. Estudio del comportamiento corrosivo de algunos materiales metálicos en agua de mar. Universidad de Oriente. Tecnología Química Vol. XX, No. 3, 2000.



López, I. Corrosión atmosférica y conservación en obras soterradas en Matanzas. Departamento de Ingeniería Química. Matanzas, Universidad de Matanzas. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas: 116. 2007.

Muthukumar, N. *Chapter 21 -Petroleum Products Transporting Pipeline Corrosion—A Review*. 2014, Pages 527-57. [sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).

UNE-EN ISO 12944: Protección de estructuras de acero mediante sistemas de pintura protectores. Parte 1-8. Julio, 2007.

Vásquez, R. E. L. Elaboración de procedimientos para la inspección técnica, mantenimiento y reparación de tanques a presión para almacenamiento de G.L.P. 12-nov-2013. QUITO/EPN/2013. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7039>.

Villanueva, C. Especificaciones para el diseño y fabricación de recipientes a presión. Parte1. 2006. Disponible en: <http://www1.estrucplan.com.ar/articulos/verarticul>.

VI Congreso del Partido Comunista de Cuba. Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. Aprobado el 18 de abril del 2011, Año 53 de la Revolución. Cuba.