

# VISIÓN TECNOLOGICA



Edición Especial (Extraordinario) Volumen 25  
Número 1/2022

# CUERPO EDITORIAL DE VISIÓN TECNOLÓGICA

**EDITOR** / Jowar Peña

**EDITOR ADJUNTO** / Blas Delgado

**REVISIÓN DEL ESTILO EDITORIAL** / José Vicente García

## MIEMBROS DEL CUERPO EDITORIAL /

Juan Negrín  
Mariana Toro  
Sara Chiaramonte  
Ubaldo Salazar  
Zogehil Puentes  
Yajaira Guillén  
Blas Delgado  
Jorge Rojas  
Eduardo González  
Ana Barrios  
Jacqueline Grobas  
Meibert García  
José Vicente García

Visión Tecnológica es una publicación multidisciplinaria de circulación anual, editada por el Centro de Información Técnica (CIT) de PDVSA Intevep. Su objetivo primordial es difundir la gestión científica y tecnológica de la industria petrolera venezolana en el ámbito nacional e internacional. Para información sobre la adquisición, suscripción y canje de esta revista, favor dirigirse al Centro de Información Técnica, apartado postal 76343, Caracas 1070-A, Venezuela.

**DISEÑO Y EDICIÓN** / Karla López Quirós- PDVSA Intevep

**DISEÑO DE PORTADA** / Karla López Quirós - PDVSA Intevep

**FOTOGRAFÍAS** / Fotos de autores

**IMPRESIÓN** / Artes gráficas PDVSA Intevep

© 2022, PDVSA Intevep

Depósito Legal 199302MI44

Se prohíbe la reproducción parcial o total, el almacenamiento en cualquier sistema de recuperación o la transcripción por medios electrónicos, mecánicos u otros, de cualquier artículo de esta revista, sin la autorización por escrito del editor.

Visite nuestro sitio web: <http://www.pdvsa.com.ve>

**ISSN 1315-0855**

# NOTA DEL EDITOR

“Hacia la optimización tecnológica de la Industria Petrolera”, es el lema del 1<sup>er</sup> Seminario Técnico de PDVSA Intevep 2022. Seminario técnico que representa el restablecimiento total de las actividades laborales, científicas, tecnológicas y es el espacio propicio para dar a conocer la labor en investigación y desarrollo, así como de asistencia técnica especializada de profesionales de PDVSA Intevep en tiempo de pandemia.

El comité técnico editorial (CEDI) de PDVSA Intevep entiende la importancia de documentar y divulgar esta actividad, por lo que emplea su revista insigne Visión Tecnológica como herramienta para exponer la integración de todos los eslabones de producción de los hidrocarburos.

Este volumen representa una edición especial, compuesta por ocho artículos que inicia en el área de estudios de yacimientos con la validación de datos hidrogeoquímicos que permiten generar mapas para la compresión de movimiento de aguas de formación. Posteriormente, en el segundo artículo se presenta una de las fortalezas de PDVSA Intevep como es el desarrollo de zeolitas con estructuras MFI a escala nanométrica. En el tercer artículo, se detallan las técnicas analíticas empleadas en la caracterización de catalizadores de los procesos de reformado catalítico y FCC. El siguiente artículo, muestra una de las áreas transversales a la cadena de valor de producción de hidrocarburos como lo es el área ambiental en la evaluación ecotoxicológica dentro de nuestra industria petrolera.

El quinto artículo presenta una metodología que permite el estudio de uno de los fenómenos que afectan a la confiabilidad e integridad de las instalaciones como lo es la corrosión. El sexto artículo, muestra nuestras fortalezas en el análisis multitemporal mediante el empleo de imágenes satelitales en el monitoreo de variables ambientales.

La diversificación de la matriz energética es una realidad que se encuentra en ejecución y donde el gas natural juega un papel importante por lo que el séptimo artículo, muestra un análisis del rol del gas natural en este tema y la potencialidad que se le presenta a nuestro país con las reservas de este recurso energético y la experticia de PDVSA Intevep en el tema. El último artículo es una muestra de los cambios y procesos de adaptación en el cual nos encontramos, mostrando el proceso de auditoría remota como una metodología aplicada en tiempos de pandemia.

Los artículos contenidos en esta edición especial demuestran el compromiso de PDVSA Intevep en brindar el soporte técnico en todos los eslabones de producción de hidrocarburos y otras áreas de importancia para el desarrollo de nuestra industria petrolera y del país.

Jowar Peña

# VISIÓN TECNOLÓGICA



**1<sup>er</sup>** Seminario Técnico  
PDVSA Intevep  
**2022**



- 7 VALIDACIÓN E INTERPRETACIÓN DE DATOS HIDROGEOQUÍMICOS: UN PRIMER ENFOQUE HACIA EL MODELO HIDROGEOLÓGICO**  
*VALIDATION AND INTERPRETATION OF HYDROGEOCHEMICAL DATA: A FIRST APPROACH TOWARDS THE HYDROGEOLOGICAL MODEL*  
Raquel Barreto, Luis Martínez, Indira Zambrano, Jorge Alvarez, Iván Barito, Pablo Ricaurte, Cala Miranda y Delfín Rivas
- 14 SÍNTESIS DE ZEOLITAS CON ESTRUCTURA MFI A ESCALA NANOMÉTRICA**  
*SYNTHESIS OF ZEOLITES WITH MFI STRUCTURE AT NANOMETRIC SCALE*  
Yajaira Guillén, Blas Delgado y Omar Ocanto
- 21 TÉCNICAS ANALÍTICAS APLICADAS EN LA CARACTERIZACIÓN DE CATALIZADORES DE CRAQUEO CATALÍTICO FLUIDIZADO Y REFORMACIÓN CATALÍTICA DE NAFTA, UTILIZADOS EN LOS PROCESOS PARA OBTENCIÓN DE GASOLINAS**  
*ANALYTICAL TECHNIQUES APPLIED IN THE CHARACTERIZATION OF CATALYSTS FOR FLUIDIZED CATALYTIC CRACKING AND CATALYTIC REFORMING OF NAFTA, USED IN THE PROCESSES FOR OBTAINING GASOLINES*  
Blas A. Delgado G. y Tomás E. Oropeza M.
- 26 EVALUACIONES ECOTOXICOLÓGICAS EN LA INDUSTRIA DE LOS HIDROCARBUROS**  
*ECOTOXICOLOGICAL EVALUATIONS IN THE OIL INDUSTRY*  
Carolina T. Peña C.
- 35 MODELO PARA LA GESTIÓN DE INTEGRIDAD DE TUBERÍAS CONSIDERANDO EL PROCESO DE DEGRADACIÓN POR CORROSION INTERNA**  
*PIPELINE INTEGRITY MANAGEMENT MODEL CONSIDERING INTERNAL CORROSION DEGRADATION PROCESS*  
Carlos J. Sánchez V. y Yobiris C. Rigual S.
- 40 ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE UN ECOSISTEMA DE MANGLAR AFECTADO POR UN DERRAME DE HIDROCARBUROS MEDIANTE EL USO DE IMÁGENES SATELITALES**  
*MULTI-TEMPORAL ANALYSIS OF A MANGROVE ECOSYSTEM AFFECTED BY OIL SPILL BY USING SATELLITE IMAGES*  
Alexander E. Tejada G.
- 47 GAS NATURAL, CONTEXTO INTERNACIONAL Y NACIONAL**  
*NATURAL GAS, INTERNATIONAL AND NATIONAL CONTEXT*  
Jowar A. Peña
- 53 AUDITORÍA REMOTA COMO METODOLOGÍA APLICADA EN TIEMPO DE PANDEMIA. CASO PRÁCTICO**  
*REMOTE AUDIT AS A METHODOLOGY APPLIED IN TIME OF PANDEMIC. PRACTICAL CASE*  
Yusneidy Y. Zapata M.

# VISIÓN TECNOLÓGICA



**1<sup>er</sup>** Seminario Técnico  
PDVSA Intevep  
**2022**



## VALIDACIÓN E INTERPRETACIÓN DE DATOS HIDROGEOQUÍMICOS: UN PRIMER ENFOQUE HACIA EL MODELO HIDROGEOLÓGICO

### VALIDATION AND INTERPRETATION OF HYDROGEOCHEMICAL DATA: A FIRST APPROACH TOWARDS THE HYDROGEOLOGICAL MODEL

Raquel Barreto<sup>a</sup>, Luis Martínez<sup>a</sup>, Indira Zambrano<sup>c</sup>, Jorge Alviarez<sup>c</sup>, Iván Barito<sup>b</sup>, Pablo Ricaurte<sup>a\*</sup>, Cala Miranda<sup>a</sup> y Delfín Rivas<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Gerencia de Investigación Estratégica en Exploración, <sup>b</sup>Gerencia de Exploración, <sup>c</sup>Gerencia de Estudios de Yacimientos. PDVSA Intevep.  
\* ricaurtep@pdvsa.com

#### RESUMEN

La investigación tiene como propósito establecer una metodología de trabajo que permita recolectar datos de caracterización fisicoquímica de aguas de formación de diferentes campañas de muestreo para la elaboración de mapas de tendencias hidrogeoquímicos, los cuales pueden ser interpretados conjuntamente con información geológica del área y así comprender la dinámica de las aguas de formación como estrategia de estudios de yacimientos que contribuya a mitigar la producción de este fluido. En este sentido, se recopilieron datos de la División Carabobo de la Faja Petrolífera del Orinoco Hugo Chávez (FPOHC) adquiridos entre los años 1985-2018 y validados considerando el balance iónico como medida de la fiabilidad del dato, empleándose una tolerancia menor al diez por ciento (<10 %). Basado en lo anterior, se generaron mapas de isopropiedades de sólidos disueltos totales (SDT) y conductividad eléctrica, cuyas tendencias son consistentes según la geología del área de estudio.

**Palabras claves:** hidrogeoquímica, agua de formación, estudios de yacimientos, mapas, salinidad, conductividad eléctrica.

#### ABSTRACT

The aim of the research is to establish a methodology allowing the collection of physicochemical characterization data from formation waters of different sampling campaigns to elaborate hydrogeochemical trend maps, which can be interpreted with geological information of the area to understand the dynamic of formation waters as a strategy in the reservoir that contributes to mitigate the production of this fluid. Data collected in the Carabobo Division of the Faja Petrolífera del Orinoco Hugo Chávez (FPOHC) acquired between 1985-2018 and validated considering the ionic balance as a measure of the reliability of the data using a tolerance lower than ten percent (<10 %). By using all collected information, maps of isoproperties of total dissolved solids (TDS) and electrical conductivity were generated, whose trends are consistent according to the geology of the study area.

**Keywords:** hydrogeochemistry, formation water, reservoir studies, maps, salinity, electrical conductivity.

#### INTRODUCCIÓN

En un yacimiento de hidrocarburos convencional es conocido que coexisten tres geofluidos: crudo, agua y gases. Es por ello, que para efectos de la caracterización de yacimientos y de producción, resulta importante establecer el movimiento de los mismos en el subsuelo, lo que contribuye a establecer estrategias de mitigación de producción de fluidos no deseados, entre los que destaca el agua, el cual es el más cuantificado y reportado en producción petrolera.

Al revisar datos estadísticos a nivel mundial sobre el impacto del agua en producción petrolera se registra que la relación de agua y crudo expresada en barriles para Estados Unidos de Norteamérica es diez (10) a uno (1), para Colombia según su estatal petrolera Ecopetrol es de doce (12) a uno (1), mientras que a nivel mundial, la empresa de servicios Schlumberger en promedio indica que la relación es tres (3) a (1), desembolsando 40 millones de dólares aproximadamente, para mitigar el problema (Ortega *et. al.* 2019).

Una de las estrategias de bajos costos operativos para abordar el problema de producción de agua en los yacimientos de petróleo es aplicar el estudio hidrogeoquímico para comprender la dinámica de las aguas y a partir de ella, elaborar mapas de tendencia que contribuyan a definir la distribución espacial de este fluido y que a su vez permiten definir los esquemas adecuados de tratamiento y mitigación, partiendo de los análisis fisicoquímicos de las muestras de aguas de formación para posteriormente, interpretar y cotejar con la geología del área de estudio.

### MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

La metodología empleada consistió en recopilar datos de caracterización físicoquímica de aguas de formación, las cuales se constituyen en su noventa por ciento (90 %) en concentraciones de iones: sodio (Na<sup>+</sup>), potasio (K<sup>+</sup>), calcio (Ca<sup>+2</sup>), magnesio (Mg<sup>+2</sup>), cloruro (Cl<sup>-</sup>), sulfato (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>), carbonato (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>) y bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Otros datos de interés obtenidos a partir de la química convencional del agua son el pH, sólidos disueltos totales (SDT) y la conductividad eléctrica (Fetter 2007); determinados en muestras de la División Carabobo (FPOHC), ubicados en publicaciones abiertas (tesis de pregrado y postgrado) y en la Red de Información Petroquímica (RIPPET).

La División Carabobo se encuentra al este de la FPOHC, yacimiento con mayores reservas de crudos pesados y extrapesados del mundo y tectónicamente situada en el denominado Dominio Oriental, caracterizado por presentar un sistemas de fallas regionales, subverticales, con saltos menores a 50'(pies), rumbo preferencial N75E y el cincuenta y dos por ciento (52 %) de ellas, aproximadamente, buzando al Norte (PDVSA CVP 2013). Este sistema de fallas afecta toda la columna de la Formación Oficina. La ubicación geográfica del área de estudio, así como discretización del intervalo productor en niveles estratigráficos a nivel de miembro y unidades sedimentarias se muestran en la Figura 1.

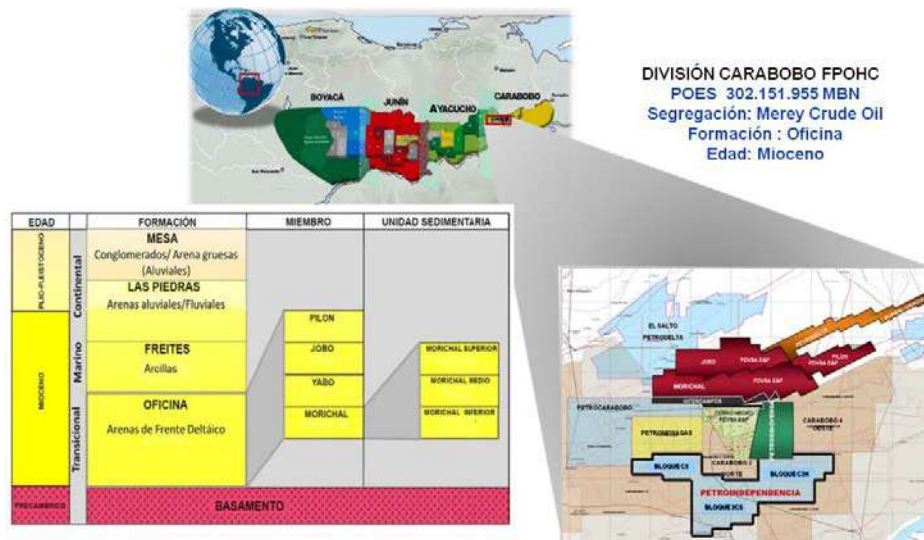


Figura 1. Información geográfica, geológica y reservas impactadas según el área de estudio. Modificado de PDVSA-CVP (2013), Modificado de Pulido (2018) y Dirección Ejecutiva de Exploración y Estudios de Yacimientos (2020)



Los datos de aguas de formación de los yacimientos en el área tradicional y no tradicional de la División Carabobo ubicados en las publicaciones abiertas (Pulido 2018) y en la Red de Información Petroquímica (RIPPET), se validaron considerando un balance iónico (BI) menor del 10 %, dado que es un valor aceptable que hace referencia a la electroneutralidad de las cargas.

Para ello es necesario que la muestra sea preservada para los análisis a condiciones de yacimiento (en cuanto a su acidez). El BI se determinó según la siguiente expresión (Fetter 2007):

$$BI\% = \left( \frac{\sum z \times m_c - \sum z \times m_a}{\sum z \times m_c + \sum z \times m_a} \right) \times 100$$

Donde:

z=carga del ión

mc, ma= concentraciones de cationes y aniones, expresados en miliequivalentes por litros (meq/L)

Una vez validados los datos, se organizaron considerando las coordenadas UTM (X, Y); así como también, la coordenada Z referente a las propiedades a cartografiar, entre las que se mencionan: concentraciones de los iones mayoritarios en partes por millón (ppm), pH, SDT en miligramos por litros (mg/L), así como las relaciones interiónicas. Es importante señalar la inclusión en la base de datos, el año de muestreo, campo de procedencia y empresa a la que pertenecía; así como también, la unidad. En este último punto, debido a que no estaba uniformemente identificado el nivel de procedencia, se realizaron todos los mapas en referencia a la Formación Oficina, considerando en aquellos casos donde se tenía la procedencia de la muestra en miembros o unidades sedimentarias el valor promedio. El flujo de trabajo empleado puede ser sintetizado en la Figura 2.



Figura 2. Flujo de trabajo aplicado sobre los datos hidrogeoquímicos

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez validados y ordenados los datos se obtuvieron cuarenta y un (41) datos de caracterización química de aguas de formación, cuya distribución espacial y por campos se muestra en la Figura 3.

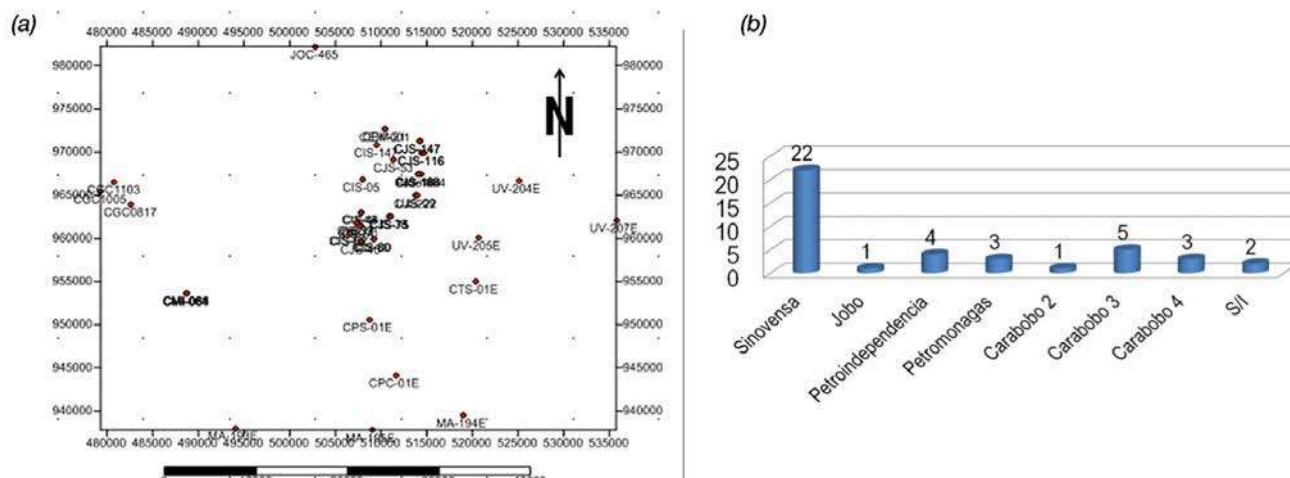


Figura 3. Distribución espacial de los datos validos de caracterización de aguas en la División Carabobo (a), Distribución de datos según los campos y operadoras en la División Carabobo (b)

La distribución espacial de datos mostrado en la Figura 3a, implicó que para generar los mapas de tendencias se usara el método de Krigging para la interpolación (Geosoft 2006). Para este trabajo, sólo se muestran los mapas de SDT y conductividad eléctrica, superpuestos en el mapa de fallas a nivel de Fm. Oficina para evaluar el impacto o control de las mismas sobre las tendencias de las mencionadas propiedades.

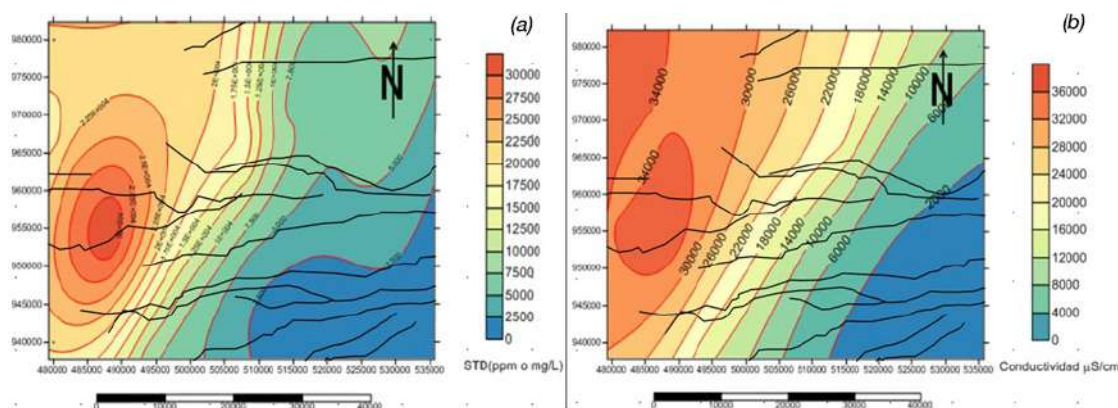


Figura 4. Mapa de sólidos disueltos totales (SDT) en la Formación Oficina (a), Mapa de conductividad de Formación Oficina (b)

Al comparar los mapas obtenidos se observan tendencias suaves sin presencia de alta frecuencia espacial. Es evidente la alta correlación entre ambos, lo cual físicamente es consistente pues el mapa de SDT responde a la salinidad del agua y es directamente proporcional a la conductividad eléctrica. Ambos mapas (Figura 4) muestran altos valores al noroeste y bajos valores al sureste, la explicación de esta tendencia se sustenta en la geología del área. Observando la tendencia de los mapas, se presenta una densidad de fallas mayor al sureste lo cual infiere algún control sobre los valores de las propiedades en esa zona.

Los mapas de tendencias hidrogeoquímicas con información de paleoambientes y el modelo hidrogeológico conceptual de la FPOHC en el sentido noroeste-sureste se muestran en las Figura 5.

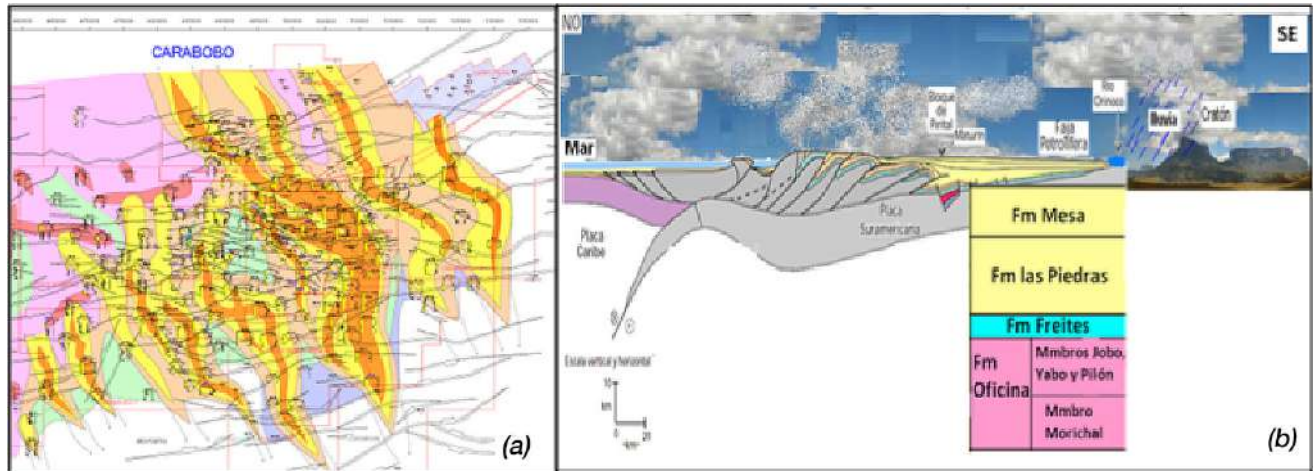


Figura 5. Mapa paleoambiental Miembro Morichal medio, Formación Oficina, División Carabobo FPOHC. Modificado CVP (2013) (a), Modelo hidrogeológico conceptual FPOHC. Modificado WEC (1997) (b)

Observando la Figura 5a, es apreciable que las variaciones de salinidad y conductividad siguen la tendencia de los canales de arenas (color amarillo) con dirección noroeste-sureste. Asimismo, los mapas de tendencias para la salinidad y conductividad con el modelo hidrogeológico conceptual (Figura 5b), muestran la correspondencia con el mismo, pues hacia el sureste se encuentra la zona de recarga (aguas más dulces) hacia el Cratón de Guayana, mientras las aguas más salobres se ubican donde profundiza la cuenca en la región noroeste.

Localmente, se sustenta lo mencionado anteriormente mediante una línea sísmica interpretada en el campo operado por la empresa mixta Sinovensa, División Carabobo, mostrada en las Figuras 6(a) y 6(b).

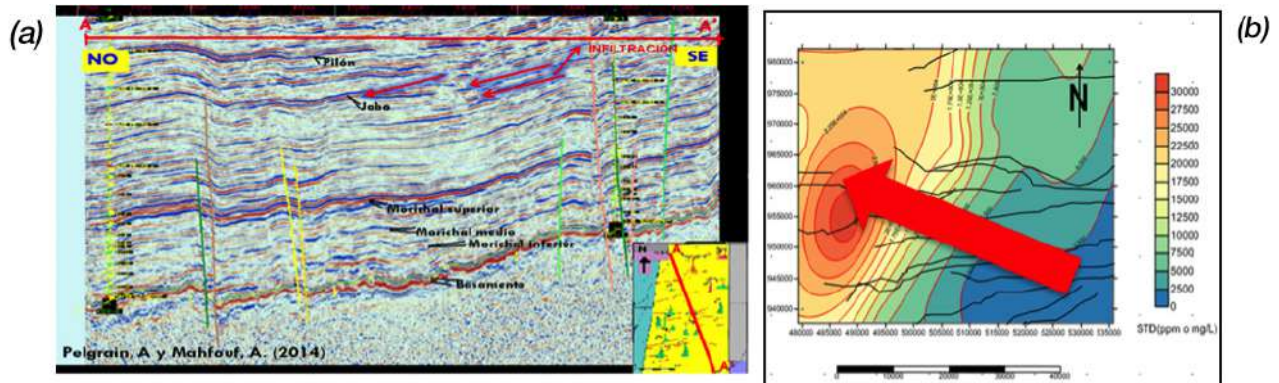


Figura 6. Transecto sísmico interpretado noroeste-sureste en el campo operado por la empresa mixta Sinovensa (a). Modificado de Pelgrain y Mahfouf 2014. Dirección de movimiento de las aguas de formación en la División Carabobo FPOHC (b)

La Figura 6(a), muestra hacia el sureste como efectivamente las fallas conectan los estratos superiores con la Formación Oficina pudiendo servir como medio para la percolación del agua superficial hasta llegar a los yacimientos (zona de recarga), evidenciando lo cual impacta en que esa zona presente menos salinidad en el agua de formación. Por otro lado, la Figura 6(b), muestra que contrario a lo

que se intuiría mediante los fenómenos difusivos, en consecuencia el movimiento de las aguas es condicionado por la geología del área de estudio y su dirección preferencial es desde el sureste al noroeste.

Por último, en la literatura revisada se encontró un estudio similar donde se mostró la potencialidad de la hidrogeología en estudios de exploración y yacimientos mediante las siguientes correlaciones mostradas mediante el uso de mapas de tendencias (Al Lamkin y Terken 2006), los cuales se muestran en la Figura 7.

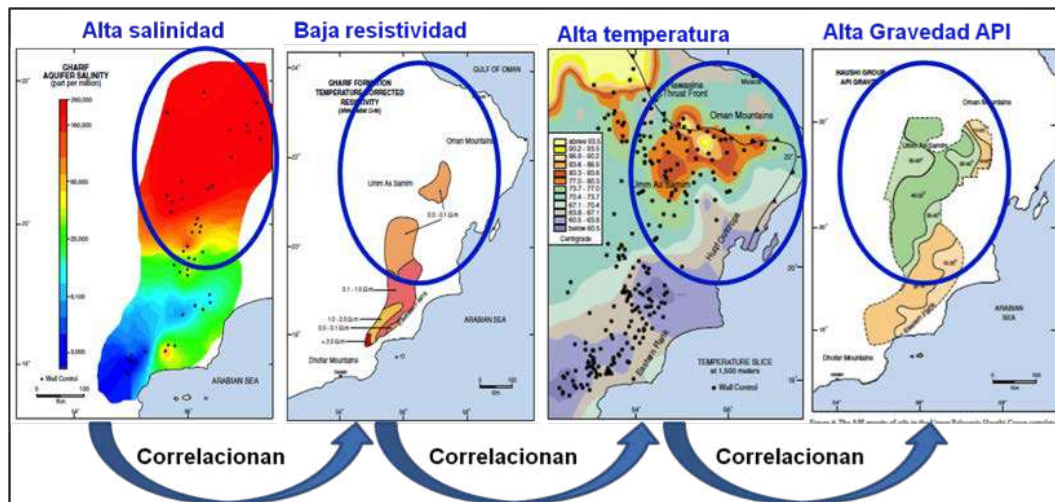


Figura 7. Correlaciones de tendencias a partir del mapa de salinidad. Modificado de Al Lamkin y Terken (2006)

A través de este estudio se persiguió mostrar las bondades del dato hidrogeoquímico en exploración y yacimientos, concluyéndose que a partir de los datos físicoquímicos de aguas de formación pudiese inferirse la calidad de crudos, lo cual resulta consistente considerando que ambos geofluidos coexisten en un yacimiento de hidrocarburo convencional y representaría la fase siguiente del estudio del movimiento de aguas de formación en la División Carabobo FPOHC.

## CONCLUSIONES

- La metodología aplicada mostró y confirmó la posibilidad de interpretar los datos hidrogeoquímicos de distintas campañas de muestreo.
- Los resultados obtenidos muestran consistencia con la información estratigráfica y estructural en el área de estudio.
- La resolución vertical de los análisis e interpretaciones dependerá de que el dato contenga la información del nivel estratigráfico.
- El mapa de conductividad es importante para inferir las resistividades en zonas donde no se cuenta con este tipo de registro.
- Los mapas de tendencias hidrogeoquímicos son consistentes y están subordinados al modelo geológico.
- El movimiento de las aguas de formación en el área de estudio está condicionado por gravedad (expresado mediante la geología de la cuenca) en decremento del transporte por difusión.

## REFERENCIAS

AL LAMKIN, M., y TERKEN, J. The Role of Hydrogeology in Petroleum Development Oman, *GeoArabia*, Vol. 1, No. 4, 1996, 495-510 pp.

DIRECCIÓN EJECUTIVA DE EXPLORACIÓN Y ESTUDIOS DE YACIMIENTOS. Informe Anual de Reservas (2020) (Probadas, Probables y Posibles)

FETTER, C. *Applied Hydrogeology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ07632, 2007, pp 389-432.

ORTEGA, A., MARIN, D., OCHOA, E. Revisión general de la producción elevada de agua en la industria del petróleo. *Revista Fuentes: El Reventón Energético* Vol. 17 n.º 2 de 2019, Jul-Dic, pp 39-50. DOI:<http://dx.doi.org/10.18273/revfue.v17n2-2019005>

PDVSA-CVP. Atlas de la integración regional de la Faja Petrolífera del Orinoco Hugo Chávez, Proyecto Magna Reserva, 2013, pp.189.

PULIDO, C. Caracterización de las aguas de producción en pozos horizontales mediante la generación de un modelo geológico del Miembro Morichal, Formación Oficina, en un sector del Bloque Carabobo, en la Faja Petrolífera del Orinoco Hugo Chávez, Venezuela. Tesis de Maestría. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería. 2018. pp 241.

GEOSOFT. Topics in gridding 2006. [Fecha de consulta 16 marzo 2022]. [Disponible en: [www.geosoft.com](http://www.geosoft.com)]

**SÍNTESIS DE ZEOLITAS CON ESTRUCTURA MFI A ESCALA NANOMÉTRICA**  
**SYNTHESIS OF ZEOLITES WITH MFI STRUCTURE AT NANOMETRIC SCALE**Yajaira Guillén<sup>a\*</sup>, Blas Delgado<sup>b</sup> y Omar Ocanto<sup>a</sup><sup>a</sup>Gerencia Departamental de Refinación. <sup>b</sup>Gerencia Departamental de Química Analítica. PDVSA Intevep.

\*guillenys@pdvsa.com

**RESUMEN**

Desde que la síntesis de la zeolita ST-5<sup>®</sup> fue patentada en 1993, una variedad de usos fueron desarrollados en PDVSA Intevep empleando este material con topología MFI. Principalmente, se utiliza como fase activa de catalizadores para hidrotreamiento de nafta y también como fase activa de los aditivos promotores de olefinas en catalizadores usados para mejorar el octanaje de la nafta catalítica en las unidades de craqueo catalítico fluidizado del circuito refinador nacional e internacional de PDVSA. Los aditivos comercialmente disponibles contienen como fase activa zeolita tipo MFI. Con la finalidad de lograr la sustitución en la síntesis de la materia prima que actualmente es importada, se requiere desarrollar una metodología reproducible que permite obtener el material de interés con materia prima nacional. Este trabajo explora las condiciones del gel precursor para obtener un material altamente cristalino y con el valor agregado de la presencia de cristales en escala nanométrica.

**Palabras claves:** nanozeolitas, estructura MFI, ST-5.

**ABSTRACT**

Since the synthesis of zeolite ST-5<sup>®</sup> was patented in 1993, a variety of uses have been developed at PDVSA Intevep using this material with MFI topology. Mainly, it is used as active phase in catalysts for hydrotreating naphtha and also as active phase of olefin promoter additives in catalysts used to enhance octane of catalytic naphtha in fluidized catalytic cracking units of PDVSA domestic and international refining system. The commercially available additives contain MFI-type zeolite as active phase. In order to achieve the substitution of the raw material that is currently imported, it is necessary to develop a reproducible methodology that allows obtaining the material of interest with national raw material. This work explores the conditions of the precursor gel to obtain a highly crystalline material, with the presence of crystals on a nanometric scale as added value.

**Keywords:** nanozeolites, MFI structure, ST-5.

**INTRODUCCIÓN**

Un tamiz molecular es un material que contiene poros pequeños de tamaño preciso y uniforme en el rango de microporos (<20nm) y puede ser empleado como adsorbente para gases y líquidos sin alteraciones considerables en su volumen como consecuencia del proceso de adsorción. Estos materiales pueden encontrarse de forma natural o sintetizarse, su naturaleza química es del tipo aluminosilicatos, arcillas, sílice, carbón activado, metal organic framework o MOF, etc.

Entre sus usos principales y que les hacen particularmente atractivos en la industria de los hidrocarburos se encuentran: la separación y purificación de mezclas de gases, por ejemplo el N<sub>2</sub> del O<sub>2</sub> en el aire, en el proceso de deshidratación y remoción de mercurio del gas natural, en la refinación

del petróleo en las unidades de craqueo catalítico e isomerización.

Las zeolitas por definición son tamices moleculares compuestos por átomos de silicio y aluminio unidos estructuralmente por átomos de oxígeno. Esta configuración le permite una densidad de carga negativa sobre el átomo de aluminio que debe estar compensada por un catión y dependiendo de este catión, la zeolita tendrá una cavidad porosa particular o le confiere propiedades ácidas importantes en la conversión de los hidrocarburos.

Cuando por ejemplo se tiene una zeolita A y el catión de compensación es un átomo de potasio la cavidad o diámetro del poro será de 3 Å, mientras que si el catión de compensación es un átomo de calcio el diámetro del poro será de 5 Å. Por otra parte, al cambiar el tipo de zeolita manteniendo el mismo catión de compensación, se puede incrementar el diámetro del poro y con ello cambiar la aplicación que se tiene para un determinado grupo o familia de tamiz molecular. Es por ello que existen al menos 255 estructuras de zeolitas agrupadas y registradas en la Asociación Internacional de Zeolitas (IZA, por sus siglas en inglés), donde cada una de ellas tiene características tridimensionales diferentes que les permite aplicaciones específicas. Al menos existen 10 familias con particular interés para la industria de los hidrocarburos y la más importante es la zeolita tipo FAU o faujasita que es la empleada en la unidad de craqueo catalítico para convertir hidrocarburos de alto peso molecular en unos de menor tamaño. Según su diámetro, los poros de las zeolitas están clasificados según la IUPAC en microporosos (<2 nm), mesoporosos (2-50 nm) o macroporosos (>50 nm) y dependiendo del tipo de material, se pueden combinar estos poros en el mismo sistema cristalino. Con el desarrollo de técnicas analíticas para la caracterización de sólidos a escala nanométrica como la microscopía electrónica de transmisión y la microscopía de fuerza atómica, se pudo avanzar en el estudio de materiales a escala nanométrica con aplicaciones catalíticas, tal es el caso del distanciamiento interatómico del grafito pirolítico y con ello explicar fenómenos hasta ese momento desconocidos en el ámbito científico. Así, se puede estimar qué ocurre cuando una zeolita pasa de escala micrométrica a escala nanométrica, infiriéndose que: (a) se reducen los pasos lentos difusionales entre la superficie externa e interna, (b) la acidez externa se hace mayor que la interna favoreciendo las reacciones de transalquilación, isomerización y polimerización de compuestos aromáticos, y (c) aumenta la actividad superficial favoreciendo su propiedad hidrofílica e hidrofóbica. En las nanozeolitas al igual que en los sistemas precursores de zeolitas convencionales, los materiales de partida y su naturaleza son importantes, en particular, los agentes directores de estructura (SDA, del inglés) o agentes orgánicos, ya que son los responsables de estabilizar los intermediarios de reacción durante la nucleación de los cristales en el medio o solvente seleccionado.

De allí que, en presencia de agentes orientadores, hay en general un control fino del tamaño de partícula y con una morfología cristalina bien definida, así como una alta estabilidad coloidal del producto obtenido, mientras que en ausencia del SDA, los rendimientos disminuyen, aunque es una metodología más ecoamigable y de menores costos de producción por no emplear SDA. Sin embargo, a escala industrial, el método más empleado es el uso de semillas precursoras del cristal de interés, con la ventaja de menores tiempos de cristalización por una fase de crecimiento inmediata de estos cristales (Cundy 2003).

La patente US 5,254,327 (Martínez *et al.* 1993) reivindica la síntesis de la zeolita ST-5®, donde la fase de nucleación se lleva a cabo en ausencia de un SDA en medio dinámico, con una posterior cristalización a presión autógena para lograr altos rendimientos respecto a lo reportado en la literatura para otros sistemas con topología del tipo MFI. La sustitución de la fuente de aluminio importada por una nacional representó un reto en la síntesis del material a fin de mantener sus características morfológicas y texturales, así como su alta estabilidad hidrotérmica. En la búsqueda de una fuente alternativa, se identificó la corriente LMD (Licor Madre a Digestión) del proceso Bayer

de la Corporación Venezolana de Guayana (CVG) Bauxilum, debido a que esta empresa es un proveedor confiable con una corriente básica sobresaturada en aluminio, siendo ambos elementos indispensables en la síntesis del material de interés y que puede disminuir operaciones unitarias en la obtención del material final. Este trabajo estudia el impacto de la sustitución de la fuente de aluminio en ausencia de directores de estructura y su impacto en la síntesis de nano estructuras cristalinas tipo MFI, actividades de investigación y desarrollo llevadas a cabo por la pericia de Catálisis de PDVSA Intevep.

## MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

La preparación del gel de síntesis con silicato de sodio se realizó por el íntimo mezclado de tres soluciones (Martínez 1993): una solución con silicato de sodio, una con ácido sulfúrico y otra con aluminato de sodio, dando como resultado un gel que en condiciones de cristalización específicas, a condiciones dinámicas se obtiene la fase cristalina de interés. En el caso del cambio de fuente de aluminio de materia prima importada (Aluminato de sodio de la casa La Pine Scientific Company ( $\text{NaAlO}_2$ ),  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 49,1 \%$  p/p;  $\text{Na}_2\text{O} = 27,2 \%$  p/p) a materia prima nacional proveniente del proceso Bayer de CVG Bauxilum, la solución de silicato de sodio se prepara disolviendo un peso dado de silicato de sodio neutro (GLASSVEN ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ),  $\text{SiO}_2 = 29,43 \%$  p/p;  $\text{Na}_2\text{O} = 9,14 \%$  p/p; sólidos totales= 38,56 %) en un determinado volumen de agua destilada, agitándola hasta que la solución sea homogénea. La solución de ácido sulfúrico (Fluka ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), pureza= 95-97 % p/p) se prepara disolviendo un volumen dado de ácido concentrado en agua destilada, esperando a que el mismo alcance la temperatura ambiente. Simultáneamente, la fuente de aluminio (LMD) se trata a fin de ajustar la relación  $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$  a las condiciones de referencia (Tabla 1, entrada 1). Finalmente, el gel se transfiere a un reactor de 300 mL o 2 L de capacidad y la cristalización hidrotérmica se lleva a cabo a 170 °C, a la presión autógena del sistema y con una agitación continua. Después de transcurrido el tiempo de cristalización, el producto obtenido se filtra y se lava con agua destilada hasta que el agua de lavado alcance un pH neutro (pH= 7). Se requieren entre 4 y 12 L de agua destilada para el lavado, dependiendo del volumen de producto obtenido y de la naturaleza cristalina del mismo. El sólido resultante se seca a 100 °C por un tiempo de 12 h. El rendimiento del producto obtenido oscila entre 90 y 95 % en  $\text{SiO}_2$ .

Tabla 1. Composición molar de los geles de síntesis preparados y volumen total del reactor

Entrada	Síntesis	Volumen Síntesis (L)	Fuente de Aluminio	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{H}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{OH}^-/\text{SiO}_2$	$\text{Na}^+/\text{SiO}_2$	$\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$
1	S5-M23	0,3	La Pine	20,04	20,67	0,10	0,82	0,41
2	S5-M24	0,3	LMD	19,35	21,98	0,32	0,85	0,43
3	S5-M25	0,3	LMD	19,37	18,96	0,32	0,85	0,43
4	S5-M27	0,3	LMD	19,38	19,00	0,32	0,92	0,46
5	S5-M33	0,3	LMD	18,93	18,98	0,32	0,93	0,46
6	S5-M36	2,0	LMD	17,84	19,04	0,34	0,94	0,47
7	S5-M39	0,3	LMD	18,10	19,02	0,33	0,93	0,47
8	S5-M40	2,0	LMD	18,10	19,02	0,33	0,93	0,47

La nueva fuente de aluminio es de CVG Bauxilum (LMD  $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{tt}) = 155,3 \text{ g/L}$ ;  $\text{Na}_2\text{O}(\text{tt}) = 130,3 \text{ g/L}$ ;  $\text{Na}_2\text{O}(\text{t}) = 175,5 \text{ g/L}$ ;  $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 0,93 \%$  p/p;  $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 47,9 \%$  p/p; C= 6,3 % p/p; tt= termo titulado; t= total) donde por su proceso de lixiviación de la bauxita, el material presenta un alto contenido de sulfatos, carbonatos y soda caustica, siendo esta última una variable determinante para obtener la fase de interés. Para efectos de este estudio, el material obtenido fue caracterizado por difracción de rayos X (DRX) para determinar las estructuras cristalinas formadas en el paso de cristalización en un difractómetro PANalytical, X'Pert PRO, con ánodo de Cu operado a 45 kV y 40 mA; los patrones



de difracción fueron registrados con una velocidad de barrido de 0,14 grados  $2\theta$ /s en un intervalo angular de 5 a  $60^\circ 2\theta$ . Los máximos de difracción entre 7 y  $35^\circ 2\theta$  fueron tomados para determinar el grado de cristalinidad de los materiales obtenidos. En la caracterización morfológica se empleó la técnica de microscopia electrónica de barrido (MEB), utilizando un equipo marca FEI, modelo Quanta FEG 250, con un detector de EDX marca EDAX; y la técnica de microscopia electrónica de transmisión (MET), en un equipo marca JEOL, modelo JEM 2100. Para tomar los espectros estructurales en el infrarrojo se utilizó un espectrómetro marca Perkin-Elmer, modelo 1750, con una resolución espectral de  $4\text{ cm}^{-1}$ , un intervalo de  $2\text{ cm}^{-1}$  y 100 scans para el registro de los espectros en una región de 4000 a  $450\text{ cm}^{-1}$  con la técnica de pastillas de bromuro de potasio (KBr), donde 10 mg de zeolita son mezclados con 990 mg de KBr, se tomó una porción y fue sometida a una presión de 5 toneladas-fuerza, hasta formar una pastilla de 1,5 cm de diámetro que se coloca en la celda de análisis.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la finalidad de obtener un material de referencia que incorpora fuentes de silicio y aluminio de lotes típicos, se realizó un ensayo empleando relaciones cercanas a las reportadas por Machado (1999); utilizando aluminato de sodio La Pine como fuente de aluminio. En este punto, se obtuvo un material cristalino (Figura 1a) con un patrón de difracción característico para materiales de la familia MFI con cristales ortorrómbicos bien definidos (Figura 1b), identificado como S5-M23. El cambio de fuente de aluminio en ausencia de directores de estructura implica un incremento de la relación teórica  $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$  y  $\text{OH}/\text{SiO}_2$  (Tabla 1, entradas 2 y sucesivas) en el gel de síntesis, por lo cual se planteó tratar previamente la fuente de aluminio empleado por la adición de una cantidad de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  para remover por filtración el excedente de la concentración de soda en el medio de reacción libre de agente orientador.

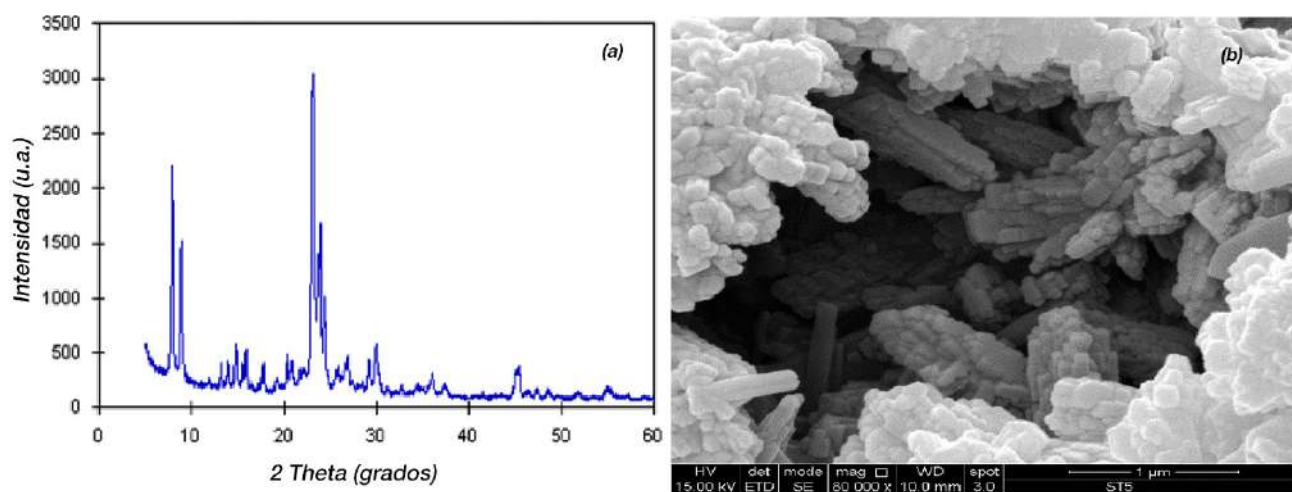


Figura 1. Patrón de difracción obtenido para S5-M23 (a). Micrografía donde se observan cristales con simetría ortorrómbica típicos de MFI (b)

El contenido de soda ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) en el LMD es elevado, por lo cual el primer intento realizado para obtener el material ST-5<sup>®</sup> (S5-M24), fue realizar la neutralización del licor con el ácido mineral empleado en la síntesis manteniendo la relación agua/alúmina ( $\text{H}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) requerida en el paso de dilución de la fuente de aluminio. En esta fase de la síntesis observamos con detalle (Figura 2) la naturaleza de los componentes identificados en la nueva corriente, observándose que el precipitado obtenido principalmente como nueva fuente de aluminio está compuesto por oxihidróxido de aluminio, sulfato

de sodio y un carbonato mixto. Otra alternativa evaluada (S5-M25) fue realizar la neutralización del licor con el ácido mineral empleado en la síntesis original para ajustar el contenido de soda en el medio disminuyendo el medio acuoso, obteniendo de esta forma un gel de mayor viscosidad donde la naturaleza del aluminio en el gel de nucleación fue principalmente el hidróxido de aluminio (Figura 2), manteniéndose el sulfato de sodio y el carbonato mixto de sodio.

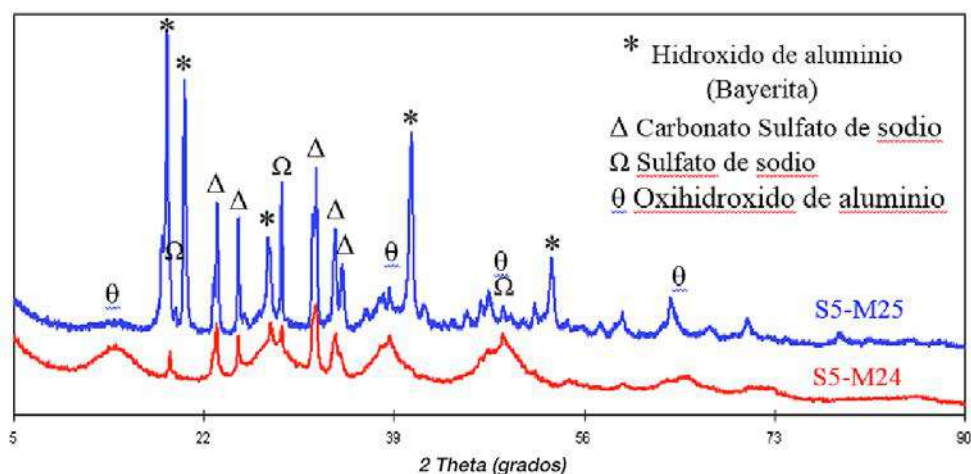


Figura 2. Patrones de difracción de los precipitados obtenidos en la neutralización del LMD con  $H_2SO_4$  en S5-M24 y S5-M25

Con la metodología descrita se obtuvieron los materiales S5-M27, S5-M33, y S5-M39 con alta cristalinidad (Figura 3a) en el rango aceptado para el producto ST-5<sup>®</sup>; cabe destacar que para la síntesis S5-M36 se obtuvo un patrón de difracción amorfo a pesar de obtener un material con un análisis químico ajustado al rango esperado en el material ST-5<sup>®</sup> (no se muestra en este trabajo).

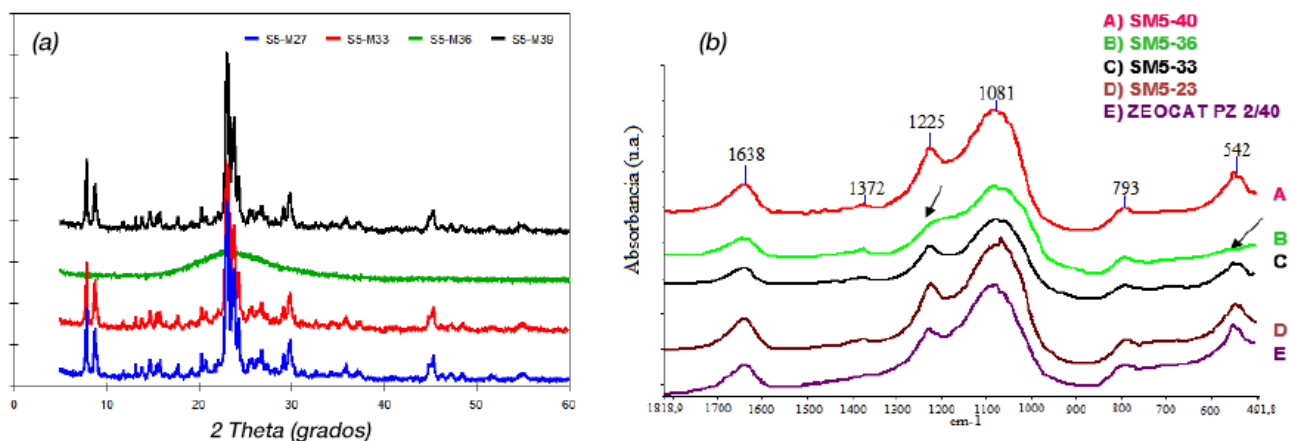


Figura 3. Patrón de difracción de la serie S5 (a) y Espectros FTIR en la región estructural de los sólidos (b)

Al observar la corriente proporcionada por CVG Bauxilum posterior a la síntesis S5-M36, se aprecia material depositado en el tanque de almacenamiento; el análisis por DRX del producto sólido separado mostró la presencia de hidróxido de aluminio que coincide en su tarjeta de identificación del ICDD (International Centre of Diffraction Data) con 01-074-1119 correspondiente a la Bayerita.

Experiencia previa de los autores en la síntesis de ST-5 con núcleos de este cristal en el gel precursor, muestran que si no se retiran del sistema de reacción, actúan como precursores de la fase cristalina Mordenita en lugar de ST-5®, razón por la cual se introduce una modificación a la metodología de preparación. Bajo este escenario, se plantea entonces retirar por filtración los finos y superfinos del LMD para realizar los cálculos de material requerido en el gel precursor. De esta manera verificando la reproducibilidad de la metodología a escala de 300 mL con las síntesis S5-M37 al S5-M39, se procedió a realizar un cambio de la escala a 2 L en la síntesis S5-M40, lo cual permitió obtener el material de interés con alta cristalinidad, al favorecer núcleos de precipitación secundaria en el medio, fomentando la aglomeración de los cristales. Por otra parte, al realizar el estudio estructural de los materiales obtenidos por infrarrojo con transformada de Fourier (Figura 3b), se muestran los espectros de IR de las muestras seleccionadas en el estudio SM5-40, SM5-36, SM5-33, SM5-23 y como referencia comercial ZEOCAT PZ 2/40. Se puede observar que los espectros de las muestras aquí presentadas son similares, con excepción de la muestra S5-M36, la cual no presenta la banda de  $542\text{ cm}^{-1}$  asignada según Flanigen (1976) a las vibraciones que tienen lugar en las cadenas formadas por asociación de las Unidades Secundarias de Construcción (SBU por sus siglas en inglés) para anillos dobles, aun cuando están presentes las bandas correspondientes a las vibraciones de estiramiento asimétrico a  $1225\text{ cm}^{-1}$  (menos intensa) y las del estiramiento simétrico a  $793\text{ cm}^{-1}$ , por lo cual se infiere que aun cuando el DRX para la síntesis S5-M36 mostró un patrón amorfo, la estructura de la ST-5 está presente para las condiciones de síntesis ricas en cristales de Bayerita.

El análisis por MEB del material obtenido en la síntesis S5-M39, confirma la presencia de aglomerados de microcristales con simetría ortorrómbica (Figura 4a) con tamaños entre 1-3 micras, utilizando la técnica de MET se observa un orden periódico de átomos con bajo ordenamiento estructural y una distancia interatómica de 2,5 a 3,6 Å (Figura 4b y c) en diferentes zonas evaluadas, similar a los encontrados en la literatura abierta (Li *et. al.* 2004) para nanotubos de carbono.

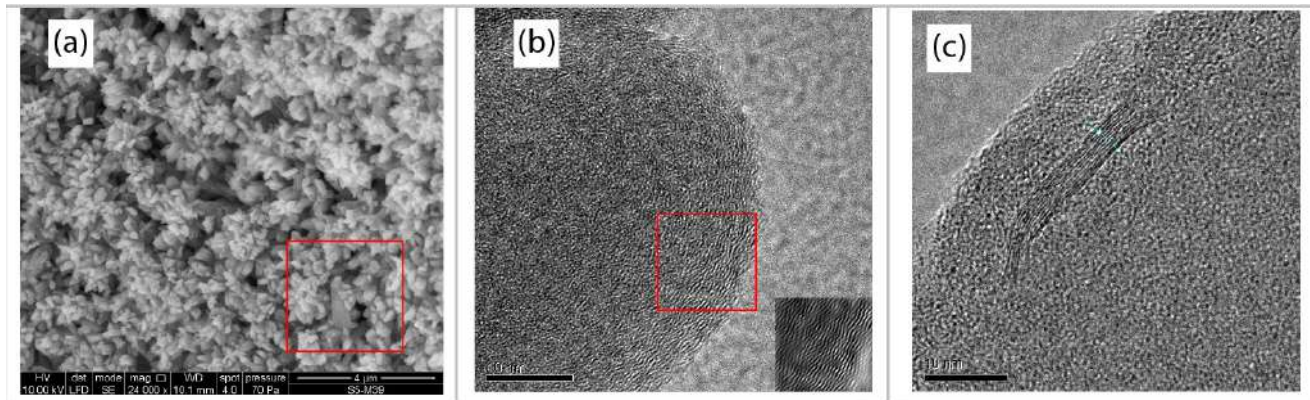


Figura 4. Micrografías de S5-M39: (a) MEB, aglomerados de microcristales y se resaltan cristales con simetría ortorrómbica, (b) MET, se observa el poco orden estructural (c) zona de determinación de la distancia interplanar

## CONCLUSIONES

Se infiere la formación de ST-5® a escala nanométrica con arreglos similares a los observados para materiales tipo nanotubos de carbono, con las modificaciones realizadas en la metodología de preparación del material al emplear como fuente de aluminio licor proveniente del proceso Bayer de CVG Bauxilum. Si la concentración de aluminio alcanza límites que afectan la cinética de cristalización del ST-5® por la presencia de una forma más estable del aluminio, como por ejemplo la Bayerita, es posible realizar cambios en las variables de cristalización del gel precursor para obtener un material perceptible a la técnica de DRX.

## REFERENCIAS

- CUNDY C. S. y COX P. A. The hydrothermal synthesis of Zeolites: history and development from the earliest days to the present time. En: Chemical Reviews, 103, 663-703, 2003.
- CVG Bauxilum. Proceso de obtención de Alúmina grado metalúrgico. Disponible en Internet: <http://www.bauxilum.com.ve/bauxilum/procesos>
- FLANIGEN, E. M. Zeolite Chemistry and Catalysis. En: Advance Chemical Series, 1976, vol 171, Capítulo 2.
- LI, S., LI, Z., BOZHILOV, K. N., CHEN, Z. y YAN, Y. TEM investigation of formation mechanism of monocystal-thick b-oriented pure silica zeolite MFI film. En: Journal of American Chemical Society, 2004, vol 126, p. 10732-10737
- MACHADO F., LÓPEZ C.M., CENTENO M.A. y URBINA C. Template-free synthesis and catalytic behaviour of aluminium-rich MFI-type zeolites. En: Applied Catalysis A: General, 181, 29-38, 1999.
- MARTÍNEZ N. P., LUJANO J. A., ALVAREZ N., MACHADO F., LÓPEZ C.M., U.S Patent N° 5,254,327, 1993.

**TÉCNICAS ANALÍTICAS APLICADAS EN LA CARACTERIZACIÓN DE CATALIZADORES DE CRAQUEO CATALÍTICO FLUIDIZADO Y REFORMACIÓN CATALÍTICA DE NAFTAS UTILIZADOS EN LOS PROCESOS PARA OBTENCIÓN DE GASOLINAS**

**ANALYTICAL TECHNIQUES APPLIED IN THE CHARACTERIZATION OF FLUIDIZED CATALYTIC CRACKING CATALYSTS AND NAFTA CATALYTIC REFORM USED IN PROCESSES TO OBTAIN GASOLINES**

Blas A. Delgado G.\* y Tomás E. Oropeza M.  
Gerencia Departamental de Química Analítica, PDVSA Intevep  
\*delgadobg@pdvsa.com

**RESUMEN**

En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos al caracterizar dos tipos de catalizadores utilizando las técnicas de difracción de rayos X de polvos cristalinos y la fluorescencia de rayos X. Estos catalizadores intervienen en dos de los procesos para obtención de gasolinas, los cuales son: craqueo catalítico fluidizado y reformación catalítica de naftas. En la caracterización del catalizador de craqueo catalítico fluidizado utilizando la técnica de difracción de rayos X se verifica que los parámetros estructurales (estructura cristalina) de la zeolita Y que interviene de manera activa en el proceso se mantengan en un rango de  $a$  (24,2 Å–25,0 Å). En el caso del catalizador de reformación catalítica de naftas se estudian las posibles transiciones de la fase Gamma-alúmina y se detecta la posible aglomeración de platino (Pt) en cristales con tamaños mayores de 3,5 nm. Con la técnica de fluorescencia de rayos X se cuantifican elementos de interés en cada uno de los catalizadores señalados. Los resultados obtenidos en ambas técnicas son parte de los protocolos de análisis y seguimiento a catalizadores que lleva la Gerencia Departamental de Refinación de PDVSA Intevep como parte de su asistencia técnica especializada al circuito de refinerías de Venezuela.

**Palabras claves:** Difracción de rayos X, Fluorescencia de rayos X, Catalizador, Zeolita, gamma-alúmina.

**ABSTRACT**

This paper presents the results obtained by characterizing 2 types of catalysts using techniques of X-ray diffraction of crystalline powders and X-ray fluorescence. These catalysts intervene in two of the processes for obtaining gasoline, which are: fluidized catalytic cracking and catalytic reforming of Naphtha. The characterization of the fluidized catalytic cracking catalyst was carried out by using X-ray diffraction, verifying that the structural parameters (crystalline structure) of the zeolite Y actively involved in the process are kept in a range of  $a$  (24.2 Å–25.0 Å). In the case of the naphtha catalytic reform catalyst, possible transitions of the Gamma-alumina phase are studied and possible agglomeration of platinum (Pt) in crystals with sizes greater than 3.5 nm are detected. With the X-ray fluorescence technique, those elements of interest were quantified in each of them. Results obtained through both techniques are part of the catalyst analysis and monitoring protocols carried out by Departmental Refining Management of PDVSA Intevep as a part of its specialized technical assistance for the refinery circuit in Venezuela.

**Keywords:** X-ray diffraction, X-ray fluorescence, Catalyst, Zeolite, Gamma-alumina.

En la producción de gasolinas intervienen distintos catalizadores. El primer catalizador analizado en el presente trabajo es parte del proceso de craqueo catalítico fluidizado (FCC, por sus siglas en inglés), proceso donde se llevan a cabo la conversión de productos pesados (gasoil liviano o pesado, residuos, naftas, entre otros) en fracciones más livianas (LPG, gasolina, diesel), usando un catalizador sólido de tipo ácido que se comporta como lecho fluidizado a temperaturas y presiones establecidas (Aquino 2008).

Debido a las temperaturas alcanzadas en los distintos ciclos de regeneración del catalizador es necesario verificar que la estructura cristalina de la zeolita Y (Figura 1) se mantenga en el rango  $a$  (24,2 Å–25,0 Å) (ASTM D 3942-03). De la misma manera, se constatan los valores de los parámetros de la estructura cristalina de la zeolita Y en el catalizador fresco, ya que es la fase que tiene una función de craqueo selectivo y parte de la actividad en el catalizador.

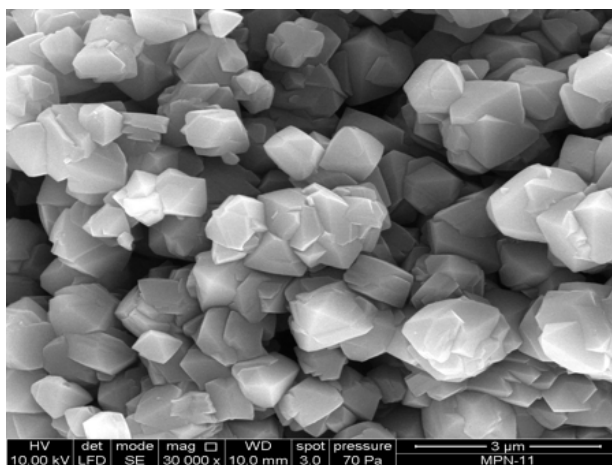


Figura 1. Micrografía de un clúster de partículas de Zeolita Y

La técnica de difracción de rayos X (DRX) nos permite determinar el valor del parámetro de celda unidad  $a$ , midiendo la posición del máximo de difracción del Plano 5 3 3 de la Zeolita Y, utilizando un estándar interno de Si (Plano 1 1 1) para corregir el error instrumental en la medida (Figura 2). Con el valor del máximo de difracción se calcula a través de la ecuación de la Ley de Bragg, el valor de  $d_{hkl}$ , el cual se refiere a la distancia perpendicular entre el conjunto de Planos 5 3 3 (Díaz de Delgado *et. al.* 2014).

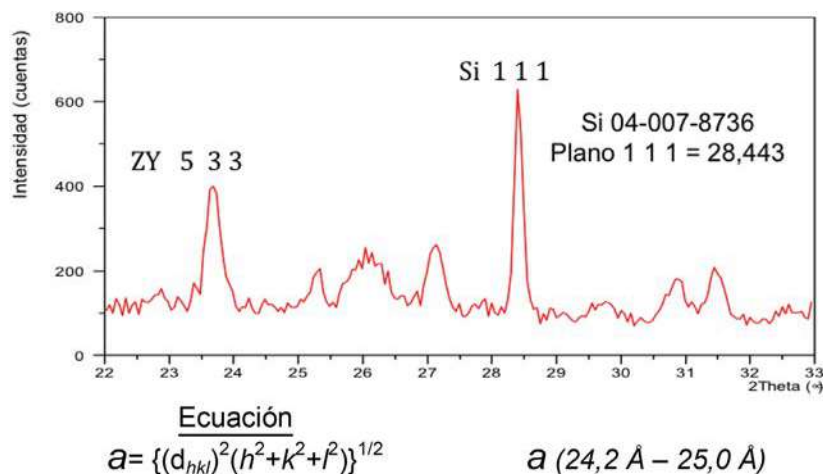


Figura 2. Difractograma en el rango de aparición del Plano 5 3 3 de la Zeolita Y y el Plano 1 1 1 del Silicio (estándar interno)

El protocolo de análisis y seguimiento a catalizadores que lleva la Gerencia de Refinación de PDVSA Intevep también incluye en la caracterización del catalizador de FCC, la cuantificación de elementos de interés utilizando la técnica de fluorescencia de rayos X (FRX), cuyo fin es realizar un control de la composición y la relación de las fases que integran al catalizador. En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en un análisis de FRX a un catalizador de FCC.

Tabla 1. Resultados típicos reportados para un catalizador de FCC por FRX

Formula	% Peso del elemento (en forma de óxido)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	55,48%
SiO <sub>2</sub>	41,14%
TiO <sub>2</sub>	<0,10 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,59%
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,15%

Es importante mencionar que la cuantificación de los elementos señalados se realiza a partir de una curva con concentraciones conocidas (Figura 3).

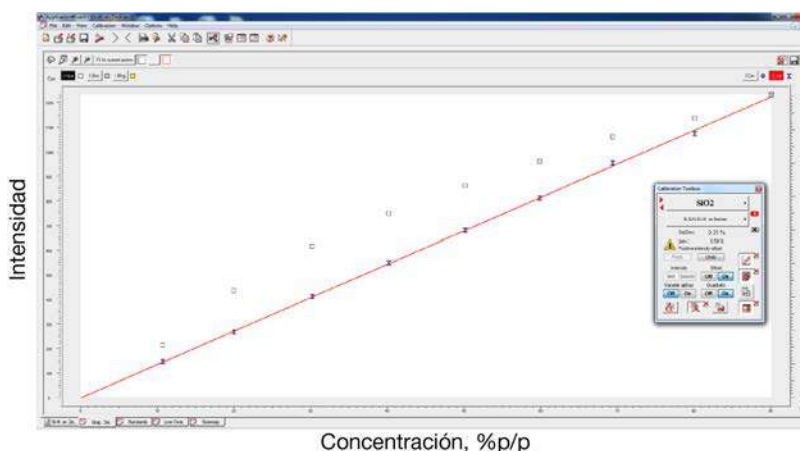


Figura 3. Curva de calibración para la determinación de SiO<sub>2</sub> en Catalizadores FCC a través de FRX

Otro proceso de gran importancia donde interviene el segundo catalizador en estudio es la reformación catalítica de naftas, un proceso en el cual parafinas lineales de las naftas pesadas son convertidas en diferentes componentes de alto octanaje, incluyendo parafinas isomerizadas y compuestos de anillo cerrado, tanto nafténicos como aromáticos (Aquino 2008).

La mayoría de las reacciones de reformación dan origen a la formación de hidrógeno, el cual es redirigido como suministro a la refinería para ser utilizado en los procesos de hidrotratamiento. El catalizador tiene una característica bifuncional:

1. Función hidro-deshidrogenante controlada por la fase metálica platino
2. Función ácida para las reacciones de craqueo e isomerización controlada por la matriz de alúmina y el balance Cl-OH

La DRX se utiliza para constatar si se mantiene la fase inicial de Gamma-alúmina o si ocurre alguna transición de la misma al identificar otras fases de alúmina como Theta y Alfa, Figura 4. En el mismo

difractograma se indica el máximo de difracción donde se detecta la posible aglomeración de platino (Pt) en cristales con tamaños mayores de 3,5 nm y la posible aleación del Pt con otros metales (UOP Method 905-08). La técnica de DRX tiene la ventaja frente a otras técnicas de detectar a relativa baja concentración las transiciones de fases cristalinas que pueden ocurrir en compuestos, por ejemplo, en este caso con la Gamma-alúmina.

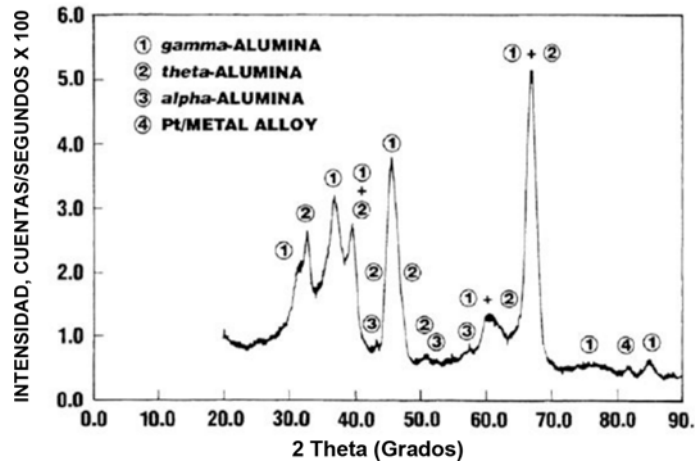


Figura 4. Difractograma que contiene las fases cristalinas de Gamma, Theta, Alfa - alúmina y Pt/Aleación

En la caracterización de éste catalizador se ejecutan dos difracciones, una en el rango donde aparece el patrón de la Gamma-alúmina con la posible fases de transición Theta y Alfa; y otra difracción en el rango donde puede aparecer el máximo de difracción para la aglomeración de platino (Pt) en cristales con tamaños mayores de 3,5 nm y la posible aleación del Pt con otros metales, como puede observarse en la Figura 5.

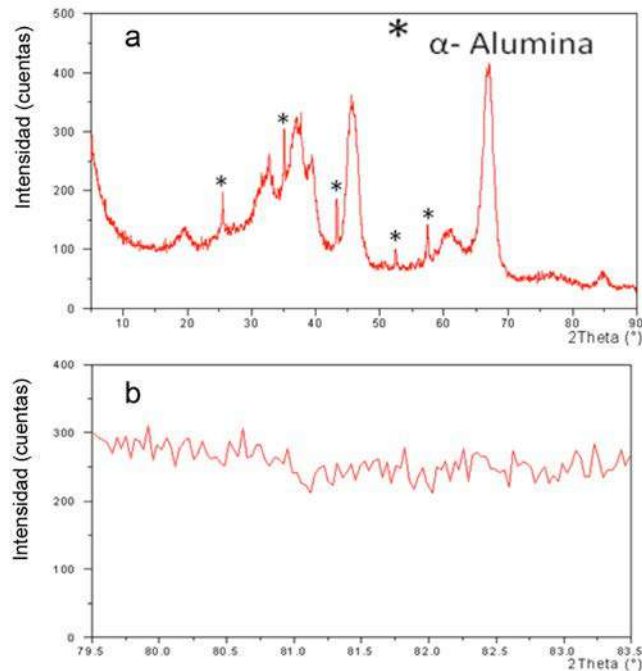


Figura 5. Difractogramas (a) Fases cristalinas identificadas Gamma y Alfa -alúmina y (b) Detección de Pt cristalino aglomerado (No detectado)



En la técnica de EDXRF, el tubo de rayos X actúa como fuente que irradia una muestra directamente y la fluorescencia procedente de ella se mide con un detector de dispersión de energía. Este detector es capaz de medir las diferentes energías de la radiación característica que proviene directamente de la muestra. El detector puede separar la radiación procedente de la muestra en la radiación de los diferentes elementos presentes en ella. La técnica puede medir concentraciones que van desde decenas de ppm a %. Como los metales Pt y Sn intervienen en las reacciones de hidrogenación/des-hidrogenación y el cloro proporciona la acidez tipo Lewis necesaria para mantener y aumentar la actividad catalítica de la alúmina, es necesario conocer sus concentraciones en dicho catalizador, por ello se utiliza para cuantificar los elementos platino (Pt), estaño (Sn) y cloro (Cl) que en general se presentan en concentraciones que van desde 0,05 % a 0,2 %.

#### REFERENCIAS

ASTM D 3942-03 Standard Test Method for Determination of the Unit Cell Dimension of Faujasite-Type Zeolite. 2003 PA, USA.

DIAZ DE DELGADO, G. DELGADO, J. Simetría y Difracción en Cristales, Mérida, Venezuela, 2014, p. 28

AQUINO, L. Curso Refinación de Petróleo, PDVSA Intevep 2008.

UOP Method 905-08 Platinum Agglomeration by X-Ray Diffraction.

**EVALUACIONES ECOTOXICOLÓGICAS EN LA INDUSTRIA DE LOS HIDROCARBUROS**  
**ECOTOXICOLOGICAL EVALUATIONS IN THE OIL INDUSTRY**

Carolina T. Peña C.  
Gerencia Funcional de Ambiente, PDVSA Intevep  
penact@pdvsa.com

**ALCANCE**

Los efectos que las sustancias tienen sobre la naturaleza pueden manifestarse en diferentes niveles, desde estructuras celulares hasta organismos y ecosistemas, lo cual es el objeto de estudio de la Ecotoxicología. Las evaluaciones ecotoxicológicas se realizan a través de bioensayos en los cuales se pone en contacto una sustancia con un organismo vivo. A lo largo de la cadena de valor de la industria del petróleo se utilizan distintas sustancias y productos y se generan desechos a los cuales se les aplica este tipo de evaluación. Los resultados se expresan en concentraciones letales o efecto y junto con la persistencia y la movilidad deben registrarse en las hojas de seguridad, también sirven para elaborar planes de manejo y definir la disposición final de desechos peligrosos, descarga de efluentes y establecer límites y criterios de la legislación ambiental.

**Palabras claves:** Ecotoxicología, bioensayos, concentraciones letales, industria petrolera.

**ABSTRACT**

The effects of substances on nature can occur at different levels, from cellular structures to organisms and ecosystems and this is known as the study of the Ecotoxicology. Ecotoxicological evaluations are performed through bioassays in which a substance comes in contact with a living organism. Along the oil industry's value chain, different substances and products are used and also different wastes are generated being this type of evaluation applied to all of those substances. Results are expressed in lethal and effect concentrations and together with persistence and mobility must be registered in the material safety data sheets. Also, can be used to elaborate management plans and define hazardous wastes final disposal, effluent discharges and to establish environmental legislation limits and criteria.

**Keywords:** *Ecotoxicology, bioassays, lethal concentrations, oil industry.*

**APLICABILIDAD**

La Ecotoxicología estudia el efecto de las sustancias químicas sobre los organismos vivos y se apoya en disciplinas como la Ecología, Química, Toxicología, Bioquímica, Biotecnología, Microbiología, y la Estadística. Una evaluación ecotoxicológica se lleva a cabo a través de una batería de ensayos (bioensayos) en los que se pone en contacto una sustancia de prueba, ya sea esta un producto o formulación nueva o un desecho con un organismo vivo. Los bioensayos se definen y ejecutan preferiblemente tomando en consideración a los ecosistemas en los cuales estas sustancias serán utilizadas, almacenadas o dispuestas, en resumen donde se realizará la operación.

Los resultados de las evaluaciones ecotoxicológicas se deben incluir en las hojas de seguridad de los productos comerciales, ya que en estos documentos se describen los peligros en el uso de una sustancia o producto y se suministra información sobre manipulación, transporte, almacenamiento, disposición final, protección personal y manejo de emergencias por derrames, explosión e incendios.

Allí se deben mostrar los resultados de las concentraciones letales ( $CL_{50}$ ) y concentraciones efecto ( $CE_{50}$ ) por cada organismo de prueba o bioindicador, junto con la persistencia y la movilidad, lo que permite aplicar un manejo adecuado de cada sustancia de acuerdo al ecosistema potencialmente afectado. Por esta razón, esta información es importante en la elaboración de planes de contingencia y manejo de los productos ante eventos no deseados.

En el caso de la disposición final de desechos peligrosos y la descarga de efluentes, estos resultados indican si la sustancia cumple con los límites establecidos en la legislación ambiental o si requieren de tratamiento previo a la descarga, de manera que el manejo se aplique con mínima afectación al ambiente.

Una vez determinada la toxicidad de las sustancias, se pueden establecer las concentraciones potencialmente dañinas y limitar mediante la legislación la cantidad de estas sustancias que se puede liberar al ambiente. Allí es cuando la evaluación ecotoxicológica sirve de base en la definición de los límites y criterios. El conjunto de normas que regulan las sustancias químicas en el ambiente contempla distintas situaciones: descargas de efluentes, disposición de desechos peligrosos, aplicación deliberada de compuestos químicos, sitios contaminados, registro y clasificación de productos químicos, entre otros (Planes y Fuchs 2015).

Venezuela se encuentra entre los países con mayor diversidad biológica del mundo y las actividades petroleras se encuentran inmersas en diferentes matrices de paisaje y ecosistemas en gran parte del territorio nacional. En toda la cadena de valor de la industria petrolera y gasífera, desde la exploración, pasando por la producción, refinación, transporte y comercialización, se utilizan distintas sustancias y se generan desechos de diversa naturaleza. Por esta razón, PDVSA Intevep ha consolidado el Laboratorio de Ecotoxicología, dando apoyo a las operaciones de PDVSA. En la generación de productos tecnológicos, se debe considerar este tipo de evaluaciones como parte del proceso de investigación y desarrollo. De esta forma, desde la generación del concepto y la planificación de una nueva tecnología, se contemplan elementos clave para el uso de los recursos naturales y la gestión ambiental, pudiendo iniciarse la evaluación ecotoxicológica de los productos a partir de la validación teórica y experimental en las escalas de laboratorio y banco (Figura 1).



Figura 1. Metodología para el proceso de investigación y desarrollo de los productos tecnológicos de PDVSA Intevep

Las evaluaciones ecotoxicológicas están incluidas en la legislación nacional. Se cuenta con un conjunto de instrumentos en materia ambiental que cubren la mayor parte de los aspectos para todo el desarrollo organizado del país. Entre las leyes y reglamentos nacionales podemos resaltar, desde la Constitución de la República Bolivariana, donde se establecen los derechos ambientales (1999); la Ley Plan de la Patria 2019-2025 que contiene el Gran Objetivo Histórico N° 5, referido a contribuir con la preservación de la vida en el planeta y la salvación de la especie humana; la Ley Orgánica del

Ambiente (2006), que explica los principios de la gestión del ambiente y el control ambiental sobre actividades capaces de degradar el ambiente; el Decreto 2635 (1998) sobre las Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos, donde se define a la toxicidad como una de las características de peligrosidad y aunado a esto, en el artículo 56 de esta norma, se establece que la autoridad ambiental podrá exigir como medida de monitoreo y control pruebas de toxicidad empleando bioindicadores acuáticos o terrestres. Así mismo, el artículo 139 indica que “todo generador y manejador de materiales peligrosos recuperables y desechos peligrosos debe conocer las características peligrosas que presentan y el nivel de riesgo que conlleva su manejo, para establecer las medidas de prevención y de respuesta acordes...”

El Laboratorio de Ecotoxicología de la Gerencia Funcional de Ambiente fue creado en los años 1990 y desde esos momentos se ha evaluado un número importante de sustancias tales como: nuevas formulaciones o productos tecnológicos, fluidos de perforación, suministros para el mejoramiento, lubricantes, desechos (fondos de tanque, materiales impregnados de hidrocarburos), subproductos como el coque de petróleo, desechos de refinerías y efluentes, entre otros. Cabe mencionar que dentro de la industria petrolera venezolana no existe otro laboratorio con estas funciones.

### REFERENCIAS

AMERICAN SOCIETY OF TEST AND MATERIALS (ASTM). Standard Practice for Aquatic Toxicity Testing of Lubricants: Sample Preparation and Results Interpretation<sup>1</sup>. Designation ASTM D6081 – 98. 2014.

AMERICAN SOCIETY OF TEST AND MATERIALS (ASTM). Standard guide for conducting acute toxicity tests on test materials with fishes, macroinvertebrates, and amphibians. Designation ASTM E729 – 96. 2014.

CARRIQUIRIBORDE, P. Introducción a la Ecotoxicología. En: CARRIQUIRIBORDE, P. Principios de Ecotoxicología. Libros de Cátedra, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de la Plata. Editorial de la UNLP. 2021. p. 10-25. Buenos Aires, Argentina.

CASTAÑEDO, Z.A., *et al.* Bioensayo de toxicidad aguda en tres biomodelos utilizando compuestos de referencia. *Rev. Toxicol.* (2019) 36: 128- 133.

GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA, N° 5245 Extraordinaria Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos. Decreto N° 2635, 1998.

GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA, No 36.860 Extraordinaria, Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, 2000.

GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA, N° 5833 Extraordinaria, Ley Orgánica del Ambiente, 2006.

GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA, N° 6442 Extraordinaria, Ley Constituyente del Plan de la Patria, Proyecto Nacional Simón Bolívar, Tercer Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2019-2025.2019.

GROUP OF EXPERTS ON THE SCIENTIFIC ASPECTS OF MARINE ENVIRONMENTAL PROTECTION (GESAMP) (Ed). The revised GESAMP Hazard evaluation procedure for chemical substances carried by ships. Reporte N° 64. 2002. Londres. p. 39

International Organization for Standardization (ISO). Water quality – Marine algal growth inhibition test with *Skeletonema costatum* and *Phaeodactylum tricornutum*. N° 10253: 2006, p. 12.

LYNCH, J.M.; WISEMAN, A. y DE LEIJ, F.A.A.M. Ecotoxicology. Enciclopedia of Biodiversity, Volume 2, 2001. p. 363 – 373.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Guideline for Testing of Chemicals. Earthworm, acute toxicity test. N° 207 (1984) p. 9.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Terrestrial Plant Test: 208: Seedling Emergence and Seedling Growth Test (2003) p. 19.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). *Daphnia* sp., Acute Immobilization Test and Reproduction Test. N° 202, 1984, p. 16.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Freshwater Alga and Cyanobacteria, Growth Inhibition Test. N° 201, 2011, p. 25.

PELUSO, L. Bioensayos de toxicidad. En: CARRIQUIRIBORDE, P. Principios de Ecotoxicología. Libros de Cátedra, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de la Plata. Editorial de la UNLP. 2021, p.268-290. Buenos Aires, Argentina.

PLANES, E. y FUCHS, J. Cuáles son los aportes de la ecotoxicología a las regulaciones ambientales. Ciencia e Investigación - Tomo 65 N° 2 – 2015. p. 45-62.

RAMIREZ, R. y MENDOZA C. Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) e Instituto Nacional de Ecología. 2008. p. 5 – 13.

RONCO, A., DIAZ, B., PICA, G. Conceptos Generales. En: CASTILLO MORALES, G. (ed.) Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. México: IMTA, 2004. p. 17 – 22.

STEPHAN, C. Methods for calculating and LC50. En: American Society for Testing and Materials. Aquatic toxicology and hazard evaluation. Meyer, F. y Hamelink, J. (Eds.) ASTM STP 534. 1977. Philadelphia.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, EPA-823-B-01-002, 2001, p. 208.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). OPPTS 850.1075 Fish Acute Toxicity Test, Freshwater and Marine. EPA/712C96118, 1996, p. 11.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Trimmer Spearman-Kärber (TSK) program version 1.5. EPA, Ecological Monitoring Research Division, EPA Environmental Monitoring Systems Laboratory. Ohio, EUA. 1993. p. 22.

WALKER, C.H., HOPKIN, S.P., SIBLY, R.M. y PEAKALL, D.B. Principles of Ecotoxicology. 2ª Ed. Taylor & Francis Ltd. 2001. p. 309.

## MÉTODOS DE ENSAYO

Los efectos de las sustancias en la naturaleza pueden manifestarse en diferentes niveles, desde estructuras celulares o sistemas de enzimas, hasta organismos, poblaciones, comunidades y ecosistemas. Esto conlleva a una manifiesta complejidad, ya que cada nivel posee sus propias propiedades emergentes, características que son únicas de ese nivel y que no se pueden evaluar en niveles inferiores o superiores, con tiempos de respuesta y escala espacial distintas, tal como se observa en la Figura 2.

Una sustancia puede ser tóxica cuando produce daños o cambios bioquímicos o fisiológicos con efectos adversos, que afectan las tasas de natalidad, crecimiento y mortalidad de los organismos en el ambiente. De esta forma, la toxicidad de una sustancia va a depender de la combinación de factores, tales como la naturaleza y la concentración de la sustancia, la duración y la frecuencia de la exposición y las características del ciclo de vida, junto con los límites de tolerancia de los organismos expuestos y el tipo de matriz en la cual vive el organismo. La toxicidad va a conformar una propiedad relativa que refleja el potencial de una sustancia química para tener un efecto perjudicial sobre un organismo vivo. Es importante entender que “toda materia, energía o combinación de estas, de origen natural o antrópico, que al liberarse o actuar sobre la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier otro elemento del ambiente, altere o modifique su composición natural o la degrade” es considerada un contaminante (Ley Orgánica del Ambiente 2006). Por ello, para definir las características de peligrosidad y toxicidad de una sustancia o desecho se debe diseñar y aplicar una evaluación ecotoxicológica de forma tal que se elaboren planes de manejo que conlleven a minimizar los impactos en el ambiente y la salud humana.

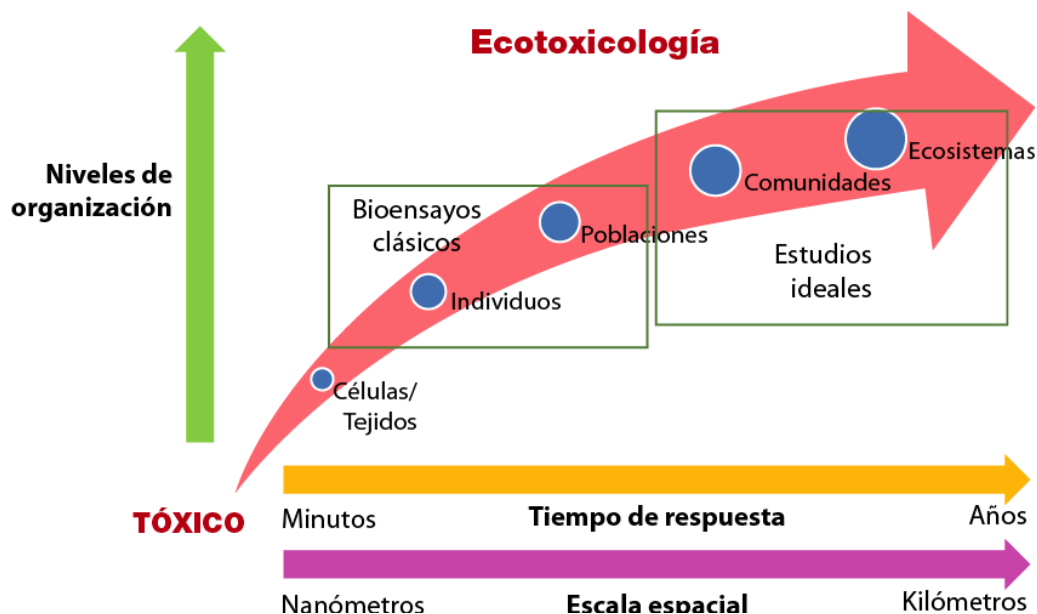


Figura 2. Complejidad de análisis de los niveles de organización jerárquicos en la Ecotoxicología (modificado de Carriquirborde, 2021)

¿Cómo se planifica la evaluación ecotoxicológica?

Las evaluaciones se realizan previas a la liberación de los productos al ambiente para determinar el efecto y destino de agentes potencialmente tóxicos a los ecosistemas ya sean acuáticos o terrestres (Castañedo *et. al.* 2019). Por ello en cuanto se identifica la necesidad de conocer las características

de toxicidad de una sustancia, formulación, producto o desecho para su disposición final, se construye un diseño experimental. El desarrollo de los ensayos puede durar de semanas a meses, dependiendo del número de ensayos, la disponibilidad de los organismos y el cumplimiento de los criterios de aceptación. Finalmente, se genera un documento técnico contentivo de los resultados y recomendaciones.

### **MUESTRAS**

Todas las sustancias ya sean sólidas, líquidas o gaseosas, con matrices de diferente naturaleza, son susceptibles de ser evaluadas, ya que pueden afectar los ecosistemas al entrar en contacto con alguno de los elementos que los conforman. Las muestras pueden ser: nuevas formulaciones o productos tecnológicos para recuperación mejorada, fluidos de perforación, lubricantes, desechos (fondos de tanque, materiales impregnados de hidrocarburos), combustibles, catalizadores, subproductos como el coque de petróleo, desechos de refinerías y efluentes, entre otros.

### **PROCEDIMIENTOS**

En los bioensayos se puede usar un tejido vivo, un organismo, o un grupo de organismos. Consisten en la exposición de organismos a concentraciones conocidas de la sustancia a evaluar por un tiempo y condiciones determinadas. Los organismos deben estar en buenas condiciones de salud, previamente aclimatados a las condiciones del laboratorio y se mantienen en condiciones ambientales constantes. Además, en cada ensayo se dispone de grupos control, que no se exponen a la sustancia a evaluar y concomitantemente se mantienen en las mismas condiciones. Transcurrido el tiempo necesario para cada bioensayo, se miden y registran los efectos observados en cada uno de los grupos expuestos y en el grupo control. Posteriormente, se efectúa un análisis estadístico de los datos obtenidos para generar los resultados. Así mismo, se aplican ensayos con sustancias de referencia para conocer si se mantienen las condiciones de los organismos en el laboratorio y si los resultados concuerdan con las referencias publicadas en las normas internacionales o por otros investigadores.

Los bioensayos pueden considerarse agudos cuando son pruebas de corta duración con el objetivo de medir el efecto de las sustancias sobre los organismos durante un período corto de su ciclo de vida. Generalmente, la respuesta o efecto es medido en términos de mortalidad. En cambio, en los ensayos crónicos la respuesta se mide en términos de crecimiento y reproducción (Ronco *et. al.* 2004). También se pueden incluir pruebas subletales en las que se evalúan parámetros como el crecimiento, la reproducción y otros indicadores (Peluso 2021).

Cuando la sustancia de prueba se utiliza en ambientes terrestres, se realizan bioensayos con organismos terrestres, como semillas, lombrices de tierra e insectos (Figura 3), de manera que en el laboratorio se llevan a cabo ensayos que se asemejan a las situaciones que se presentan en la naturaleza. Esto de forma estandarizada, siguiendo protocolos diseñados para tal fin, presentados en normas internacionales. En el caso de sustancias a emplear en ambientes de agua dulce o marinos se dispone de organismos acuáticos como microalgas, zooplancton, camarones, peces, entre otros (Figura 4).



Bioensayos con semillas

Tiempo de exposición  
120 horas

Bioensayos con lombrices de tierra

Tiempo de exposición  
72 horas



Figura 3. Vista de algunos bioensayos con organismos terrestres aplicados en evaluaciones ecotoxicológicas en PDVSA Intevep

Es necesario comprender la importancia de la selección de los bioindicadores y biomarcadores. Los bioindicadores corresponden a los organismos utilizados para detectar los efectos de las sustancias sobre los individuos, poblaciones, comunidades o ecosistemas (Lynch *et. al.* 2001). Mientras que un biomarcador se entiende como la medida de la respuesta biológica o fisiológica ante una sustancia por parte de individuos o sus productos de excreción, mostrando una desviación del estado normal (Walker *et. al.* 2001).



Bioensayos con microalgas

Tiempo de exposición  
72 horas

Bioensayos con camarones o peces

Tiempo de exposición  
96 horas



Figura 4. Vista de algunos bioensayos con organismos acuáticos aplicados en evaluaciones ecotoxicológicas en PDVSA Intevep



## NORMAS

Para el diseño de una evaluación ecotoxicológica y el desarrollo de cada uno de los bioensayos se utilizan diferentes normas internacionales con algunas adaptaciones a las condiciones particulares de nuestro país. Como todo laboratorio, es necesario una validación interna para asegurar resultados con reproducibilidad, Desde el inicio de cada bioensayo se debe preparar la muestra de manera que esté disponible para el contacto con los bioindicadores en las concentraciones contempladas y permita obtener los valores de la concentración a la cual se observa un efecto sobre los organismos. Entre las metodologías empleadas para ello, tenemos la norma ASTM D6081 (2014) sobre la preparación de la muestra e interpretación de resultados en pruebas de toxicidad acuática de lubricantes y el manual técnico sobre los métodos de recolección, almacenamiento y manipulación de sedimentos para análisis químicos y toxicológicos (EPA-823-B-01-002 2001).

Debido a que una sola especie no puede reflejar adecuadamente los efectos producidos por los contaminantes sobre toda la biota del ecosistema en estudio, se utilizan varias especies de prueba que generalmente representan diferentes niveles tróficos para tratar de reflejarla situación ambiental de la manera más realista posible. En este sentido, la selección de los bioensayos toma en consideración factores como la disponibilidad, mantenimiento, representatividad ecológica y sensibilidad de los organismos, tiempo máximo de desarrollo, condiciones ambientales, entre otras (Ramírez y Mendoza 2008).

Entre los bioensayos utilizados actualmente por el Laboratorio de Ecotoxicología de PDVSA Intevap tenemos los enumerados en la Tabla 1. Cabe mencionar que se utilizan organismos que se encuentran comúnmente en ecosistemas venezolanos.

Durante el desarrollo de la evaluación ecotoxicológica se deben cumplir criterios de aceptación de los resultados, los cuales suelen ser específicos para cada bioensayo. En general, deben mantenerse las condiciones ambientales en los ensayos, por ejemplo: la temperatura, el pH y oxígeno disuelto del medio. Así mismo, la respuesta de los controles (organismos que no estuvieron en contacto con la sustancia de prueba) debe estar dentro de un rango definido. De no cumplir con estos criterios los bioensayos deberán repetirse hasta obtener las condiciones mínimas requeridas.

Tabla 1. Normas internacionales utilizadas para el desarrollo de bioensayos para evaluaciones ecotoxicológicas

NORMA	BIOENSAYO
OECD/207	Determinación de toxicidad aguda empleando el método del papel de filtro con la lombriz de tierra <i>Eisenia foetida</i>
OECD/208	Determinación de toxicidad crónica mediante la prueba de germinación de plantas terrestres
ASTM/ E729 – 96	Determinación de toxicidad aguda con el camarón marino: <i>Litopenaeus vannamei</i>
ISO/10253	Determinación de toxicidad crónica con microalgas marinas
OECD/202	Determinación de toxicidad aguda mediante la prueba de mortalidad o inmovilización de <i>Daphnia magna</i> , <i>D. pulex</i>
OECD/201	Determinación de toxicidad crónica con microalgas de agua dulce
EPA/712C96118	Determinación de toxicidad aguda con el pez de agua dulce <i>Poecilia reticulata</i>

## CÁLCULOS Y REPORTE

Los parámetros ecotoxicológicos comúnmente utilizados se calculan a partir de las curvas de concentración-respuesta (C-R). Se tienen la concentración letal media ( $CL_{50}$ ) y la de efecto media ( $CE_{50}$ ), con referencia a la concentración letal o de efecto para el 50% de los organismos expuestos. La  $CL_{50}$  tiene una mayor utilidad si se obtienen parámetros tales como los intervalos de confianza al 95% y la pendiente de la curva C-R. La NOEC (concentración de efecto no observado) es la concentración más alta en la que no hay una diferencia significativa con respecto al tratamiento control. La LOEC (concentración de efecto más baja observada) es la concentración más baja en la que hay una diferencia significativa con respecto al tratamiento control. La determinación del resultado final se obtiene de la aplicación de pruebas estadísticas. Finalmente, analizando los resultados de las  $CL_{50}$  y  $CE_{50}$  se define si la sustancia es tóxica o no de acuerdo a criterios estandarizados. Por ejemplo, para ensayos sobre organismos acuáticos se toma como referencia la escala del Grupo de Expertos para la Protección del Ambiente Marino de las Naciones Unidas (GESAMP 2002).

## ESTADÍSTICA

La determinación del resultado final se obtiene de la aplicación de pruebas estadísticas, en las que se observa el ajuste de la curva al modelo matemático, tales como Probit, Logit, Sperman- Karber, entre otras. Para ello se utilizan programas como el TSK y LC50 (Stephan 1977, USEPA 1993).

**MODELO PARA LA GESTIÓN DE INTEGRIDAD DE TUBERÍAS CONSIDERANDO EL PROCESO DE DEGRADACIÓN POR CORROSIÓN INTERNA****PIPELINE INTEGRITY MANAGEMENT MODEL CONSIDERING INTERNAL CORROSION DEGRADATION PROCESS**

Carlos J. Sánchez V.\* y Yobiris C. Rigual S.  
Gerencia departamental Materiales y confiabilidad  
\*sanchezcjh@pdvsa.com

**RESUMEN**

Se desarrolló una metodología para la evaluación de integridad de sistema de tuberías basada en la aplicación de la teoría de confiabilidad estructural y diseño a través de estados límite con enfoque probabilístico. Se aplicó a un gasoducto de acero al carbono API 5L grado X52 de 45 km de longitud y 12 pulgadas de diámetro, considerando corrosión interna como fenómeno principal de degradación. Los resultados indicaron las zonas críticas de corrosión, un mecanismo predominante de corrosión por CO<sub>2</sub> y el riesgo del activo, lo cual permite definir acciones de inspección, mantenimiento y control de degradación.

**Palabras claves:** integridad de tubería, gestión, aseguramiento de flujo, corrosión, confiabilidad.

**ABSTRACT**

A methodology for pipeline system integrity assessment was developed based on the application of structural reliability theory and design through boundary states with probabilistic approach. That was applied to an API 5L grade X52 carbon steel pipeline with 45 km in length and 12 inches in diameter, considering internal corrosion as the main degradation phenomenon. The results indicated critical areas of corrosion, a predominant mechanism of corrosion by CO<sub>2</sub> and the risk of the asset, which allows to define actions of inspection, maintenance and control of degradation.

**Keywords:** pipe integrity, management, flow assurance, corrosion, reliability.

**INTRODUCCIÓN**

El uso de tuberías permite el transporte de crudo y gas a largas distancias, en muchos casos, cercanos a espacios urbanos, zonas industriales, agropecuarias o ecosistemas frágiles, donde es imperativo prevenir fallas en estos componentes. La implantación de un programa de integridad de activos permite el control de riesgo requerido para la preservación de las instalaciones asociadas, evitando producción diferida, impacto ambiental y a personas. Debido a lo antes expuesto, surge la necesidad de desarrollar y aplicar una metodología propia para el manejo de integridad de este activo basada en la teoría de confiabilidad estructural y diseño a través de estados límite para concebir un enfoque probabilístico, con la finalidad de establecer los límites de operatividad de la tubería y visualizar los beneficios de las mitigaciones en la probabilidad de falla.

**MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS**

La evaluación de integridad de sistema de tuberías basada en la aplicación de la teoría de confiabilidad estructural y diseño con enfoque probabilístico para la toma oportuna de decisiones se realizó mediante el diseño de una metodología constituida por cuatro etapas: 1) Filosofía de aseguramiento de flujo, 2) Evaluación de fenómenos de corrosión, 3) Análisis de confiabilidad y riesgo y 4) Opciones

tecnológicas (Figura 1). Como caso estudio, se realizó la aplicación de esta metodología a un gasoducto de PDVSA que maneja 34,8 MMPCD de gas con dos años de servicio que posee un sistema de protección catódica y revestimiento externo, lo cual asegura su integridad externa. Con la finalidad de considerar como proceso principal de degradación interna la corrosión, los cálculos y pruebas realizadas no contemplaron dosificación de inhibidores de corrosión. El gasoducto consiste en una línea de 45 km de longitud y 12 pulgadas de diámetro fabricada en acero al carbono API 5L Grado X52 (Resistencia mecánica (UTS) 66,7 ksi y a la fluencia (YTS) 52,2ksi) Sch STD (Espesor 0,375 pulgadas).



**Figura 1. Secuencia de análisis general aplicado en la metodología de integridad de tuberías considerando el proceso de degradación por corrosión interna**

La evaluación del gasoducto por la filosofía de aseguramiento de flujo se realizó mediante la simulación fluidodinámica utilizando el programa comercial OLGA Flow Assurance. Para ello, se utilizaron como datos de entrada la composición del fluido: metano, butano, propano,  $C_5+$   $CO_2$ ,  $H_2S$ , nitrógeno, el análisis del condensado, % AyS, contenido de cloruros, hierro, sulfuros, carbonatos, pH y topografía de la línea. Para la simulación, se utilizaron como condiciones los valores de caudal de gas, líquido y temperatura ( $Q_{gas}$ ,  $Q_{liq}$ , T) a la entrada y presión a la salida de la línea.

A partir de los resultados obtenidos del estudio fluidodinámico se realizaron los cálculos basados en el modelo de Norsok M-506, para la estimación de corrosión y de mecanismos de corrosión predominante (Kermani 2006), obteniendo valores de corrosión a lo largo de la línea. Este modelo utiliza como datos de entrada los valores de velocidades superficiales del fluido, presión total, temperatura,  $PpCO_2$  y  $PpH_2S$ , en función de la posición en la tubería, obtenidos por simulación; así como los datos de cloruros, hierro, sulfuros, carbonatos, pH y sólidos suspendidos. Para validar la estrategia de análisis establecida, se realizó una prueba de campo de velocidad de corrosión utilizando un dispositivo desarrollado por PDVSA Intevep denominado Sistema de Evaluación de Corrosión en Línea (SECLI) y validado en pruebas preliminares (Rigual 2004) que se basa en el principio de pérdida de masa, esto permite comparar el orden de magnitud de las velocidades de corrosión obtenidas por simulación con las obtenidas en campo.

Mediante la integración de los datos obtenidos de aseguramiento de flujo, mecanismo de daño por corrosión predominante y velocidades de corrosión con las características del sistema (Año de fabricación, espesor de la tubería, diámetro del material y grado de tubería), se realizó el análisis de probabilidad de falla, riesgo y confiabilidad del sistema mediante la aplicación del análisis de defectos por corrosión en tuberías, predicción de falla según Código ASME B31G, Norma DNV-

RP-F101 y método de Montecarlo. Los resultados obtenidos aportan los datos necesarios para el planteamiento de estrategias para la inspección y mantenimiento de la línea.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación del gasoducto por la filosofía de aseguramiento de flujo permitió conocer la variación de los patrones de flujo (estratificado y tipo Bache o *Slug*), las zonas con acumulación de líquidos (hasta 24 % de *holdup*) a lo largo del gasoducto y determinar que aproximadamente 2,8 km (6,22 % de la longitud total) son zonas susceptibles a daños por corrosión a lo largo de los 45 km de longitud del gasoducto evaluado (Figura 2).

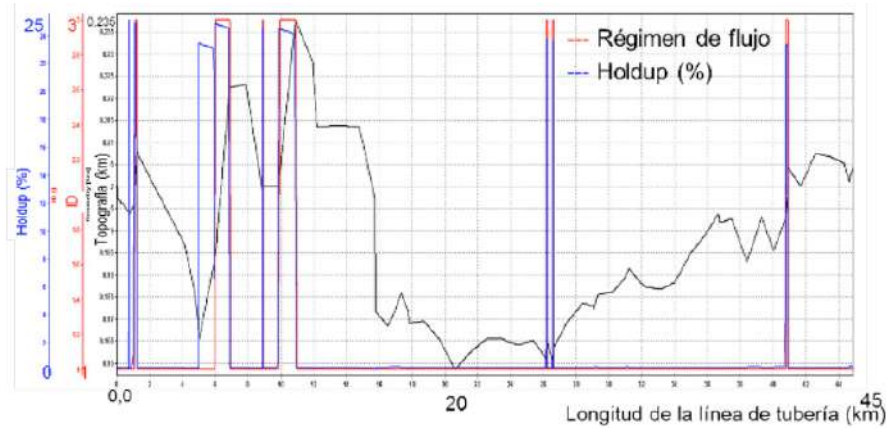


Figura 2. Resultados de la variación de presión P, temperatura T y patrones de flujo a lo largo del perfil de tubería

A partir de las características del fluido y cálculos basados en el método Norsok M-506, se estimó que la máxima velocidad de corrosión en el gasoducto evaluado es de 0,384 mm/a (15,3 mpy), la cual fue validada en orden de magnitud a partir de los datos obtenidos del ensayo de campo de corrosión por pérdida de peso realizada en un carrito que permite definirla por posición dentro de la línea (Figura 3).

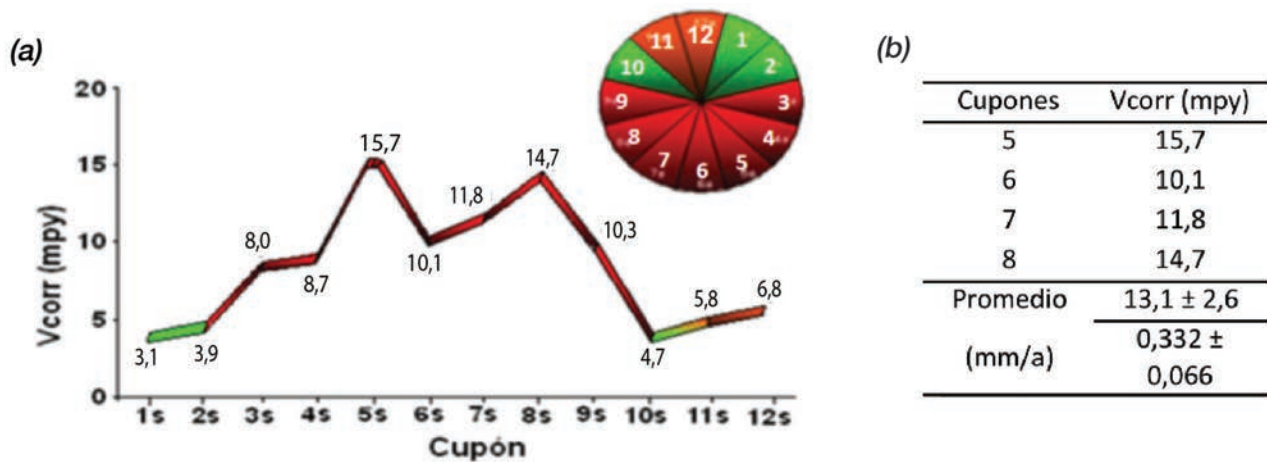


Figura 3. Velocidad de corrosión obtenida por pruebas de campo de corrosión por pérdida de peso distribución en función de la posición horaria (a), valores críticos (b)

El análisis de riesgo permitió establecer que para los 10 primeros años de servicio, el activo puede operar con un riesgo de moderado a bajo. La condición de riesgo aumenta de moderado a alto para los años 10 al 14 de servicio y finalmente la condición de riesgo es alto para 14 a 18 años de servicio (Figura 4). La estimación de vida remanente es función de las premisas seleccionadas (criterios contenidos en normas) (Tabla 1).

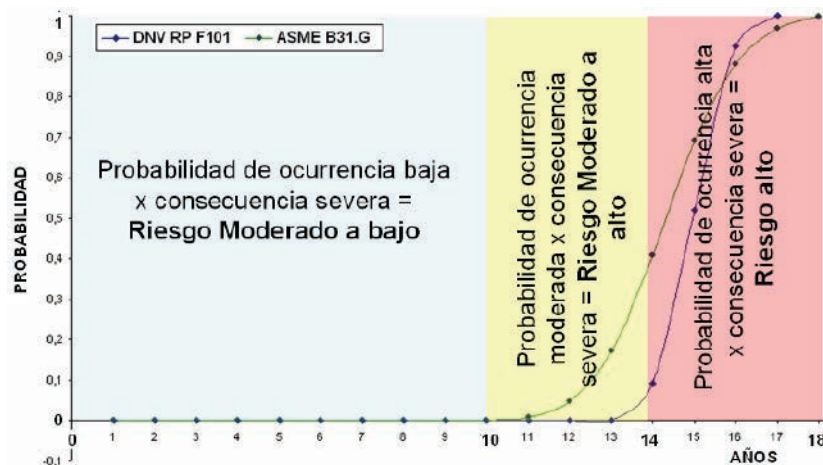


Figura 4. Probabilidad de falla y análisis de riesgo del caso estudio (gasoducto 12 pulgadas)

Tabla 1. Utilidad de aplicación de la metodología

Métodos de diseños	Normas y Códigos	Premisas	Año posible de falla
Convencional Determinístico	ASME B31.8	Fs = 2 PD = 1100 psi Vcorr = 5 mpy 20 años de utilidad	7 años pérdida de espesor de corrosión
Determinístico	ASME B31G DNV RP F101	PO= 720 psi Pf , t <sub>mm</sub> Vcorr = 15,3 mpy	15
Probabilístico	API 5L	t = tn ± 4%	11
	ASME B31G	PO= 720 psi	ASME B31G
	DNV RP F101 Monte Carlo	Pf , t <sub>mm</sub> Vcorr =15,3mpy	14 DNV RP F101

Finalmente, los resultados validan la metodología planteada, ya que aportan los datos que permiten estimar el desempeño de una tubería en condiciones específicas. Con ello, se establecen planes de inspección y mantenimiento y se definen los métodos de control de corrosión, que para este caso, considerando los resultados fluidodinámicos y el mecanismo de corrosión predominante de corrosión por CO<sub>2</sub>, corroboró la importancia de mantener la aplicación de inhibidores de corrosión como método de control de degradación interna.

## CONCLUSIONES

Se desarrolló una metodología para gestión de integridad de tuberías considerando corrosión interna, para transporte de hidrocarburos que puede ser utilizada en las diferentes etapas de ingeniería, diseño, gestión del plan de mantenimiento, reparación y adecuación al servicio.

La evaluación por la filosofía de aseguramiento de flujo permite conocer la variación de los patrones de flujo (estratificado y tipo bache o *Slug*), zonas con acumulación de líquidos (*holdup*) a lo largo de la línea de transporte y determinar las zonas susceptibles a daños por corrosión a lo largo del perfil de tubería evaluado.

La metodología de integridad de tuberías diseñada y aplicada permite realizar el análisis de riesgo y establecer los años de servicio en los que el activo puede operar con un riesgo moderado a bajo, recomendando realizar una inspección por herramienta instrumentada para recalificar la condición estructural. Cuando la aplicación de esta metodología establece riesgo moderado a alto y las condiciones de mantenimiento son críticas, se pueden visualizar opciones tecnológicas en inspección o de sustitución de tuberías.

## REFERENCIAS

ASME B31.8 INTERPRETATIONS VOLUME 16. Replies to Technical Inquiries. American Society of Mechanical Engineers, USA, 2012.

ASME B31.8S. Managing System Integrity of Gas Pipelines. American Society of Mechanical Engineers, USA, 2010.

API SPECIFICATION 5L. Specification for Line Pipe. American Petroleum Institute, USA, 2013.

API 570. Piping Inspector Program. American Petroleum Institute, USA, 2011.

API RECOMMENDED PRACTICE 571. Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry. American Petroleum Institute, USA, 2011.

API 579-1/ASME FFS-1. Fitness - For - Service. American Petroleum Institute, USA, 2007.

DNV-OS-101 Offshore Standard, Submarine Pipeline Systems, Det Norske Veritas, Noruega, 2000.

KERMANI, B. MARTIN, J. y ESAKLUL, K. "Materials Design Strategy: Effects of H<sub>2</sub>S/CO<sub>2</sub> Corrosion on Materials Selection", Corrosion NACEExpo 2006 of Corrosion Publication, N° 06121. pp. 4-5.

RIGUAL, Y. HERNANDEZ, S. y BIOMORGI, J. (2004). New device for corrosion monitoring and flow effect evaluation in oil field. EUROCORR 2004 - European Corrosion Conference: Long Term Prediction and Modelling of Corrosion.

## ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE UN ECOSISTEMA DE MANGLAR AFECTADO POR UN DERRAME DE HIDROCARBUROS MEDIANTE EL USO DE IMÁGENES SATELITALES

### MULTI-TEMPORAL ANALYSIS OF A MANGROVE ECOSYSTEM AFFECTED BY OIL SPILL BY USING SATELLITE IMAGES

Alexander E. Tejada G.  
Gerencia Funcional de Ambiente, PDVSA Intevep  
tejadaa@pdvsa.com

#### RESUMEN

En el área de la geomática, los datos obtenidos mediante sensores remotos y en particular las imágenes de observación de la tierra, han sido una novísima alternativa para detectar de manera automatizada los cambios ocurridos en un período y en un determinado espacio geográfico. El presente documento expone los resultados de un análisis multitemporal realizado mediante el empleo de imágenes satelitales de un ecosistema afectado por un derrame de hidrocarburos en el Parque Nacional Morrocoy. Se aplicó la técnica de detección de cambios de la cobertura vegetal para evidenciar potenciales cambios en el ecosistema, lo cual sirve de insumo para la planificación de actividades de saneamiento y restauración.

**Palabras claves:** sensores remotos, análisis multitemporal, manglar, imagen de satélite.

#### ABSTRACT

In geomatics, data from remote sensing, particularly those from Earth observation images have been a new approach to detect through an automated way changes in a period of time in a determined geographical space. This document presents results of a multi-temporal analysis of a mangrove ecosystem affected by an oil spill in the Morrocoy National Park by using satellite images. The technique of vegetation cover changes detection was applied to evidence potential changes in the ecosystem, which can be used as a base for sanitation and restoration activities.

**Keywords:** remote sensing, multi-temporal analysis, mangrove, oil spill.

#### INTRODUCCIÓN

La vigilancia de derrames de petróleo constituye un componente crítico en el cuidado de los recursos marinos. Reducir el riesgo de derrames de petróleo, anticiparse a su detección, realizar monitoreo cuando estos ocurran resulta esencial para proteger la biodiversidad y el uso de suelos, costas y océanos. Las tecnologías con base en la percepción remota han tenido avances importantes en estas temáticas, dada su potencialidad para cubrir de forma periódica grandes extensiones de la superficie terrestre y su cada vez más creciente capacidad de discriminar características en la cobertura del suelo o del agua (CONAE 2016).

Como apoyo a las actividades programadas para el saneamiento de ecosistemas afectados por derrames de hidrocarburos se propone realizar un análisis multitemporal mediante el uso de imágenes satelitales con la finalidad de evaluar el comportamiento de la cobertura vegetal. Se utilizaron imágenes correspondientes al período 2020- 2021 durante el cual ocurrió un derrame de hidrocarburos en la región centro norte costera de la República Bolivariana de Venezuela que afectó un ecosistema ubicado en el Parque Nacional Morrocoy. En el presente trabajo se describe la metodología utilizada y se presentan los resultados y recomendaciones correspondientes al caso de estudio.



## MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El ecosistema evaluado se encuentra ubicado en el Parque Nacional Morrocoy, estado Falcón, Venezuela (Figura 1), el estudio se realizó en el periodo comprendido entre mayo de 2020 y febrero de 2021.



Figura 1. Ubicación del área de estudio

El análisis multitemporal se realizó con el satélite denominado Sentinel-2, el cual es una misión de observación terrestre desarrollada por la Agencia Espacial Europea dentro del programa Copérnico (Copérnico Open Access Hub 2022), que se ajusta a los aspectos técnicos, geográficos y acceso a los datos requeridos para el análisis. Se realizó una búsqueda y selección de 8 escenas del satélite Sentinel-2 que cumplieron con los criterios para su selección utilizando la plataforma Copérnico Open Access Hub (Figura 2). Los criterios establecidos se resumen a continuación:

- Escasa a poca cobertura de nubes especialmente en la zona de interés
- Igual resolución espacial de las escenas seleccionadas
- Igual resolución espectral de las escenas seleccionadas (misma combinación de bandas a comparar)
- Periodo de toma de las escenas antes y después del evento de derrame.

En la Figura 3 se muestran las respectivas vistas rápidas con la secuencia de observaciones que se consideraron para el análisis.

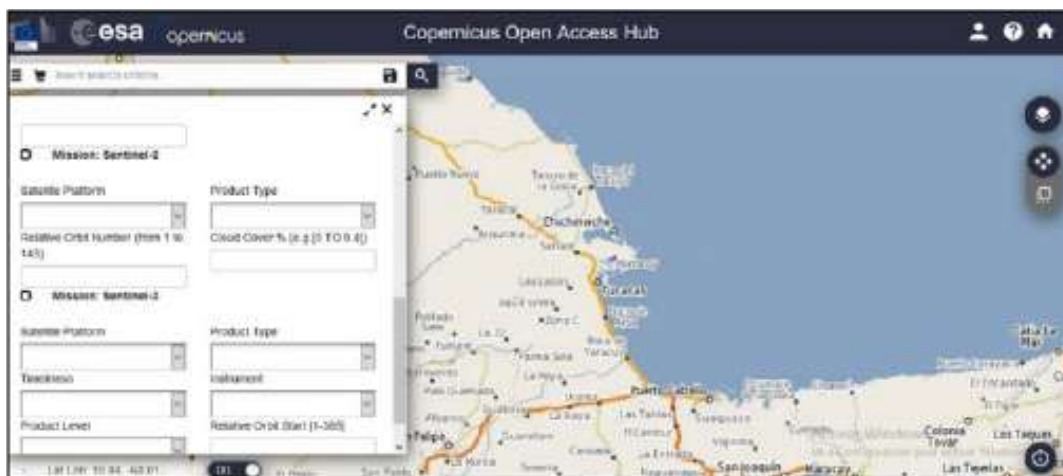
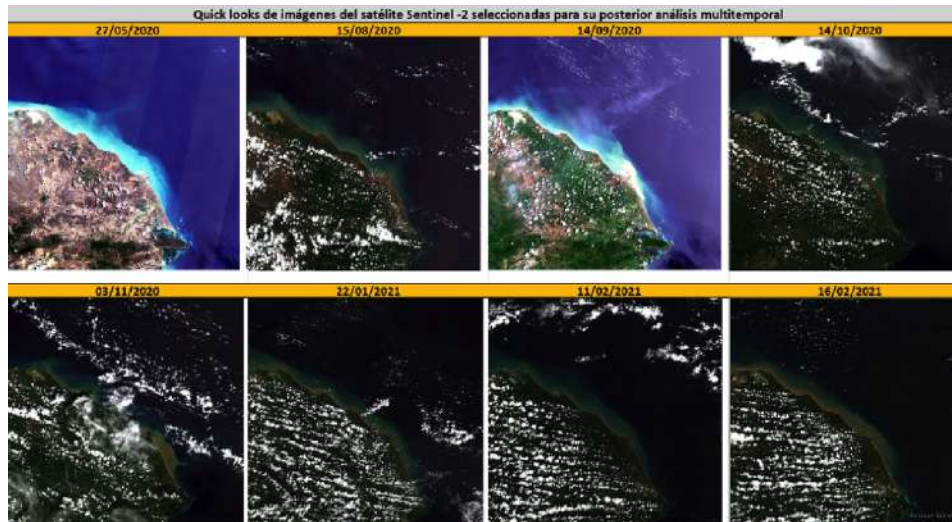


Figura 2. Vista del portal Copernicus Open Access Hub de la Agencia Espacial Europea



**Figura 3. Vistas rápidas de las escenas seleccionadas**

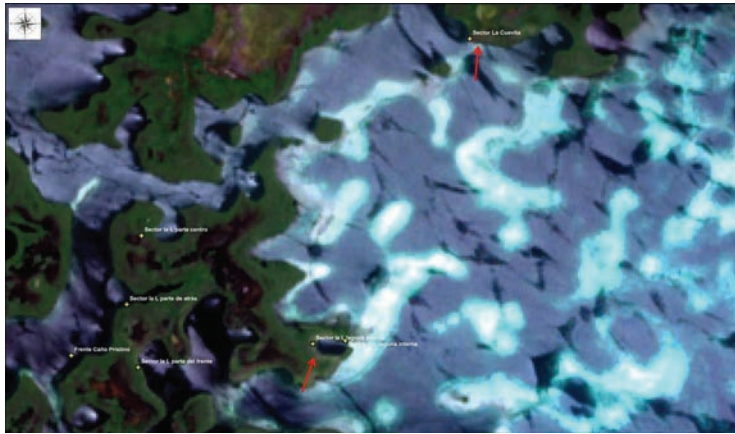
Luego, se realizó el despliegue de las imágenes con el sistema de información geográfica ArcGIS (Versión 9.2). Para ello, se realizó un “subset” o corte de cada escena que abarcó el área previamente delimitada en el ecosistema mediante una inspección visual realizada en febrero de 2021 (Figura 4), lo que permitió iniciar el análisis multitemporal. Se exploró primero cada imagen para identificar de manera visual posibles cambios en la respuesta espectral de zonas específicas, lo que se manifiesta claramente por el cambio de tonalidad, textura y color para después de manera automatizada, validar los resultados obtenidos de esta interpretación inicial. Esta identificación de cambios de manera visual se realizó sobre el área cubierta en un muestreo ambiental en el sitio realizado en febrero de 2021 (Figura 5) por un equipo multidisciplinario de varias organizaciones nacionales.

Luego de la interpretación manual se continuó de manera asistida con la herramienta LandViewer que permitió validar los resultados obtenidos de la interpretación visual. La herramienta LandViewer es una plataforma de imágenes de satélite en línea desarrollada por la empresa EOS Inc. (Earth Observing System 2022) que permite buscar, procesar y obtener información valiosa de los datos de satélite para abordar problemas ambientales reales de forma gratuita.



**Figura 4. “Subset” o corte realizado para cada imagen el área previamente delimitada**





**Figura 7. “Subset” de la escena S2B\_27/05/2020 con tonalidades marrones en algunos sitios de muestreo**

En la interpretación visual del “set” de datos descargados para el análisis multitemporal se evidenciaron cambios en la respuesta espectral en algunos sitios de la zona del manglar, los tonos marrones oscuros son una señal de un posible deterioro en las condiciones de la vegetación, lo cual se correlaciona con la concentración de hidrocarburos determinada en esos lugares y con los cambios en la respuesta espectral de las escenas interpretadas visualmente (Figura 8).

En lo que se refiere a la interpretación asistida, el algoritmo de detección de cambios contenido la herramienta LandViewer usa una estrategia basada en píxeles, lo que significa que los cambios entre dos imágenes ráster de multibanda, se calculan matemáticamente al restar los valores de píxeles de una fecha con los valores de píxeles de las mismas coordenadas para otra fecha.

Como se tiene de referencia el proceso de interpretación visual, se conocen los cambios que ocurrieron en el área de estudio. Por esto una de las imágenes seleccionadas corresponden a la imagen control o referencia (S2B\_27/05/2020) y a la segunda escena de la última fecha del registro cronológico de imágenes seleccionado (S2A\_16/02/2021). Entre estas imágenes existe una diferencia en tiempo de captación de varios meses después de ocurrido el evento de derrame de hidrocarburo y cuando ya se evidencian cambios espectrales en zonas específicas del manglar (Figura 9). Una vez cargado los datos, se activó el algoritmo correspondiente para obtener los resultados y proceder a su interpretación y análisis. Procesado el algoritmo, se desplegó una imagen segmentada con la clasificación de clases de cambios generados en el ecosistema (Figura 10).



**Figura 8. “Subset” de la escena S2B\_16/02/2021 donde continúan los tonos marrones en algunos sitios de muestreo**



**Figura 9. Escenas que intervinieron en el proceso asistido de detección de cambio**

Los resultados obtenidos por este método se utilizaron como validación del proceso de interpretación visual. La zona definida como neutral con tonalidad crema son las zonas donde digitalmente el algoritmo no identificó ningún cambio. En el análisis se evidenció tanto por interpretación visual como con la herramienta LandViewer, que habían otras zonas afectadas que correspondieron a los sectores: L Laguna Interna, L parte del Frente y La Cueva. Estos sitios corresponden a los valores negativos arrojados por la herramienta informática y son indicativos de áreas con posibles cambios en la cobertura vegetal.



**Figura 10. Cambios con tonos marrones en la cobertura vegetal en el área de estudio indicando las zonas con posible afectación por hidrocarburos**

## CONCLUSIONES

Este tipo de estudio y específicamente el empleo de la técnica del análisis multitemporal ofrece y facilita la realización periódica de variables ambientales tales como el recurso de la cubierta vegetal afectada por un evento adverso que requiere la revisión por un tiempo prolongado de sus condiciones para evaluar la efectividad de las actividades de saneamiento y el proceso de restauración.

La implementación de métodos combinados de interpretación de imágenes satelitales (visual y asistido) permitió validar los resultados preliminares asociados a la detección de cambios de respuesta espectral del estado de la cobertura vegetal de algunos sitios en la zona de estudio y permitió evidenciar otras zonas posiblemente afectadas para las cuales debe también recaer atención en labores de saneamiento, monitoreo y restauración.

## REFERENCIAS

CONAE. Monitoreo costero para la detección de derramen de petróleo con datos SAR, Reporte Técnico. Agosto 2016.

Copernicus Open Access Hub. Disponible en: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> [Fecha de consulta 16 mayo 2022].

Earth Observing System (EOS). Disponible en: <https://eos.com/products/landviewer/> [Fecha de consulta 16 mayo 2022].

**GAS NATURAL, CONTEXTO INTERNACIONAL Y NACIONAL**  
**NATURAL GAS, INTERNATIONAL AND NATIONAL CONTEXT**

Jowar A. Peña

Gerencia Departamental de Manejo Integrado de Gas, PDVSA Intevep  
penajt@pdvsa.com**RESUMEN**

La Pandemia del COVID-19 ha ocasionado que muchas de las grandes empresas de petróleo y gas hayan tomado acciones sobre las emisiones generadas en sus operaciones y proyecten sus inversiones en el desarrollo de energías más limpias como el hidrógeno. La transición energética es una realidad, los gobiernos de los países desarrollados han anunciado inversiones para la reducción de emisiones como es el caso de la Comisión Europea, la cual aprobó un plan de recuperación por la pandemia. El uso de la energía fósil sigue con predominio en los escenarios que se plantean en distintos análisis, siendo solo el gas natural el que presenta crecimiento en los próximos 30 años, en comparación al crudo y el carbón. En este artículo se presenta un breve análisis del comportamiento en el año 2021 de los marcadores internacionales del gas natural con énfasis en el mercado europeo y cómo se ha visto afectado el costo asociado al consumo de otras energías. Adicionalmente, se describe la potencialidad que tiene Venezuela ante este escenario.

**Palabras claves:** Gas natural, transición energética, marcadores internacionales de gas natural.

**ABSTRACT**

The COVID-19 has caused that many oil and gas companies have taken into account different actions in order to reduce the emissions generated in their operations and have projected their investments in development of cleaner energies such as hydrogen. The energy transition is a fact. Developed countries governments have announced investments with the aim to reduce emissions, for example the European Commission, which approved a recovery plan for the pandemic. Different analyses shown that the use of fossil energy will be predominant in the future, the natural gas is the only one that will growth in the next 30 years compared to crude oil and coal. This article presents a brief analysis of behaviour in 2021 of the international natural gas indexes with emphasis on the European market and how the associated cost of other energies compsumtion have been affected. Additionally, the potential that Venezuela has in this scenario is described.

**Keywords:** Natural gas, energy transition, international index of natural gas.

**CONTEXTO INTERNACIONAL**

Existen cuatro tipos de mercados de gas con mecanismos de precios intrínsecos los cuales se describen en la Figura 1. Los precios del gas natural se estiman en función de muchas variables, entre estas: el volumen importado y la geografía de los mercados. Dentro de los marcadores de mayor referencia se encuentran:

Asia: JKM Japan Korea Marker (Japan)

Europa (España): MIBGAS Mercado Ibérico del Gas (Spain)

Europa (Holanda): TTF Title Transfer Facility (Dutch)

Europa (Reino Unido): NBP National Balancing Point (UK)  
 América (EEUU): H-H Henry Hub (USA)  
 América (Norte América): Alberta (Canada)

De los marcadores indicados, el TTF es el más usado en la Unión Europea seguido del NBP. En América el más usado es el Henry Hub y este es el de mayor referencia para contratos en el mundo.

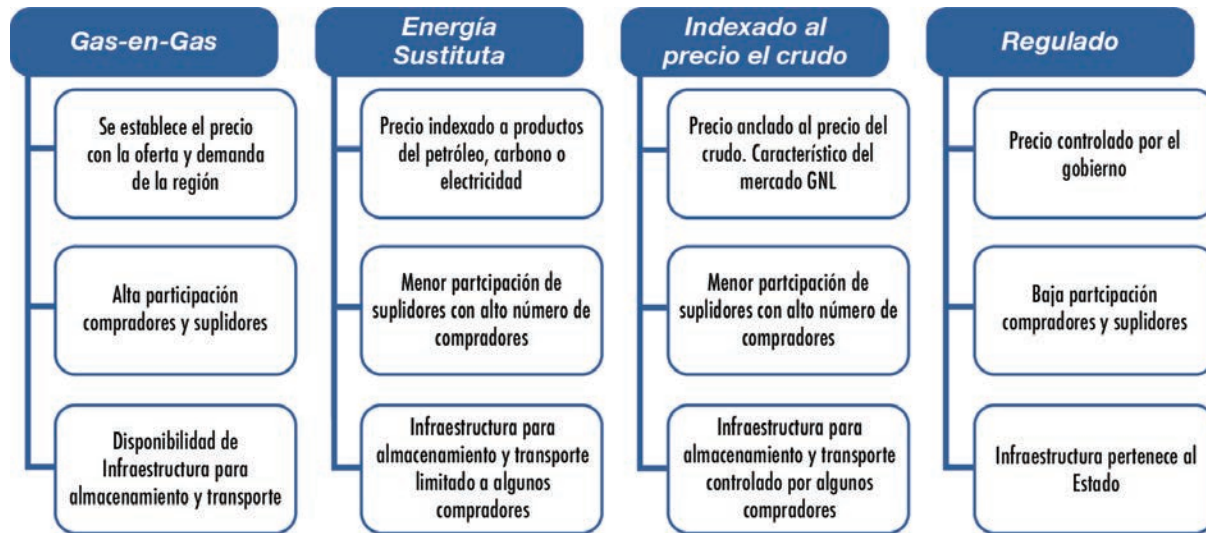


Figura 1. Tipos de mercados en Gas Natural. Modificado de Hartree Consulting (2021)

La Pandemia del COVID-19 ha generado que muchas de las grandes empresas de petróleo y gas estén tomando acciones sobre las emisiones generadas en sus operaciones y proyectan sus inversiones en el desarrollo de energías más limpias como el hidrógeno. En la conferencia inaugural del Foro de Países Exportadores de Gas de 2021 se planteó que los combustibles fósiles aún mantendrán el liderazgo en la matriz energética mundial representando el 71 % en el año 2050, donde el gas natural se visualiza como un combustible indispensable que complementa la transición energética, siendo el único recurso de hidrocarburos que aumenta su participación en la matriz energética del 23 % al 28 %. Adicionalmente, se prevé que la demanda se expanda en Asia Pacífico, América del Norte y Medio Oriente, aumentando su consumo mundial en un 50 % de 3.950 BMC en 2019 a 5.920 BMC en 2050.

En el inicio del año 2021, se dieron las condiciones a las que Rubén Pérez (ChemStrategy 2021) llamó “La Tormenta Perfecta” para los compradores de Gas Natural Licuado (GNL) en Asia: 1) Un invierno con temperaturas bajas no previstas, 2) Muy baja disponibilidad de buques metaneros, 3) Retrasos en los tránsitos del canal de Panamá, 4) Disminución del suministro de gas vía gasoductos. Ante el déficit de este recurso energético, se observaron precios récord del GNL y del índice JKM (Figura 2). En el primer semestre de 2021, se observaron precios por encima de los 60 \$US/MMBTU.



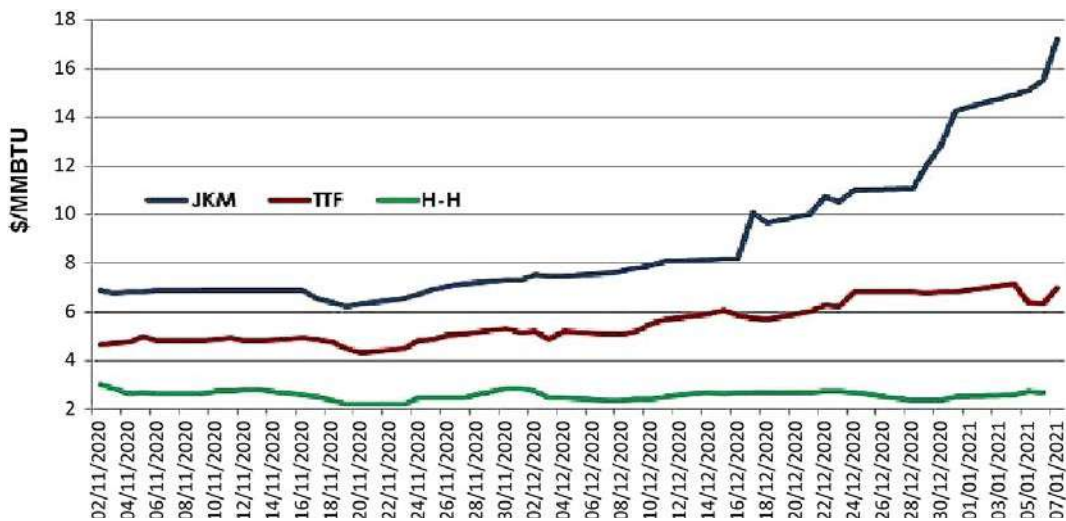


Figura 2. Evolución de los índices de precios de Gas Natural Licuado (GNL) \$/MMBTU. Modificado de ChemStrategy (2021)

La transición energética es una realidad, los gobiernos de los países desarrollados han anunciado inversiones para la reducción de emisiones. La Comisión Europea aprobó un plan de recuperación por la pandemia. Sin embargo, este plan no contempló: 1) La reducción de los inventarios en materia de gas natural, los cuales han alcanzado los niveles más bajos en los últimos cinco años, un 60 % de su capacidad (Figura 3), 2) La tormenta perfecta en Asia, 3) Aumento en los precios de los bonos por emisión de carbono (Figura 4), y 4) La disminución en el flujo de gas natural enviado desde Rusia a Europa a través del corredor bielorruso Yamal-Europe (Figura 5).

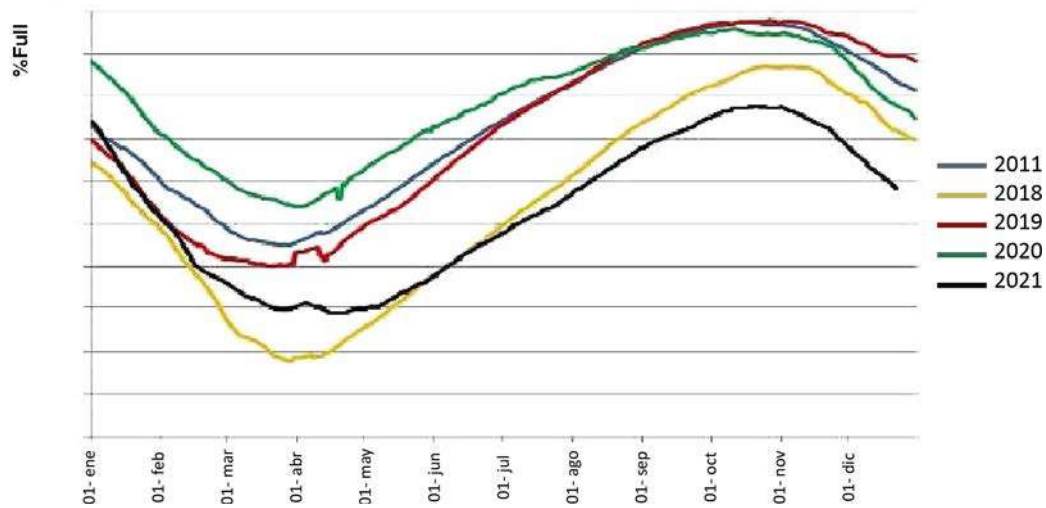


Figura 3. Almacenamiento de Gas Natural en Europa (% full). Modificado de ChemStrategy (2021)

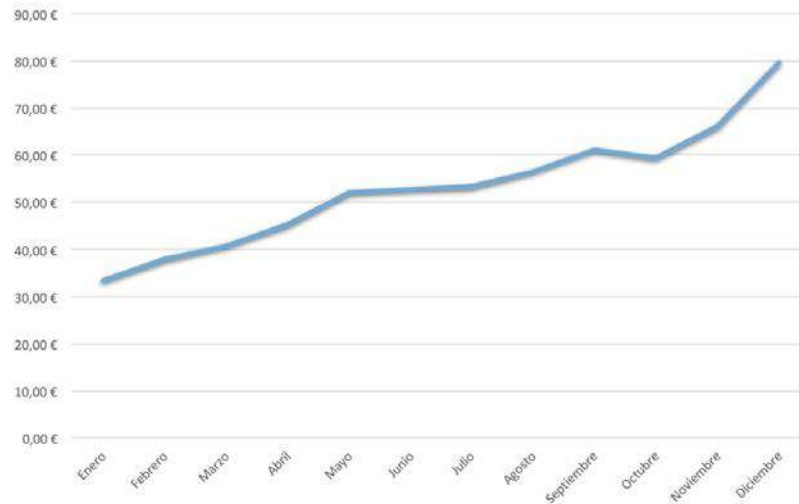


Figura 4. Precio de los Bonos de Carbono en Europa. Construida a partir de datos reportados por SENDECO<sub>2</sub> (2021)



Figura 5. Flujos en la estación de medición de Mallnow en la frontera polaco-alemana. Tomado del Periódico de la energía 2022

Esto generó alzas en los precios de las tarifas del sector de energía eléctrica en Europa reportándose valores en el mes de diciembre de 2021 por encima de 160 €/MWh, más de 55 \$/MMBTU, superando al precio del gas en Asia (Figura 6).

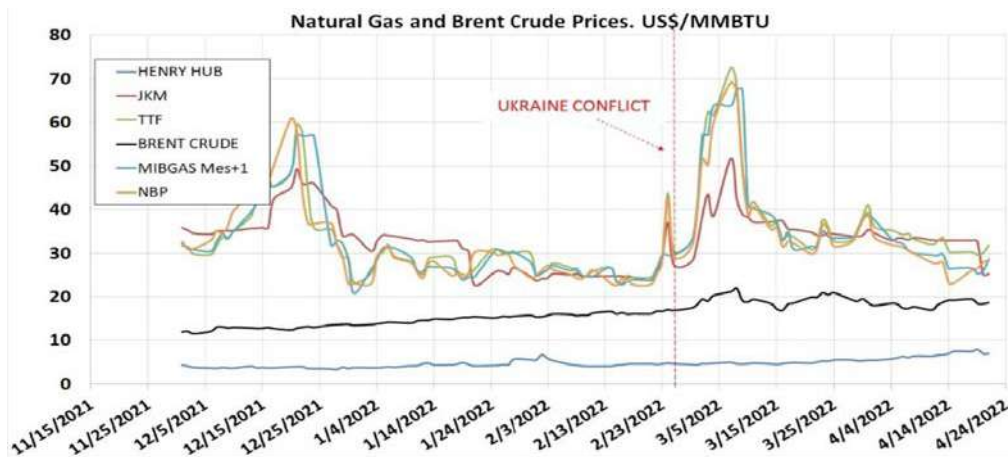


Figura 6. Índices de precios del Gas Natural y crudo Brent US\$/MMBTU. Modificado de Chemstrategy (2022)

En la Figura 6 se observa como el conflicto Rusia-Ucrania en este año 2022, ha generado una desestabilización en los distintos marcadores internacionales de los precios del gas natural manteniéndose una marcada diferencia en los precios del barril equivalente del crudo Brent. Se han registrado valores por encima de los 70 \$/MMBTU del mercado TTF, impactando en el costo de la energía eléctrica en Europa reportándose costos de 200 €/MWh superando el costo de diciembre de 2021. Este conflicto ha generado el establecimiento de sanciones económicas a Rusia impactando en el suministro de gas a países dependientes de este recurso energético como son: Alemania, Italia, Polonia, República Checa, entre otros, quienes deben buscar alternativas de suministros o energías sustitutas.

### CONTEXTO NACIONAL

De acuerdo a la resolución 044 de la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Nro. 41.648, de fecha 5 de junio de 2019, las reservas probadas de Gas Natural en Venezuela son de 200,3 billones de pie cúbicos (BPC), lo que presenta a nuestro país como una potencia gasífera. Desde fuentes internacionales se presenta un mejor panorama en los reportes elaborados por la empresa British Petroleum (BP 2020) y consideran que en Venezuela existen reservas probadas de gas natural de 221,1 BPC, ocupando así el séptimo lugar detrás del gigante asiático, como se observa en la Figura 7. Las reservas de gas natural en Venezuela se encuentran caracterizadas de acuerdo a lo indicado en la Figura 8.

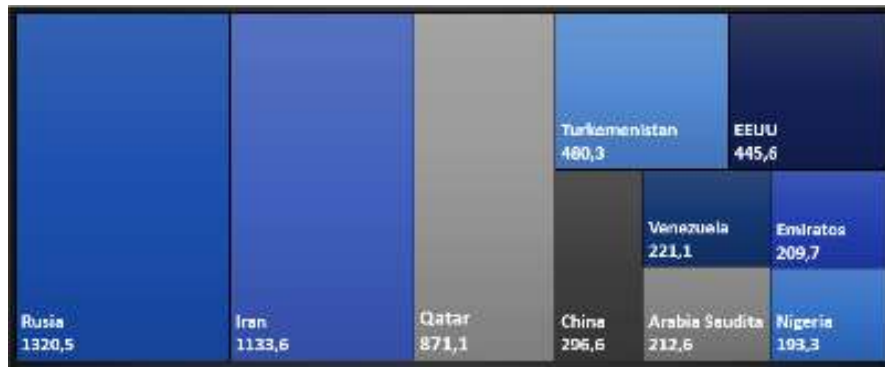


Figura 7. Reservas probadas Internacionales de Gas Natural en el 2020. Construida a partir de datos BP Statistical Review of World Energy 2021

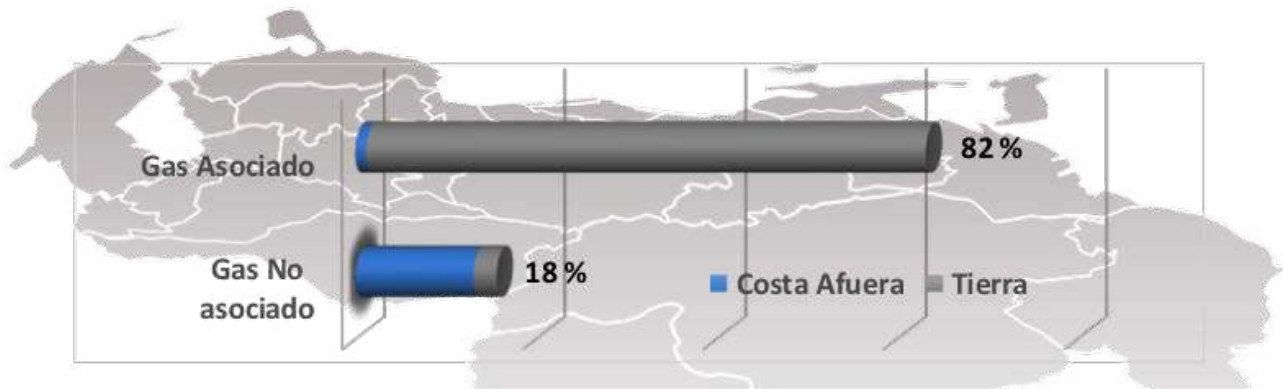
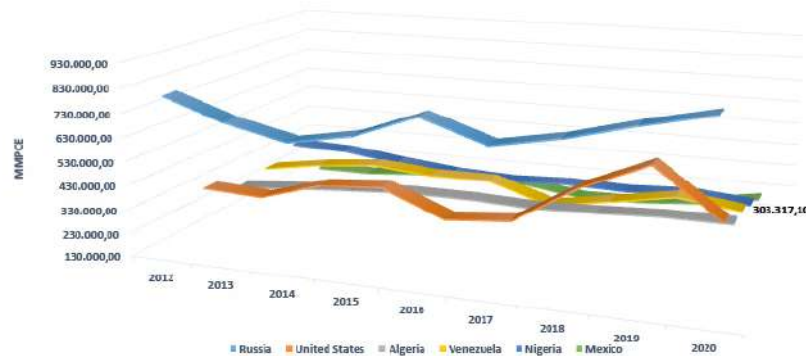


Figura 8. Caracterización de las reservas de gas natural en Venezuela

Venezuela no es una excepción dentro de los países productores de gas asociado, donde durante los procesos de producción de crudo se presenta la quema de gas natural. Reportes internacionales como la página de Global Gas Flaring Reduction, indican que Venezuela en el año 2020 se encontró por debajo de países como Rusia, Estados Unidos y a la par de México y Nigeria en relación al volumen de gas natural quemado durante la producción de crudo con un valor de 303.317 MMPCE (Figura 9).



**Figura 9. Quema de Gas Natural en países productores de petróleo MMPCE por año. Construida a partir de datos reportados por Global Gas Flaring Reduction**

La reducción del volumen de quema de gas natural es uno de los temas tratados en el Foro de Países Exportadores de Gas (GECF, por sus siglas en inglés), como parte de las estrategias dentro del escenario del Net Zero, por lo que se deben buscar las opciones para su recolección y valorización.

### CONCLUSIONES

El comportamiento de los mercados internacionales de gas natural, la demanda de países europeos dependientes del gas provenientes de Rusia, la potencialidad en las reservas probadas de gas natural, así como, las opciones de valorización del volumen de gas que actualmente es quemado, crean el escenario propicio para que la industria del Gas Natural en Venezuela sea reimpulsada con el compromiso, tanto de actores gubernamentales como, actores del sector privado, integración necesaria en tiempos donde la disponibilidad de recursos es limitada.

### REFERENCIAS

BP Statistical Review of World Energy 2021. 70th edition. p. 34 – 45.

GAS EXPORTING COUNTRIES Forum Global gas outlook 2050 synopsis. February 2021. p. 51 – 53.

Global Gas Flaring Reduction. Disponible en: <https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/global-flaring-data>.

HARTREE CONSULTING. Natural gas markets. Research document October 2021. p. 23 – 24.

El Periódico de la energía. Disponible en: <https://elperiodicodelaenergiacom/?s=Flujos+en+la+estaci%C3%B3n+de+medici%C3%B3n+de+Mallnow+en+la+frontera+polaco-alemana>.

MINISTERIO DEL PODER POPULAR DEL PETRÓLEO RESERVAS DE GAS Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 41.648, junio 2019. Resolución nro. 044.

SENDECO2. Sistema europeo de negociación de CO2. <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>

**AUDITORÍA REMOTA COMO METODOLOGÍA APLICADA EN TIEMPO DE PANDEMIA. CASO PRÁCTICO.  
REMOTE AUDIT AS A METHODOLOGY APPLIED IN TIME OF PANDEMIC. PRACTICAL CASE**

Yusneidy Y. Zapata M.

Gerencia Departamental Sistemas de Gestión de la Calidad, PDVSA Intevep  
zapatayy@pdvsa.com

**RESUMEN**

Las auditorías de sistemas de gestión constituyen un elemento clave en las organizaciones y en vista de que cada vez son mayores las exigencias de calidad de los productos y servicios en el mercado global, es trascendental mantener el control en los procesos, considerando que las auditorías pueden ser utilizadas como herramienta para la mejora continua que requieren las empresas. En PDVSA Intevep se llevan a cabo auditorías de primera parte que se basan en la evaluación de los sistemas de gestión de la calidad de los Laboratorios y Organizaciones de PDVSA con el fin de verificar la conformidad de los procesos y la competencia técnica de los laboratorios de ensayo o calibración. Y auditorías de segunda parte, para evaluar la capacidad y eficacia del sistema de gestión de la calidad de los proveedores de bienes, obras y servicios de PDVSA, así como el cumplimiento con los requerimientos técnicos exigidos por la industria petrolera. Estas auditorías permiten contar con proveedores confiables en diversos sectores industriales. La nueva normalidad debido a la Pandemia por COVID-19 ha impulsado a las empresas a tomar decisiones en relación a la continuidad de sus operaciones de producción y comercialización, por lo que deben adaptarse para ponerse a la altura de las circunstancias complejas e inciertas que atraviesan y los centros de investigación, como es el caso de PDVSA Intevep, están llamados a colocarse a la vanguardia de estas nuevas prácticas de transformación evolutiva. Considerando la situación expuesta anteriormente, este estudio pretende dar respuesta a la siguiente interrogante: ¿Cuál será la metodología apropiada que permita la continuidad del servicio de auditorías de sistemas de gestión en tiempos de Pandemia?. En este estudio se presenta el análisis realizado para lograr la implementación de la metodología de auditorías remotas y contribuir con la continuidad de las operaciones de la industria petrolera.

**Palabras claves:** Auditoría, remoto, pandemia, sistema de gestión, calidad.

**ABSTRACT**

Audits of management systems are a key element in organizations and taking into account the increasing demands for quality of products and services in the global market, it is vital to maintain processes under control considering that audits can be used as a tool for the continuous improvement that companies require. PDVSA Intevep carries out first part audits based on the continuous evaluation of management systems from laboratories and organizations of PDVSA in order to verify conformity of in processes and technical competence of testing and/or calibration laboratories. And second party audits, to evaluate capacity and effectiveness of quality management system of PDVSA's goods suppliers, works and services and their compliance with technical requirements demanded by PDVSA. These audits make it possible to have reliable suppliers in various industrial sectors. The new normality due to the COVID-19 Pandemic has driven companies to make decisions regarding the continuity of their production and commercialization operations. Organizations must adapt to keep up with the complex and uncertain circumstances they are going through, and research centers, as PDVSA Intevep, are called to be at the forefront of these new practices of evolutionary transformation.

Considering the above situation, this study aims to answer the following question: What will be the appropriate methodology that will allow continuity of management systems audit services in Pandemic?. This paper presents an analysis carried out to achieve implementation of the methodology of remote audits and contribute to continuity of operations in the oil industry.

**Keywords:** *audit, remote, Pandemic, management system, quality.*

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las auditorías de sistemas de gestión constituyen una herramienta de control y seguimiento en las organizaciones con el fin de identificar mejoras. El proceso de realizar auditorías contempla la revisión sistémica de una actividad para evaluar con objetividad el cumplimiento de los criterios establecidos.

Es por ello que las auditorías se desarrollan siguiendo estrategias y un enfoque detallado para lograr los resultados esperados de manera eficiente y oportuna, en este sentido, la estrategia es la metodología que se utiliza para dar solución a cualquier tipo de problema, empleando un procedimiento con los medios disponibles. La estrategia constituye un aspecto de gran importancia en las decisiones que deben tomar los líderes de una organización, donde hay recursos de todo tipo que deben ser gestionados en forma eficiente para cumplir con las políticas y metas trazadas.

Hace más de 40 años el PDVSA Intevep, filial de Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA), se encarga de la evaluación de las empresas proveedoras de bienes, obras y servicios de la industria petrolera, además es responsable del resguardo del acervo tecnológico de PDVSA, cuya orientación estratégica es generar soluciones tecnológicas integrales, en las actividades de exploración, producción, refinación e industrialización. La razón por la cual PDVSA Intevep tiene esta responsabilidad es debido a que es un ente imparcial y objetivo que no tiene relación directa con las empresas proveedoras.

Por su parte, las áreas operacionales, unidades contratantes y unidades de compras, solicitan a PDVSA Intevep, por medio de la Gerencia de Sistemas de Gestión de la Calidad (STSG), a través del proceso de Auditorías de Sistemas de Gestión, la evaluación de los proveedores para verificar su conformidad con los requisitos establecidos en la norma ISO 9001 y con las normas técnicas exigidas por PDVSA.

Debido a la criticidad e importancia que tiene para PDVSA la evaluación de las empresas proveedoras de bienes, obras y servicios, y la realización de auditorías a laboratorios y procesos de las organizaciones de la industria petrolera, es necesario mantener activo el servicio de auditorías, para garantizar la continuidad de las actividades en toda la cadena de valor y apalancar el incremento de la producción petrolera, además del cumplimiento del programa de auditorías y aumentar la satisfacción de los clientes.

A raíz de la Pandemia por COVID-19 y atendiendo a las normativas de bioseguridad, en PDVSA Intevep se evaluaron opciones para dar continuidad al servicio de auditorías y adaptarse a la nueva normalidad. Dentro de este contexto las auditorías remotas pasan a tener un papel protagónico en tanto la aplicación de nuevas metodologías y el *know-how* para su ejecución, lo que antes era una práctica presencial se ha transformado en un ejercicio pleno de utilización de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC, por sus siglas en inglés), recurriendo a técnicas remotas, obteniendo resultados exitosos sin detrimento de su calidad.

Esta investigación contribuye a mantener la continuidad de las operaciones, verificar la existencia e idoneidad de los procesos y controles implementados en las organizaciones, así como en la selección de proveedores confiables.

## MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Esta investigación es de tipo proyectiva con base en estudio de campo, según Hurtado (2000) “consiste en la elaboración de una propuesta o de un modelo como solución a un problema o necesidad de tipo práctico” (p.325). De acuerdo a esto, puede ser de un grupo social o una institución en un área particular del conocimiento a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento. En este sentido, se realizó una revisión bibliográfica de las normativas internacionales en cuanto a métodos de auditorías, con el fin de proponer la metodología que mejor se adapte al contexto actual.

Las normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO) y los documentos del Foro Internacional de Acreditación (IAF) permiten las auditorías remotas a sistemas de gestión y han emitido lineamientos para llevar a cabo este proceso.

El método de auditoría remota ya estaba establecido como una metodología antes de la Pandemia por COVID-19. Sin embargo, se restringía el empleo de las auditorías remotas a no más de un 30 % de tiempo planificado para la auditoría en forma presencial. Debido a todas las restricciones de movilización impuestas a nivel mundial a causa de la Pandemia, se vio afectada la realización de auditorías en forma presencial, en este sentido los organismos internacionales eliminaron esta restricción permitiendo las auditorías completamente bajo la modalidad remota.

La norma ISO 19011 “Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión”, en su versión 2018, proporciona orientación sobre la auditoría de los sistemas de gestión, incluyendo los principios de la auditoría, la gestión de un programa de auditoría y la realización de auditorías de sistemas de gestión, así como orientación sobre la evaluación de la competencia de las personas que participan en este proceso. En este sentido, los principios de auditoría establecidos, son los siguientes:

- Integridad: el fundamento de la profesionalidad.
- Presentación imparcial: la obligación de informar con veracidad y exactitud.
- Debido cuidado profesional: la aplicación de diligencia y juicio al auditar.
- Confidencialidad: seguridad de la información.
- Independencia: la base para la imparcialidad de la auditoría y la objetividad de las conclusiones de la auditoría.
- Enfoque basado en la evidencia: el método racional para alcanzar conclusiones de la auditoría fiable y reproducible en un proceso de auditoría sistemático.
- Enfoque basado en riesgos: un enfoque de auditoría que considera los riesgos y oportunidades.

Esta norma ISO 19011 también indica orientaciones sobre los métodos de auditorías y señala que la selección de estos dependen de los objetivos de la auditoría, el alcance y los criterios definidos, así como de la duración y la ubicación. La Tabla 1 proporciona información sobre los métodos de auditoría que pueden usarse por separado o en combinación para lograr los objetivos de la auditoría.

**Tabla 1. Métodos usados para lograr los objetivos de una auditoría. Norma ISO 19011:2018 Directrices para la auditoría de sistemas de gestión**

Grado de interacción entre el auditor y el auditado	Ubicación del auditor	
	<i>In situ</i>	A distancia
Interacción humana	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar entrevistas.</li> <li>Completar listas de verificación y cuestionarios con la participación del auditado.</li> <li>Revisar los documentos con la participación del auditado.</li> <li>Muestrear.</li> </ul>	<p>A través de medios de comunicación interactivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar entrevistas</li> <li>Observar el trabajo realizado con un guía a distancia</li> <li>Completar listas de verificación y cuestionarios</li> <li>Revisar los documentos con la participación del auditado</li> </ul>
Sin interacción humana	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar los documentos (por ejemplo, registros, análisis de datos).</li> <li>Observar el trabajo desempeñado</li> <li>Realizar visitas al sitio.</li> <li>Completar listas de verificación.</li> <li>Muestrear (por ejemplo, productos).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar los documentos (por ejemplo, registros, análisis de datos).</li> <li>Observar el trabajo desempeñado a través de medios de vigilancia, considerando los requisitos sociales y legales.</li> <li>Analizar los datos.</li> </ul>

En resumen, los métodos de auditoría se pueden clasificar en:

- Método de auditoría presencial o *in situ*: en el cual las actividades se realizan en las instalaciones del auditado.
- Método de auditoría remoto o a distancia: en el cual las actividades se realizan en cualquier otro lugar distinto de las instalaciones del auditado, haciendo uso de herramientas de tecnología de la información y comunicaciones (TIC).
- Método de auditoría mixto: en el que se pueden combinar actividades *in situ* y remotamente.

Puede considerarse efectuar una auditoría de manera remota o a distancia, por diferentes razones:

- Viajar a la ubicación específica no es razonable (es decir, por razones de seguridad, restricciones de viaje, pandemias, entre otras).
- Hay cambios inevitables en la programación para el auditor o auditado.
- El número de sitios, instalaciones o procesos a evaluar es difícil de cumplir.
- El auditado tiene implementado un sistema de gestión en línea.
- El auditado tiene un historial probado de conformidad.
- El nivel de riesgo de la auditoría es bajo.
- Una actividad o actividades planificadas para la auditoría *in situ* no se pudieron completar y extender la auditoría en el sitio no es viable.
- La situación requiere que el auditor regrese para una auditoría de seguimiento.
- El equipo auditor ya está familiarizado con el Sistema de Gestión

En cambio, las auditorías remotas pueden ser menos favorables en los siguientes escenarios:

- Cuando el auditado tiene un historial de incumplimiento en la ubicación evaluada.
- Durante la actividad de evaluación inicial de una nueva instalación del auditado, alcance o cambio.



- Cuando no se ha realizado una evaluación en el sitio durante un período de tiempo prolongado. La viabilidad de las actividades de auditoría remota puede depender de varios factores, por ejemplo, el nivel de riesgos para el logro de los objetivos, el nivel de confianza que existe entre el equipo auditor y el personal auditado y los requisitos reglamentarios.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para las auditorías internas se tomó como caso de estudio, las auditorías de sistemas de gestión basadas en la norma ISO/IEC 17025:2017 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”. Para este tipo de auditorías se seleccionó el método de auditoría mixto.

Se evidenció que es posible realizar a distancia actividades como: revisión documental, entrevistas a personal clave de la organización y revisión de registros. En cuanto a las actividades en el sitio es posible la verificación de las evidencias y la evaluación de la competencia técnica del personal para la ejecución de los métodos de ensayo.

En cuanto a las auditorías externas realizadas a potenciales licenciatarios de productos tecnológicos, se tomó como caso de estudio, las auditorías exploratorias basadas en la norma ISO 9001:2015 “Sistema de gestión de la calidad. Requisitos”. En este caso, se realizaron auditorías bajo la modalidad remota y mixta.

Se evidenció que en este tipo de auditorías se pueden realizar vía remotas actividades como: revisión y análisis de la documentación, reuniones para confirmar los detalles de requerimiento, reunión de apertura y cierre. Por su parte las actividades en el sitio contemplaron recorrido por las instalaciones, observaciones de actividades, verificación de equipos y pruebas del producto en diferentes etapas del proceso.

Entre las ventajas de las auditorías remotas se tiene que permiten acortar distancias con el uso de la tecnología, reducción de costos de la auditoría y gastos de logística, como: movilización, hospedaje, entre otros, se ahorran tiempos de viajes, permiten al equipo auditor revisar la documentación, realizar entrevistas, hacer observaciones y revisar procesos, sin presencia física y contribuyen a mantener la continuidad de las operaciones en condiciones y situaciones adversas.

Sin embargo, las auditorías remotas también presentan desventajas ya que no se pueden realizar visitas físicas a las instalaciones del auditado, se puede consumir tiempo por inactividad de la red, interrupciones o retrasos inesperados, problemas de accesibilidad u otros problemas asociados a las TIC, además el equipo auditor disminuye su capacidad de recurrir a técnicas de programación neurolingüística (PNL), ya que se pierde la interacción directa con el auditado y no cuenta con la facultad de leer su lenguaje corporal, lo que eventualmente le podría dar alguna señal para realizar una exploración más profunda en algún tópico específico.

Finalmente, el futuro de las auditorías remotas ha sido consultado por organismos internacionales, a través de una encuesta conjunta realizada por IAF/ILAC/ISO a más de 4.000 participantes sobre el futuro y posibles cambios de las auditorías, indican algunos resultados interesantes:

- El 97,5 % de los encuestados dicen que se debe aumentar el uso de nuevas tecnologías y técnicas alternativas en el desarrollo de auditorías.
- El 80 % está convencido que las auditorías en remoto proporcionan la misma confianza que las auditorías presenciales.
- El 79 % de los encuestados aseguran que prefieren métodos combinados (remotos y en sitio).

Los resultados indican que las auditorías remotas representan un método para evaluar los sistemas de gestión tanto en situaciones excepcionales, así como en cualquier circunstancia, además contribuyen a la continuidad de las operaciones y racionalización de los recursos.

### **CONCLUSIONES**

- Se logró la actualización de la información documentada y la implementación del método de auditoría remota como parte de los servicios que ofrece PDVSA Intevop a organizaciones de PDVSA, filiales, empresas mixtas y terceros, contribuyendo con la selección de proveedores confiables que garanticen la continuidad operacional y el incremento de la producción petrolera.
- Las auditorías de sistemas de gestión deberían continuar considerando el contexto actual en cuanto a la importancia de cumplir con los objetivos y metas de la organización, para asegurar la calidad de los resultados y fortalecer las capacidades operativas de PDVSA.
- Es clave la identificación de los riesgos para cada situación de forma específica para poder así, establecer planes de contingencia.
- En el futuro se seguirán manteniendo las auditorías remotas o mixtas.
- Se requiere mayor precisión y detalle en la planificación, así como mayor uso de recursos informáticos.
- Para su eficaz implementación, se recomienda la mejora en las herramientas de tecnología de la información y comunicación en las empresas.

### **REFERENCIAS**

HURTADO, J. (2000). Metodología de la investigación holística. Caracas: Instituto Universitario de Tecnología Caripito, Servicios y Proyecciones para América Latina (SYPAL). Caracas Venezuela.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO). Norma ISO 19011:2018 Directrices para la auditoría de sistemas de gestión, 2018.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO). Norma ISO 9001:2015 Sistemas de Gestión de la calidad. Requisitos. 2015.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO). Norma ISO/IEC 17025:2017 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. 2017.

FORO INTERNACIONAL DE ACREDITACIÓN (IAF) IAF ID 12- Principios sobre auditorias remotas, 2015, p. 7-9.

# INFORMACIÓN PARA LOS AUTORES



Visión Tecnológica es una publicación para socializar y difundir aspectos generales y específicos de metodologías, innovaciones, tecnologías y mejoras de procesos asociados al sector de los hidrocarburos y minería, en el contexto industrial y académico a nivel nacional e internacional.

En esta revista serán publicados trabajos inéditos no publicados, anterior o simultáneamente en otras revistas:

- Artículos científicos-tecnológicos
- Estado del arte/alertas tecnológicas/ inteligencias tecnológicas/ análisis de metadatos
- Comunicaciones cortas
- Artículos metodológicos
- Artículos de gestión de la investigación y tecnología
- Réplicas a autores

**Artículos científicos-tecnológicos**, relacionados con aspectos científicos y tecnológicos inéditos. La contribución debe resaltar aspectos como: aplicación en la industria, novedad y originalidad, fundamentación técnica, desarrollo metodológico, entre otros. La contribución no tiene límite de páginas y uso de figuras y tablas; sin embargo, debe evitarse el uso excesivo e innecesario.

**Revisiones del estado del arte/alerta tecnológico/inteligencia tecnológica/ análisis de metadatos**, resaltando aspectos como: aplicación en la industria, novedad y originalidad, fundamentación técnica, análisis de tendencias, análisis bibliométricos, entre otros. La contribución no tiene límite de páginas y uso de figuras y tablas; sin embargo, debe evitarse el uso excesivo e innecesario.

**Comunicaciones cortas**, con el objeto de publicar de una manera expedita información relacionada con los últimos avances o tendencias (innovaciones de PDVSA Intevep o competidores, actualizaciones de áreas de conocimiento producto de asistencias a cursos o congresos, entre otras) en las áreas de conocimiento propias de la industria petrolera. La contribución no debe contener más de dos (2) páginas, se permite el uso de una (1) figura y una (1) tabla.

**Artículos metodológicos**, con el objeto de ofrecer un mecanismo para comunicar, de una manera rápida y sencilla, el desarrollo de metodologías novedosas, que no se consideran normas, pero ya forman parte del trabajo rutinario de análisis en las áreas relacionadas. El artículo debe presentar de manera clara y concisa los aspectos metodológicos de la propuesta. En lo específico, debe describir detalladamente el alcance, la literatura o referencias íntimamente relacionadas, métodos de ensayos, aplicabilidad o utilidad, muestras, aparatos, reactantes, procedimientos, cálculos, características

del reporte, precisión y comparación con métodos existentes. La contribución no debe contener más de cuatro (4) páginas y no se limita el uso de figuras y tablas.

**Artículo de gestión de la investigación y tecnología**, que tiene como objeto la publicación de contribuciones de áreas conexas e íntimamente relacionadas que soportan el ciclo de desarrollo de tecnologías y procesos; por ejemplo, aspectos de planificación estratégica, gestión de talento humano, desarrollos de aplicaciones, transferencias de tecnología, entre otros. La contribución no debe contener más de tres (3) páginas, se permite el uso de dos (2) figuras y dos (2) tablas.

**Réplicas a los autores**, las cuales deberán presentar de manera clara y concisa los aspectos específicos relacionados al antecedente que llevan a enviar una réplica a los autores del artículo ya publicado en VT. Adicionalmente, debe mostrar de manera concreta la propuesta, debidamente justificada considerando la literatura íntimamente relacionada al área, así como su validación teórica-experimental. Todo esto orientado a clarificar los aspectos discutibles o debatibles según el autor de la réplica. La contribución no debe contener más de una (1) página, no se permite el uso de figuras y tablas.

Los siguientes aspectos son de obligatorio cumplimiento por los autores:

1. Los textos se prepararán en formato tamaño carta y a una columna, de acuerdo a la plantilla predeterminada, disponible para tal fin y según el tipo de artículo (comunicarse al siguiente correo para mayor información, [cedi@pdvsa.com](mailto:cedi@pdvsa.com))
2. **Idiomas oficiales.** Los idiomas aceptados son el castellano y el inglés.
3. **Derechos de autor.** El envío del trabajo por el autor y su aceptación por el Comité Editorial Técnico representan un contrato por medio del cual se transfieren los derechos del autor a la revista.
4. **Envío de trabajos.** Los trabajos deberán ser enviados a la Secretaría del Comité Editorial, ubicada en el Centro de Información Técnica (CIT), PDVSA Intevep, en Los Teques, por el correo electrónico ([cedi@pdvsa.com](mailto:cedi@pdvsa.com)).
5. **Referencias.** Los trabajos citados deben ser de dominio público,

fácilmente accesibles. Es un listado de las referencias ordenadas alfabéticamente. Cada referencia debe ser citada en el texto, de acuerdo a la norma COVENIN 166 (siendo sus equivalentes internacionales las siguientes: ISO 690 1987/690-2 1997 ó UNE 50 104 94).

**6. Ilustraciones.** Se mencionarán en el texto. Las figuras se colocarán en páginas separadas, cada una debidamente identificada, y no deberán ocupar más del 50% de la extensión total del trabajo. Debe evitarse el exceso de espacios blancos en las ilustraciones. En general para la publicación de las contribuciones se requieren imágenes de alta resolución en los formatos TIFF o EPS (mínimo 300 dpi). Todas las líneas, letras y puntos en los gráficos e imágenes deben ser lo suficientemente grandes y estar resaltadas de tal manera que permita la reproducción óptima inclusive cuando se reduzca el tamaño para ser incluida en la revista. En el caso de fotografías, estas deben ser usadas cuando son esenciales y deben ser suministradas como deben ser reproducidas exactamente.

**7. Tablas.** Se incluirán igualmente en páginas separadas, con sus respectivos títulos, y se mencionarán en el texto. Cada columna tendrá un encabezamiento que incluya las unidades de medición. No se usará rayado alguno, excepto líneas horizontales para el encabezamiento. Por otra parte, las tablas no deben duplicar resultados presentados en el cuerpo de la contribución; por ejemplo, gráficos. En los casos donde sea necesario se pueden incluir notas al pie de la tabla y se debe colocar en letra mucho más pequeña que la usada en el texto.

**8. Unidades de medida.** Finalmente, se debe emplear las unidades del sistema internacional de medidas. Los números decimales escritos con comas y el uso de punto en la numeración sólo está permitido cuando se relacione con monedas.



**1<sup>er</sup>** Seminario Técnico  
**PDVSA Intevep**  
**2022**

