

**Desafío No. 2: ¿Cómo obtener información y monitorear en tiempo real el parámetro de calidad del agua (fenoles) en línea en tuberías para vertimiento y en efluentes?**

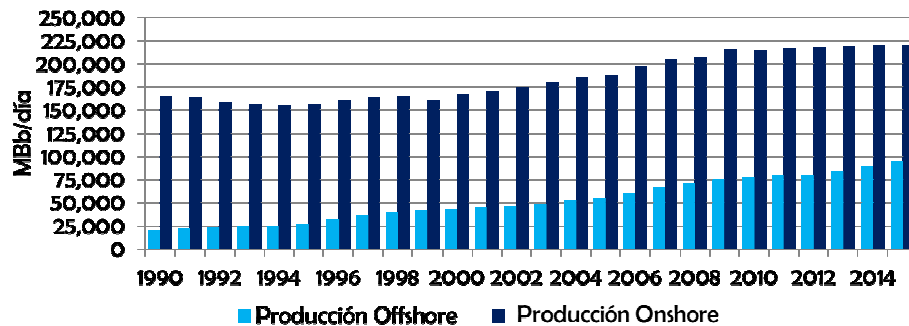
**OBJETIVO Y META:**

Desarrollar una tecnología de monitoreo en tiempo real del contenido de fenoles en aguas residuales industriales, que permita conocer este parámetro en línea, ya sea en ductos, en tanques de tratamiento, en piscinas de estabilización a cielo abierto y/o directamente en la descarga del vertimiento, con un límite de detección de 0.1 mg/L.

**ANTECEDENTES:**

A 2.014, el volumen diario de agua asociada a la producción mundial de petróleo ascendía aproximadamente a 270 millones de barriles, y con tendencia creciente. Se estima que hacia el 2020 se producirán más de 300 millones de barriles por día de agua asociada al petróleo, es decir, un aumento del 20%.

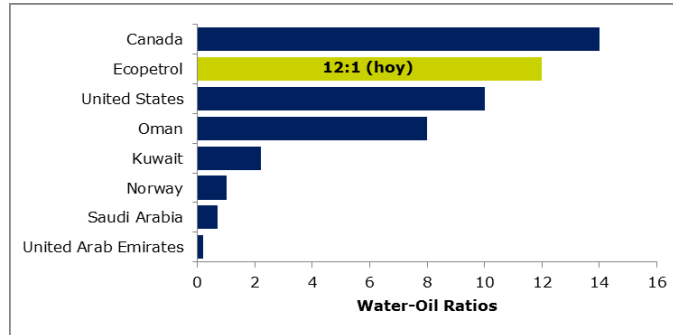
**Figura 1. Producción mundial de agua en O&G**



Fuente: Challenges in Reusing Produced Water, SPE, tomado de Global onshore and offshore water production (Dal Ferro and Smith 2007).

En promedio, en el mundo se producen de 3 a 5 barriles de agua por cada barril de petróleo y en algunas zonas con campos maduros y presencia de acuíferos activos, esta cifra puede aumentar considerablemente de 10 a 14 barriles de agua por cada barril de petróleo (ver figura 2); así, en términos de volumen, el agua es el fluido con mayor índice de producción en la industria del petróleo.

**Figura 2. Referencias internacionales de relación agua: petróleo**



Fuente: Adaptado de Z. Khatib, SPE DL 2009-2010 citado en Panorama 2011 water in fuel production oil production and refining.

Colombia tiene una de las más altas relaciones agua/petróleo donde por cada barril de crudo se generan en promedio 12 barriles de agua. Por esta razón dentro de los retos existentes para las compañías operadoras, particularmente Ecopetrol, se encuentra el manejo de las aguas de producción; y de las aguas residuales industriales.

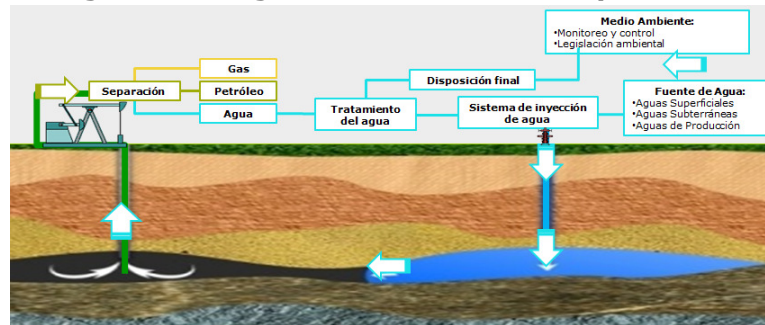
Aproximadamente tres cuartas partes del volumen de agua asociada al petróleo que se produce en Colombia provienen de tres campos: Caño Limón, Rubiales y Castilla. La principal meta en el mediano plazo es reducir progresivamente el volumen de agua a disponer, restringiendo el volumen de flujo a superficie, optimizando y ampliando las operaciones de reinyección y valorando alternativas medioambientales orientadas al uso del recurso en actividades agroindustriales.

A estas aguas se les conoce como aguas de producción y son una mezcla compleja, con materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos y disueltos en diferentes proporciones que hace que sus propiedades físicas y químicas varíen considerablemente. La calidad del agua de producción depende de la región, geología de la formación y de los demás fluidos implicados en el proceso de extracción. Inclusive, pueden variar durante la vida útil del yacimiento y aún más dependiendo de los volúmenes de agua fresca que sea inyectada a la formación.

Estas aguas presentan una gran cantidad de contaminantes que podrían tener una interacción muy compleja con el medio ambiente si no se les da el tratamiento requerido para la eliminación de los mismos, pudiendo afectar el desarrollo natural de los ecosistemas por el cambio de condiciones tales como la toxicidad, olor, color, entre otras. Aunque las aguas de producción han sido tradicionalmente tratadas por métodos convencionales, la efectividad de estos procesos se está viendo seriamente limitada en los últimos años, principalmente por regulaciones ambientales cada vez más severas, debidas al mejor entendimiento del impacto de los contaminantes en el ambiente, a la

disminución de la disponibilidad de agua fresca, y al aumento de la demanda de agua, tanto para consumo humano como industrial.

**Figura 3. El agua en la industria del petróleo.**



Fuente: Oil Field Review "Control Del Agua". Schlumberger, 2000

Dentro de los principales componentes del agua producida se encuentran las grasas y aceites; los hidrocarburos emulsionados, hidrocarburos en solución, tales como el fenol; las sales disueltas; siendo el fenol uno de los principales contribuyentes de la toxicidad aguda.

El fenol y los compuestos fenólicos, como sustancias puras, son altamente corrosivos, carcinogénicos y muy tóxicos al ambiente debido a su gran estabilidad, bio-acumulación y habilidad de permanecer en el ambiente por largos periodos de tiempo. Los niveles de toxicidad para el ser humano por lo general oscila entre 10-24 mg/l y para los peces entre 9-25mg/l. La concentración letal en sangre es de 150mg/100ml. Cuando este contaminante llega a las aguas subterráneas, ríos y embalses, dependiendo de su concentración, afecta la calidad del agua para el consumo humano; por ello las restricciones para su uso y el requerimiento en tecnología para su tratamiento.

Dentro de las alternativas que actualmente se emplean para dar disposición a las aguas asociadas a la producción de crudo se encuentra el vertimiento a efluentes, con previo tratamiento en cumplimiento a una serie de requisitos de calidad que son expuestos en la legislación ambiental Colombiana (Resolución 0631 de 2015, Decreto 3930 de 2010).

El Decreto 3930 de 2010 define vertimiento como una descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido y establece que las autoridades ambientales, tienen la obligación de ejercer control sobre dichos vertimientos.

El parámetro fisicoquímico "fenoles" a monitorear; y sus valores límite máximo permisible en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domesticas (ARnD) a



cuerpos de aguas superficiales de actividades asociadas con hidrocarburos (petróleo crudo, gas natural, y derivados) son los siguientes (resolución 631 de 2015):

Parámetro	Unidades	Exploración (Upstream)	Producción (Upstream)	Refino	Venta y distribución (Downstream)	Transporte y almacenamiento (Downstream)
<b>Fenoles</b>	mg/l	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

En respuesta a la consideración de que en el portafolio de alternativas para el gerenciamiento de aguas de producción en Ecopetrol S.A. se incluye la opción de vertimiento en baja proporción, debemos asegurar la calidad del agua para su descarga a los cuerpos de agua; por ende se ha determinado que el monitoreo en línea de variables de calidad es relevante para el ajuste de los procesos de tratamiento de aguas residuales industriales que permitan asegurar el control de los mismos con el propósito de operar y producir barriles sin impactos a los ecosistemas, garantizando la continuidad de la operación con cumplimiento legal ambiental y buenas relaciones con la comunidad.

#### **Descripción del proceso y que se usa:**

Actualmente el seguimiento del parámetro “fenoles”, requerido por la normatividad ambiental vigente, se realiza en Ecopetrol S.A con el método estándar, SM, 5530 B,D //2012, el cual es un método de destilación /fotométrico directo con límite de detección de 0.1 mg/L, acreditado por el IDEAM. El análisis se realiza posterior a la toma de la muestra y su preservación en el laboratorio.

El propósito de este desafío es realizar la medición en línea para control y ajustes de proceso, con la claridad de que este resultado no reemplaza el análisis en laboratorio para el reporte a la autoridad ambiental.

#### **Características Deseables:**

Costo Competitivo, resistencia, alta duración y bajo mantenimiento, fácilmente construible.