

Retos Econova #SosTECnibilidad®

Brief de conceptualización de retos de innovación abierta

Reto #1:

¿Cómo podríamos determinar en línea el diámetro de las partículas suspendidas en aguas de inyección, para tomar decisiones más rápidas orientadas a mitigar el riesgo de taponamiento de los pozos?

➤ **Vicepresidencia de Exploración, Desarrollo y Producción**



Apoya:



CONNECT

OLIVIA

Organizan:



ParqueSoft®
Meta y Amazoninoquia

GRUPO
ecopETROL



ECONOVA

RETO #1	¿Cómo podríamos determinar en línea el diámetro de las partículas suspendidas en aguas de inyección, para tomar decisiones más rápidas orientadas a mitigar el riesgo de taponamiento de los pozos?	Tipo	Táctico
		Segmento	Corporativo / Upstream / Downstream / Midstream / Industria / Bajas Emisiones
		Estado	En construcción / En validación / Aprobado para convocatoria / Lanzado
		Fecha de aprobación GNN	26/08/2025

DATOS BÁSICOS DEL RETO

Descripción corta del reto	<p>Se requieren propuestas de tecnologías digitales con un nivel de maduración suficiente ($TLR \geq 4$), que permita implementar un prototipo con capacidad de análisis de caudales entre: 3000 y 5000 BWPD (barriles de agua de inyección/día), en ambiente operativo relevante de la Regional Orinoquia, con capacidad de determinar en línea el diámetro de las partículas suspendidas, permitiendo así tomar decisiones operativas rápidas, con el fin de evitar o reducir la obstrucción de los poros y gargantas porales del yacimiento. Las soluciones deberán determinar, en línea, la distribución probabilística de diámetros de partículas suspendidas en agua de inyección y disminuir el tiempo de análisis. Se esperan soluciones robustas y con un alto potencial de escalado industrial, que fortalezcan las alternativas de gestión de los activos bajo los principios de SOSTECnibilidad y Economía circular.</p> <p>Aunque las soluciones propuestas deben enfocarse en determinar el diámetro de partículas en estado sólido, es deseable que la solución sea extensiva a analizar otros targets no sólidos, como aceites y/o hidrocarburos en agua de inyección. Además, puede ser extensiva a que permita caracterizar mineralógicamente las partículas, identificar el índice de taponamiento de las partículas detectadas y brindar información relacionada a la procedencia, medida en sus características petrográficas.</p> <p>Por último, se espera un análisis de escalabilidad tecnológica, junto con su respectivo análisis financiero para una posible etapa posterior, una vez finalizado el piloto.</p>
-----------------------------------	---

Filiales y/o Aliados estratégicos

N/A			
Fuente de financiación	Cartera de Innovación - Operación tercerizada con ParqueSoft	Valor total	Máximo \$240'533.333 millones de pesos colombianos (COP) como incentivo a entregar al innovador, para efectos de la ejecución del piloto en campo.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Población Afectada	Procesos operativos Upstream del Grupo Ecopetrol, específicamente los colaboradores que realizan procesos de inyección de agua para recobro mejorado.	Línea Base	Línea base 1: Diámetro de partícula actual, determinado <i>in-lab</i> Línea base 2: Tiempo de análisis <i>in-lab</i> actual Línea base 3. Frecuencia de lectura actual.
---------------------------	---	-------------------	---

En los procesos de inyección de agua como mecanismo de recobro mejorado de crudo, es importante tener en cuenta el control de calidad del agua. La calidad del agua debe cubrir una variedad de parámetros fisicoquímicos tales como pH, turbidez, sólidos suspendidos, tamaño de partícula, gases disueltos, contenido de grasas y aceites y bacterias sulfato-reductoras, entre otros.

En los campos de la Orinoquía, se observan distribuciones de tamaño de partícula bimodales y tri-modales, con grupos de partículas de tamaños que varían entre 0,5-50µm (micras), otro grupo que lo hace entre las 50-200 µm (micras) y otro grupo que varía entre 200-400 µm (micras). La prevalencia de cada grupo depende del campo y el punto del sistema analizado.

Partículas demasiado grandes en el agua de inyección, esto es por encima de las 5 µm (micras) para los campos de la Orinoquía, pueden obstruir los poros y gargantas porales del yacimiento, reduciendo la permeabilidad y, por lo tanto, la capacidad del pozo para recibir agua. Esto disminuye la eficiencia de la recuperación secundaria de petróleo, pues al presentarse obstrucción de los poros de la formación receptora, se genera reducción de la permeabilidad y daño de formación, aumentando los requerimientos de presión (y energía) del sistema de inyección y disminuyendo el caudal recibido en los pozos inyectoros.

Estos impactos, al acumularse, hacen que la pérdida de inyectividad comprometa el desempeño del patrón de inyección, y deba intervenir el pozo inyector para restaurarla. Un diagnóstico temprano de las corrientes con mayores tamaños de partícula permitiría a la operación concentrar sus esfuerzos de inyección de química hacia los pozos con mayor riesgo de presentar daño.

<p>Antecedentes</p>	<p>Actualmente, una muestra es tomada a solicitud del ingeniero de inyección, la cual se envía al laboratorio y se determina, entre otras variables, el tamaño de partícula. El resultado está demorando cerca de un mes, lo que implica una restricción al momento de habilitar puntos de recolección de química que contrarresten el punto de taponamiento.</p>
----------------------------	---

ALCANCE

<p>Objetivo General</p>	<p>Contribuir a la eficiencia operacional por medio de una tecnología que permita el diagnóstico de los diámetros de partícula de manera más rápida para tomas de decisiones más ágiles.</p>	<p>Indicador y meta</p>	<p>línea base 1. Diámetro de partícula actual, determinado <i>in-lab</i>.</p> <p>Meta: 100% de reproducibilidad de datos obtenidos en línea e <i>in-situ</i>, frente a los resultados de análisis <i>in-lab</i>.</p> <p>línea base 2. Tiempo de análisis <i>in-lab</i> actual Meta: En línea</p> <p>línea base 3. Frecuencia de lectura actual Meta: Mayor frecuencia de lectura (en línea e <i>in-situ</i>) garantizando al menos una medición diaria.</p>
<p>Objetivos Específicos</p>	<p>E1. Determinar en línea la distribución probabilística de diámetros de partículas suspendidos en agua de inyección.</p>	<p>Indicador y meta</p>	<p>Indicador: Diámetro de partícula actual, determinado <i>in-lab</i>.</p> <p>Meta: 100% de reproducibilidad de datos obtenidos en línea e <i>in-situ</i>, frente a los resultados de análisis <i>in-lab</i>.</p>
<p>Objetivos Específicos</p>	<p>E2. Disminuir el tiempo de análisis en la determinación del diámetro de partícula.</p>	<p>Indicador y meta</p>	<p>a) Indicador: Tiempo de análisis <i>in-lab</i> actual: 2 meses Meta: En línea, < 2 meses.</p> <p>Y,</p> <p>b) Indicador: Frecuencia de lectura actual b) Meta: Mayor frecuencia de lectura (en línea e <i>in-situ</i>) garantizando al menos una medición diaria.</p>
<p>Objetivos Específicos</p>	<p>E3. Proyectar la tecnología hacia la escalabilidad por medio de una propuesta diferenciada</p>	<p>Indicador y meta</p>	<p>Indicador: Antecedentes de soluciones implementadas y/o escaladas. Meta: Análisis de escalabilidad tecnológica</p>
<p>Público objetivo</p>	<p>Procesos operativos Upstream del Grupo Ecopetrol, específicamente los colaboradores que realizan procesos de inyección de agua para recobro mejorado.</p>	<p>Localización</p>	<p>Al menos uno de los pozos del departamento del Meta (Apiay, Castilla y/o Chichimene) en función del tipo de tecnología a pilotear.</p>
<p>Partes Interesadas</p>	<p>Parte interesada 1: Empresas del sector de hidrocarburos. Alcance: Nacional. Posición: Competidor. Expectativas: Consolidación de ventaja competitiva en el manejo activos. Contribución: Cliente futuro de la tecnología.</p> <p>Parte interesada 2: Agencia Nacional de Hidrocarburos Alcance: Nacional Posición: Entidad de control.</p>		

	<p>Expectativas: Efectividad en el gerenciamiento de pozos logrando menores taponamientos. Contribución: Seguimiento al desempeño del proceso de monitoreo de pozos.</p>
<p>PDS - Product Design Specifications</p>	<p>La tecnología debe ser de TRL 4 o superior.</p> <p>Para la selección de la tecnología se debe considerar un impacto ambiental mínimo ante posibles derrames o liberaciones accidentales en el medio ambiente.</p> <p>El piloto debe maximizar la eficiencia energética requerida para su funcionamiento. Asimismo, se considerará en los criterios de evaluación sé que la energía utilizada por la tecnología propuesta sea cubierta a partir de fuentes renovables.</p> <p>Los diseños de los pilotos deben contemplar el potencial de escalabilidad de la tecnología, asegurando que los costos Capex/Opex sean competitivos en comparación con tecnologías de referencia en el mercado.</p> <p>La infraestructura disponible para el piloto debe permitir la adecuada experimentación, asegurando que el sistema de pruebas cuente con una línea de agua dedicada a la validación de la tecnología.</p> <p>Es importante que el solucionador contemple generar un plan de acción hacia condiciones controladas similares a escenarios reales, como pruebas en sistemas aislados, en dado caso exista una restricción operativa.</p> <p>Ecopetrol debe garantizar la disponibilidad de análisis fisicoquímico del agua actualizado antes de la ejecución del piloto.</p> <p>Se debe evaluar la eficiencia de la tecnología propuesta en comparación con los procesos tradicionales, demostrando posibles ahorros en costos operativos.</p> <p>Las tecnologías propuestas a solucionar el reto deben poder garantizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obtener resultados, en línea, de la distribución probabilística de los diámetros de partículas suspendidas en el agua de inyección. • Lograr una frecuencia de resultados de lectura de data diario (garantizando que los resultados sean reproducibles en contraste con los análisis de laboratorios). • Realizar el conteo de las partículas encontradas con una agrupación, por lo menos en relación con los tamaños detectados. • Tener la capacidad de funcionar eficientemente en las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> Temperaturas entre: 25°C y 50°C (grados Celsius) Caudales entre: 3000 y 5000 bbl/ día (barriles de agua por día) Presiones entre: desde los 30 y 200 psi Diámetros de ductos entre: 3 y 5 pulgadas • Se esperan soluciones de tipo digital, como: Artificial intelligence (IA), Inthernet of things (IoT), Machine learning, Big Data, Sensores con IA, entre otros. (Por ejemplo, Cauty Vision Intelligent Analysis o Computer Visión) • Deseable que la tecnología sea extensiva a determinar en tiempo real la concentración y/o tamaño de gota de otros targets no sólidos, como aceites pesados y/o hidrocarburos. • La tecnología debe controlar el efecto de la radiación (en caso de que aplique) para que no se generen afectaciones a los trabajadores ni al medio ambiente. <p>Opcionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar mineralógicamente las partículas e identificar el índice de taponamiento de las partículas detectadas. • Brindar información relacionada a la proveniencia de las partículas medidas por las características petrográficas de estas. • Identificar el tipo de partícula analizada.
<p>Requerimientos</p>	<p><u>Requerimientos HSE para proponentes.</u></p> <p>Para postularse a la convocatoria y participar en el proceso de selección, los proponentes y sus aliados deben acreditar que cuentan con un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, conforme a la legislación colombiana. Esto debe demostrarse mediante una certificación de su ARL expedida en el último año. Esta exigencia aplica únicamente a empresas con operación en Colombia.</p> <p>ParqueSoft se reserva el derecho de verificar la información presentada.</p> <p><i>Requisitos habilitantes para el desarrollo de la fase de implementación y experimentación de los pilotos en las operaciones de Ecopetrol S.A.</i></p>

Además de los anteriores requisitos descritos, los requisitos que serán descritos a continuación, solo los deberá presentar y cumplir el proponente seleccionado para desarrollar la fase de experimentación de los pilotos.

Requisitos HSE para proponentes seleccionados (Anexo 5)

Para la ejecución de la fase de implementación y experimentación de pilotos (*Numeral 8.3 de los Términos y Condiciones*) en instalaciones donde Ecopetrol S.A. tenga el control operacional, se deberán seguir las siguientes consideraciones:

a). Si la operación del piloto NO implica ejecución de tareas críticas en materia de HSE

El proponente deberá leer, seguir y cumplir con el Anexo 5: Requisitos en HSE Control 2, descrito por Ecopetrol S.A

Para la suscripción del Acta de Inicio del contrato/convenio de experimentación con ParqueSoft, el proponente deberá entregar:

- Plan HSE acorde con las actividades del contrato o convenio, que garantice:
 - Cumplimiento legal en HSE.
 - Identificación de riesgos y controles.
 - Matriz de identificación de peligros.
 - Evaluación y valoración de riesgos.
 - Promoción, prevención y control de la salud de los trabajadores vinculados al contrato/convenio.
 - Matriz de identificación de aspectos ambientales y evaluación de impactos.
 - Gestión integral de emergencias.
 - Otros requisitos descritos en el Anexo 5: Requisitos en HSE Control 2.

- Certificado de ejecución de los exámenes ocupacionales de ingreso y de aptitud de los trabajadores a cargo.
- Certificación de cumplimiento de las fases I y II del curso de fomento del trabajo, seguro, limpio y saludable de Ecopetrol S.A o el documento que lo modifique o derogue; así como de competencia para las especialidades que así lo requieran expedidas por instituciones avaladas nacional o internacionalmente, de conformidad con la legislación colombiana.
- Permisos o licencias ambientales requeridas para ejecutar el piloto.
- La constancia de la clasificación del Nivel de Riesgo de la Empresa o Centro de Trabajo de acuerdo con el contrato/convenio a ejecutar (Certificación de la ARL, de acuerdo con el artículo 2 del Decreto 1607 de 2002) descrita en el *Numeral 6.8 de los Términos y Condiciones*

b). Si la operación del piloto incluye la ejecución de una o más de las siguientes actividades, consideradas como tareas críticas en materia de HSE:

- Trabajo en alturas
- Espacios confinados
- Excavaciones
- Levantamiento mecánico de personas y/o cargas
- Trabajos en cuerpos de agua
- Ingreso o intervención en sistemas eléctricos de baja, media o alta tensión
- Actividades intrusivas que interfieran en un proceso operativo y puedan generar pérdida de contención de una sustancia.

El proponente deberá, además de cumplir con lo anteriormente mencionados, presentar las siguientes certificaciones:

- RUC, con una calificación de mínimo 80%, expedido por el Consejo Colombiano de Seguridad, ó b. Certificación ISO 45001 expedida por una entidad certificadora; ó c. Certificación bajo otros estándares reconocidos por la industria petrolera, Código IGS/ISM Code ó Norsok S-006, o STOW, expedida por una entidad certificadora
- Leer, seguir y acatar las recomendaciones descritas en el Anexo 6: Requisitos HSE Control 1, establecidas por Ecopetrol S.A

c) Si la operación del piloto NO implica su ejecución dentro de las áreas de operación de Ecopetrol S.A, el proponente deberá realizar:

Cumplimiento de Ley: El Proponente es el único responsable ante Ecopetrol S.A y ante las autoridades internacionales, nacionales y locales por el cumplimiento de los requisitos y obligaciones en HSE que adquiere con ocasión de esta convocatoria, las cuales serán extendidas a sus contratistas y proveedores.

Requerimientos y riesgos en Ciberseguridad

Las soluciones tecnológicas derivadas de los retos de innovación abierta deben contemplar medidas integrales para garantizar su funcionamiento seguro, eficiente y acorde con los lineamientos corporativos de Ecopetrol S.A. Esto implica asegurar la protección de la información, garantizar que los datos generados sean consistentes, trazables y útiles para la toma de decisiones, y entregar

	<p>una arquitectura técnica robusta, clara y bien definida que permita su integración con la infraestructura de red segmentada provista por Ecopetrol S.A.</p> <p>En el marco de esta convocatoria y <u>únicamente para efectos de postulación</u>, el proponente deberá:</p> <p>Leer, cumplir y diligenciar el formato <i>Anexo 6: Riesgos, Consideraciones y requisitos en Ciberseguridad</i>, con el fin de clasificar el grado de vulnerabilidad de la solución en temas de ciberseguridad.</p> <p>En caso de resultar seleccionado y <u>para efectos únicos de ejecución del piloto</u> y fase de experimentación:</p> <p>El proponente deberá incorporar en el desarrollo de sus propuestas los requisitos técnicos descritos en el <i>Numeral 2. Concepto de arquitectura propuesto del Anexo 8: Concepto Arquitectura Digital. Ciberseguridad: Requerimientos retos innovación abierta</i> y; según aplique, los aspectos técnicos correspondientes del <i>Numeral 4.1.</i> del mismo documento.</p>
<p>Restricciones</p>	<p>Para poder operar correctamente la solución debe contemplar las siguientes restricciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La solución no debe incurrir en paradas o afectación de la operación de manera recurrente (para efectos de implantación y cierre del piloto se podrá hacer dos únicas paradas: una para instalación y una para la salida y cierre de la tecnología) • No es posible retirar muestras de agua pues la medición se debe hacer en línea. (A menos que haya una restricción operativa de fuerza mayor). • No se deben usar fuentes radioactivas en intensidad y/o cantidades de manejo que presenten una afectación a la salud o al medio ambiente. • Entre otros identificados en el proceso de experimentación.
<p>Impacto esperado</p>	<p>Se espera la generación de una solución tecnológica probada en un entorno relevante (TLR≥4) para determinar en línea la distribución probabilística de diámetros de partículas suspendidos en agua de inyección. Este prototipo deberá disminuir el tiempo de análisis en la determinación del diámetro de partícula, contribuyendo a la eficiencia operacional en la toma de decisiones más ágiles. Deberá garantizar eficiencia energética en el proceso, proteger la integridad de los activos y proyectar la tecnología hacia la escalabilidad por medio de una propuesta diferenciada</p> <p>La propuesta tecnológica deberá fortalecer las capacidades actuales de Ecopetrol en la gestión de activos y la toma de decisiones ágiles.</p>
<p>Palancas de valor</p>	<p><i>Continuidad operativa:</i> Mayores ingresos mediante eficiencia en producción y recobro secundario, gracias a la toma de decisiones ágiles.</p>