



FICHA RETO

Monitoreo Flocs

RETO	¿Cómo podríamos desarrollar una solución que permita monitorear y hacer seguimiento en tiempo real a las propiedades y evolución de los flocs durante las etapas de coagulación y floculación, considerando que hoy este seguimiento se realiza mediante mediciones indirectas y pruebas de laboratorio que no permiten conocerlo en tiempo real, con el objetivo de optimizar el desempeño del proceso y mejorar la eficiencia de las etapas de sedimentación y filtración?
OBJETIVO ESTRATÉGICO	Mejorar el control y la estabilidad operacional del proceso de potabilización mediante el monitoreo y seguimiento en tiempo real de la formación y evolución de los flocs durante las etapas de coagulación y floculación, con el fin de optimizar el desempeño del proceso, mejorar la eficiencia de las etapas de sedimentación y filtración y aumentar la capacidad de respuesta ante las variaciones en la calidad del agua cruda.
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD	La coagulación y la floculación son etapas fundamentales del proceso de potabilización, ya que de ellas depende en gran medida la eficiencia de los procesos posteriores de sedimentación y filtración. La remoción de partículas coloidales y otras impurezas presentes en el agua está estrechamente relacionada con la adecuada formación y evolución de los flocs, los cuales son el resultado de fenómenos físicos y químicos dependientes de las características del agua cruda y de las condiciones de operación. Aunque las plantas de potabilización cuentan con instrumentos para monitorear variables fisicoquímicas convencionales, actualmente el seguimiento de la calidad del floc se realiza principalmente mediante mediciones indirectas, observaciones operativas y pruebas de laboratorio,





	las cuales no permiten conocer en tiempo real la formación, evolución y comportamiento de los flocs durante el proceso. La ausencia de información continua sobre propiedades críticas de los flocs, tales como tamaño, estructura, fortaleza y sedimentabilidad, limita la capacidad para anticipar desviaciones en el proceso y dificulta la toma oportuna de decisiones relacionadas con la dosificación de productos químicos y las condiciones de mezcla. Actualmente, el seguimiento de estas propiedades se realiza de manera indirecta, mediante análisis de laboratorio y observación operativa, sin disponer de información en tiempo real. Esta situación puede afectar el desempeño de las etapas de sedimentación y filtración, incrementar el consumo de reactivos y la frecuencia de lavado de filtros, así como reducir la capacidad de respuesta frente a las variaciones en la calidad del agua cruda y las condiciones de operación. En este contexto, existe una oportunidad para desarrollar soluciones que permitan monitorear y hacer seguimiento en tiempo real a la formación, evolución y propiedades de los flocs, con el propósito de optimizar el desempeño del proceso de potabilización, mejorar la eficiencia de las etapas posteriores y aumentar la robustez y estabilidad operacional de las plantas.
ANTECEDENTES	Actualmente, las plantas de potabilización realizan el monitoreo de variables fisicoquímicas convencionales, como pH, turbiedad, carbono orgánico total (TOC), absorbancia UV y otros parámetros asociados a las características del agua cruda, que constituyen la base para la toma de decisiones operativas en las etapas de coagulación y floculación. Adicionalmente, estas decisiones se complementan con observaciones operativas y pruebas de laboratorio. Sin embargo, estas herramientas proporcionan información indirecta y discontinua sobre las características de los flocs generados durante el proceso. Las características y propiedades de los flocs pueden variar en periodos cortos de tiempo como consecuencia de los cambios en la calidad del agua cruda y en las condiciones de operación, dificultando la identificación temprana de desviaciones en el proceso y la optimización de las etapas posteriores de sedimentación y filtración. Para abordar esta necesidad, históricamente se ha recurrido a herramientas como las pruebas de jaras, la experiencia operativa y la inspección visual del comportamiento de los flocs y de las unidades de sedimentación y filtración. Estas estrategias han permitido mantener una operación adecuada de las plantas; sin embargo, presentan limitaciones debido a que no proporcionan





	información continua ni permiten conocer en tiempo real la formación, evolución y propiedades críticas de los flocs. Si bien estas aproximaciones han contribuido al control operacional del proceso, aún existe una oportunidad para desarrollar soluciones que permitan un seguimiento más integral y en tiempo real de la formación, evolución y propiedades de los flocs, con el fin de mejorar la capacidad de respuesta ante cambios en la calidad del agua cruda, optimizar el desempeño global del proceso de potabilización y aumentar la robustez y estabilidad operacional de las plantas.
¿QUÉ RESULTADOS ESPERA OBTENER?	Se espera obtener una herramienta piloto que permita monitorear y realizar seguimiento en tiempo real a la formación, evolución y propiedades de los flocs generados durante las etapas de coagulación y floculación, proporcionando información que contribuya a una toma de decisiones más oportuna y a un mejor control del proceso de potabilización. La solución desarrollada deberá demostrar su viabilidad técnica en condiciones reales de operación y generar información útil para optimizar el desempeño de las etapas posteriores de sedimentación y filtración, aumentar la capacidad de respuesta ante variaciones en la calidad del agua cruda y mejorar la estabilidad operacional de las plantas. Entre los resultados esperados se incluyen: • Desarrollo y validación de una herramienta piloto para el monitoreo y seguimiento en tiempo real de la formación y evolución de los flocs. • Obtención de información continua sobre propiedades de los flocs, tales como tamaño, fortaleza, sedimentabilidad y otras propiedades relevantes para el desempeño del proceso. • Identificación temprana de cambios en el comportamiento del proceso y generación de información para apoyar la toma de decisiones operativas. • Evaluación de la viabilidad técnica de la solución en condiciones reales de operación. • Establecimiento de las bases técnicas para el escalamiento e implementación futura de soluciones de monitoreo y control en tiempo real en plantas de potabilización.





POBLACIÓN AFECTADA	La necesidad es planteada principalmente por el área de Potabilización de EPM, responsable de la operación de las plantas y de la optimización y control del proceso, la cual requiere información técnica y herramientas que permitan mejorar el monitoreo y seguimiento en tiempo real de las variables de proceso. En particular, disponer de información asociada a la formación, evolución y propiedades de los flocs generados durante las etapas de coagulación y floculación contribuiría a optimizar el desempeño de las etapas siguientes y a fortalecer la estabilidad operacional de las plantas. De manera indirecta, la solución beneficiará a los usuarios del servicio de agua potable, al contribuir a la eficiencia y sostenibilidad del proceso de potabilización y, por ende, del abastecimiento de agua para consumo humano. Asimismo, la información y el conocimiento generados podrán ser de interés para otros actores del sector de agua potable, así como para centros de investigación, universidades y proveedores de tecnología interesados en el desarrollo e implementación de soluciones para el monitoreo y control de los procesos de coagulación y floculación.
ALIADOS CLAVES	La solución a este reto podría beneficiarse con la articulación de diferentes actores del ecosistema de innovación, ciencia y tecnología que cuenten con capacidades en tratamiento de agua, monitoreo de procesos, instrumentación y analítica avanzada. Entre los posibles aliados clave se encuentran: universidades y centros de investigación; empresas proveedoras de tecnologías, instrumentación y soluciones de automatización; empresas proveedoras de productos químicos y empresas especializadas en procesos de coagulación y floculación.
BARRERAS	Para la solución planteada tener en cuenta las siguientes restricciones: • La solución deberá ser compatible con la infraestructura y configuración existentes de las plantas de potabilización. • La calidad del agua cruda en las plantas de potabilización puede presentar una alta variabilidad temporal, asociada a factores hidrológicos, climáticos y a las características propias de las fuentes de abastecimiento, condición inherente al proceso que no puede ser modificada y que deberá ser considerada en el diseño de la solución. • La implementación de la solución no deberá comprometer la continuidad, confiabilidad ni la calidad del agua producida, por lo que cualquier intervención deberá realizarse sin afectar la operación normal de las plantas de potabilización.





REQUISITOS	REQUISITOS TÉCNICOS 1. La solución deberá permitir el monitoreo y seguimiento en tiempo real de la formación, evolución y propiedades de los flocs generados durante las etapas de coagulación y floculación, tales como tamaño, fortaleza, sedimentabilidad u otras características relevantes para el desempeño del proceso. 2. Deberá integrarse con la infraestructura existente de las plantas de potabilización, minimizando la necesidad de modificaciones estructurales y evitando afectaciones a la operación normal del proceso. 3. La solución deberá demostrar su viabilidad técnica en condiciones reales de operación y ser capaz de funcionar de manera confiable en ambientes industriales y bajo condiciones variables de calidad del agua. 4. Deberá considerar criterios de robustez, mantenimiento, calibración y seguridad operativa acordes con las condiciones de las plantas de potabilización. 5. Deberá permitir el almacenamiento y la consulta de la información generada, facilitando el análisis de datos históricos y en tiempo real. 6. El desarrollo de la solución deberá ser compatible con el horizonte de ejecución del reto y orientarse a la obtención de una herramienta piloto con potencial de escalamiento futuro. REQUISITOS FUNCIONALES 1. La herramienta deberá ser intuitiva y de fácil utilización para el personal encargado de la operación y control del proceso de potabilización. 2. Deberá facilitar la visualización e interpretación de la información generada, apoyando la toma de decisiones operativas. 3. Se valorarán funcionalidades que permitan identificar de manera temprana cambios en el comportamiento del proceso y generar alertas ante posibles desviaciones operativas. 4. Se valorará la capacidad de integrar la información generada con otros sistemas de monitoreo y control existentes en la planta. 5. Se valorarán capacidades de analítica avanzada, inteligencia artificial o modelos predictivos que contribuyan a optimizar el desempeño de los procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración. 6. La solución deberá entregar la documentación técnica y los resultados necesarios para evaluar su factibilidad de implementación y escalamiento en otras plantas de potabilización.
-------------------	---



TIPO DE INNOVACIÓN	Innovación en proceso: La solución esperada implica el desarrollo de una herramienta piloto que permita monitorear y hacer seguimiento en tiempo real a la formación, evolución y propiedades de los flocs durante las etapas de coagulación y floculación. Esta innovación busca optimizar el desempeño del proceso de potabilización, mejorar la eficiencia de las etapas de sedimentación y filtración, y fortalecer la capacidad de respuesta ante variaciones en la calidad del agua cruda. Corresponde a una innovación continua de proceso, orientada a mejorar y hacer más eficiente una etapa existente del proceso de potabilización mediante la incorporación de tecnologías de monitoreo en tiempo real, con potencial de escalamiento a otras plantas de EPM.
TIPO DE SOLUCIONADORA DESEADA	• Empresas de base tecnológica (startups o scaleups): Especializadas en soluciones de monitoreo en tiempo real, instrumentación, sensórica, visión artificial o desarrollo de software industrial para procesos de tratamiento de agua. • Empresas de ingeniería en instrumentación y automatización de procesos: Con experiencia en el diseño e implementación de sistemas de monitoreo y control para plantas de tratamiento o potabilización de agua. • Universidades y centros de investigación aplicada: Grupos con líneas de investigación relacionadas con procesos de coagulación-floculación, sensórica, procesamiento de imágenes o analítica avanzada aplicada al tratamiento de agua. • Empresas consultoras con experiencia comprobada relacionada con el tema de interés.
RANGO DE PRESUPUESTO	No se ha establecido un valor fijo de presupuesto; sin embargo, se espera que las propuestas se formulen dentro de un rango económico razonable y proporcional al alcance del reto, considerando que la solución será desarrollada y validada a escala piloto en un plazo de hasta 3 meses. Las propuestas deberán incluir de manera explícita todos los costos asociados al desarrollo, implementación, validación, soporte técnico, formación operativa, y —si aplica— adquisición e instalación de equipos o licencias necesarias para el funcionamiento de la herramienta. Se priorizarán aquellas propuestas que demuestren una relación costo-beneficio sólida, que sean técnicamente viables y escalables dentro del marco de recursos públicos o institucionales, y que no impliquen inversiones elevadas en infraestructura o modificaciones físicas de gran escala.





RANGO DE TIEMPO	La solución, a nivel piloto, se espera hasta en 3 meses
PROPIEDAD INTELECTUAL	Importante: Es necesario indicar que lo presentado a continuación es una primera aproximación a lo que podría ser la Propiedad Intelectual, pero la definición final se realizará en el momento de la contratación con el solucionador elegido. La propiedad intelectual que se derive del trabajo que debe ejecutar el solucionador seleccionado queda radicada exclusivamente en RUTA N. En consecuencia, el solucionador seleccionado cede de manera total, exclusiva, ilimitada, a nivel mundial y por todo el tiempo de protección legal transferible, todos los derechos patrimoniales a que haya lugar sobre los productos objeto de este contrato a RUTA N, sin que el solucionador seleccionado tenga ningún derecho o prerrogativa sobre los mismos. Lo anterior sin perjuicio de los derechos morales que permanecerán en cabeza del autor o autores de la obra (investigación), de acuerdo con las leyes que rijan la materia y en particular en Colombia (Ley 23 de 1982 y la Decisión 351 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena) y demás disposiciones legales vigentes que las modifiquen o las deroguen. En consecuencia, RUTA N como el solucionador seleccionado se obliga a mencionar, en toda publicación que haga de los documentos que se generen como parte de este contrato, el nombre de las personas que ejecutan el presente contrato como autores intelectuales y al solucionador seleccionado. A su vez, el solucionador seleccionado podrá publicar, divulgar, reproducir los mismos documentos, con fines científicos o académicos con autorización previa y por escrito de RUTA N y EPM. No podrá en ningún caso usar material protegido por propiedad intelectual del presente contrato en sus actividades con fines comerciales. El uso de logos y marcas de RUTA N y EPM, será de acuerdo con las condiciones pactadas y al direccionamiento del área de comunicaciones de la respectiva entidad. No obstante, el solucionador seleccionado retendrá la propiedad de todos los conceptos, soluciones, know-how, herramientas, cuestionarios, evaluaciones, módulos, cursos, marcos conceptuales, software, algoritmos, bases de datos, contenidos, modelos y perspectivas industriales preexistentes. En la medida en que los entregables incluyan alguno de estos, el solucionador seleccionado otorga a RUTA N una licencia de uso no exclusiva, perpetua, irrevocable, de alcance mundial y libre de regalías, única y exclusivamente para utilizarlos como parte integrada de los entregables y para el cumplimiento del objeto de este contrato.





**SOLUCIONES QUE NO
SE ACEPTARÁN**

Con el fin de garantizar la pertinencia técnica, la viabilidad y el alcance del reto, no se considerarán las siguientes propuestas:

1. Propuestas que requieran inversiones elevadas en la infraestructura de las plantas de potabilización. La solución deberá ser compatible con la infraestructura existente, sin requerir obras civiles o adecuaciones mayores para su implementación.
2. Propuestas que comprometan el cumplimiento de la normativa colombiana aplicable al proceso de potabilización o afecten la calidad del agua para consumo humano. La solución deberá ser compatible con los procesos operativos y los requisitos regulatorios vigentes.
3. Soluciones que no permitan el monitoreo en tiempo real de las propiedades y la evolución de los flocs. No se aceptarán propuestas basadas únicamente en mediciones puntuales o análisis realizados fuera de línea.
4. Propuestas que no sean viables en el contexto operativo de EPM. No se aceptarán soluciones que dependan de equipos, tecnologías o servicios que no puedan implementarse o mantenerse de manera razonable en las plantas de potabilización.
5. Propuestas que se limiten a estudios conceptuales o simulaciones. La solución deberá incluir una validación experimental o piloto en condiciones reales de operación.
6. Propuestas con un bajo nivel de madurez tecnológica. No se aceptarán soluciones que se encuentren únicamente en fase de investigación o concepto y que no puedan validarse mediante un piloto con potencial de implementación en las plantas de potabilización de EPM.

