AOC N° 009419A
Estado: APROBADA
Responsable: JUAN DAVID SIERRA SALDARRIAGA

1. Información general

Número estudio de mercado
009419E

Objeto
Desarrollo de un piloto innovador en materia de generación de energía distribuida de baja potencia mediante turbinas eólicas de eje vertical (VAWT), con almacenamiento en baterías de segunda vida.

Nombre del solicitante / Comprador	Centro de costos	Fecha creación
Juan David Sierra Saldarriaga	INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN	2026-08-21 10:28:20

Proceso especial
NO APLICA

¿Tiene Anticipo?
NO

2. Justificación y Descripción

Antecedentes

El Metro de Medellín siempre ha considerado que la innovación es un eje articulador del desarrollo institucional.

En el marco del Direccionamiento Estratégico anterior 2021-2025, se contempló la perspectiva “Procesos innovación” y el objetivo estratégico “Fortalecer el ecosistema de innovación" con los cuales se sentaron los lineamientos de este tema indicando la necesidad de fomentar la inteligencia corporativa, la gestión de ideas, la protección de la propiedad intelectual y el relacionamiento con el ecosistema externo como pilares fundamentales para el crecimiento y sostenibilidad de la Empresa.

En el nuevo direccionamiento estratégico de La Empresa aprobado en 2025 y cuya implementación inició a partir de 2026 con perspectiva hasta 2035, se estableció la innovación como un pilar transversal para el cumplimiento de los cuatro (4) objetivos misionales y la generación de valor público a través de su vertical de estrategia y crecimiento, apoyando las tres verticales de negocio (Movilidad, Real Estate y Servicios de Ciudad) y creando nuevas soluciones adyacentes y transformacionales.

Es por ello por lo que la Gerencia de Planeación, a través de su Área de Investigación, Desarrollo e innovación, ha venido impulsando diferentes acciones para fomentar la cultura de la innovación, conformando con todas ellas su programa de Innovación Abierta (InnA) y Aceleración Corporativa.

En el marco de ese programa, el área de Investigación, Desarrollo e Innovación (IDi) y la Gerencia de Desarrollo de Negocios desarrollaron de forma conjunta, a inicios del año 2025, un ejercicio de identificación y estructuración de oportunidades de innovación para satisfacer necesidades con impacto en la operación y la sostenibilidad de la Empresa.

Este ejercicio dio lugar a la construcción de una base de datos (BD) de potenciales oportunidades, organizada en ejes temáticos alineados con la estrategia corporativa de la Empresa: Fintech, Proptech, Smart Cities, MaaS, O&M Tech, Climate Tech, Social Tech, Legal Tech, Science Tech y Office Tech. Dicha base de datos recoge oportunidades clasificadas según su naturaleza (intraemprendimiento, emprendimiento o mixto), su horizonte de materialización (corto, mediano o largo plazo) y su tipo de impacto (core, adyacencia o transformación).

Sobre la totalidad de oportunidades identificadas se realizó una priorización con base en los focos de la tesis de inversión de la Empresa, esta priorización orientó la selección de los ejes temáticos sobre los cuales se construirían los retos de innovación abierta del Batch 1. Finalmente, los ejes temáticos definidos fueron los siguientes:
• Reto 1: Energía y sostenibilidad — optimización del aprovechamiento y almacenamiento de la energía de frenado de los trenes.
• Reto 2: Optimización de la estructura ferroviaria — fortalecimiento de la seguridad y el cumplimiento de procedimientos durante inspecciones y mantenimiento ferroviario.
• Reto 3: Seguridad operacional en corredores exclusivos — reducción de la siniestralidad en los corredores exclusivos de transporte masivo.
• Reto 4: Salud mental y bienestar en estaciones — prevención y reducción de incidentes relacionados con la salud mental en el Sistema Metro.
• Reto 5: Integración de la primera y última milla — mejoramiento de la conectividad entre el Sistema Metro y los destinos finales de los usuarios.
• Reto 6: Sostenibilidad — implementación de soluciones que reduzcan la huella de carbono del Metro y cierren sus ciclos de materiales, energía y residuos.

Para atender cada una de las necesidades recogidas en cada reto, el área de I+D+i adelantó una vigilancia tecnológica cuyos resultados indicaron que no era posible realizar una compra tradicional, debiéndose acudir a la convocatoria de soluciones innovadoras para encontrar las personas en capacidad de proponer alternativas de atención a los retos. En ese contexto, el área de I+D+I adelantó la Convocatoria De Retos Innovadores entre octubre y diciembre de 2025 y, luego de realizar la evaluación de las propuestas recibidas, concluyó que era necesario contratar pilotos de prueba para las soluciones mejor calificadas.

¿Para qué la contratación?

DESCRIPCIÓN DEL RETO Y LA SOLUCIÓN REQUERIDA
Reto 6: Sostenibilidad — implementación de soluciones que reduzcan la huella de carbono del Metro y cierren sus ciclos de materiales, energía y residuos.

1. Contexto
El Metro de Medellín ha consolidado una sólida trayectoria en sostenibilidad, implementando programas de eficiencia energética, gestión responsable del agua, reducción de residuos y compensación ambiental. Gracias a estas acciones, el sistema mantiene uno de los desempeños ambientales más destacados del país en el sector transporte, garantizando el cumplimiento normativo y contribuyendo activamente a la mitigación del cambio climático. Sin embargo, la creciente demanda de movilidad, el envejecimiento de la infraestructura y los nuevos estándares internacionales en materia de descarbonización y economía circular plantean la necesidad de fortalecer los mecanismos de medición, reducción y valorización de los impactos ambientales asociados a la operación.

Actualmente, la empresa cuenta con indicadores como el consumo energético total (1,39TJ/2024), la huella de carbono evitada (6.243 tCO?e), el volumen de residuos aprovechados (32,59%) y el uso eficiente del agua (78,12m³/2024), los cuales constituyen una base valiosa para avanzar hacia un modelo más integral de gestión circular y bajo en emisiones de carbono.

Hoy, la mayor oportunidad consiste en cerrar los ciclos de materiales, energía y residuos generados durante la operación, el mantenimiento y los servicios complementarios del sistema, identificando nuevas formas de reducir emisiones, aprovechar subproductos y optimizar recursos.
Esto implica explorar soluciones que integren tecnologías limpias, analítica de datos ambientales, rediseño de procesos, alianzas con el ecosistema de innovación y estrategias de sensibilización ciudadana.

El Metro de Medellín busca identificar e implementar soluciones sostenibles que reduzcan su huella de carbono y fortalezcan la economía circular de su operación, priorizando aquellas que sean viables técnica y financieramente, medibles en impacto ambiental y coherentes con los principios de seguridad, confiabilidad y servicio público

que caracterizan a la empresa.

2. Pregunta Retadora
¿Cómo podríamos implementar soluciones sostenibles que contribuyan a reducir la huella de carbono del Metro de Medellín y a cerrar sus ciclos de materiales, energía y residuos bajo principios de economía circular?

3. Alcance
Se buscan soluciones sostenibles, escalables y medibles que contribuyan a reducir la huella de carbono del Metro de Medellín y fortalecer la circularidad de sus operaciones, aprovechando los flujos de materiales, energía y residuos generados en la operación ferroviaria y sus actividades de soporte.

Las soluciones podrán abordar una o varias de las siguientes dimensiones:
3.1 Energética:
Implementación o mejora de tecnologías de eficiencia energética y energías renovables aplicadas a trenes, estaciones o talleres.
Sistemas inteligentes de monitoreo y gestión energética para optimizar el consumo y reducir emisiones asociadas.

3.2 Materiales y residuos:
Modelos de economía circular que promuevan la reutilización, reciclaje o valorización de materiales provenientes de mantenimiento, obras o servicios complementarios.
Diseño de productos o procesos con menor huella ambiental, fomentando materiales reciclados, biodegradables o de bajo impacto.
Soluciones que mejoren la trazabilidad y gestión integral de residuos, con enfoque en aprovechamiento y reducción de disposición final.

3.3 Carbono y monitoreo ambiental:
Herramientas de medición y trazabilidad de emisiones (CO?, energía, agua) que permitan reportar avances bajo estándares ESG o protocolos internacionales.
Estrategias o tecnologías para la compensación y captura de carbono, integradas con la infraestructura o el entorno del sistema.
Plataformas de datos o analítica ambiental que faciliten la toma de decisiones y la comunicación del impacto a la ciudadanía.

3.4 Todas las soluciones deberán:
Respetar las condiciones técnicas, normativas y operativas del sistema ferroviario.
Demostrar viabilidad económica y balance costo–beneficio en el corto y mediano plazo.
Presentar mecanismos de medición de impacto ambiental y social claros, verificables y replicables.

Justificación necesidad

La Ley 2069 DE 2020 en su artículo 36, contempló la promoción de las compras públicas de tecnología e innovación indicado que “Las entidades estatales, (…) procuraran generar inversiones o compras que permitan involucrar nuevas tecnologías, herramientas tecnológicas e innovación en sus funciones o sistemas, que permitan generar mejores servicios a los ciudadanos, fomentar el desarrollo tecnológico del Estado, y promover en las empresas y emprendedores nacionales la necesidad de innovar y usar la tecnología dentro de su negocio.”

Por su parte el Decreto 442 del 2022 contemplo en el artículo 2 la Convocatoria de Soluciones Innovadoras como un “procedimiento mediante el cual una Entidad Estatal plantea un reto de innovación a personas naturales o jurídicas, entendido como un desafío para resolver una necesidad de compra requiriendo nuevas soluciones a las existentes en el mercado o si las que hay requieren ajustes o mejoras para la satisfacción de sus necesidades, de manera que cualquier interesado presente alternativas de solución innovadora al reto identificado.”

La misma norma estableció en el artículo tercero las características del trámite de dicha convocatoria explicando que no constituiría el acto de apertura de un Proceso de Contratación por lo que LA EMPRESA no estaría obligada a celebrar contratos derivados de ellas. En ese sentido la convocatoria hace parte del análisis de sector o de mercado con enfoque específico en materia de innovación, para determinar la conveniencia o no de celebrar un posterior contrato bajo las normas que resulten aplicables a la entidad.

En ese contexto, la Gerencia de Planeación a través del área de I+D+i, adelantó la convocatoria de retos innovadores en 2025 que se indicó en los antecedentes. En particular respectó del RETO 6: SOSTENIBILIDAD — IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES QUE REDUZCAN LA HUELLA DE CARBONO DEL METRO Y CIERREN SUS CICLOS DE MATERIALES, ENERGÍA Y RESIDUOS, se encontraron varias propuestas técnicas de solución que se consideraron pertinentes, siendo necesario probar su efectividad a través de una prueba piloto.

La propuesta presentada por TRONEX SAS denominada Piloto de generación distribuida de baja potencia mediante turbinas eólicas de eje vertical (VAWT), con almacenamiento en baterías de segunda vida presentan las siguientes cualidades:
• Sin barrera regulatoria de espacio aéreo. A diferencia del kite power, la VAWT es un equipo eléctrico fijo sobre estructura — no una aeronave. No requiere autorización de la UAEAC ni evaluación de espacio aéreo urbano. El trámite aplicable es exclusivamente eléctrico: certificación RETIE y, si hay excedentes a la red, conexión simplificada ante el operador de red (EPM) bajo la Resolución CREG 174/2021.
• Escala muy por debajo del umbral regulatorio más exigente. El límite para autogenerador de pequeña escala es 1 MW de capacidad instalada. El piloto propuesto (1–2 kW + 2×250–500 W) representa menos del 0,3% de ese umbral, ubicándose en el régimen más simple y menos regulado del marco normativo vigente.
• Sin contradicción institucional. La VAWT no genera el conflicto reputacional que sí tiene el kite power frente a las campañas del Metro contra el uso de cometas en el corredor de cables aéreos (23 interrupciones del metrocable por cometas en 2024). Es una tecnología eléctrica convencional sin precedente de conflicto con la operación del Metro.
• Compatibilidad arquitectónica con infraestructura urbana de estaciones. Opera a baja altura, sin necesidad de orientación activa, con bajo perfil visual y menor ruido que los aerogeneradores convencionales — características que la hacen instalable en tejados y plataformas de estación sin alterar significativamente el entorno urbano ni requerir estudios de impacto adicionales.
• Doble impacto de economía circular. El uso de baterías Recobat de segunda vida reduce las emisiones de producción de baterías nuevas y evita su disposición final como residuo peligroso — sumando un componente de circularidad de materiales a la generación renovable.

La propuesta técnica que se incorpora a este documento corresponde a la evaluada y aceptada por los responsables de la convocatoria de retos innovadores que dio origen a esta contratación, de acuerdo con los anexos del módulo de estudio de mercado.

Alcance (¿qué?)

· Validación de los puntos predefinidos a intervenir dentro del sistema Metro.
· Planificación de la estrategia de instalación en los puntos definidos.
· Instalación de una (1) turbina de eje vertical VAWT, en el sistema metro MDE.
· Instalación de dos (2) anemómetros, para recolectar datos de viento de turbulencia y de viento atmosférico.
· Instalación de un (1) sistema de almacenamiento de energía Recobatt.
· Monitoreo de los sistemas instalados.
· Desinstalación de equipos (Si aplica).
· Reporte de resultados del piloto y recomendaciones de escalabilidad.

Alternativas de ejecución

Para satisfacer la necesidad identificada, LA EMPRESA evaluó la posibilidad de desarrollar directamente los pilotos de innovación mediante recursos propios. No obstante, se determinó que esta alternativa no resulta viable, toda vez que la naturaleza de los desarrollos requeridos demanda conocimientos altamente especializados, capacidades de investigación, desarrollo tecnológico, prototipado, integración y validación de soluciones innovadoras que exceden el alcance de las funciones y competencias de la planta de personal de LA EMPRESA.

Si bien LA EMPRESA cuenta con personal técnico y profesional con amplio conocimiento de la operación ferroviaria y de los procesos internos, dicho talento humano está orientado a la planeación, administración, operación, mantenimiento y control de los sistemas que conforman el Sistema Metro, mas no al desarrollo de tecnologías emergentes, plataformas especializadas, prototipos experimentales o soluciones innovadoras como las requeridas para la ejecución de los pilotos objeto de la presente contratación.

Adicionalmente, las soluciones seleccionadas fueron identificadas como resultado de la Convocatoria de Retos Innovadores adelantada por el Área de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), en la cual se evidenció que determinados proveedores cuentan con desarrollos tecnológicos propios, metodologías, propiedad intelectual, experiencia específica y capacidades técnicas diferenciales que los convierten en los únicos con la idoneidad para implementar y validar los pilotos en las condiciones

requeridas por LA EMPRESA.

En consecuencia, la alternativa más eficiente, técnica y económicamente viable consiste en contratar con terceros especializados que cuenten con experiencia demostrada en el desarrollo e implementación de soluciones innovadoras, personal altamente calificado, infraestructura tecnológica, metodologías de investigación y desarrollo, así como la capacidad para diseñar, fabricar, integrar, instalar, validar y transferir el conocimiento derivado de los pilotos, garantizando el cumplimiento de los objetivos de innovación, la mitigación de riesgos técnicos y la generación de evidencia suficiente para determinar la viabilidad de un eventual escalamiento de las soluciones

Condiciones preferenciales
Por tratarse de una solicitud única de ofertas, no se tiene en cuentas factores diferenciales.

3. Presupuesto

Moneda	Trm	Valor sin IVA	IVA	Valor con IVA
COP	0.00	47,007,605.00	8,931,445.00	55,939,050.00

Observación presupuesto

Tipo Documento		
Tipo	**Número**	**Posición**
cdp	30017131	001

Proyecto	% Recursos FMPPLUS	Modalidad de selección
no	0	Solicitud única de oferta

Fundamento normativo
La modalidad aplicable en este caso es la solicitud única de ofertas, de conformidad con el Manual de Contratación. En el presente caso, no solo la cuantía de la contratación es inferior a 150 SMLV sino que además se enmarca en las causales sin consideración a la cuantía, según la cual se contratará bajo esa modalidad y sin consideración a la cuantía los contratos estratégicos para la Empresa por encontrarse enmarcados en proyectos o actividades del sistema de I+D+i y tecnologías. En el caso que los contratos impliquen la adquisición de bienes o servicios en calidad de prototipo, prueba o ensayo, la producción y abastecimiento del bien o servicio posterior se podrá hacer con el desarrollador con el fin de reducir la dependencia tecnológica e impulsar la industria nacional".

4. Descripción del objeto a contratar y sus especificaciones esenciales

País ejecución	Ciudad ejecución	Importación de tecnología
Colombia	BELLO	N/A

Plazo del contrato (Días)	Fecha fin	
108	2026-12-18	
Tipo de contrato	**Tipo de inicio de contrato**	**Plazo de pago**
PRESTACIÓN DE SERVICIOS	Orden de inicio	Pago a 45 días

Observaciones Forma de pago
El valor total del contrato será abonado al CONTRATISTA así: • Un (1) pago equivalente al veinte por ciento (20%) del valor total del contrato, contra la entrega por parte del CONTRATISTA del documento de validación de los puntos de intervención y planificación de la implementación, el cual deberá contener como mínimo la validación de los puntos a intervenir, el cronograma de actividades, la metodología de trabajo, el plan de implementación y los demás aspectos requeridos para el inicio de la ejecución contractual, recibido a satisfacción por el Supervisor del Contrato. • Un (1) pago equivalente al sesenta por ciento (60%) del valor total del contrato, contra la entrega por parte del CONTRATISTA del desarrollo e instalación de la solución objeto del contrato, debidamente implementada y en funcionamiento, de conformidad con las especificaciones técnicas, recibido a satisfacción por el Supervisor del Contrato. • Un (1) pago equivalente al trece por ciento (13%) del valor total del contrato, contra la ejecución de la desinstalación de los equipos, cuando esta aplique, de conformidad con las especificaciones técnicas y recibido a satisfacción por el Supervisor del Contrato. • Un (1) pago equivalente al siete por ciento (7%) del valor total del contrato, contra la entrega por parte del CONTRATISTA del reporte final de resultados del piloto, el cual deberá incluir los resultados obtenidos, el análisis técnico de la implementación, las conclusiones, recomendaciones y los demás productos definidos en las especificaciones técnicas, recibido a satisfacción por el Supervisor del Contrato. PARÁGRAFO 1: Los pagos se efectuarán por parte de LA EMPRESA previa presentación de la factura la que deberá cumplir con los requisitos del Estatuto Tributario, contener el número del contrato y estar debidamente soportada por EL CONTRATISTA, revisada y legalizada con el informe suscrito por LA SUPERVISIÓN del contrato, donde conste el cumplimiento de las obligaciones contractuales y las Actas de recibo por parte de LA SUPERVISIÓN. PARÁGRAFO 2: LA EMPRESA pagará a EL CONTRATISTA mediante abono en su cuenta, previa presentación de la factura. PARÁGRAFO 3: De manera previa a la realización de los pagos, EL CONTRATISTA deberá acreditar el cumplimiento de sus obligaciones con el sistema de seguridad social integral y pagos parafiscales que le correspondan. PARÁGRAFO 4: La aprobación del pago se hará dentro de los tres (3) días hábiles siguientes a la radicación de la factura, si no ha tenido correcciones por parte de LA EMPRESA, o de la fecha en que sea devuelta con las correcciones. El pago se hará dentro de los cuarenta y cinco (45) días calendario siguientes a la aprobación del pago. Si LA EMPRESA glosare alguna de ellas, de todas maneras, procederá a efectuar el pago de las sumas no discutidas, dentro de los plazos establecidos, sin que la aceptación de este pago implique renuncia de EL CONTRATISTA al saldo en discusión. PARÁGRAFO 5: LA EMPRESA deducirá del valor del contrato, todos los impuestos y retenciones a que haya lugar en el momento de hacer el pago, de acuerdo con las disposiciones legales vigentes. PARÁGRAFO 6: EL CONTRATISTA deberá cumplir con las directrices de LA EMPRESA en cuanto a facturación electrónica, cuando a ello haya lugar.

5. Análisis de invitados

Proveedor	Nit	Representante legal	Correo	Razones técnicas
TRONEX SAS	811025446	Jose Jaime Parra Trujillo	jairodiaz@tronex.com	Invitado identificado en convocatoria de retos innovadores

6. Evaluadores

Tipo Evaluador	Usuario
Evaluador de Orden Legal	Catalina Maria Martinez Silva
Evaluación SST	Carolina Amador Molina

7. Supervisión / Interventoria

Tipo de supervisión
Supervisión simple

Supervisor	Descripción
Maria Isabel Betancur Rendon	Supervisora principal Prof. 1 Investigación, Desarrollo e Innovación
Supervisor	**Descripción**
Isabel Cristina Bermudez Romero	Supervisora Suplente Prof. 1 Investigación, Desarrollo e Innovación

8. Anexos

Titulo	Archivo
Anexo Medio Ambiente _ Simple	Disponible para descargar desde la página
Anexo SST- Tareas de alto riesgo y actividades criticas	Disponible para descargar desde la página
Reto No 6 Tronex	Disponible para descargar desde la página
Anexo Técnico Seguridad Operacional - Contratistas Críticos	Disponible para descargar desde la página
Análisis de Riesgos	Disponible para descargar desde la página
Análisis Tributario	Disponible para descargar desde la página
Propuesta Técnica	Disponible para descargar desde la página

9. Comité

Número de comité	fecha
NA	0000-00-00

10. Historial de aprobaciones

Usuario	Aprobación	Fecha
Andres Tamayo Bustamante	APROBADO	2026-08-27 15:06:19
Nestor Julian Gomez Vanegas	APROBADO	2026-08-26 16:48:46
Mauricio Soto Garces	APROBADO	2026-08-26 16:40:55