



REVISTA MULTIDISCIPLINAR EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

Volumen 3, Número 3
Julio-Septiembre 2026

Edición Trimestral

CROSSREF PREFIX DOI: 10.71112

ISSN: 3061-7812, www.omniscens.com

Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias

Volumen 3, Número 3
julio-septiembre 2026

Publicación trimestral
Hecho en México

La Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias acepta publicaciones de cualquier área del conocimiento, promoviendo una plataforma inclusiva para la discusión y análisis de los fundamentos epistemológicos en diversas disciplinas. La revista invita a investigadores y profesionales de campos como las ciencias naturales, sociales, humanísticas, tecnológicas y de la salud, entre otros, a contribuir con artículos originales, revisiones, estudios de caso y ensayos teóricos. Con su enfoque multidisciplinario, busca fomentar el diálogo y la reflexión sobre las metodologías, teorías y prácticas que sustentan el avance del conocimiento científico en todas las áreas.

Contacto principal: admin@omniscens.com

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación

Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido de la publicación sin previa autorización de la Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.



Copyright © 2026: Los autores



9773061781003

Cintillo legal

Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias Vol. 3, Núm. 3, julio-septiembre 2026, es una publicación trimestral editada por el Dr. Moises Ake Uc, C. 51 #221 x 16B , Las Brisas, Mérida, Yucatán, México, C.P. 97144 , Tel. 9993556027, Web: <https://www.omniscens.com>, admin@omniscens.com, Editor responsable: Dr. Moises Ake Uc. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-121717181700-102, ISSN: 3061-7812, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR). Responsable de la última actualización de este número, Dr. Moises Ake Uc, fecha de última modificación, 1 julio 2026.



Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias

Volumen 3, Número 3, 2026, julio-septiembre

DOI: <https://doi.org/10.71112/bhpks903>

**CAPACIDADES DINÁMICAS EN METROLOGÍA DEL AGUA: HOJA DE RUTA PARA
ACREDITACIÓN ONAC Y EFICIENCIA OPERATIVA**

**DYNAMIC CAPABILITIES IN WATER METROLOGY: A ROADMAP FOR ONAC
ACCREDITATION AND OPERATIONAL EFFICIENCY**

Dr. Javier Alfonso Mendoza Betin

Ferney Jose Arias Caseres

Brahayan Camilo Sierra García

Colombia

Capacidades dinámicas en metrología del agua: hoja de ruta para acreditación ONAC y eficiencia operativa

Dynamic capabilities in water metrology: a roadmap for ONAC accreditation and operational efficiency

Dr. Javier Alfonso Mendoza Betin^{a,*}

j.mendozabetin@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8355-8581>

Ferney Jose Arias Caseres^b

ferney.arias@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-9775-9906>

Brahayan Camilo Sierra García^c

brahayansierra@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3819-8134>

*Autor de correspondencia: j.mendozabetin@gmail.com, ^aUNINI México, ^bFundacion Universitaria Tecnológico, ^cUniversidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia

RESUMEN

Este estudio evalúa el impacto técnico, económico y operativo de incorporar medidores ultrasónicos portátiles (PT900, SITRANS FS290) y electromagnéticos de inserción (SPI MAG 3000, FPI Mag®) en el Laboratorio de Metrología de Aguas de Cartagena S.A. Mediante un enfoque mixto (SEM/PLS y entrevistas), se evidencian mejoras significativas en precisión, eficiencia operativa y trazabilidad, junto con reducciones de costos frente a servicios tercerizados. Los indicadores de ajuste (Q^2 , GOF, SRMR, NFI, R^2) confirman la solidez del modelo; la evidencia cualitativa resalta la legitimidad técnica, la portabilidad para calibración in situ y la demanda potencial —en especial para puntos de mediciones de 1"— condicionada a precios competitivos y acreditación ONAC. Se propone una hoja de ruta para ampliar el alcance

de acreditación, optimizar procesos y fortalecer capacidades dinámicas en contextos hidro-climáticos similares.

Palabras clave: Capacidades dinámicas; Metrología de caudal; Calibración in situ; Ecuaciones Estructurales-SEM; Acreditación ONAC Dynamic

ABSTRACT

This study evaluates the technical, economic, and operational impact of incorporating portable ultrasonic meters (PT900, SITRANS FS290) and insertion electromagnetic meters (SPI MAG 3000, FPI Mag®) into the Metrology Laboratory of Aguas de Cartagena S.A. Using a mixed approach (SEM/PLS and interviews), we identify significant improvements in accuracy, operational efficiency, and traceability, along with cost reductions compared to outsourced services. Fit indicators (Q^2 , GOF, SRMR, NFI, R^2) confirm the robustness of the model; qualitative evidence highlights technical legitimacy, portability for in-situ calibration, and potential demand—especially for 1" measurement points—contingent on competitive pricing and ONAC accreditation. A roadmap is proposed to expand the accreditation scope, optimize processes, and strengthen dynamic capabilities in similar hydro-climatic contexts.

Keywords: Capabilities; Flow metrology; In-situ calibration; Structural equation; Modeling (SEM); ONAC accreditation.

Recibido: 4 mayo 2026 | Aceptado: 8 julio 2026 | Publicado: 9 julio 2026

INTRODUCCIÓN

El aseguramiento metrológico del caudal y de las variables asociadas al ciclo del agua es un requisito estratégico para la confiabilidad operativa, la eficiencia de costos y la legitimidad institucional de las empresas de acueducto y alcantarillado. En contextos urbanos con alta complejidad hidráulica —como Cartagena de Indias y la región Caribe colombiana—, la precisión de la medición impacta directamente en la gestión de pérdidas, la planificación de la presión en redes, el mantenimiento predictivo y la transparencia tarifaria. Sin embargo, la evidencia regional disponible ha sido fragmentaria y, con frecuencia, dependiente de servicios externos de calibración, lo que incrementa costos logísticos, prolonga tiempos de respuesta y limita el aprendizaje organizacional.

Este estudio aborda ese vacío mediante una evaluación mixta (cuantitativa–cualitativa) de la incorporación de tecnologías de medición de última generación —medidores ultrasónicos portátiles PT900 y SITRANS FS290, y electromagnéticos de inserción SPI MAG 3000 y FPI Mag®— en el Laboratorio de Metrología de Aguas de Cartagena S.A. A partir de modelos de ecuaciones estructurales (SEM/PLS) y de entrevistas a actores del ecosistema regional, se analiza el efecto de estas inversiones sobre cuatro dominios clave: (i) precisión y confiabilidad, (ii) reducción de costos de calibración, (iii) eficiencia operativa, y (iv) trazabilidad metrológica con impacto en la sostenibilidad financiera. La propuesta se enmarca en normas internacionales (ISO 4064, OIML R49, GUM/JCGM 100:2008) y en lineamientos regionales para la calibración in situ, aportando una lectura integral que conecta desempeño técnico con adopción organizacional y aceptación de mercado.

El aporte central del artículo es doble. En términos empíricos, se demuestra —con indicadores robustos de ajuste y validez predictiva— que la adopción local de estas tecnologías genera mejoras verificables y reduce la dependencia de servicios tercerizados. En términos teóricos, se posiciona la metrología como micro-fundación operativa que enlaza la base de

recursos técnicos con capacidades dinámicas de reconfiguración de procesos, habilitando ventajas sostenibles en contextos emergentes. Con ello, se provee una hoja de ruta práctica para laboratorios y utilities del agua que buscan ampliar su alcance de acreditación a través del Órgano Nacional de Acreditación en Colombia (ONAC), optimizar costos y acelerar ciclos de aprendizaje, al tiempo que se sientan bases para investigaciones longitudinales y comparadas en otros entornos hidro-climáticos.

Marco teórico

La medición de caudal constituye uno de los pilares fundamentales en la gestión de recursos hídricos, procesos industriales y servicios públicos. La elección del medidor depende de la naturaleza del fluido, el nivel de precisión requerido y las condiciones de instalación. Entre las tecnologías más relevantes se encuentran los medidores ultrasónicos —tanto portátiles como fijos— y los electromagnéticos de inserción, cada uno con principios de operación y aplicaciones particulares.

El medidor ultrasónico portátil PT900, desarrollado originalmente por Panametrics (2025), se basa en el principio de tiempo de tránsito. Este método mide la diferencia entre el tiempo que tardan dos señales ultrasónicas en propagarse a favor y en contra de la corriente. Cuando existe flujo, el tiempo de tránsito se acorta en dirección del caudal y se prolonga en sentido contrario; la diferencia es directamente proporcional a la velocidad del fluido (Baker Hughes, 2016). Este tipo de medidores ha demostrado ser altamente útil en verificaciones temporales, diagnósticos de redes de agua potable y balances hídricos, gracias a su carácter portátil y a que no requiere intervención invasiva en la tubería. No obstante, su precisión se reduce cuando existen burbujas de aire o sólidos en suspensión, lo que exige condiciones de instalación controladas (Wang et al., 2021).

En contraste, el medidor ultrasónico portátil Siemens SITRANS FS290, compuesto por el *SITRANS FST090 portable clamp-on flowmeter* y el sensor FSS200, representa una evolución

hacia sistemas ultrasónicos con mayor exactitud y estabilidad. Además de emplear el mismo principio de tiempo de tránsito, incorpora procesamiento digital avanzado, compensación térmica y filtrado adaptativo, lo cual le permite alcanzar precisiones del orden de ± 0.5 % en condiciones estables (Siemens, 2020). Este tipo de medidores resulta especialmente útil en control de procesos industriales, monitoreo energético en sistemas de refrigeración y balance de masa en plantas petroquímicas e industrias en general donde el agua sea esencial para sus procesos. Diversos estudios han resaltado que los sistemas ultrasónicos portátiles presentan una buena reproducibilidad y confiabilidad, lo que los hace idóneos en sistemas de monitoreo temporal (Zhang et al., 2019).

Por otra parte, el medidor electromagnético de inserción SPI MAG 3000 opera bajo la ley de inducción electromagnética de Faraday, la cual establece que un conductor en movimiento dentro de un campo magnético genera una fuerza electromotriz proporcional a su velocidad. En este caso, el fluido actúa como conductor eléctrico y los electrodos del medidor capturan el voltaje inducido, que es convertido en caudal (Amin et al., 2016). A diferencia de los medidores electromagnéticos de cuerpo completo, los modelos de inserción permiten instalarse en tuberías de gran diámetro mediante una perforación puntual, reduciendo costos de implementación. Sin embargo, su precisión típica ($\pm 1-2$ %) es inferior a la de un electromagnético completo, aunque suficiente para aplicaciones en agua potable, aguas residuales e irrigación (ISO, 2014; OIML, 2013). El diseño de fabricantes como McCrometer ha fortalecido este tipo de equipos para aplicaciones en aguas cargadas, como el FPI Mag®, ofreciendo soluciones costo-efectivas en escenarios de difícil instalación (McCrometer, 2018).

La literatura internacional enfatiza que la selección de la tecnología debe considerar la conductividad del fluido, la necesidad de portabilidad, los costos asociados y los requisitos de trazabilidad metrológica. Normas como la ISO 4064 y la OIML R49 establecen criterios de desempeño, reproducibilidad y exactitud para medidores de agua (ISO, 2014; OIML, 2013),

mientras que la Guía para la Expresión de la Incertidumbre en Medición GUM-proporciona las bases para evaluar la confiabilidad de los resultados obtenidos tanto en laboratorios como en campo (JCGM, 2008).

En este marco, el Laboratorio de Metrología de Aguas de Cartagena S.A. adquirió en 2024 y 2025 estos equipos —ultrasónicos portátiles, además de un electromagnético de inserción— con el fin de calibrar, medir y entregar certificados con trazabilidad metrológica en puntos hidráulicos, medidores industriales, residenciales y comerciales, caudalímetros industriales y demás sistemas asociados al acueducto y las aguas residuales de la ciudad de Cartagena y la región Caribe colombiana (iniciando en 2026). Esta inversión busca aprovechar el conocimiento especializado de su personal de metrólogos y, a la vez, contribuir a un ahorro significativo en costos frente a los servicios prestados por empresas externas con sede en Bogotá y Barranquilla. Dichos servicios externos representan costos de servicio técnico especializado y traslado hasta 2.5 veces superiores a los que actualmente ofrece el Laboratorio de Metrología a sus clientes internos: los procesos de Telemando, Eficiencia Hídrica, Acueducto y Electromecánica. Esta estrategia fortalece la autonomía técnica local y aporta a la sostenibilidad financiera y operativa de la compañía.

En conjunto, se puede afirmar que:

- El PT900 es idóneo para diagnóstico y pruebas temporales.
- El SITRANS FS290 asegura alta precisión y monitoreo confiable en aplicaciones temporales e industriales.
- El SPI MAG 3000, al igual que el FPI Mag® de McCrometer, representa una solución costo-efectiva para redes de gran diámetro con fluidos conductivos y aguas residuales.

La incorporación de estos equipos al Laboratorio de Metrología de Aguas de Cartagena S.A. fortalece la trazabilidad metrológica, la autosuficiencia técnica y la eficiencia económica en el sector agua y saneamiento.

Vacío de conocimiento

A pesar de que existen estudios y normativas internacionales que sustentan el desempeño de medidores ultrasónicos y electromagnéticos (ISO, OIML, GUM), en el contexto colombiano y caribeño persisten vacíos en tres niveles:

- Localización geográfica y dependencia externa: gran parte de las calibraciones y servicios metrológicos especializados en caudal se han concentrado históricamente en Bogotá y Barranquilla, lo que genera altos costos logísticos y dependencia de proveedores externos.
- Aplicación en condiciones reales del Caribe: no se dispone de suficiente evidencia científica documentada sobre el desempeño metrológico de medidores ultrasónicos portátiles (PT900, FS290) y electromagnéticos de inserción (SPI MAG 3000, FPI Mag®) en redes de agua potable y aguas residuales de la costa Caribe, caracterizadas por altas temperaturas, variaciones de presión, presencia de sólidos en suspensión y fenómenos de corrosión.
- Impacto en la eficiencia operativa interna: existe poca literatura que mida y documente cómo la implementación de un laboratorio acreditado en calibración de micromedición, pero con estos equipos reduce costos, mejora trazabilidad y aumenta autonomía técnica en empresas de acueducto y saneamiento de la región.

Hipótesis de la investigación

A partir de este vacío, se plantean las siguientes hipótesis:

H1: La implementación de equipos ultrasónicos portátiles y electromagnéticos de inserción en el Laboratorio de Metrología de Aguas de Cartagena S.A. mejora la precisión y confiabilidad de las calibraciones realizadas en campo y en laboratorio frente a los servicios tercerizados de Bogotá y Barranquilla.

H2: La disponibilidad propia y local de calibraciones por trazabilidad metrológica con estos equipos genera una reducción de costos de hasta 2.5 veces para los clientes internos (Telemando, Eficiencia Hidráulica, Electromecánica), incrementando la eficiencia operativa.

H3: El uso de estos equipos bajo condiciones reales del Caribe (agua potable y aguas residuales con sólidos en suspensión, tuberías de gran diámetro, altas temperaturas) asegura trazabilidad metrológica y contribuye a la sostenibilidad financiera y técnica de la empresa Aguas de Cartagena S.A.

Objetivo de la investigación

Objetivo general

Evaluar el impacto técnico, económico y operativo de la implementación de medidores ultrasónicos portátiles (PT900, SITRANS FS290) y electromagnéticos de inserción (SPI MAG 3000, FPI Mag®) en el Laboratorio de Metrología de Aguas de Cartagena S.A., con el fin de fortalecer la trazabilidad metrológica, reducir costos de calibración y garantizar la autosuficiencia técnica en el sector agua y saneamiento de la región Caribe de Colombia, iniciando por los sistemas de Acueducto y Aguas Residuales de Aguas de Cartagena S.A.

Objetivos específicos

1. Determinar la exactitud, reproducibilidad y confiabilidad de los equipos bajo condiciones reales de operación en redes de agua potable y aguas residuales en Cartagena.
2. Comparar los costos y tiempos de calibración interna frente a los servicios tercerizados en Bogotá y Barranquilla.
3. Analizar el impacto de la incorporación de estos equipos en la sostenibilidad financiera y la eficiencia de procesos internos como Telemando, Eficiencia Hidráulica y Electromecánica.

4. Proponer una base de análisis para la actualización de alcance de acreditación ONAC que incorpore calibraciones en sitio del cliente, adaptado a las condiciones de operación en la región Caribe siguiendo lineamientos de CENAM (2008).

METODOLOGÍA

Enfoque y diseño de investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto secuencial (cuantitativo → cualitativo), con un diseño no experimental y alcance exploratorio, explicativo y descriptivo. El estudio se llevó a cabo en un período de tres meses (agosto–noviembre de 2025), dentro de un diseño transversal, orientado a analizar el impacto del uso de equipos de medición de caudal en la calibración con trazabilidad metrológica de los sistemas de acueducto y alcantarillado de Aguas de Cartagena S.A.: puntos hidráulicos, medidores, caudalímetros, entre otros.

El eje de análisis se centró en los equipos adquiridos recientemente por el Laboratorio de Metrología: medidores ultrasónicos portátiles PT900 (Panametrics/Baker Hughes) y SITRANS FS290 (Siemens), y medidores electromagnéticos de inserción SPI MAG 3000 y FPI Mag® (McCrometer).

Variables de estudio

Variable independiente

Uso de los equipos de medición de caudal (PT900, FS290, SPI MAG 3000/FPI Mag®) para calibrar por trazabilidad metrológica.

Variables dependientes

- Precisión y confiabilidad de la medición.
- Reducción de costos de calibración.
- Eficiencia operativa.
- Trazabilidad metrológica e impacto en la sostenibilidad financiera

Población y muestra

Población objetivo

- Profesionales de Aguas de Cartagena S.A. en áreas de aseguramiento de la calidad, gestión de procesos, operaciones y confiabilidad.
- Empresas industriales de Cartagena de Indias con operaciones intensivas en agua potable y alcantarillado.

Muestra cuantitativa

- **Tamaño:** 135 profesionales de Aguas de Cartagena S.A.
- **Criterios de inclusión:**
 1. Al menos 4 años de experiencia profesional.
 2. Ejercicio de un rol de liderazgo en procesos operativos y administrativos.
 3. Participación voluntaria.
- **Procesos representados:** Eficiencia Hídrica, Telemando, SGI e Innovación, Acueducto, Alcantarillado y Electromecánica.

Muestra cualitativa

- Diez (10) entrevistados seleccionados de igual número de empresas industriales de Cartagena y de servicios de acueducto y alcantarillado en la región Caribe colombiana.
- **Criterio:** contar con puntos hidráulicos, medidores o caudalímetros susceptibles de calibración y disposición para contratar servicios acreditados con los equipos mencionados.

Técnicas e instrumentos de recolección

Cuantitativo – Cuestionario estructurado

- **Instrumento:** 25 ítems en escala Likert (1–5).
- **Dimensiones:** Cinco dimensiones vinculadas a la variable independiente y a las dependientes.

- **Fundamento teórico:** literatura previa sobre metrología de caudal y gestión organizacional (CENAM, 2008, ISO, 2014, Mendoza Betin, 2018a, 2025a, OIML, 2013).

Etapas de construcción

1. **Diseño inicial:** revisión bibliográfica y adaptación de escalas validadas.
2. **Validez de contenido:** evaluación por expertos (1 PhD en proyectos y 2 máster en acueducto y alcantarillado) siguiendo Hernández-Nieto (2011) y Lynn (1986).
3. **Prueba piloto:** con 15 profesionales de Aguas de Cartagena S.A., ajustando claridad, lenguaje técnico y estructura de ítems (Hair et al., 2010).
4. **Aplicación final:** encuesta en línea aplicada entre agosto y noviembre de 2025.

Confiabilidad: Cronbach's alpha global de 0.97, con subdimensiones entre 0.90 y 0.98.

Análisis: Modelado de Ecuaciones Estructurales (SEM), siguiendo Lloret-Segura et al. (2014), MacCallum et al. (1999) y Preacher & MacCallum (2003).

Cualitativo – Entrevistas semiestructuradas

- **Número:** 10 entrevistas en profundidad con duración de 60–90 minutos.
- **Proceso:** grabadas con consentimiento informado y transcritas de forma literal.
- **Análisis:** codificación temática y categorización de percepciones sobre la adopción de los servicios de calibración basados en los equipos acotados en sus sistemas acueducto y alcantarillado.
- **Resultado esperado:** comprensión integral del fenómeno y triangulación con hallazgos cuantitativos.

Síntesis metodológica

Este diseño metodológico combina la rigurosidad estadística del componente cuantitativo con la profundidad interpretativa del cualitativo, lo que permite evaluar no solo el impacto de los equipos en términos técnicos (precisión, costos, trazabilidad), sino también su aceptación y pertinencia en contextos reales de operación en Cartagena y la región Caribe, especialmente,

para evaluar la actualización de alcance de acreditación ONAC para la calibración en sitio del cliente bajo lineamientos de CENAM (2008).

RESULTADOS

Los hallazgos de este estudio, interpretados desde la perspectiva positiva, provienen de un análisis exhaustivo de los datos conforme a la metodología establecida. Al aplicar el modelo de ecuaciones estructurales, se validaron las hipótesis planteadas, identificando relaciones, efectos y patrones significativos entre las variables estudiadas. Esta sección presenta una síntesis integral de los resultados que abarca la elaboración de modelos predictivos, la verificación de los índices de ajuste y la estimación de los parámetros esenciales. En conjunto, estos componentes proporcionan una visión clara, detallada y coherente de los factores analizados y de su importancia dentro del marco investigativo.

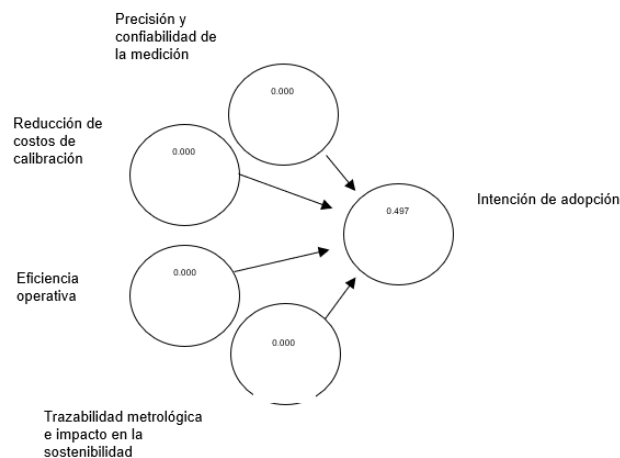
El análisis comparativo, enfocado en determinar el impacto de las variables dependientes — precisión y confiabilidad de la medición, reducción de costos de calibración, eficiencia operativa y trazabilidad metrológica e impacto en la sostenibilidad financiera— sobre la variable independiente (Intención de adopción-Uso de los equipos de medición de caudal (PT900, FS290, SPI MAG 3000/FPI Mag®) para calibrar por trazabilidad metrológica), se llevó a cabo mediante los programas SPSS y PLS, reconocidos por su idoneidad en investigaciones de tipo exploratorio. Conforme a los criterios de Cohen (1998), el índice f^2 obtenido para las cinco variables evidenció una relación sólida con el coeficiente de determinación (R^2), que alcanzó un valor de 85,17%. Este resultado confirma una alta dependencia y significancia estadística entre los factores considerados en el estudio.

Tabla 1*Los efectos de las variables dependientes sobre la independiente*

Variables	Efecto f^2	Efecto total
Precisión y confiabilidad de la medición	0.351	Relevante
Reducción de costos de calibración	0.347	Relevante
Eficiencia operativa	0.345	Relevante
Trazabilidad metrológica e impacto en la sostenibilidad	0.352	Relevante
Intención de adopción	0.335	Relevante

Nota. Basado en mediciones propias analizadas mediante SPSS y PLS (2025)

Durante la evaluación del modelo de ecuaciones estructurales (SEM) a través del método PLS, resulta indispensable que los valores de Q^2 sean superiores a cero, ya que ello evidencia la presencia de una variable latente endógena. Tal como se observa en la Figura 1, el valor obtenido de Q^2 fue de 0,497, cifra que supera ampliamente el umbral mínimo requerido. Este hallazgo fortalece la consistencia del modelo y valida su capacidad predictiva.

Figura 1*Modelo predictivo*

Nota. Basado en mediciones propias diseñado mediante SPSS y PLS (2025)

El índice de bondad de ajuste (GOF, por sus siglas en inglés) se utilizó con el propósito de evaluar el grado en que el modelo se adecua y representa correctamente los datos empíricos. Este indicador oscila entre 0 y 1, y según los valores de referencia comúnmente aceptados, un resultado de 0,10 corresponde a un ajuste débil, 0,25 a un ajuste moderado y 0,36 a un ajuste sólido. Los resultados obtenidos evidenciaron que el modelo presenta una estructura parsimoniosa y una correspondencia adecuada con la información observada. El valor del GOF se determinó mediante la media geométrica entre la comunalidad promedio — denominada *varianza media extraída (AVE)*— y el promedio de los valores de R^2 , lo que respalda la validez global del modelo.

Tabla 2*Cálculo del índice de bondad de ajuste (GOF)*

Constructos	AVE	R2
Precisión y confiabilidad de la medición	0.682	
Reducción de costos de calibración	0.675	
Eficiencia operativa	0.666	
Trazabilidad metrológica e impacto en la sostenibilidad	0.659	
Intención de adoptar	0.673	0.7480
Average Values	3.823	0.7480
AVE * R2	0.4990	
GOF = $\sqrt{\text{AVE} * R2}$	0.7070	

Nota. Basado en mediciones propias analizadas mediante SPSS y PLS (2025)

El valor del Residuo Cuadrático Medio Estandarizado (SRMR), calculado a partir de las diferencias entre las correlaciones observadas y las matrices de covarianza estimadas, fue de

0,069. Al encontrarse dentro del rango aceptable ($SRMR \leq 0,09$), se concluye que el modelo presenta un ajuste satisfactorio. Asimismo, el estadístico Chi-cuadrado obtuvo un valor de 1914,087 y el Índice de Ajuste Normalizado (NFI) registró 0,812, lo cual refuerza la evidencia de que el modelo de medición es consistente y apropiado.

Tabla 3

Estimadores del modelo

Estimadores	
SRMR	0.069
d_ ULS	1.648
d_ G1	0.941
d_ G2	0.791
Chi-Square	1.914.087
NFI	0.812

Nota. Basado en mediciones propias analizadas mediante SPSS y PLS (2025)

En síntesis, la Tabla 4 muestra los coeficientes de correlación correspondientes a las variables latentes, evidenciando una relación sólida entre los constructos exógenos y las variables endógenas observadas. Esta relación sugiere una alta coherencia entre los componentes del modelo y respalda la validez de las asociaciones planteadas.

Tabla 4

Correlación de las variables latentes y observables

Variables	PCM	RCC	EO	TIS	IA
Precisión y confiabilidad de la medición	1.000				
Reducción de costos de calibración	0.282	1.000			

Eficiencia operativa	0.289	0.293	1.000		
Trazabilidad metrológica e					
impacto en la sostenibilidad	0.283	0.277	0.288	1.000	
Intención de adoptar	0.278	0.301	0.279	0.298	1.000

Nota. Basado en mediciones propias analizadas mediante SPSS y PLS (2025)

La evaluación del modelo de medición corroboró su pertinencia como marco confirmatorio, evidenciando que todas las hipótesis propuestas alcanzaron niveles de significancia estadística y, por consiguiente, fueron validadas. Los resultados obtenidos muestran que los factores analizados influyeron de manera positiva en la aceptación generalizada por parte de los colaboradores de Aguas de Cartagena S.A., en relación con la adopción y utilización de los equipos destinados a la calibración con trazabilidad metrológica de los puntos hidráulicos y la instrumentación de caudal de los sistemas de acueducto y alcantarillado de Cartagena de Indias. Este hallazgo resalta la relevancia técnica, económica y ambiental de dichas prácticas en los procesos de medición de caudal, al tiempo que consolida su sustento teórico. En este sentido, resulta oportuno extender la consulta hacia el mercado, aun cuando se trate de una muestra intencional y de tamaño reducido. Sin embargo, la posibilidad de generalizar estos resultados dependerá de futuras investigaciones que adopten enfoques metodológicos equivalentes.

Componente cualitativo

Los testimonios recabados a través de las entrevistas evidencian una percepción ampliamente positiva frente al avance tecnológico alcanzado por el Laboratorio de Metrología de Aguas de Cartagena S.A. Los participantes manifestaron sorpresa y reconocimiento al comprobar que el laboratorio cuenta con equipos de última generación —como los medidores ultrasónicos portátiles PT900 y SITRANS FS290, y el electromagnético SPI MAG 3000 y FPI

Mag®—, destacando su precisión, confiabilidad y capacidad para ofrecer calibraciones con trazabilidad metrológica a nivel local. Este hallazgo refuerza la credibilidad técnica del laboratorio y lo posiciona como referente regional en materia de medición de caudal.

En cuanto a la eficiencia económica, los entrevistados coincidieron en que disponer de servicios de calibración locales con trazabilidad metrológica representa una reducción significativa de costos frente a los servicios tercerizados tradicionalmente contratados en Bogotá y Barranquilla. Tal como se anticipaba en las hipótesis del estudio, esta percepción confirma que la disponibilidad de equipamiento propio no solo mejora la autonomía técnica, sino que también fortalece la sostenibilidad financiera de las empresas usuarias. Sin embargo, los entrevistados enfatizaron que la competitividad de las tarifas será determinante para consolidar la adopción del servicio en el mercado.

Otro aspecto relevante es la portabilidad de los equipos, reconocida como un indicador de eficiencia operativa. Los participantes valoraron la posibilidad de realizar calibraciones directamente en campo, sin necesidad de desmontar la instrumentación, lo cual reduce tiempos muertos y facilita la continuidad operativa de los procesos industriales y de acueducto y alcantarillado. Esta característica fue descrita como una ventaja diferencial frente a los servicios externos, al ofrecer una solución flexible, rápida y menos invasiva.

Finalmente, todos los entrevistados coincidieron en la importancia de que los servicios de calibración sean prestados por entidades acreditadas. Dado que las diez empresas participantes cuentan con certificación ISO 9000, la mayoría exige que sus proveedores también estén acreditados en sus respectivos alcances de calibración. En consecuencia, la ampliación del alcance de acreditación ONAC para incluir los nuevos equipos y modalidades de servicio se perfila como un paso estratégico para asegurar la legitimidad, aceptación y sostenibilidad del modelo técnico-operativo propuesto por el Laboratorio de Metrología.

Tabla 5*Principales percepciones del componente cualitativo**(Basado en entrevistas a 10 colaboradores de empresas industriales y de servicios públicos de acueducto y alcantarillado en la región Caribe colombiana, 2025)*

Categoría de análisis	Percepción de los entrevistados	Interpretación / Hallazgo clave
Disponibilidad de tecnología avanzada	Todos los entrevistados coincidieron en que resulta “altamente sorprendente” que el Laboratorio de Metrología cuente con equipos como los ultrasónicos PT900 y SITRANS FS290, y el electromagnético SPI MAG 3000 y FPI Mag®, por su nivel de precisión y confiabilidad.	Se evidencia un reconocimiento generalizado al avance tecnológico y la capacidad metrológica local, lo que refuerza la legitimidad del laboratorio frente al sector industrial y de servicios públicos.
Precisión y confiabilidad	Los 10 participantes destacaron la exactitud de la medición de caudales con los equipos, considerando que permiten trazabilidad metrológica y resultados comparables con laboratorios de Bogotá y Barranquilla.	Se consolida la percepción de calidad técnica y confianza en los resultados, alineada con los criterios de ISO/IEC 17025.

Reducción de costos de calibración	Todos los entrevistados estimaron que las calibraciones locales con trazabilidad metrológica permitirán una reducción significativa en los costos de calibración e instrumentación de sus puntos hidráulicos.	Se confirma parcialmente la hipótesis de ahorro operativo (hasta 1.5 veces menos), fortaleciendo la autosuficiencia regional y la competitividad frente a servicios externos.
Aplicabilidad según caudales nominales	La mayoría de los entrevistados señalaron que los caudales nominales de sus procesos industriales corresponden principalmente a 1”.	Existe una oportunidad de ampliar la oferta de servicios hacia este rango de diámetro, consolidando la demanda potencial y la pertinencia del banco de micromedición.
Interés en contratar servicios	Dos entrevistados pertenecientes a empresas de acueducto y alcantarillado manifestaron interés directo en contratar los servicios, condicionado a conocer los precios finales.	Se identifican potenciales clientes institucionales, lo que refuerza la viabilidad comercial del servicio.
Eficiencia operativa	Los entrevistados coincidieron en que la portabilidad de los equipos representa un indicador claro de eficiencia operativa, al	Se refuerza la percepción de valor agregado del servicio, asociado a flexibilidad, rapidez y

	facilitar las calibraciones en sitio sin desmontar la instrumentación.	reducción de tiempos muertos en planta.
Sostenibilidad financiera	La totalidad de los participantes reconocieron el impacto positivo que puede tener este servicio en la sostenibilidad financiera de sus empresas, siempre que los precios sean competitivos.	El factor económico emerge como variable decisiva para la adopción del servicio; la política tarifaria será clave para consolidar su posicionamiento.
Exigencia de acreditación	Todos los colaboradores de las empresas entrevistadas están certificadas en ISO 9000, y la mayoría requiere proveedores acreditados en calibración en sitio bajo lineamientos de ONAC.	Se reafirma la necesidad de avanzar en la ampliación del alcance de acreditación ONAC para garantizar la aceptación y legitimidad del servicio en el mercado.

Nota. Elaboración propia en Excel (2025)

DISCUSIÓN

Los resultados integrados (cuantitativos y cualitativos) confirman que la incorporación de medidores ultrasónicos portátiles (PT900, SITRANS FS290) y electromagnético de inserción (SPI MAG 3000, FPI Mag®) habilita mejoras sustantivas en precisión, eficiencia y trazabilidad metrológica dentro de Aguas de Cartagena S.A., con efectos colaterales en costos y tiempos operativos. La robustez estadística (SEM/PLS) —con indicadores de ajuste, validez predictiva y asociaciones significativas— se triangula con percepciones favorables del mercado regional

(empresas de la muestra usada con certificación ISO 9000), que demandan proveedores acreditados y valoran la portabilidad como un signo claro de eficiencia operativa.

Al situar estos hallazgos en la literatura, se observa convergencia con estudios que explican la mejora del desempeño cuando las organizaciones orquestan recursos técnicos y capacidades organizacionales (Mendoza-Betin, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2020, 2021a, 2021b, 2022, 2024, 2025a-g, 2026a, b) y (Mendoza et al., 2026a, b). Asimismo, se mantiene la alineación con marcos normativos metrológicos y de desempeño para medición de caudal (CENAM, 2008; ISO, 2014; OIML, 2013), lo que sugiere que el efecto positivo observado no solo es técnico, sino también institucional: el cumplimiento normativo legitima el servicio ante clientes certificados en ISO 9000 y prepara el camino para ampliar el alcance de acreditación ante ONAC.

Contribución teórica

Puente entre la Teoría de Recursos y las Capacidades Dinámicas

El estudio aporta evidencia empírica sobre cómo recursos metrológicos especializados (equipos, protocolos y personal competente) se convierten en capacidades dinámicas al ser integrados en rutinas de diagnóstico, calibración in situ y aseguramiento metrológico; esto permite sentir–aprehender–reconfigurar procesos (en la línea de Mendoza-Betin, 2018a; 2018b; 2019a; 2025c) y derivar ventajas operativas sostenibles. Se ofrece así un caso aplicado que conecta el sustrato de la Teoría de Recursos (RBV) de Barney (1991) con su extensión dinámica en contextos de servicios públicos de agua y saneamiento.

Metrología como micro-fundación de desempeño

A diferencia de enfoques macro de la gestión gerencial, aquí la metrología de caudal opera como micro-fundación de la eficiencia (precisión, reducción de costos, tiempos y reprocesos), reforzando trabajos previos del autor sobre gestión, resiliencia y transferencia de conocimiento (Mendoza-Betin, 2019b; 2021a; 2021b; 2022; 2025a, 2025f). El andamiaje

normativo (CENAM, 2008; ISO, 2014; OIML, 2013) no solo garantiza conformidad; también estructura rutinas que explican el vínculo entre recurso técnico y resultado organizacional.

Legitimidad técnica e institucional como mecanismo generativo

Los resultados cualitativos muestran que la acreditación y la trazabilidad no son meros cumplimientos, sino mecanismos generativos que habilitan aceptación del mercado, reducen incertidumbre y elevan la disposición a contratar —en sintonía con evidencias sobre cultura, emprendimiento, innovación y estrategias híbridas en contextos caribeños (Mendoza-Betin, 2020; 2025a; 2025d; 2025e; 2025g).

Implicaciones prácticas

Estrategia de servicios y portafolio

Focalizar el diámetro nominal de mediciones de 1" —señalado por la mayoría de entrevistados— como primer frente comercial; escalar progresivamente hacia otros rangos según demanda observada. Definir un esquema tarifario competitivo (benchmarking con terceros de Bogotá/Barranquilla) que capture los ahorros logísticos y de tiempo generados por la calibración in situ.

Ruta de acreditación y gobierno técnico

Acercar la ampliación del alcance ONAC (calibración en sitio) y formalizar competencias del personal conforme a ISO/IEC 17025 e ISO/IEC 17020, asegurando operador permanente y planes de capacitación continua. Institucionalizar SOPs y control documental (Kawak), y alinear SGME/TIC para trazabilidad de extremo a extremo.

Gestión de capacidades y transferencia de conocimiento

Diseñar un ciclo de aprendizaje (lecciones aprendidas, mentoring, clínicas de caso) que convierta la experiencia de campo en rutinas reproducibles; vincular con iniciativas de innovación y cultura organizacional (Mendoza-Betin, 2025a) para sostener la reconfiguración de

procesos y extender las buenas prácticas a Telemando, Eficiencia Hidráulica, Eficiencia Hídrica y Electromecánica.

Relación con clientes ISO 9000

Ofrecer paquetes de conformidad (calibración + reporte trazable + evidencias para auditorías), acuerdos claros y tiempos de respuesta garantizados. La portabilidad debe traducirse en ventajas contractuales (menos paradas, menor desmontaje, ventanas de intervención cortas).

Limitaciones y próximas avenidas de investigación

Diseño y muestra

El diseño transversal y la muestra cualitativa intencional (10 entrevistas) limitan la generalización externa. Futuras investigaciones deberían incorporar diseños longitudinales y muestras probabilísticas del mercado regional y nacional para evaluar la persistencia de efectos en el tiempo.

Alcance técnico y heterogeneidad de condiciones

Los resultados se estimaron bajo condiciones de operación de Cartagena y el Caribe (temperatura, sólidos en suspensión, corrosión). Se recomienda replicar en otros contextos hidro-climáticos y con otras tecnologías (e.g., vórtex, Coriolis clamp-on, electromagnéticos full-bore) para contrastar efectos y modelar interacciones entre condiciones de red y desempeño metrológico.

Modelos causales ampliados

Integrar variables latentes de cultura organizacional, resiliencia, transferencia de conocimiento y marketing técnico (Mendoza-Betin, 2021a; 2021b; 2025a; 2025d; 2025e) en modelos PLS-SEM de mayor complejidad (mediaciones/moderaciones) para explicar de manera más completa la adopción y el desempeño económico-operativo.

Evaluación económico-ambiental integral

Profundizar en análisis costo-beneficio, coste del ciclo de vida y huella ambiental de las calibraciones in situ vs. tercerizadas, así como en métricas de riesgo operativo (fallas, no conformidades, reprocesos), para consolidar el caso de negocio y la priorización de inversiones.

CONCLUSIONES

Los resultados integrados de este estudio demuestran que la incorporación de medidores ultrasónicos portátiles (PT900, SITRANS FS290) y electromagnéticos de inserción (SPI MAG 3000, FPI Mag®) en el Laboratorio de Metrología de Aguas de Cartagena S.A. produce mejoras verificables en precisión, eficiencia operativa y trazabilidad metrológica, con efectos favorables sobre costos y tiempos de intervención. La evidencia cuantitativa — respaldada por SEM/PLS y métricas de ajuste (Q^2 , GOF, SRMR, NFI, R^2)— se triangula con el componente cualitativo, donde los entrevistados reconocen la legitimidad técnica del servicio, la ventaja de la portabilidad para calibraciones en sitio y el potencial de ahorro frente a alternativas tercerizadas. Este conjunto de hallazgos posiciona a la organización como referencia regional en medición de caudal y sustenta el avance hacia la ampliación del alcance de acreditación ONAC.

Desde una perspectiva estratégica, el estudio confirma que la metrología de caudal, articulada a marcos normativos (ISO, OIML, CENAM) y a prácticas de gestión del conocimiento, opera como micro-fundación de capacidades dinámicas que habilitan reconfiguración continua de procesos y creación de valor sostenible. En consecuencia, se recomienda priorizar el segmento de mediciones de 1" señalado por el mercado, acelerar la formalización de competencias (operador permanente) y consolidar la documentación en Kawak/SGME para asegurar la trazabilidad integral. Aunque las conclusiones están circunscritas al contexto caribeño y a un diseño transversal, abren una agenda de investigación

longitudinal y comparada que permita evaluar la persistencia de los efectos, ampliar la generalización a otros entornos hidro-climáticos y modelar relaciones causales más complejas entre desempeño metrológico, legitimidad institucional y resultados económico-ambientales.

Declaración de conflicto de interés

Los investigadores declaran que no existe conflicto de interés relacionado con esta investigación.

Declaración de contribución a la autoría

Los autores: Conceptualización, análisis formal de datos, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, software, supervisión, validación, visualización, redacción – borrador original, revisión y edición.

Declaración de uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que la Inteligencia Artificial fue utilizada como una herramienta de apoyo para este artículo, y que dicha herramienta en ningún caso reemplazó la labor o el proceso intelectual. También manifiestan y reconocen expresamente que este trabajo es resultado de su propio esfuerzo intelectual y que no ha sido publicado en ninguna plataforma electrónica de inteligencia artificial.

REFERENCIAS

Amin, S., et al. (2016). *Electromagnetic Flow Measurement for Industrial Applications*. IEEE

Access, 4, 3990–4002. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2592958>

Baker Hughes (2016). *TransPort PT900 Portable Ultrasonic Flowmeter – User Manual*.

Panametrics Division.

Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of*

Management, 17(1), 99–120. DOI: <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>

- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. NJ Lawrence Earlbaum Assoc, 2, 567.
- CENAM. (2008). *Guía técnica sobre trazabilidad e incertidumbre en la calibración de medidores de flujo de líquidos empleando como referencia un patrón volumétrico*.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2010). *Multivariate Data Analysis (7th ed.)*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Hernández-Nieto, R. A. (2011). *Contribuciones al análisis de la validez de contenido: Una revisión conceptual y metodológica*. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes.
- ISO (2014). *ISO 4064-1:2014: Water meters for cold potable water and hot water – Part 1*. International Organization for Standardization.
- JCGM. (2008). *Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*. Joint Committee for Guides in Metrology.
- Lynn, M. R. (1986). Determination and quantification of content validity. *Nursing Research*, 35(6), 382-385.
- Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A, Hernández-Baeza, A y Tomás-Marco, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada. *Anales de psicología*, 30, (3), 1151-1169.
- MacCallum, R. C., Widaman, K. F., Zhang, S. y Ho. (1999) <http://psycnet.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2F1082-989X.4.1.84>ng, S. (1999). Sample size in factor analysis. *Psychological Methods*, 4, 84-99. DOI: <https://doi.org/10.1037/1082-989X.4.1.84>
- Mendoza Betin, J. A. (2018a). Capacidades Dinámicas: Un análisis empírico de su naturaleza. *MLS Educational Research*, 2(2) 193-210. DOI: <https://doi.org/10.29314/mlser.v2i2.80>

- Mendoza-Betin, J.A. (2018b). Taxonomía de la naturaleza de las Capacidades dinámicas. *Revista CIEG, revista arbitrada del centro de investigación y estudios gerenciales*, 33, 260-286.
- Mendoza Betin, J.A. (2019a). *Capacidades dinámicas y rentabilidad financiera: Análisis desde una perspectiva ecléctica en empresas de saneamiento básico de Cartagena*. [Tesis doctoral, Universidad Internacional Iberoamericana - UNINI México].
- Mendoza-Betin, J. A. (2019b). Innovación de procesos: estudio práctico de Aguas de Cartagena S.A. E.S.P. "ACUACAR". *Desarrollo Gerencial*, 11(2), 1–20. DOI: <https://doi.org/10.17081/dege.11.2.3477>
- Mendoza Betin, J. A., Arrieta Rojas, Y. T., Llorente Tovar, A. F., & Paternina Barros, A. C. (2020). Emprendimiento Corporativo: El Plan De Excelencia De Aguas De Cartagena S.A. E.S.P. "Acuacar". *REICE: Revista Electrónica De Investigación En Ciencias Económicas*, 8(15), 1–25. DOI: <https://doi.org/10.5377/reice.v8i15.9938>
- Mendoza-Betin, J. (2021a). Resiliencia Empresarial: análisis empírico de aguas de Cartagena S.A. E.S.P. *Revista Científica Anfibios*, 4(1), 11-26. DOI: <https://doi.org/10.37979/afb.2021v4n1.80>
- Mendoza-Betin, J.A. (2021b). Transferencia de conocimiento: el caso del grupo Suez y Aguas de Cartagena S.A. E.S.P. "Acuacar". *Project Design and Management*, 3(2). <https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management/article/view/949> DOI: <https://doi.org/10.35992/pdm.v3i2.949>
- Mendoza-Betin, J. (2022). Gestión de procesos: ejercicio práctico de Empresas de Acueducto y Alcantarillado. *Revista Científica Anfibios*, 5(2), 18-37. DOI: <https://doi.org/10.37979/afb.2022v5n2.110>
- Mendoza-Betin, J., Moncada-Baleta, S., Arias-Caseres, F., & Ramos-Pacheco, C. (2024). Análisis de subcontaje y sobredimensionamiento de contadores de agua: ejercicio

- empírico de Laboratorio de Metrología de Aguas de Cartagena S.A. E.S.P. *Revista Científica Anfibios*, 7(1), 50-71. DOI: <https://doi.org/10.37979/afb.2024v7n1.147>
- Mendoza Betin, J. A. (2025a). Cultura organizacional como motor de innovación social: evidencia empírica desde el Caribe Colombiano. *Revista Multidisciplinar Epistemología De Las Ciencias*, 2(2), 1393-1420. DOI: <https://doi.org/10.71112/fn3c8d34>
- Mendoza Betin, D. J. A. (2025b). Beéle y las capacidades dinámicas en la industria musical contemporánea. *Revista Multidisciplinar Epistemología De Las Ciencias*, 2(3), 1396-1411. DOI: <https://doi.org/10.71112/vqv0ww84>
- Mendoza Betin, J. A. (2025c). Dynamic capabilities as generative mechanisms: insights from Beéle's Borondo and the Afrobeat music sector. *Revista Multidisciplinar Epistemología De Las Ciencias*, 2(3), 1925-1952. DOI: <https://doi.org/10.71112/h4ybam13>
- Mendoza Betin, J. A. (2025d). Impacto de la integración de estrategias de marketing tradicional y digital en organismos acreditados de ACUACAR: un enfoque práctico para mercados emergentes en el Caribe colombiano. *Revista Multidisciplinar Epistemología De Las Ciencias*, 2(3), 986-1029. DOI: <https://doi.org/10.71112/4ed4bt51>
- Mendoza Betin, J. A. (2025e). Liderazgo narrativo híbrido: la nueva arquitectura del periodismo gerencial en medios emergentes del Caribe Colombiano. *Revista Multidisciplinar Epistemología De Las Ciencias*, 2(3), 421-455. DOI: <https://doi.org/10.71112/cwq0rg11>
- Mendoza Betin, J. A. (2025f). Impacto de la Norma Empresa Familiarmente Responsable (EFR) en la Salud Mental y el Desempeño Laboral: Un Estudio Empírico en Aguas de Cartagena S.A. *Revista Multidisciplinar Epistemología De Las Ciencias*, 2(3), 2004-2034. DOI: <https://doi.org/10.71112/7vsj3v47>
- Mendoza-Betin, J. (2025g). Integración de Factores Claves del Management y la Gastronomía: Un Modelo para Empresas Gastronómicas en Contextos Emergentes. *Revista Científica Anfibios*, 8(1), 29-42. DOI: <https://doi.org/10.37979/afb.2025v8n1.170>

- Mendoza Betin, D. J. A. (2026a). Gestión-cocina: un modelo de capacidades dinámicas inspirado en Michel Guérard para América Latina. *Revista Multidisciplinar Epistemología De Las Ciencias*, 3(1), 52-69. DOI: <https://doi.org/10.71112/487f0s82>
- Mendoza Betin, D. J. A. . (2026b). Capacidades dinámicas y sensibilidad culinaria: la Nouvelle Cuisine de los Troisgros como tecnología cultural de gestión. *Revista Multidisciplinar Epistemología De Las Ciencias*, 3(2), 203-225. DOI: <https://doi.org/10.71112/j10fqa79>
- Mendoza Betin, J. A., Arias Caseres, F. J., & Sierra García, B. C. (2026a). Banco de calibración basados en Coriolis para medidores de 2” y 4”: evidencia del sector petroquímico de Cartagena sobre capacidades dinámicas, confiabilidad y sostenibilidad. *Revista Multidisciplinar Epistemología De Las Ciencias*, 3(1), 70-96. DOI: <https://doi.org/10.71112/gp286b38>
- Mendoza Betin, D. J. A., Arias Caseres, F. J., & Sierra García, B. C. (2026b). Capacidades dinámicas: validación de un banco para micromedidores bajo sólidos en suspensión y análisis bajo SEM/PLS-SEM. *Revista Multidisciplinar Epistemología De Las Ciencias*, 3(2), 174-202. DOI: <https://doi.org/10.71112/0b2eee40>
- McCrometer (2018). *FPI Mag® Full Profile Insertion Flow Meter – Technical Specification*. McCrometer Inc.
- OIML (2013). *R 49-1: Water meters for potable and hot water – Part 1: Metrological and technical requirements*. International Organization of Legal Metrology.
- Panametrics (2025). *TransPort® PT900 Portable Ultrasonic Flow Meter User's Manual*. Baker Hughes Company. <https://dam.bakerhughes.com/m/49040d603034debc/original/PT900-User-s-Manual.pdf>
- Preacher, K. J. y MacCallum, R. C. (2003). Repairing Tom Swift's electric factor analysis machine. *Understanding Statistics*, 2, 13-32. DOI: https://doi.org/10.1207/S15328031US0201_02

Siemens (2020). *SITRANS FS230 Ultrasonic Flowmeter – Technical Specifications*. Siemens AG.

Wang, J., et al. (2021). *Improved accuracy in transit-time ultrasonic flowmeters under multiphase conditions*. *Measurement*, 176, 109431. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109431>

Zhang, L., et al. (2019). *Performance evaluation of clamp-on ultrasonic flowmeters for industrial applications*. *Flow Measurement and Instrumentation*, 69, 101595.