



**Desarrollo de una interfaz de usuario basada en un buscador para la selección de la tecnología de medición de flujo de energía, agua y gas**

Daniel Amaya Buitrago

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Director.

Sebastián Gómez Castaño (Msc)

Ingeniero Mecánico

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica

Pregrado

Medellín, Antioquia, Colombia

2024

---

<b>Cita</b>	(Amaya Buitrago, 2024)
<b>Referencia</b>	Amaya Buitrago, D. (2024). <i>Desarrollo de una interfaz de usuario basada en un buscador para la selección de la tecnología de medición de flujo de energía, agua y gas</i> [Trabajo de grado profesional].
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

---



Centro de documentación de Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

Esta tesis está dedicada a Isabel Cristina Moreno Contreras, quien me brindó un valioso apoyo en mi camino de estudio en este campo. Durante varios años, generosamente compartió su hogar y conocimientos conmigo cuando más lo necesitaba, lo que hizo posible que llevara a cabo esta investigación. Su inquebrantable ejemplo y aliento continuo mantuvieron vivo mi espíritu y determinación, incluso en los momentos más difíciles.

## **Agradecimientos**

Expreso mi sincero agradecimiento a todas las autoridades y el personal de la Universidad de Antioquia por su confianza, apertura y apoyo durante todo el proceso de investigación que llevé a cabo en su institución.

Asimismo, deseo expresar mi gratitud a la empresa Sagy. Gracias por su invaluable acompañamiento, paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

## Resumen

El avance de la tecnología y la creciente demanda de sistemas de medición precisos y confiables para consumibles esenciales como agua, gas y electricidad son cruciales en la sociedad moderna. La toma de decisiones basada en múltiples criterios (MCDM), es un enfoque integral que se emplea para evaluar y elegir entre varias alternativas, considerando simultáneamente múltiples criterios de decisión. Según Allahverdiyev (2022), este método destaca por su capacidad para manejar situaciones complejas y multifacéticas, donde los criterios a considerar pueden ser tanto cualitativos como cuantitativos, y facilita un proceso de toma de decisiones más estructurado y racional, permitiendo a los decisores ponderar y priorizar los diferentes criterios de acuerdo con sus objetivos y preferencias. El monitoreo en tiempo real, enfatizado por Korenhof S., Fang, Y., Luo, J., van der Cammen, T. V. D., Raat, H., & van Grieken, A. (2023), subraya la necesidad de adoptar medidores de energía inteligentes y tecnologías avanzadas. Estos no solo garantizan una facturación precisa, sino que también detectan anomalías y optimizan la distribución de recursos.

La conectividad inalámbrica y la virtualización, exploradas por Inga E., Inga, J., & Hincapié, R. (2022), resaltan la importancia del acceso remoto a datos en tiempo real para monitorear patrones de consumo y detectar fugas. El potencial del Internet de las Cosas (IoT) en hogares inteligentes, según el estudio de Fu, L., & Zhang, W. (2021), sugiere que la integración del IoT proporciona datos granulares, permitiendo una comprensión más

profunda de los patrones de consumo y soluciones personalizadas a los consumidores. Estos conceptos, respaldados por investigaciones recientes, proporcionan un sólido marco para la selección y monitoreo de tecnologías de medición.

En resumen, tras diseñar y desarrollar una interfaz para seleccionar tecnologías eficaces en la medición de energía, agua y gas, el estudio logró sus objetivos específicos. Los hallazgos mostraron una comprensión detallada de las necesidades y preferencias de los usuarios, permitiendo una personalización efectiva de la interfaz. Se desarrolló un algoritmo para recomendar la tecnología de medición más adecuada, basándose en diversos parámetros, que demostró ser eficiente y preciso. La interfaz, intuitiva y accesible en distintos dispositivos, incluyó un sistema avanzado de filtrado y clasificación para facilitar la búsqueda de soluciones específicas. Los resultados validaron la hipótesis inicial de que la toma de decisiones basada en MCDM, junto con el análisis de preferencias de los usuarios, es efectiva para elegir la tecnología de medición apropiada. Se recomiendan estudios adicionales para evaluar el impacto en los costos operativos y la gestión sostenible de los recursos.

*Palabras clave:* Medición precisa, Consumibles esenciales, toma de decisiones basada en múltiples criterios (MCDM), medidores de flujo, monitoreo en tiempo real, Medidores de energía inteligentes, virtualización, internet de las Cosas (IoT), datos granulares, patrones de consumo, distribución de recursos.

## **Abstract**

The advancement of technology and the increasing demand for precise and reliable measurement systems for essential consumables such as water, gas, and electricity are crucial in modern society. Multiple Criteria Decision Making (MCDM) is a comprehensive approach used to evaluate and choose among various alternatives while simultaneously considering multiple decision criteria. According to Allahverdiyev (2022), this method is notable for its ability to handle complex and multifaceted situations where the criteria to be considered can be both qualitative and quantitative. It facilitates a more structured and rational decision-making process, allowing decision-makers to weigh and prioritize different criteria according to their objectives and preferences. Real-time monitoring, emphasized by Korenhof S., Fang, Y., Luo, J., van der Cammen, T. V. D., Raat, H., & van Grieken, A. (2023), underscores the need to adopt smart energy meters and advanced technologies. These not only ensure accurate billing but also detect anomalies and optimize resource distribution.

Wireless connectivity and virtualization, explored by Inga E., Inga, J., & Hincapié, R. (2022), highlight the importance of remote access to real-time data for monitoring consumption patterns and detecting leaks. The potential of the Internet of Things (IoT) in smart homes, according to the study by Fu, L., & Zhang, W. (2021), suggests that IoT integration provides granular data, allowing for a deeper understanding of consumption

patterns and personalized solutions to consumers. These concepts, supported by recent research, provide a solid framework for the selection and monitoring of measurement technologies.

In summary, following the design and development of an interface to select effective technologies for measuring energy, water, and gas, the study achieved its specific objectives. Findings revealed a detailed understanding of user needs and preferences, enabling effective customization of the interface. An algorithm was developed to recommend the most suitable measurement technology, based on various parameters, proving to be efficient and accurate. The interface, intuitive and accessible on different devices, included an advanced filtering and sorting system to facilitate the search for specific solutions. The results validated the initial hypothesis that the decision-making process based on MCDM, coupled with an analysis of user preferences, is effective in selecting the appropriate measurement technology. Further studies are recommended to fully assess the impact on operational costs and sustainable resource management.

*Keywords: Precise measurement, Essential consumables, multi-criteria decision making (MCDM), flow meters, real-time monitoring, Smart energy meters, virtualization, Internet of Things (IoT), granular data, consumption patterns, resource distribution.*



## Tabla de Contenidos

Capítulo 1 Introducción .....	1
Capítulo 2 Justificación.....	3
Capítulo 3 Objetivos .....	5
Objetivo general .....	5
Objetivos específicos.....	5
Capítulo 4 Planteamiento del problema.....	7
Capítulo 5 Hipótesis.....	9
Capítulo 6 Estado del arte.....	10
Capítulo 7 Marco teórico .....	14
Introducción al marco teórico .....	14
Tipos de medidores modernos .....	14
Medidores de agua .....	15
Medidores de gas .....	15
Medidores de electricidad.....	16
Revisión de estándares y regulaciones.....	16
Parámetros de medición y selección de tecnología.....	17
Toma de decisiones basada en múltiples criterios (MCDM).....	18
Conectividad inalámbrica y virtualización .....	18
Comparativo entre instrumentos locales e internacionales .....	21
Parámetros evaluativos en la selección de medidores .....	22
Justificación de parámetros evaluativos.....	25
Tipos de medidores .....	29
Medidores de gas .....	29
Medidores de agua .....	32
Medidores de electricidad.....	38
Capítulo 8 Marco metodológico.....	41
Introducción metodológica .....	41
Diseño del Estudio .....	41
Selección de participantes .....	42
Desarrollo y estructura del cuestionario.....	42
Desarrollo de la interfaz.....	45
Presentación y funcionamiento de la aplicación.....	45
Creación de la base de datos de los medidores .....	47
Lógica de recomendación implementada.....	52
Instrumentos y herramientas de desarrollo .....	55
Capítulo 9 Resultados.....	56
Conclusiones.....	58
Referencias bibliográficas.....	60
Anexos	

### Lista de tablas

Tabla 1. Medidores de gas .....	31
Tabla 2. Medidores de agua .....	34
Tabla 3. Medidores de electricidad.....	40

### Lista de figuras

Figura 1 Abrir proyecto con code .....	47
Figura 2 Dar clic en carpeta “src” .....	48
Figura 3 Seleccionar archivo “medidores.jsx” .....	48
Figura 4 Verificar tipo de medidor “agua” .....	49
Figura 5 Verificar tipo de medidor “electricidad” .....	49
Figura 6 Abrir carpeta del proyecto sin code.....	50
Figura 7 Abrir carpeta “src” .....	50
Figura 8 Abrir archivo “medidores” con “Bloc de notas” .....	50
Figura 9 Verificar el tipo de medidor “agua” .....	51
Figura 10 Verificar el tipo de medidor “electricidad” .....	51
Figura 11 Seleccionar el tipo de flujo .....	65
Figura 12 Ingresar el valor de presión requerida .....	65
Figura 13 Ingresar el valor de flujo necesario .....	66
Figura 14 Seleccionar el rango de presupuesto.....	66
Figura 15 Seleccionar el nivel de precisión requerido.....	67
Figura 16 Seleccionar el nivel de soporte posventa.....	67
Figura 17 Seleccionar disponibilidad.....	68
Figura 18 Seleccionar el tipo de certificación.....	68
Figura 19 Seleccionar el tiempo de instalación .....	69
Figura 20 Medidor que mejor se adapta a las necesidades marcadas .....	69
Figura 21 No se encontró ningún resultado .....	70

## Capítulo 1

### Introducción

En la era contemporánea, la evolución exponencial de la tecnología ha marcado un hito en la forma en que se mide y gestiona el consumo de recursos esenciales como el agua, el gas y la electricidad. Los sistemas de medición han transitado desde los tradicionales medidores mecánicos hacia innovadoras soluciones digitales, proporcionando un monitoreo en tiempo real y una transmisión automática de datos que facilitan tanto la gestión operativa de las empresas como la autogestión consciente por parte de los consumidores. Esta transición no solo simboliza un avance tecnológico, sino que también responde a la creciente demanda de precisión, eficiencia y sostenibilidad en la administración de los recursos.

Dentro de este panorama, emerge la necesidad de un proceso de toma de decisiones informado que permita seleccionar la tecnología de medición más adecuada conforme a las necesidades específicas de los clientes y los requisitos operativos y metrológicos de las empresas. Diversas investigaciones recientes han esbozado metodologías y conceptos cruciales para este proceso de toma de decisiones. Por ejemplo, el método de toma de decisiones multicriterio (MCDM) propuesto por Allahverdiyev (2022) para evaluar caudalímetros destaca la importancia de un enfoque estructurado para evaluar alternativas tecnológicas.

De manera similar, el monitoreo de datos con medidores de energía inteligentes, la conectividad inalámbrica, la virtualización y las aplicaciones de Internet de las cosas (IoT) en hogares inteligentes, respectivamente, se destacan en la investigación de Korenhof S., Fang, Y., Luo, J., van der Cammen, T. V. D., Raat, H., & van Grieken, A. (2023), Inga E., Inga, J., & Hincapié, R. (2022) y Fu, L., & Zhang, W. (2021) quienes enfatizaron la importancia de la adaptabilidad de la tecnología a diferentes escenarios de uso.

Esta tesis tiene como objetivo desarrollar un cuestionario a los clientes orientado a comprender mejor sus necesidades y seleccionar la mejor opción en cuanto a sistemas de medición de electricidad, gas y agua. A través del análisis del feedback obtenido se pretende ofrecer recomendaciones personalizadas sobre el tipo de contador que mejor se adapta a las necesidades y circunstancias de cada usuario. Este enfoque centrado en el cliente no sólo contribuye a una adopción más eficiente de la tecnología de medición, sino que también fomenta una relación más fluida y satisfactoria entre los consumidores y las empresas. Además, con nuestro enfoque en la toma de decisiones basada en datos, nuestro objetivo es contribuir a optimizar el rendimiento de las tecnologías de medición existentes e identificar áreas de mejora que, en última instancia, impulsarán la gestión de recursos esenciales de manera más sostenible y eficaz.

## **Capítulo 2**

### **Justificación**

La creciente interdependencia entre tecnología y gestión eficaz de los recursos esenciales ha moldeado un nuevo paradigma en la forma en que se mide y se administra el consumo de agua, gas y electricidad. Esta realidad, sumada a la rápida evolución tecnológica y la demanda constante por sistemas de medición precisos y confiables, crea una arena propicia para explorar y entender mejor cómo los consumidores y las empresas pueden beneficiarse mutuamente de la adopción informada de tecnologías de medición adecuadas.

La inquietud que motiva la consulta sobre este problema radica en cómo la selección de la tecnología de medición puede ser optimizada para satisfacer las necesidades específicas de los consumidores, mientras se alinea con los requisitos operativos y metrológicos de las empresas. Este escenario plantea un fenómeno complejo que integra variables tecnológicas, económicas, operativas y sociales, cuyo estudio se vuelve imperativo para promover una gestión de recursos más eficiente, precisa y sostenible.

Las variables afectadas en este contexto abarcan desde la precisión en la medición del consumo, la eficiencia operativa, la satisfacción del cliente, hasta la sostenibilidad ambiental. Por otro lado, la evolución en las comunicaciones y la tecnología de datos sugiere que es factible encontrar soluciones que puedan alinear los intereses de los

consumidores y las empresas, a través de una selección informada de tecnologías de medición. La necesidad de llevar a cabo un estudio para este tipo de fenómeno se justifica en la promesa de descubrir hallazgos valiosos que puedan guiar la toma de decisiones tanto de los consumidores como de las empresas. Además, la exploración de las percepciones y necesidades de los consumidores a través de una encuesta bien diseñada se presenta como una oportunidad invaluable para personalizar las recomendaciones de tecnología de medición, promoviendo así una adopción más efectiva y satisfactoria.

Los beneficios de proponer soluciones y recomendaciones basadas en una comprensión profunda de las necesidades del cliente son múltiples. Entre estos se destacan: la optimización de los recursos, la mejora en la precisión de la medición y la facturación, una mayor satisfacción del cliente, la promoción de la conservación de recursos a través de un monitoreo efectivo, y un avance significativo hacia la sostenibilidad ambiental. Además, al facilitar una gestión más eficiente y relaciones armoniosas entre los consumidores y las empresas, contribuye al bienestar colectivo y a la gestión responsable de los recursos esenciales de la sociedad.

## **Capítulo 3**

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

- Crear una interfaz que permita seleccionar la tecnología más eficaz para medir el flujo de energía, agua y gas.

#### **Objetivos específicos**

- Investigar y analizar las necesidades y preferencias de los usuarios y expertos en la medición de flujo de energía, agua y gas.
- Implementar una versión final de la interfaz basada en retroalimentación y pruebas con usuarios reales, garantizando su compatibilidad con diferentes dispositivos y plataformas.
- Desarrollar un algoritmo que considere múltiples parámetros (como tipo de flujo, precisión, presupuesto, entre otros) para sugerir la tecnología de medición más adecuada.
- Implementar un sistema de filtrado y clasificación que permita a los usuarios personalizar sus búsquedas basándose en especificaciones técnicas, costos o marcas.
- Establecer un canal de comunicación constante para la actualización y mejora continua de la interfaz, adaptándola a las necesidades cambiantes del mercado y de

la empresa.

- Optimizar la calidad de los servicios internos de SAGY mediante la integración de recomendaciones y datos técnicos en la plataforma, utilizando la interfaz como herramienta de valor agregado.



## Capítulo 4

### Planteamiento del problema

En los últimos años, la gestión de los recursos esenciales como agua, gas y electricidad ha experimentado una transición significativa impulsada por la evolución de las tecnologías de medición. La adopción de medidores digitales y sistemas inteligentes ha prometido una medición más precisa y una gestión eficaz del consumo. Sin embargo, la selección de estas tecnologías de medición no siempre resulta en un alineamiento óptimo con las necesidades específicas de los consumidores y los requisitos operativos y metrológicos de las empresas. Este desajuste puede dar lugar a ineficiencias operativas, insatisfacción del cliente, y una gestión subóptima de los recursos, lo que eventualmente impacta la sostenibilidad y la economía tanto a nivel doméstico como industrial.

La diversidad de tecnologías de medición disponibles, cada una con sus propias ventajas, desventajas y capacidades, presenta un escenario complejo para la toma de decisiones tanto para los consumidores como para las empresas. Por un lado, los consumidores buscan soluciones que les permitan monitorear y gestionar su consumo de manera eficaz, a la vez que desean mantener la privacidad de sus datos y evitar inversiones iniciales altas. Por otro lado, las empresas aspiran a implementar tecnologías que faciliten la medición precisa, la detección temprana de anomalías, y una gestión eficaz de los recursos, todo ello dentro de un marco económico viable.

El problema central que se plantea en esta investigación radica en cómo se puede facilitar una toma de decisiones informada en la selección de tecnologías de medición que satisfaga las necesidades y expectativas de los consumidores, mientras se alinea con los objetivos operativos y metrológicos de las empresas. Las variables en juego incluyen la precisión de la medición, la eficiencia en la gestión de los recursos, la satisfacción del cliente, la sostenibilidad ambiental, y la economía operativa.

La falta de un marco estructurado y basado en datos para guiar esta toma de decisiones puede resultar en selecciones tecnológicas subóptimas, lo que a largo plazo podría traducirse en costos operativos elevados, insatisfacción del cliente y una gestión ineficaz de los recursos esenciales. Por tanto, es imperativo explorar metodologías que permitan una evaluación holística y centrada en el cliente de las tecnologías de medición disponibles, para promover una selección informada que contribuya a una gestión sostenible y eficiente de agua, gas y electricidad. Este estudio aspira a llenar este vacío, proponiendo un enfoque de toma de decisiones basado en múltiples criterios y en la percepción del cliente, que pueda guiar la recomendación de tecnologías de medición que armonicen los intereses de los consumidores y las empresas.

## **Capítulo 5**

### **Hipótesis**

La implementación de un proceso de toma de decisiones basado en múltiples criterios (MCDM), apoyado por la recolección y análisis de datos de las preferencias y necesidades de los consumidores, conducirá a una selección más informada y efectiva de tecnologías de medición para agua, gas y electricidad. Esta selección informada resultará en una mayor satisfacción del cliente, una medición y gestión más eficiente de los recursos, y una alineación mejorada entre los objetivos operativos y metrológicos de las empresas y las expectativas de los consumidores. Además, este enfoque centrado en el cliente podría contribuir a una disminución en los costos operativos y a una gestión más sostenible de los recursos esenciales, a través de una adopción más amplia de tecnologías de medición digital y sistemas inteligentes.

## **Capítulo 6**

### **Estado del arte**

En el ámbito de la medición de recursos esenciales, como agua, gas y electricidad, se ha producido una serie de investigaciones significativas que abordan diversos aspectos relacionados con la tecnología de medición, la selección de dispositivos y los desafíos asociados. A continuación, se mencionan algunas investigaciones relevantes:

#### **Tendencias en Medición de Energía Inteligente**

Este estudio se centra en las tendencias actuales en medición de energía inteligente, destacando la importancia de los medidores digitales y su capacidad para monitorear el consumo de electricidad en tiempo real. Proporciona una visión general de las tecnologías emergentes en este campo:

"Durante los últimos años, las implementaciones de medidores inteligentes han tenido lugar en muchos países europeos, con medidores inteligentes reemplazando a los medidores tradicionales. Los medidores inteligentes no solo son útiles para la lectura automática por parte del proveedor de energía, sino también para empoderar al consumidor, permitiéndole estar consciente de su propio consumo" (Vitiello, Andreadou, Ardelean, & Fulli, 2022).

### **Seguridad en la Medición de Datos**

Esta investigación analiza los desafíos de seguridad en la medición de datos, especialmente en lo que respecta a la privacidad y la protección de la información del usuario. Ofrece una visión detallada de las amenazas y soluciones en el contexto de la medición de recursos esenciales:

"La identificación de contenido multimedia a través de los perfiles de uso de energía de los medidores inteligentes plantea serios desafíos para la privacidad del usuario. Es esencial implementar medidas de seguridad robustas para proteger esta información y prevenir accesos no autorizados que puedan comprometer la privacidad y seguridad de los datos" (Greveler, Glösekötter, Justus, & Loehr, 2012).

### **Eficiencia en la Detección de Fugas de Agua**

Este estudio se enfoca en la detección temprana de fugas de agua mediante el uso de tecnología avanzada en medidores de agua. Destaca la importancia de la precisión y la detección de anomalías en la gestión de recursos hídricos:

"Las técnicas avanzadas de telelectura en medidores de agua permiten detectar fugas de manera temprana y precisa, mejorando significativamente la eficiencia en la gestión de los

recursos hídricos. Estos sistemas no solo optimizan el uso del agua, sino que también ayudan a identificar y corregir anomalías de manera oportuna" (iAgua, 2023).

### **Evaluación de Medidores de Gas Inteligentes**

Esta investigación evalúa el rendimiento de medidores de gas inteligentes en términos de precisión y monitoreo en tiempo real. Proporciona una visión comparativa de diferentes dispositivos en el mercado:

"Los medidores de gas inteligentes se evalúan por su precisión y capacidad de monitoreo en tiempo real. Estos dispositivos ofrecen una visión comparativa de las tecnologías disponibles en el mercado, destacando las ventajas de cada una" (Savickis, J., Zemite, L., Bode, I., & Jansons, L. 2020).

### **El Papel del Internet de las Cosas (IoT) en la Medición de Recursos**

Este estudio explora el potencial del Internet de las Cosas en la medición de recursos esenciales, especialmente en el contexto de hogares inteligentes. Examina cómo la integración del IoT puede proporcionar datos más detallados sobre el consumo de recursos:

"La tecnología del Internet de las Cosas (IoT) ha transformado los hogares inteligentes al permitir una interacción más eficiente entre los dispositivos conectados. Esta integración

facilita la recolección de datos detallados sobre el consumo de recursos, mejorando la gestión y optimización del uso del agua, electricidad y gas en los hogares" (Rini & Sharma, 2022).

## **Capítulo 7**

### **Marco teórico**

#### **Introducción al marco teórico**

La medición de consumibles esenciales como el agua, gas y electricidad ha evolucionado significativamente con el avance tecnológico. La precisión y fiabilidad en la adquisición de datos son cruciales para una gestión eficiente de estos recursos. Existen diversos tipos de medidores modernos, cada uno con sus propias tecnologías y aplicaciones específicas, como los hidrómetros, medidores volumétricos y ultrasónicos para agua; medidores de diafragma y turbina para gas; y los medidores inteligentes para electricidad. Las regulaciones y estándares internacionales aseguran la precisión y consistencia de estos dispositivos, permitiendo una mejor gestión y optimización del consumo.

#### **Tipos de medidores modernos**

El panorama de la medición de consumibles esenciales, como agua, gas y electricidad, ha experimentado cambios drásticos a lo largo de los años. Con el avance tecnológico y la creciente necesidad de información precisa y confiable, los instrumentos de medición han evolucionado de maneras sorprendentes. Se mencionarán parámetros fundamentales que se requieren para la buena y eficiente adquisición de datos.



### **Medidores de agua**

Los medidores de agua se clasifican en varios tipos basados en la tecnología que utilizan para contabilizar el caudal o volumen de agua que fluye a través del contador. Entre estos se incluyen los medidores de turbina o velocidad, los contadores de chorro único y múltiple, los tangenciales, los woltmann, los volumétricos, los electromagnéticos y los ultrasónicos (Hidroconta, 2022). Un estudio de Rana, Z., Niaz, A., Kashif, A., Khan, W., Niaz, I., Adeel, M., & Prince, R. A. (2023) en el *European Journal of Technology and Advanced Science* destacó que los medidores de velocidad, especialmente aquellos con tecnología ultrasónica, son altamente eficientes en ambientes con altos flujos y variaciones. Según el artículo de Martinelli, Mercaldo y Santone (2023), la lectura de contadores de agua es esencial para la monitorización de redes inteligentes. Los medidores inteligentes permiten una recolección de datos precisa y en tiempo real, mejorando la gestión del recurso hídrico, optimizando la distribución y reduciendo pérdidas. Además, estos dispositivos facilitan la detección de anomalías y el análisis del consumo, lo cual es crucial para la eficiencia de las infraestructuras de agua.

### **Medidores de Gas**

Los medidores de diafragma y de turbina siguen siendo el estándar en la industria. Sin embargo, como señaló Joshi, S. A., Kolvekar, S., Raj, Y., & Singh, S. (2016) en el *Bonfring International Journal of Research in Communication Engineering*, los medidores ultrasónicos están emergiendo rápidamente debido a su precisión y capacidad para medir

bajo diferentes condiciones. Los sistemas de medición de gas proporcionados por Emerson destacan por su precisión y fiabilidad en diversas condiciones operativas. Además, según Honrao y Rossetti (2019), la eficiencia energética en los medidores inteligentes de gas puede mejorarse significativamente utilizando convertidores de impulso compactos y supercapacitores para alimentar el amplificador de potencia durante la transmisión de datos inalámbrica.

### **Medidores de Electricidad**

Para la electricidad, además de los voltímetros y amperímetros tradicionales, los "medidores inteligentes" han ganado terreno. Estos no solo miden el consumo, sino que también pueden transmitir datos en tiempo real, facilitando la gestión energética. Según Exactitude Consultancy (2022), el mercado de los contadores de electricidad inteligentes está en constante crecimiento debido a la demanda de soluciones de gestión energética más eficientes.

### **Revisión de estándares y regulaciones**

Las regulaciones son esenciales para garantizar una medición precisa y coherente. Organizaciones como la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y la Asociación Americana de Obras de Agua (AWWA) han establecido estándares para medidores eléctricos y de agua, respectivamente. Leem, Y. (2014) en el *Journal of the Korean Chemical Association* enfatizó que estas normas aseguran que los dispositivos funcionen

dentro de un margen aceptable de error y bajo condiciones específicas. Adicional, se encuentran empresa como UL Solutions quienes ofrecen servicios de evaluación y certificación de medidores, garantizando su cumplimiento con los estándares internacionales.

### **Parámetros de medición y selección de tecnología**

Un análisis de Makonin S., Ellert, B., Bajić, I., & Popowich, F. (2016) en *Scientific Data* resaltó la importancia de la precisión en los medidores, especialmente en los eléctricos. Indica que una desviación de apenas el 1% puede resultar en facturas infladas o pérdidas significativas para los proveedores. La fiabilidad es otro pilar; un medidor puede ser preciso, pero si no ofrece resultados consistentes en el tiempo, su utilidad es limitada.

El Internet de las Cosas (iot) está revolucionando la medición. Sensores inteligentes conectados a redes proporcionan datos en tiempo real, permitiendo un monitoreo constante y la posibilidad de anticipar problemas. Un informe de Joshi et al. (2016) pronosticó que, para 2025, más del 60% de los nuevos medidores incorporarán alguna forma de conectividad iot.

La integración es la palabra clave en la era moderna. Según Leem (2014), los sistemas que combinan mediciones de agua, gas y electricidad en una sola interfaz no solo simplifican

la gestión para los usuarios, sino que también permiten una comprensión más profunda del consumo general y las interrelaciones entre los diferentes servicios.

Los rápidos avances en tecnología y la creciente demanda de sistemas de medición precisos y confiables han hecho necesario un enfoque más informado para seleccionar tecnologías de medición para agua, gas y electricidad. Las metodologías y conceptos presentados en artículos de investigación recientes brindan valiosos conocimientos para este proceso de toma de decisiones.

### **Toma de decisiones basada en múltiples criterios (MCDM)**

Como destacó la investigación de Allahverdiyev (2022) sobre medidores de flujo, el enfoque MCDM ofrece un método estructurado para evaluar varias alternativas basadas en múltiples criterios. Este método puede ser fundamental para sopesar los pros y contras de diferentes tecnologías de medición, asegurando que la tecnología elegida se alinee con requisitos operativos y metrológicos específicos.

### **Conectividad inalámbrica y virtualización**

La exploración de Inga y colaboradores (2022) sobre redes inalámbricas y operadores móviles virtuales resalta la importancia del acceso remoto a datos en tiempo real. Tales capacidades pueden ser fundamentales para las empresas de servicios públicos para

monitorear patrones de consumo, detectar fugas o incluso predecir requerimientos de mantenimiento.

Fu y colaboradores (2021) profundizaron en el potencial del iot en hogares inteligentes, especialmente en el contexto del consumo de energía. La integración del iot puede proporcionar datos granulares, permitiendo a las empresas comprender mejor los patrones de consumo y ofrecer soluciones personalizadas a los consumidores.

El uso del análisis de big data, propuesto por Fu y colaboradores (2021), enfatiza la importancia de los datos en la toma de decisiones informadas. Las empresas pueden aprovechar estos conocimientos basados en datos para evaluar el rendimiento de las tecnologías de medición existentes e identificar áreas de mejora.

Los medidores digitales han revolucionado la forma en que medimos y gestionamos nuestro consumo de recursos esenciales como el gas, el agua y la electricidad. En comparación con dispositivos similares anteriores, ofrecen muchas ventajas importantes que hacen que su uso sea cada vez más extendido en hogares y empresas.

Empecemos analizando el contador de gas. Los medidores analógicos tradicionales suelen ser mecánicos y requieren lecturas manuales periódicas. Sin embargo, los medidores

digitales pueden medir con precisión el flujo de gas en tiempo real y transmitir automáticamente esta información a las empresas de servicios públicos. Esta característica elimina la necesidad de que los técnicos vayan al sitio para tomar mediciones, lo que ahorra tiempo y reduce los costos operativos. Además, los contadores digitales permiten a los usuarios controlar de forma más eficaz su consumo de gas y tomar medidas para reducirlo, contribuyendo a un uso más responsable y a un ahorro significativo en el consumo de gas. Para medidores de agua, la conversión de analógico a digital es igualmente beneficiosa.

Los medidores digitales brindan lecturas más precisas y consistentes, eliminando la posibilidad de error humano en las lecturas manuales. Además, pueden detectar fugas de agua en una etapa temprana, lo que ayuda a prevenir desperdicios y costosos daños a la propiedad. Al permitir el monitoreo en tiempo real del consumo de agua, estos medidores también permiten a los usuarios tomar medidas proactivas para conservar recursos y controlar costos.

En el sector eléctrico, los contadores digitales, también conocidos como contadores inteligentes, han demostrado ser un avance fundamental. A diferencia de los medidores analógicos que solo pueden proporcionar cifras de consumo mensual o bimestral, los medidores digitales pueden monitorear el consumo de electricidad en tiempo real. Esto proporciona a los usuarios información detallada sobre su consumo de energía, permitiéndoles identificar patrones de consumo, optimizar la eficiencia energética y reducir

costos. Además, la comunicación bidireccional del contador inteligente facilita la implementación de tarifas flexibles y la integración de fuentes de energía renovables, contribuyendo así a la sostenibilidad y reduciendo las emisiones de carbono. Sin embargo, es importante mencionar que, como cualquier tecnología, los medidores digitales también tienen desventajas potenciales. Algunos usuarios han expresado su preocupación por la privacidad de los datos recopilados por estos dispositivos, así como por el posible riesgo de ciberataques. Además, la inversión inicial necesaria para instalar un medidor digital puede ser una barrera para algunas personas.

### **Comparativo entre instrumentos locales e internacionales**

Las herramientas internacionales y locales tienen diversos beneficios que pueden aprovecharse en diferentes contextos, especialmente cuando se miden y monitorean recursos como el gas, el agua y la electricidad. Los instrumentos internacionales, reconocidos por su complejidad numérica, abren la puerta a mediciones precisas y confiables. Su tecnología de vanguardia es sinónimo de innovación y eficiencia, lo que los coloca a la vanguardia de capacidades avanzadas que respaldan el análisis y la toma de decisiones. Además, estas herramientas suelen estar certificadas y cumplir con regulaciones internacionales para garantizar su calidad y confiabilidad. Por otro lado, las herramientas locales, apreciadas por su facilidad de adquisición, ofrecen una serie de beneficios que no deben subestimarse. Su disponibilidad inmediata y la familiaridad con las condiciones y normativas locales las convierte en una opción viable y eficiente.

Además, su adquisición puede contribuir al fomento de la industria local y, en muchos casos, pueden ser más asequibles en comparación con sus contrapartes internacionales. También, la posibilidad de obtener soporte técnico de manera más rápida y directa es un valor agregado.

La elección entre herramientas internacionales y locales no es una cuestión de blanco o negro, sino que invita a una evaluación cuidadosa de las necesidades específicas, los recursos disponibles y los objetivos a largo plazo. Una estrategia mixta que integre lo mejor de ambos mundos podría ser el camino a seguir, permitiendo así una gestión eficiente y adaptada a las particularidades de cada contexto. La sofisticación digital de las herramientas internacionales, combinada con el alcance y el apoyo local, puede ser la fórmula para medir y gestionar eficazmente los recursos críticos.

### **Parámetros evaluativos en la selección de medidores**

Dos de los parámetros más importantes a considerar son la presión y el flujo. La presión se refiere a la fuerza ejercida por el agua o el gas en las paredes del sistema de tuberías y es fundamental para garantizar que el sistema funcione de manera eficiente y segura. Un medidor que no se ajuste a los rangos de presión adecuados puede resultar en lecturas inexactas o incluso en daños al sistema. Por otro lado, el flujo, que mide la cantidad de gas o agua que pasa por el sistema en un determinado periodo, es esencial para determinar el consumo y asegurar una distribución efectiva. Un medidor bien seleccionado, que responda



adecuadamente a las variaciones de flujo, asegurará una medición precisa, lo que es vital tanto para la gestión eficiente de los recursos como para la facturación correcta a los usuarios finales.

En el ámbito de la electricidad, el voltaje y el amperaje son los parámetros clave al seleccionar un medidor. El voltaje, que se refiere a la diferencia de potencial eléctrico, y el amperaje, que mide la corriente eléctrica, deben ser adecuados para las especificaciones del sistema donde se utilizará el medidor. Un medidor que no sea compatible con el voltaje y el amperaje del sistema no solo proporcionará lecturas erróneas, sino que también puede representar un riesgo significativo de sobrecalentamiento, cortocircuitos o incluso incendios. Por lo tanto, es esencial elegir un medidor que pueda manejar con precisión el rango de voltaje y amperaje del sistema para garantizar tanto la seguridad como la precisión en el seguimiento del consumo de energía.

La precisión con la que una herramienta mide un recurso es esencial. Un dispositivo con una puntuación cercana a 3 en la escala de precisión garantizará que las mediciones sean precisas y confiables, minimizando cualquier riesgo asociado con lecturas erróneas.

Las restricciones presupuestarias son una realidad en todos los sectores. La rentabilidad de una herramienta es fundamental para garantizar que los objetivos de medición se alcancen

dentro del presupuesto. Un instrumento bueno pero costoso puede obtener una puntuación más baja que una alternativa más asequible pero razonablemente precisa.

La disponibilidad y facilidad de instalar una herramienta es esencial para garantizar la entrega oportuna del proyecto. Una herramienta que esté fácilmente disponible obtendrá una puntuación más alta en esta escala porque reduce el tiempo de inicio del proyecto y garantiza el cumplimiento oportuno de los objetivos de medición. La certificación otorgada por organizaciones reconocidas garantiza la calidad, confiabilidad y conformidad del equipo con los estándares de la industria. Las herramientas con certificaciones acreditadas obtendrán una puntuación cercana a 3 porque brindan seguridad a las partes interesadas sobre su competencia y cumplimiento.

Al analizar y clasificar cada herramienta en función de estos parámetros, las partes interesadas pueden tomar decisiones informadas sobre el equilibrio entre estos diferentes factores. Por ejemplo, una herramienta certificada y de alta precisión puede ser preferible a otras, incluso si es un poco más costosa o difícil de obtener. Por lo tanto, este sistema de clasificación facilita una participación equilibrada e informada, alineando la selección de herramientas con los objetivos generales de precisión, asequibilidad, puntualidad y cumplimiento en la medición de recursos.

### **Justificación parámetros evaluativos**

A la hora de evaluar contadores de gas, agua y electricidad, los parámetros mencionados son fundamentales para garantizar un funcionamiento eficiente y seguro. A continuación, se muestra la justificación de cada parámetro:

- **Presión:** es un parámetro crucial en los medidores de agua y gas. Refleja la fuerza ejercida por el fluido dentro de las tuberías y es determinante para el funcionamiento correcto y seguro del sistema. Un medidor que opera dentro del rango de presión adecuado es esencial para evitar lecturas incorrectas y daños potenciales en la infraestructura. La elección precisa de un medidor en base a la presión garantiza no solo la seguridad, sino también la eficiencia y exactitud en la medición del consumo. El valor será tipeado por el usuario y se evaluará si existe en el rango que soporta los medidores disponibles.
- **Flujo:** utilizado en medidores de agua y gas, indica la cantidad del fluido que pasa a través del sistema. Medir el flujo con precisión es vital para asegurar una facturación justa y una administración efectiva del recurso. Un medidor correcto para el rango de flujo específico del sistema permite capturar de forma fiable el uso real, evitando discrepancias en el consumo registrado y facilitando una gestión más eficiente. El valor será tipeado por el usuario y se evaluará si existe en el rango que soporta los medidores disponibles.
- **Tipo de conexión (Electricidad):** El tipo de conexión es un aspecto fundamental en los medidores eléctricos. Las variantes comunes incluyen conexiones

- monofásicas, bifásicas, trifásicas, así como semidirectas e indirectas. Cada tipo de conexión tiene características únicas y requiere un medidor específico que se adecúe a su configuración. La selección adecuada del medidor según el tipo de conexión asegura compatibilidad y precisión en la medición del consumo eléctrico.
- **Voltaje:** es un parámetro clave en los medidores eléctricos. Dependiendo de si el sistema es fase-neutro o fase-fase, con voltajes típicos como 120V o 208V respectivamente, es crucial seleccionar un medidor compatible. Un medidor inapropiado puede llevar a mediciones inexactas y potencialmente a riesgos de seguridad. Por lo tanto, identificar el voltaje correcto del sistema es esencial para la selección de un medidor eléctrico adecuado. El valor será tipeado por el usuario y se evaluará si existe en el rango que soporta los medidores disponibles.
  - **Amperaje:** El amperaje, que mide la intensidad de la corriente eléctrica, es otro factor crítico en la selección de medidores de electricidad. Un medidor debe ser capaz de manejar el amperaje del sistema sin riesgo de sobrecarga. La elección de un medidor con el rango de amperaje adecuado es vital para prevenir problemas de sobrecalentamiento y garantizar una medición precisa del consumo eléctrico.
  - **Precisión:** la precisión es fundamental para garantizar que el medidor proporcione datos de consumo precisos. Esto es importante tanto para los proveedores de servicios como para los consumidores porque las lecturas precisas permiten una facturación justa y una gestión eficiente de los recursos. Se determinaron rangos para calificar la precisión del medidor, donde un puntaje de 3 indica un nivel de

precisión alto, mientras que un puntaje de 2 indica un nivel de precisión media y de 1 se considera bajo.

La precisión es crucial a la hora de elegir la herramienta óptima para medir agua, gas o electricidad, ya que cualquier inexactitud en la medición puede provocar errores graves que conduzcan a una facturación inexacta, un diagnóstico inexacto o una toma de decisiones mal informada. Los principios de medición y la instrumentación son esenciales para garantizar la precisión.

- El medidor debe estar bien calibrado para garantizar lecturas precisas. Una calibración inexacta puede dar lugar a mediciones inexactas y, por tanto, a decisiones incorrectas.
- La resolución se refiere a la cantidad más pequeña de cambio en una cantidad medida que se puede detectar. La sensibilidad se refiere a cómo responde el dispositivo a este cambio. Los dispositivos con alta resolución y sensibilidad pueden detectar y medir pequeños cambios con precisión.
- Todos los dispositivos tienen algún error de medición. Errores más bajos indican una mayor precisión, lo cual es especialmente necesario en aplicaciones de misión crítica o cuando se administran grandes volúmenes de recursos.
- La estabilidad se refiere a cómo cambia el rendimiento de un dispositivo con el tiempo, mientras que la repetibilidad se refiere a la consistencia con la que el dispositivo produce resultados dentro del mismo período.

- **Presupuesto:** el costo de compra de estos medidores es un factor decisivo, especialmente para los proveedores de servicios que tienen que instalar una gran cantidad de estos dispositivos. Los precios competitivos sin comprometer la calidad son esenciales para una adopción generalizada. Se determinaron rangos para calificar el precio del medidor, donde un puntaje de 3 indica un rango económico, mientras que un puntaje de 2 indica un rango moderado y de 1 se considera premium.
- **Soporte:** la garantía brinda seguridad adicional al proveedor y al consumidor en caso de un medidor dañado o defectuoso. También refleja la confianza del fabricante en la calidad y durabilidad del producto. Se determinaron rangos para calificar la cobertura del soporte postventa del medidor, donde un puntaje de 3 indica un nivel de cobertura alta, mientras que un puntaje de 2 indica un nivel de cobertura media y de 1 se considera cobertura baja.
- **Disponibilidad:** la disponibilidad y la facilidad de adquisición son importantes para garantizar una implementación rápida y eficiente. Un proceso de adquisición simple y proveedores confiables son esenciales para mantener las operaciones en curso. Se determinaron rangos para calificar la disponibilidad del medidor en el mercado, donde un puntaje de 3 indica disponibilidad alta, mientras que un puntaje de 2 indica disponibilidad media y de 1 se considera disponibilidad baja.
- **Certificación:** La certificación de medidores por parte de organizaciones reconocidas garantiza que cumplen con los estándares de seguridad y desempeño requeridos. La certificación es un paso hacia un mundo más seguro y conectado. Se

determinaron rangos para calificar las certificaciones del medidor, donde un puntaje de 3 indica certificación internacional, mientras que un puntaje de 2 indica certificación nacional y de 1 se considera sin certificación específica.

- **Instalación:** La facilidad y eficiencia de la instalación son aspectos cruciales al evaluar contadores de gas, agua y electricidad. Una instalación adecuada asegura no solo el funcionamiento correcto y seguro del medidor, sino también minimiza los tiempos de inactividad y los costos adicionales asociados con procesos de montaje complejos o prolongados. Se han establecido rangos para calificar la facilidad de instalación de estos medidores, donde un puntaje de 3 representa una instalación tipo "Plug and play", indicando una configuración rápida y sencilla. Un puntaje de 2 señala una instalación que requiere "Varias horas a un día", implicando una complejidad moderada. Por otro lado, un puntaje de 1 se asigna a situaciones que requieren "Múltiples días con planificación", lo que denota un proceso de instalación más complejo y que necesita una preparación y planificación detallada. Estas clasificaciones ayudan a los usuarios y proveedores a elegir el medidor adecuado según sus capacidades de instalación y requerimientos específicos.

## **Tipos de medidores**

### **Medidores de gas**

El medidor de gas generalmente utiliza el principio de desplazamiento positivo o el principio de turbina. En un medidor de volumen, el gas que pasa mueve el diafragma o

rotor y el número de ciclos se traduce en el volumen de gas utilizado. Los medidores de turbina, por otro lado, tienen una rueda que gira con el flujo de gas y la velocidad de esta rueda está correlacionada con el volumen de gas que fluye a través del medidor.

- **Medidores de Diafragma:** Estos medidores son muy comunes tanto en el Reino Unido como en los Estados Unidos. Funcionan permitiendo que el gas pase a través de una bomba, que está conectada a un contador que registra cuántas veces la bomba se contrae y se expande. Conociendo el volumen de la bomba, se puede calcular la cantidad de gas consumido. “Medidor para gas G1.6 tipo Diafragma” (Tuvalrep, 2022, p.1).
- **Medidores de Turbina:** Calculan la velocidad a la que el gas se mueve a través de una turbina o hélice. “Medidor de gas de turbina Quantometer (Premac).
- **Medidores de Orificio:** Son de diseño simple, consisten en un tubo recto con un orificio en el medio que crea una caída de presión proporcional al flujo de gas que pasa a través de él. Midiendo la presión, se puede determinar la cantidad de gas utilizado. (Silver Instruments).
- **Medidores de Flujo Ultrasónico:** Miden la velocidad del gas utilizando ultrasonido. La velocidad del sonido cambia cuando el gas está en movimiento, lo que permite medir el consumo de gas. (Fiorentini, 2021).
- **Medidores Coriolis:** Utilizan el principio físico llamado "Efecto Coriolis" para medir la masa del gas que fluye. (Omega Engineering).



- **Medidores de Flujo Másico:** Estos medidores miden la tasa de flujo másico, que es la cantidad de líquido que pasa a través de un medidor en una unidad de tiempo determinada, dependiendo de la densidad y velocidad del líquido y del tamaño del medidor. "Medidor de gas de flujo másico Serie SLAMf" (Gometrics).
- **Medidores Rotativos:** Funcionan utilizando dos rotores engranados juntos, el giro de los rotores indica cuánto gas está fluyendo. "Medidor de gas Rotativo G16" (STI Gas).

*Tabla 1. Medidores de gas.*

Instrumento	Precisión (%)	Presupuesto (\$)	Soporte	Disponibilidad	Certificación	Instalación
Contador para gas tipo diafragma	0.5	390	3	3	3	2
Contador de gas ultrasónico	0.2	400	3	2	3	3
Contador de Turbina	0.5	340	3	3	3	3
Contador de Orificio	2.5	160	2	3	3	2
Contador de Coriolis	0.2	380	2	2	3	2
Contador de flujo másico	3	210	3	3	3	2
Contador rotativo	0.5	340	3	2	2	3

## Medidores de agua

Los medidores de agua generalmente funcionan según el principio de medición del flujo. Un tipo común es el medidor volumétrico, en el que el paso del agua mueve un disco o pistón dentro del medidor, y cada rotación resulta en el uso de una cantidad específica de agua. Los velocímetros, como los de turbina, detectan la velocidad del agua y la convierten en volumen de flujo.

### ➤ Medidores de Turbina o Velocidad:

- **Contadores de Agua de Chorro Único:** Utilizan la velocidad de impacto del chorro de agua para hacer girar una turbina. La velocidad de giro de la turbina se transmite mediante transmisión magnética a un totalizador que acumula el volumen de agua circulado por el contador. "Medidor para agua potable chorro único" (Equysis, 2020, p. 16).
- **Contadores de Agua de Chorro Múltiple:** Distribuyen la carga de manera uniforme sobre la turbina gracias a un difusor, y el agua es guiada a través de álabes e impacta en la turbina en múltiples puntos a la vez. "Medidor para agua potable de chorro múltiple MP-15" (Equysis, 2020, p. 6). "Medidor de agua chorro múltiple KVS-R80 esfera seca A/F Básico" (Batsur, 2022).
- **Contadores de Agua Tangencial:** Utilizan una turbina en la parte superior del contador que gira proporcionalmente a la velocidad del agua,

permitiendo el paso de partículas sólidas sin obstruir el medidor. “Medidor para agua tipo paleta tangencial” (Equysis, 2020, p. 26).

- **Contadores de Agua Woltmann:** Distribuyen la carga de entrada equilibrando el flujo, y el agua incide en una hélice o turbina en dirección axial. "Medidor para agua potable tipo hélice Woltman" (Equysis, 2020, p. 28).

➤ **Medidores Volumétricos:**

- **De Pistón Rotativo:** Cuentan el número de llenados y vaciados de una cámara de volumen conocido, siendo la diferencia principal entre ellos el elemento móvil que utilizan. "Medidor para agua de pistón rotativo RTKD-M" (Zenner, p.1)

➤ **Medidores Electromagnéticos:**

- Funcionan bajo el principio de la Ley de Inducción Magnética de Faraday, generando un voltaje entre electrodos proporcional a la velocidad del líquido y, por consiguiente, al caudal volumétrico. "Medidor de flujo tipo electromagnético con pantalla remota" (Equysis, 2020, p. 32).

➤ **Medidores Ultrasónicos:**

- Utilizan la diferencia de tiempo de tránsito de señales ultrasónicas transmitidas y recibidas por transductores para medir el caudal. "Medidor

para agua potable tipo ultrasónico de tiempo en tránsito" (Equysis, 2020, p. 44).

➤ **Medidores Mecánicos:**

- **Desplazamiento Positivo y Medidores de Velocidad:** según GPI Meters (2022) estos tipos de medidores de agua utilizan diferentes tecnologías y técnicas para medir la velocidad de la corriente dentro de la tubería o sistema. Son los tipos más comunes de medidores mecánicos, mientras que los diseños no mecánicos incluyen los medidores electromagnéticos y ultrasónicos mencionados anteriormente. (Grupo SYZ, 2022)

➤ **Medidores de Desplazamiento:**

- **Pistón Oscilante:** Estos medidores miden la tasa de flujo basada en el movimiento de un elemento específico dentro de su construcción. "Medidor para agua de Pistón Oscilante Serie Universal" (Badger Meter).

*Tabla 2. Medidores de agua*

Instrumento	Precisión (%)	Presupuesto (\$)	Soporte	Disponibilidad	Certificación	Instalación
Contadores de Agua de Chorro Único	3	40.67	1	2	1	1
Medidor de agua chorro múltiple KVS-R80 esfera seca A/F Básico 1 1/4" 32mm + 260mm	1.5	78.78	1	2	1	1

Medidor de agua chorro múltiple KVS-R80 esfera seca A/F Básico 1 1/2" 40mm + 300mm	1.5	151.62	1	2	1	1
Medidor de agua chorro múltiple KVS-R80 esfera seca A/F Básico 2" 50mm + 300mm	1.5	202.44	1	2	1	1
Medidor de agua chorro múltiple KVS R160 esfera A/F básico 3/4" 20mm + 190mm	1.5	43.95	2	2	1	2
Medidor de agua chorro múltiple KVS R160 esfera A/F básico 1" 25mm + 260mm	1	93.52	2	2	1	2
Medidor de agua chorro múltiple KVS R160 esfera A/F básico 1 1/2" 40mm + 300mm	1	190.46	2	2	1	2
Medidor de agua chorro múltiple KVS R160 esfera A/F básico 2" 50mm + 300mm	1	321.63	2	2	1	2
KVS R200 Medidor volumétrico esfera seca A/F básico	1.8	36.65	1	3	1	1
Medidor de agua volumétrico KVS R160 esfera seca A/F pre-equipado 1/2" 15mm + 190mm	1.2	32.59	1	3	1	1
Medidor de agua volumétrico KVS R160 esfera seca A/F pre-equipado	1.2	35.88	1	3	1	1

3/4" 20mm + 190mm						
KVS R200 Medidor Volumétrico	1.6	34.21	1	3	1	1
LXH Medidor volumétrico R200	1.5	39.41	3	3	1	1
Medidor volumétrico LXH R200 DN20 cuerpo de latón con predisposición	1.5	36.62	3	3	1	1
Medidor volumétrico de pistón rotativo NWM PD-SDC E8 1/2" 15mm + rosca 3/4" entrada + 3/4 salida R315	1.5	44.18	2	3	1	3
PDLFC Medidor volumétrico R200	1.5	30.90	3	3	1	3
Medidor mecánico de agua chorro único SJ- LFC 5R Cuerpo composite 5 rodillos R160 1/2" DN15 115mm	1	26.12	3	3	1	2
Medidor de agua chorro único SJ- SDC D3 R100 cuerpo composite 1/2 DN15 115mm	2	23.17	2	3	1	2
Medidor chorro único SJ-SDC PLUS R100 cuerpo de latón 1/2" 15mm + rosca 3/4" entrada - 3/4" salida	2	25.01	3	2	1	2
Medidor chorro único SJ-SDC PLUS R100 cuerpo de latón 1"	2	38.24	3	2	1	2

20mm + rosca 1" entrada - 1" salida						
Medidor chorro único SJ-SDC PLUS R160 Cuerpo COMPOSITE con predisposición	2	27.16	3	2	1	2
Medidor de chorro único SJ-SDC PLUS R160 cuerpo de latón con predisposición	2	30.18	3	2	1	2
Medidor de agua fría 30° WPH K30 WOLTMANN de turbina pre-equipado BRIDA ANSI R80 2" 50 mm	1	239.78	2	3	2	2
Medidor de agua fría 30° WPH K30 WOLTMANN de turbina pre-equipado BRIDA ANSI R80 2 1/2	1	283.37	2	3	2	2
Medidor de agua fría 30° WPH K30 WOLTMANN de turbina pre-equipado BRIDA ANSI R80 3" 80 mm	1	328.91	2	3	2	2
Medidor para agua tipo paleta tangencial	1	83.37	2	3	1	3
Medidor para agua de pistón rotativo RTKD-M	0.5	130.62	3	2	3	2
Medidor de flujo tipo electromagnético con pantalla remota	2	194.37	3	3	2	2
Medidor para agua potable tipo	1	129.72	2	3	2	3

ultrasónico de tiempo en tránsito						
Medidor para agua de Desplazamiento Positivo y Medidores de Velocidad	0.5	350.15	3	2	3	3
Medidor para agua de Pistón Oscilante Serie Universal	1	250.25	3	2	2	2

### Medidores de electricidad

Los medidores eléctricos modernos, también conocidos como medidores inteligentes, funcionan midiendo el voltaje y la corriente que fluye en el circuito y luego calculando la energía (kilovatios hora) según la fórmula  $P = IV$  (Potencia de construcción = Voltaje x Corriente). También pueden medir la frecuencia y la fase de señales eléctricas para determinar otros parámetros eléctricos.

Además, las tecnologías emergentes están incorporando la capacidad de gestión remota y mejor comunicación entre la empresa prestadora del servicio y el usuario, proporcionando más información para que los usuarios gestionen su consumo de energía. También hay medidores cuyo funcionamiento se basa en principios electromagnéticos y electrónicos, permitiendo un control preciso sobre el consumo eléctrico.



Las tecnologías modernas, como 5G y plataformas de red avanzadas, están facilitando la gestión de grandes conjuntos de datos relacionados con la medición de la electricidad, lo que implica una evolución significativa en las tecnologías de la información y las telecomunicaciones asociadas con los medidores de electricidad.

➤ **Medidores de Energía Monofásicos:**

Ideal para instalaciones domésticas y pequeñas comerciales. Con una capacidad de 5 a 100 amperios, este medidor monofásico opera a un voltaje de 120V fase-neutro, ofreciendo mediciones precisas y confiables en entornos de baja demanda. Contador Electrónico monofásico 1x (5-100) A, 120 V (Interelectricas, 2024).

➤ **Medidores de Energía Bifásicos:**

Diseñado para sistemas bifásicos en ambientes residenciales y comerciales. Cada fase soporta de 5 a 100 amperios, trabajando tanto a 120V fase-neutro como a 208V fase-fase. Este medidor es ideal para redes con cargas moderadas donde se requiere un equilibrio entre eficiencia y capacidad. Contador Electrónico Bifásico Ref. 2x (5-100) A, 120/208 V (Interelectricas, 2024).

➤ **Medidores de Energía Trifásicos:**

Para aplicaciones industriales y comerciales de mayor envergadura. Con tres fases, cada una soportando de 5 a 100 amperios, este medidor maneja 120V fase-neutro y 208V fase-fase. Es la solución óptima para sistemas complejos que demandan alta precisión y durabilidad. Contador Elster A1860 con Puerto Ref: CL 0 5S CALIBRADO (1-10) A, 57/100 V y 22/480 V (Interelectricas, 2024).

➤ **Medidor para Conexión Semi-Directa e Indirecta:**

Adecuada para una amplia gama de aplicaciones, desde pequeñas cargas residenciales hasta grandes demandas industriales. Este medidor trifásico opera en un rango extenso de voltajes, desde 58/100 V para conexiones más pequeñas, hasta 277/480 V para sistemas de alta tensión. Cada fase soporta de 5 a 10 amperios, lo que lo hace ideal para entornos donde se requiere flexibilidad y adaptabilidad. Contador Elster A1860 con Puerto Ref: CL 0 5S CALIBRADO (1-10) A, 57/100 V y 277/480 V (Interelectricas, 2024).

*Tabla 3. Medidores de electricidad.*

Instrumento	Precisión (%)	Presupuesto (\$)	Soporte	Disponibilidad	Certificado	Instalación
Medidor monofásico	3	50	2	3	1	2
Medidor Bifásico	0.5	300	3	3	3	2
Medidor Trifásico	1	180	2	3	3	2
Medidor Trifásico 3X	1.5	300	3	1	3	2
Medidor para Conexión Semi-Directa e Indirecta	1	340	3	1	1	3

## Capítulo 8

### Marco metodológico

#### Introducción metodológica

En este proyecto se adopta una metodología de desarrollo ágil, seleccionada por su adaptabilidad y énfasis en la entrega continua y el feedback iterativo. Este enfoque es crucial para adaptarse a las necesidades cambiantes que pueden surgir al interactuar con la interfaz de usuario. La metodología ágil se complementa con prácticas de Desarrollo Dirigido por Comportamiento (BDD) y Diseño Centrado en el Usuario (UCD), garantizando que el desarrollo esté orientado tanto a los resultados técnicos como a la experiencia del usuario. Esta metodología también facilita la integración de feedback directo de los usuarios finales, lo que es esencial para validar la funcionalidad y usabilidad de la interfaz.

#### Diseño del estudio

El diseño de este estudio es principalmente correlacional, ya que tiene como objetivo identificar las relaciones entre las características de los usuarios y las recomendaciones generadas por la interfaz. La investigación se complementará con un enfoque descriptivo para documentar las interacciones de los usuarios con la interfaz. A través de la observación y el análisis de estos datos, se buscará comprender y mejorar la alineación entre las necesidades del usuario y las recomendaciones del sistema.

### **Selección de participantes**

La selección de participantes se realiza mediante muestreo estratificado para asegurar la inclusión de una amplia gama de usuarios, desde expertos en ingeniería de medición de flujo hasta usuarios finales con diferentes niveles de experiencia. Los criterios de inclusión abarcan a profesionales con experiencia relevante en medición de flujo y acceso a tecnologías de medición, mientras que los criterios de exclusión se centran en individuos sin experiencia directa o necesidades pertinentes al alcance del estudio.

### **Desarrollo y estructura del cuestionario**

El desarrollo de las preguntas para la interfaz se basa en una revisión exhaustiva de literatura técnica sobre medición de flujo y en entrevistas con expertos en la materia. Se ha realizado un análisis riguroso para garantizar que cada pregunta sea relevante, comprensible y diseñada para capturar las variables críticas necesarias para una recomendación efectiva del medidor.

1. Tipo de Flujo a Medir:

Agua

Electricidad

Gas

2. Presión de operación requerida (agua y gas):

Escrito por el usuario

3. Flujo máximo necesario (agua y gas):

Escrito por el usuario

4. Tipo de conexión requerido (electricidad):

Monofásico

Bifásico

Trifásico

5. Voltaje de operación (electricidad):

Escrito por el usuario

6. Amperaje máximo (electricidad):

Escrito por el usuario

7. Nivel de Precisión Requerido:

Alta precisión (3)

Precisión media (2)

Baja precisión (1)

8. Rango de Presupuesto:

Económico (3)

Moderado (2)

Premium (1)

9. Cobertura de Soporte Posventa:

Cobertura alta (3)

Cobertura media (2)

Cobertura baja (1)

10. Disponibilidad en el mercado:

Disponibilidad alta (3)

Disponibilidad media (2)

Disponibilidad baja (1)

11. Certificación:

Internacional (3)

Nacional (2)

Sin certificación específica (1)

12. Facilidad de instalación:

Plug and play (3)

Varias horas a un día (2)

Múltiples días con planificación (1)

### **Desarrollo de la interfaz**

El desarrollo de la interfaz sigue un ciclo de vida iterativo de desarrollo de software, documentando cada etapa del proceso. Se utilizan tecnologías de front-end como HTML5, CSS3 y JavaScript, junto con frameworks como React. La selección de estas tecnologías se justifica por su rendimiento, escalabilidad, y el soporte de comunidades activas.

### **Presentación y funcionamiento de la aplicación**

La aplicación está diseñada con un objetivo primordial: facilitar a los clientes la elección del medidor más apropiado según sus requerimientos específicos. Esto se logra a través de un cuestionario detallado que no solo recopila información crucial, sino que también implementa un proceso dinámico y adaptativo para comparar las respuestas con nuestra extensa base de datos de medidores.

La aplicación guía a los usuarios a través de un proceso intuitivo y estructurado para la selección de medidores, asegurando que las recomendaciones finales se alineen perfectamente con sus necesidades específicas.

El proceso comienza con una pregunta clave que establece el camino a seguir. Aquí, los usuarios especifican el tipo de flujo que necesitan medir: agua, gas o electricidad. Esta selección inicial es crucial, ya que define las preguntas y opciones relevantes que se

presentarán a continuación.

Dependiendo de la elección inicial del usuario, la aplicación presenta un conjunto de preguntas adaptadas al tipo de flujo seleccionado:

- Para agua y gas, se centra en parámetros como presión y flujo.
- Para electricidad, las preguntas se enfocan en aspectos como el tipo de conexión, voltaje y amperaje

Posteriormente, la aplicación indaga sobre dos aspectos adicionales: la precisión deseada y el rango de presupuesto. Estas preguntas permiten refinar aún más las recomendaciones, asegurando que los medidores sugeridos no solo sean técnicamente compatibles, sino también económicamente viables para el usuario.

Basándose en las respuestas proporcionadas, la aplicación aplica una lógica avanzada para clasificar los medidores disponibles en la base de datos. Cada medidor se asigna a un rango específico basado en su nivel de precisión, presupuesto, soporte, disponibilidad, certificación e instalación lo que facilita su comparación y selección final.

Finalmente, como resultado del proceso de filtrado y clasificación, la aplicación presenta al usuario el medidor recomendado. Estos medidores son aquellos que mejor se ajustan a



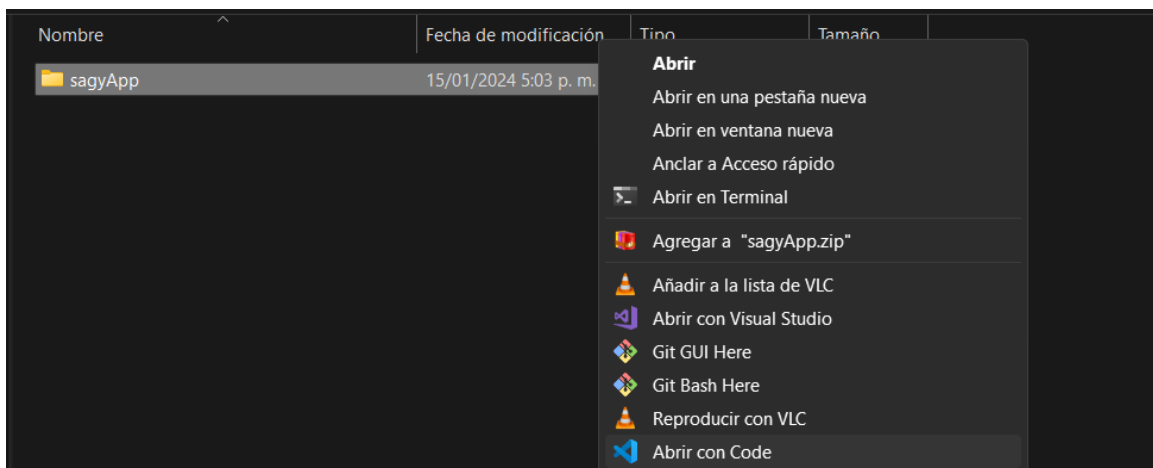
todos los criterios especificados, proporcionando así opciones que son tanto técnicamente adecuadas como económicamente atractivas.

Este proceso garantiza que cada usuario reciba recomendaciones personalizadas y precisas, guiándolos paso a paso para encontrar el medidor más adecuado para su situación específica. La experiencia del usuario está diseñada para ser sencilla y directa, eliminando la complejidad técnica y proporcionando claridad en cada etapa del proceso de selección.

### Creación de base de datos de los medidores

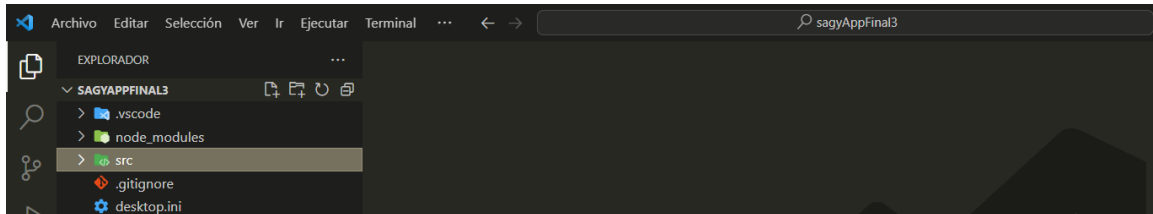
Para actualizar y agregar nuevos medidores en VisualStudio, ejecute el siguiente procedimiento:

- Dirigirse a la carpeta del proyecto, dar clic derecho para ver las opciones y dar clic nuevamente donde dice “Abrir con Code”.



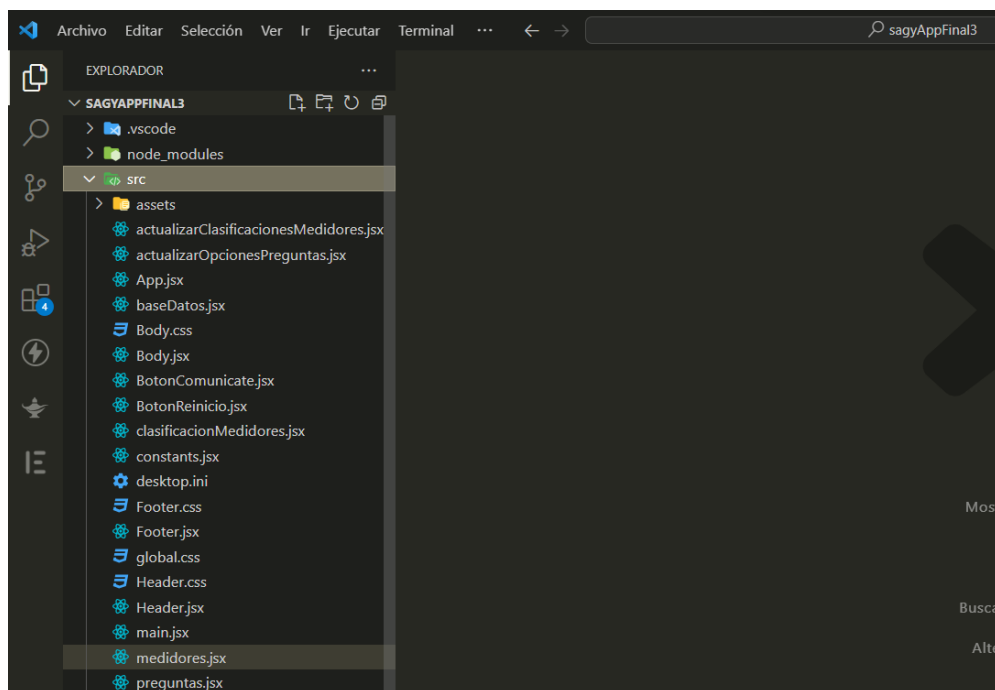
*figura 1 Abrir proyecto con code*

- Se abrirá el proyecto en VisualStudio y luego dar clic en la carpeta “src”.



*figura 2 Dar clic en carpeta “src”*

- Luego seleccionar el archivo “medidores.jsx” y dar clic.



*figura 3 Seleccionar archivo “medidores.jsx”*

- Verificar el tipo de medidor (agua, electricidad, gas) e ingresar los datos requeridos en el lugar adecuado.

```

1 import { clasificarTodosLosMedidores } from './clasificacionMedidores';
2
3 export const medidores = {
4   agua: [
5     /*
6     { (para agua o gas y ubicar en el grupo adecuado)
7     instrumento: "Nombre del medidor",
8     presion: { min: 0, max: 0 }, Rango de presión mínima y máxima (Bar)
9     flujo: { min: 0, max: 0 }, Rango de flujo mínimo y máximo (m3/h)
10    precision_estimada: 3, Valor en % de error
11    presupuesto: 100, Precio en dolar
12    soporte: 1, Nivel según clasificación (3 alto, 2 medio, 1 baja)
13    disponibilidad: 2, Nivel según clasificación (3 alto, 2 medio, 1 baja)
14    certificacion: 1, Nivel según clasificación (3 alto, 2 medio, 1 baja)
15    instalacion: 1, Nivel según clasificación (3 alto, 2 medio, 1 baja)
16    url: "Enlace para ver más información del medidor"
17    }, */
18    {
19      instrumento: "Medidor para agua potable chorro único",
20      presion: { min: 0, max: 16 },
21      flujo: { min: 0.03, max: 3 },
22      precision_estimada: 3,
23      presupuesto: 100,
24      soporte: 1,
25      disponibilidad: 2,
26      certificacion: 1,
27      instalacion: 1,
28      url: "https://equyisis.com/images/contenido/Catalogo%20Medidores%20de%20Agua%20200912113152.pdf"
29    },
30  ],
31 };

```

figura 4 Verificar tipo de medidor “agua”

```

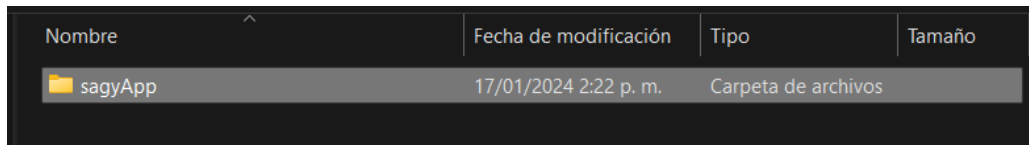
125 },
126 ],
127 electricidad: [
128   /* {
129     instrumento: "Nombre del medidor",
130     conexion: "monofásico", (tipo de conexión monofásico, bifásico o trifásico)
131     voltaje: { min: 120, max: 120 }, Rango de voltaje fase neutro y fase fase
132     amperaje: { min: 5, max: 100 }, Rango de amperaje mínimo y máximo
133     precision_estimada: 3, Valor en % de error
134     presupuesto: 50, Precio en dolar
135     soporte: 2, Nivel según clasificación (3 alto, 2 medio, 1 baja)
136     disponibilidad: 3, Nivel según clasificación (3 alto, 2 medio, 1 baja)
137     certificacion: 1, Nivel según clasificación (3 alto, 2 medio, 1 baja)
138     instalacion: 2, Nivel según clasificación (3 alto, 2 medio, 1 baja)
139     url: "Enlace para ver más información del medidor"
140     }, */
141     {
142       instrumento: "Contador Electronico Monofasico 1x(5-100) A, 120 V",
143       conexion: "monofásico",
144       voltaje: { min: 120, max: 120 },
145       amperaje: { min: 5, max: 100 },
146       precision_estimada: 3,
147       presupuesto: 50,
148       soporte: 2,
149       disponibilidad: 3,
150       certificacion: 1,
151       instalacion: 2,
152       url: "https://interelectricas.com.co/medidores-de-energia/2085-contador-electronico-monofasico-5-100a-lcd.html"
153     },
154   ],
155 };

```

figura 5 Verificar tipo de medidor “electricidad”

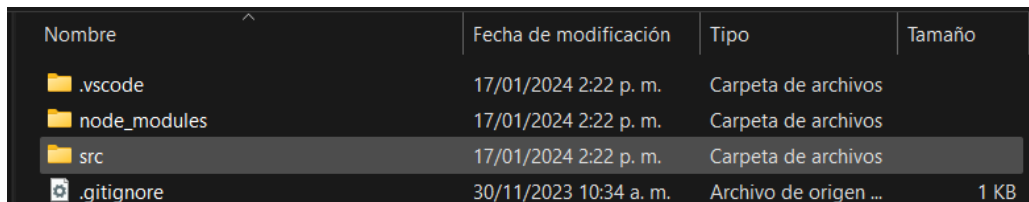
Por otra parte, es posible actualizar y agregar nuevos medidores sin la necesidad de usar VisualStudio. Ejecute el siguiente procedimiento:

- Dirigirse a la carpeta del proyecto y dar doble clic sobre ella para abrirla.



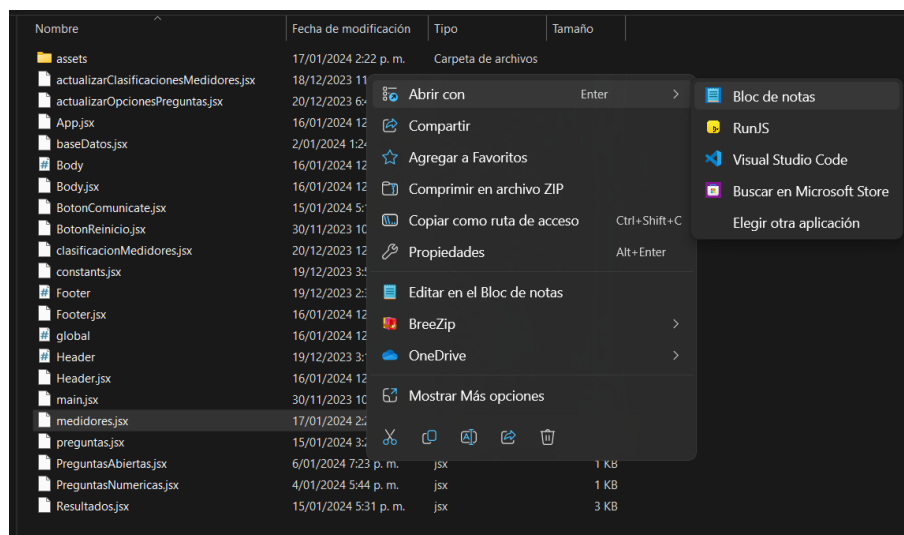
*figura 6 Abrir carpeta del proyecto sin code*

- Dar doble clic sobre la carpeta “src” para abrirla.



*figura 7 Abrir carpeta “src”*

- Dar clic derecho sobre el archivo “medidores”, seleccionar “abrir con” y dar nuevamente clic en “Bloc de notas”. Si no aparece predeterminado dar clic en “Elegir otra aplicación” y lo selecciona.



*figura 8 Abrir archivo “medidores” con “Bloc de notas”*

- Verificar el tipo de medidor (agua, electricidad, gas) e ingresar los datos requeridos en el lugar adecuado.

```

medidores.jsx
Archivo Editar Ver

import { clasificarTodosLosMedidores } from "../clasificacionMedidores";

export const medidores = {
  agua: [
    /* { (para agua o gas y ubicar en el grupo adecuado)
    instrumento: "Nombre del medidor",
    presion: { min: 0, max: 0 }, Rango de presión mínima y máxima (Bar)
    flujo: { min: 0, max: 0 }, Rango de flujo mínimo y máximo (m3/h)
    precision_estimada: 3, Valor en % de error
    presupuesto: 100, Precio en dolar
    soporte: 1, Nivel según clasificación (3 alto, 2 medio, 1 baja)
    disponibilidad: 2, Nivel según clasificación (3 alto, 2 medio, 1 baja)
    certificacion: 1, Nivel según clasificación (3 alto, 2 medio, 1 baja)
    instalacion: 1, Nivel según clasificación (3 alto, 2 medio, 1 baja)
    url: "Enlace para ver más información del medidor"
    }, */
    {
      instrumento: "Medidor para agua potable chorro único",
      presion: { min: 0, max: 16 },
      flujo: { min: 0.03, max: 3 },
      precision_estimada: 3,
      presupuesto: 100,
      soporte: 1,
      disponibilidad: 2,
      certificacion: 1,
      instalacion: 1,
      url: "https://equysis.com/images/contenido/Catalogo%20Medidores%20de%20Agua%20200912113152.pdf"
    },
  ],
}

```

figura 9 Verificar el tipo de medidor “agua”

```

medidores.jsx
Archivo Editar Ver

],
electricidad: [
  /* {
  instrumento: "Nombre del medidor",
  conexion: "monofásico", (Tipo de conexión monofásico, bifásico o trifásico)
  voltaje: { min: 120, max: 120 }, Rango de voltaje fase neutro y fase fase
  amperaje: { min: 5, max: 100 }, Rango de amperaje mínimo y máximo
  precision_estimada: 3, Valor en % de error
  presupuesto: 50, Precio en dolar
  soporte: 2, Nivel según clasificación (3 alto, 2 medio, 1 baja)
  disponibilidad: 3, Nivel según clasificación (3 alto, 2 medio, 1 baja)
  certificacion: 1, Nivel según clasificación (3 alto, 2 medio, 1 baja)
  instalacion: 2, Nivel según clasificación (3 alto, 2 medio, 1 baja)
  url: "Enlace para ver más información del medidor"
  }, */
  {
    instrumento: "Contador Electronico Monofasico 1x(5-100) A, 120 V",
    conexion: "monofásico",
    voltaje: { min: 120, max: 120 },
    amperaje: { min: 5, max: 100 },
    precision_estimada: 3,
    presupuesto: 50,
    soporte: 2,
    disponibilidad: 3,
    certificacion: 1,
    instalacion: 2,
    url: "https://interelectricas.com.co/medidores-de-energia/2085-contador-electronico-monofasico-5-100a-lcd.html"
  },
]

```

figura 10 Verificar el tipo de medidor “electricidad”

- Luego de ingresar los datos dar clic en “Archivo” y luego en “Guardar”.

### **Lógica de recomendación implementada**

Una vez completado el cuestionario, la aplicación implementa la siguiente lógica de recomendación:

- **Inicio del Cuestionario:**

- La aplicación comienza con un cuestionario estructurado donde la primera pregunta determina el tipo de flujo (agua, gas o electricidad). Esta elección inicial orienta el camino de las preguntas subsiguientes.

- **Preguntas Específicas Basadas en el Tipo de Flujo:**

- Para agua y gas: las siguientes preguntas se centran en la presión y el flujo. Aquí, los usuarios ingresan valores específicos, que luego son comparados con los rangos disponibles en la base de datos de medidores.
- Para electricidad: Las preguntas abordan el tipo de conexión (monofásica, bifásica o trifásica), voltaje y amperaje. Estos valores son también comparados con la base de datos para encontrar medidores compatibles.

- **Proceso de Filtrado y Clasificación:**

- La aplicación utiliza funciones especializadas (como `calcularLimitesDeClasificacion` y `actualizarClasificacionesMedidores`) para clasificar los medidores según los límites de precisión y presupuesto.

- Los medidores se filtran y clasifican basándose en la precisión y el presupuesto, además de otros parámetros técnicos ingresados por el usuario.

➤ **Cálculo de Coincidencias y Recomendación Final:**

- La lógica de calcular Recomendaciones en el componente App toma todas las respuestas del usuario y las utiliza para filtrar los medidores.
- La aplicación busca coincidencias perfectas en todos los parámetros. Si encuentra un medidor que cumple exactamente con todas las especificaciones del usuario, lo selecciona inmediatamente.
- En caso de no encontrar una coincidencia perfecta, prioriza aquellos medidores que más se ajusten a las respuestas dadas, con especial atención a la precisión y el presupuesto, después de verificar que los valores ingresados en presión y flujo o voltaje y amperaje existen en algún medidor.

➤ **Presentación de Resultados:**

- Una vez finalizado el proceso de filtrado y selección, el componente Resultados muestra los medidores recomendados, explicando por qué son los más adecuados según las preferencias y necesidades del usuario.
- Si la búsqueda no arroja un medidor recomendado, esto ocurre cuando los valores ingresados por el usuario no coinciden con los parámetros establecidos en la base de datos para las variables fundamentales: presión y flujo para agua y gas, o voltaje y amperaje para electricidad, además de

precisión y presupuesto. En situaciones donde:

- ✓ La presión seleccionada no corresponde a ningún medidor existente, se muestra directamente el mensaje de que no se han encontrado resultados.
- ✓ La presión es válida pero el flujo no, se informa igualmente que no hay resultados.
- ✓ Presión y flujo son válidos, pero falla la coincidencia en precisión o presupuesto, se emite el mismo aviso.

Este comportamiento se replica para electricidad, sustituyendo presión y flujo por voltaje y amperaje, manteniendo precisión y presupuesto como variables críticas.

Ante la ausencia de recomendaciones, se notifica al usuario la falta de coincidencias y se le invita a contactar con el equipo de ventas para asistencia personalizada o a reiniciar el cuestionario para ajustar sus criterios de búsqueda.

➤ **Interfaz de Usuario Intuitiva:**

- La aplicación presenta una interfaz amigable, donde cada paso del cuestionario es claro y sencillo. Los usuarios pueden ver opciones de respuesta y tipear valores cuando sea necesario, facilitando un proceso de selección personalizado y detallado.



Esta aplicación proporciona un servicio integral que combina una interfaz de usuario intuitiva con un algoritmo sofisticado, asegurando recomendaciones precisas y personalizadas para cada cliente.

### **Instrumentos y herramientas de desarrollo**

Se detallan las herramientas de software y las bibliotecas de código utilizadas, incluyendo sistemas de control de versiones como Git. La justificación de estas herramientas se basa en su capacidad para asegurar la calidad del código y facilitar el mantenimiento.

## **Capítulo 9**

### **Resultados**

Tras la implementación de la interfaz diseñada y desarrollada para seleccionar la tecnología más eficaz en la medición del flujo de energía, agua y gas. La investigación se centró en alcanzar varios objetivos específicos, y los resultados obtenidos se alinearon en gran medida con estas metas. A continuación, se detallan los resultados clave en relación con cada objetivo específico planteado:

La interfaz desarrollada fue sometida a múltiples rondas de pruebas y retroalimentación con personas expertas. Se logró una interfaz intuitiva y compatible con diversas plataformas y dispositivos, facilitando un acceso amplio y sin restricciones.

Se diseñó un algoritmo sofisticado capaz de procesar múltiples parámetros, como el tipo de medidor, presión, flujo, tipo de conexión, voltaje, amperaje, precisión, presupuesto, disponibilidad, certificaciones e instalación, para recomendar la tecnología de medición más adecuada. Este algoritmo demostró ser eficiente y preciso en sus recomendaciones.

La interfaz incluyó un sistema de filtrado y clasificación avanzado, permitiendo a los usuarios buscar tecnologías basándose en tipos de medidores específicos entre agua, gas y

electricidad. Esto facilitó a los usuarios encontrar soluciones que se ajustaran a sus necesidades específicas y presupuestos.

En pocas palabras, los resultados indicaron un fuerte apoyo a la hipótesis inicial, demostrando que la implementación de un proceso de toma de decisiones basado en MCDM, en combinación con un análisis detallado de las preferencias de los usuarios, fue efectiva para seleccionar la tecnología de medición adecuada. No obstante, se sugiere la realización de estudios adicionales para evaluar completamente el impacto en los costos operativos y la gestión sostenible de los recursos.

## Conclusiones

La investigación se centró en desarrollar y evaluar una interfaz avanzada, utilizando un enfoque de toma de decisiones basado en múltiples criterios (MCDM) complementado por un análisis detallado de las preferencias de los usuarios. Este enfoque innovador ha demostrado ser no solo teóricamente sólido, sino también prácticamente efectivo.

La importancia de este estudio radica en su capacidad para abordar una necesidad crucial y contemporánea: la selección óptima de tecnologías de medición que satisfagan tanto los requisitos técnicos como las expectativas de los usuarios. A través de un proceso de desarrollo ágil, que integró retroalimentación y pruebas con usuarios reales, esta investigación proporcionó una solución tangible y directamente aplicable al problema en cuestión.

La interfaz desarrollada no solo mejora la experiencia del usuario al seleccionar tecnologías de medición, sino que también alinea estas decisiones con las necesidades operativas y comerciales de las empresas. Los resultados de este estudio contribuyen significativamente al conocimiento en el campo de la medición de flujo y las interfaces de usuario.

La implementación exitosa del proceso MCDM y el algoritmo de selección de tecnología resalta la importancia del análisis detallado del usuario y la personalización en el diseño de sistemas interactivos. Además, la investigación demostró cómo la integración de tecnología avanzada y retroalimentación continua puede crear una herramienta efectiva y adaptable, capaz de satisfacer las necesidades del mercado y los usuarios avanzados.

En términos de aplicabilidad práctica, esta investigación no solo beneficia a los usuarios finales, que ahora tienen acceso a herramientas que respaldan decisiones más informadas y satisfactorias, sino que también beneficia a las empresas de tecnología de medición, que pueden utilizar este conocimiento para mejorar sus productos y servicios. El enfoque adoptado en este estudio puede proporcionar un modelo para su aplicación en otros campos donde la selección de tecnología y la satisfacción del usuario son esenciales.

En conclusión, esta investigación representa un avance significativo en la intersección de las técnicas de medición del tráfico, el diseño de la interfaz de usuario y la toma de decisiones basada en datos. Aunque se recomienda realizar investigaciones futuras para explorar más a fondo el impacto a largo plazo en los costos operativos y la gestión sostenible de los recursos, los resultados actuales proporcionan una contribución valiosa al campo y generan fuertes incentivos para la investigación y el desarrollo futuros en este campo.

## Referencias bibliográficas

- Rana, Z., Niaz, A., Kashif, A., Khan, W., Niaz, I., Adeel, M., & Prince, R. A. (2023). A Review on MPC Based Self Recovering Intelligent Advance Meter for Smart Grid: Scheme and Challenges. *European Journal of Technology and Advanced Science*. Recuperado de <https://ejtas.com/index.php/journal/article/download/116/88>
- Joshi, S. A., Kolvekar, S., Raj, Y., & Singh, S. (2016). IoT Based Smart Energy Meter. *Bonfring International Journal of Research in Communication Engineering*. Recuperado de <http://www.journal.bonfring.org/papers/rce/volume6/BIJ-8209.pdf>
- Leem, Y. (2014). Design and Development of Carbon Emission Monitoring System in Sejong City, Korea. *Journal of the Korean Chemical Association*. Recuperado de [http://society.kisti.re.kr/sv/SV\\_svpsbs03V.do?method=download&cn1=JAKO201408739561682](http://society.kisti.re.kr/sv/SV_svpsbs03V.do?method=download&cn1=JAKO201408739561682)
- Makonin, S., Ellert, B., Bajić, I., & Popowich, F. (2016). Electricity, water, and natural gas consumption of a residential house in Canada from 2012 to 2014. *Scientific Data*. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/sdata201637.pdf>
- Allahverdiyev, E. N. (2022). Algorithm for selecting a flow meter with optimal parameters. *Journal of Technical Engineering*. Recuperado de <http://jrnl.knutd.edu.ua/index.php/techeng/article/view/1065>
- Korenhof, S., Fang, Y., Luo, J., van der Cammen, T. V. D., Raat, H., & van Grieken, A. (2023). Monitoring the well-being of older people by energy usage patterns: Systematic review of the literature and evidence synthesis. *Journal of Medical Internet Research*. Recuperado de <https://aging.jmir.org/2023/1/e41187>
- Inga, E., Inga, J., & Hincapié, R. (2022). Maximizing resource efficiency in wireless networks through virtualization and opportunistic channel allocation. *Journal of Network and Systems Management*. Recuperado de <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/8/3949>

- Fu, L., & Zhang, W. (2021). Research and implementation of civil residence right of the Internet of Things for smart home. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. Recuperado de <https://www.hindawi.com/journals/misy/2022/7277581/>
- Vitiello, S., Andreadou, N., Ardelean, M., & Fulli, G. (2022). Smart Metering Roll-Out in Europe: Where Do We Stand? Cost Benefit Analyses in the Clean Energy Package and Research Trends in the Green Deal. *Energies*, 15(7), 2340. Recuperado de <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/7/2340>.
- Greveler, U., Rhein-Waal, H., Glösekötter, P., Justus, B., & Loehr, D. (2012). Multimedia content identification through smart meter power usage profiles. SpringerLink. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/266461208\\_Multimedia\\_Content\\_Identification\\_Through\\_Smart\\_Meter\\_Power\\_Usage\\_Profiles](https://www.researchgate.net/publication/266461208_Multimedia_Content_Identification_Through_Smart_Meter_Power_Usage_Profiles).
- iAgua. (2023). ¿Qué es la telelectura en contadores inteligentes de agua?. Recuperado de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-telelectura-contadores-inteligentes-agua>.
- Savickis, J., Zemite, L., Bode, I., & Jansons, L. (2020). Natural Gas Metering and its Accuracy in the Smart Gas Supply Systems. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, 9(6), 1024-1032. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/347126428\\_Natural\\_Gas\\_Metering\\_and\\_its\\_Accuracy\\_in\\_the\\_Smart\\_Gas\\_Supply\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/347126428_Natural_Gas_Metering_and_its_Accuracy_in_the_Smart_Gas_Supply_Systems).
- Rini, & Sharma, S. K. (2022). Internet of Things (IoT) Technology in Smart Homes: Vitalizing Human-Computer Interaction. *Mathematical Statistician and Engineering Applications*, 71(4), 9250-9264. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/347126428\\_Natural\\_Gas\\_Metering\\_and\\_its\\_Accuracy\\_in\\_the\\_Smart\\_Gas\\_Supply\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/347126428_Natural_Gas_Metering_and_its_Accuracy_in_the_Smart_Gas_Supply_Systems).
- Emerson. (n.d.). Gas Measurement Systems. Recuperado de <https://www.emerson.com/es-mx/catalog/emerson-gas-measurement-systems-es-mx>
- Exactitude Consultancy. (2022). Mercado de Contadores de Electricidad Inteligentes. Recuperado de <https://exactitudeconsultancy.com/es/informes/1818/mercado-de-contadores-de-electricidad-inteligentes/>

Hidroconta (2022). ¿Qué Tipo de Medidores de Agua Existen? Recuperado de <https://www.iagua.es/noticias/hidroconta/que-tipo-medidores-agua-existen>

GPI Meters. (2022). Types of Water Meters. Recuperado de <https://www.gpimeters.com/blog/show/types-of-water-meters/>

UL. (n.d.). Meter Evaluations and Certification. Recuperado de <https://www.ul.com/services/meter-evaluations-and-certification>

Martinelli, F., Mercaldo, F., & Santone, A. (2022). Water Meter Reading for Smart Grid Monitoring. *Sensors*, 23(1), 75. <https://doi.org/10.3390/s23010075>

Honrao, C. Rossetti, N. (2019). How to Efficiently Power Your Smart Gas/Water Meter. Recuperado de <https://www.electronicdesign.com/technologies/power/article/21808193/how-to-efficiently-power-your-smart-gaswater-meter>

Equysis. (2020). Catálogo Medidores de Agua. Recuperado de <https://equysis.com/images/contenido/Catalogo%20Medidores%20de%20Agua20200912113152.pdf>

Zenner. (n.d.). Water Meter HWZ. Recuperado de [https://pim.zenner.com/wp-content/uploads/documents/data\\_sheets/water\\_meter/HWZ/ES/DB\\_HWZ\\_RTKD-M\\_RTKD-M-CC\\_ES.pdf](https://pim.zenner.com/wp-content/uploads/documents/data_sheets/water_meter/HWZ/ES/DB_HWZ_RTKD-M_RTKD-M-CC_ES.pdf)

Grupo SYZ. (2022). Medidor Desplazamiento Brodie Birotor Plus. Recuperado de <https://grupo-syz.com/wp-content/uploads/2022/05/Medidor-desplazamiento-brodie-birotor-plus.pdf>

Badger Meter. (n.d.). Medidores Serie Universal. Recuperado de <https://www.badgermeter.com/es-us/productos/medidores/medidores-de-flujo-de-piston-oscilante/medidores-serie-universal/>



Silver Instruments. (n.d.). Orifice plate flow meter. Recuperado de

<https://es.silverinstruments.com/differential-pressure-flowmeter/orifice-plate-flow-meter.html>

Enel Colombia. (n.d.). Medidores y Grupos de Medida. Recuperado de

<https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/documents/Medidores-y-Grupos-de-Medida.PDF>

Tuvalrep. (2022). Ficha Técnica Medidor Gas G-1.6 Estándar Metrex. Recuperado de

<https://tuvalrep.com.co/wp-content/uploads/2022/08/FICHA-TECNICA-MEDIDOR-GAS-G-1.6-ESTANDAR-METREX.pdf>

Fiorentini. (2021). Fiosonic Brochure. Recuperado de

[https://www.fiorentini.com/wp-content/uploads/2021/03/fiosonic\\_brochure\\_SPA.pdf](https://www.fiorentini.com/wp-content/uploads/2021/03/fiosonic_brochure_SPA.pdf)

Premac. (n.d.). Medidor de Gas de Turbina Quantomer. Recuperado de

<https://premac.co/producto/medidor-de-gas-de-turbina-quantomer/>

Omega Engineering. (n.d.). FMC-5000 PDF. Recuperado de

<https://br.omega.com/omegaFiles/green/pdf/FMC-5000.pdf>

Gometrics. (n.d.). Slamf Series. Recuperado de

<https://www.gometrics.net/producto/slamf-series/>

STI Gas. (n.d.). Medidores Rotativos Industriales CGR-FX Common. Recuperado de

<https://sti-gas.com/medidores-rotativos-industriales-cgr-fx-common/>

Interelectricas. (n.d.). Contador electrónico monofásico 5-100A LCD. Recuperado de

<https://interelectricas.com.co/medidores-de-energia/2085-contador-electronico-monofasico-5-100a-lcd.html>

Interelectricas. (n.d.). Contador electrónico bifásico 5-100A LCD CL-1 calibrado. Recuperado de

<https://interelectricas.com.co/medidores-de-energia/1570-contador-electronico-bifasico-5-100a-lcd-cl-1-calibrado.html>

Interelectricas. (n.d.). Contador Elster A1860 1-10A con puerto ref. CL-0.5S calibrado. Recuperado de

<https://interelectricas.com.co/medidores-de-energia/2944-contador-elster-a1860-1-10a-con-puerto-ref-cl-0-5s-calibrado.html>

Interelectricas. (n.d.). Contador Elster A1800 1-10A indirecta con puerto. Recuperado de

<https://interelectricas.com.co/medidores-de-energia/5011-contador-elster-a1800-1-10a-indirecta-con-puerto.html>

Batsur (2022). Medidores de Agua. Recuperado de

[Medidores de Agua » Batsur](#)

## Anexos

En las imágenes se evidencia un ejemplo en el cual un cliente necesita un medidor de agua con las mejores condiciones: los valores ingresados fueron presión de 16 bares, flujo de 3 m<sup>3</sup>/h, presupuesto económico, precisión alta, cobertura alta, disponibilidad alta, certificación internacional y facilidad de instalación plug and play.

*Paso 1:* Seleccione el tipo de flujo a medir



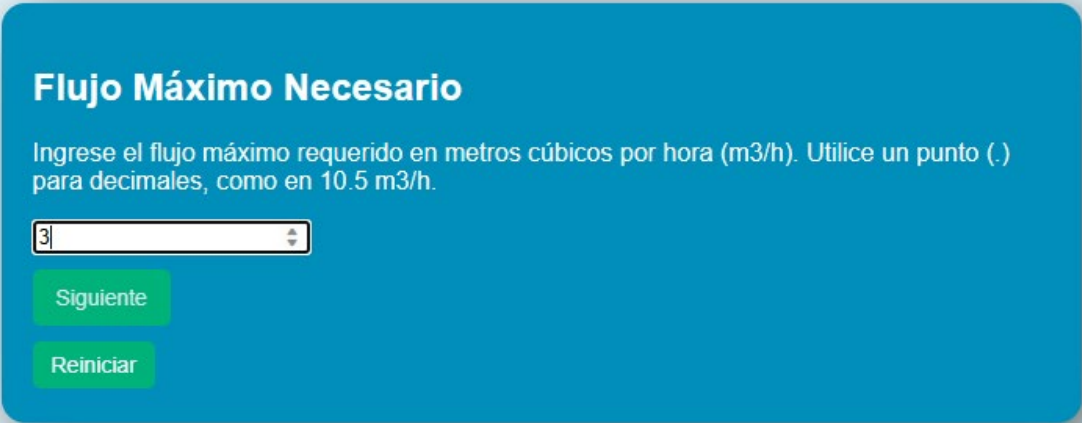
*figura 11* Seleccionar el tipo de flujo

*Paso 2:* Ingrese el valor en bares de la presión de operación y de clic en siguiente.



*figura 12* Ingresar el valor de presión requerida

*Paso 3:* Ingrese el valor en m<sup>3</sup>/h del flujo máximo requerido y de clic en siguiente.



**Flujo Máximo Necesario**

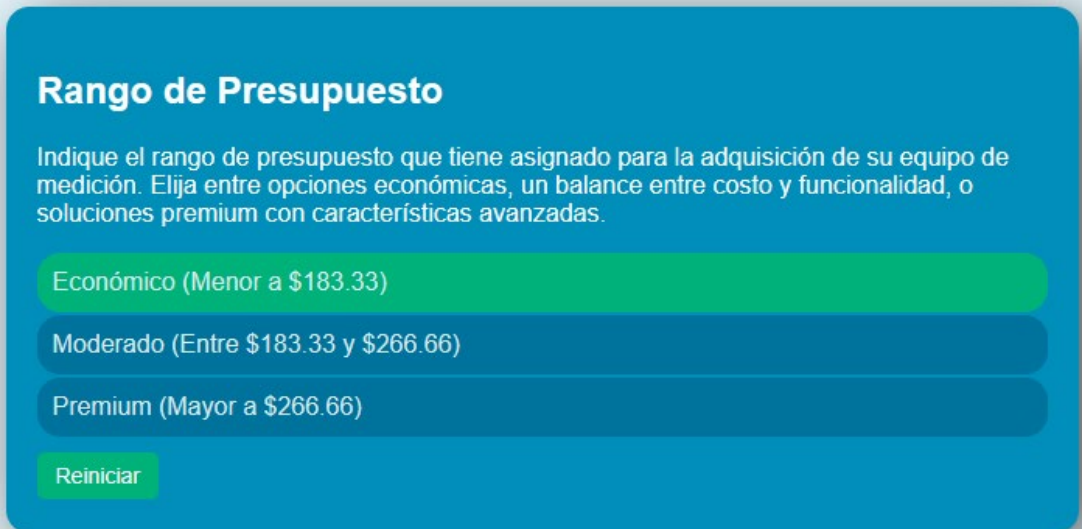
Ingrese el flujo máximo requerido en metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h). Utilice un punto (.) para decimales, como en 10.5 m<sup>3</sup>/h.

**Siguiente**

**Reiniciar**

*figura 13 Ingresar el valor flujo necesario*

*Paso 4:* Seleccione el rango de presupuesto.



**Rango de Presupuesto**

Indique el rango de presupuesto que tiene asignado para la adquisición de su equipo de medición. Elija entre opciones económicas, un balance entre costo y funcionalidad, o soluciones premium con características avanzadas.

**Económico (Menor a \$183.33)**

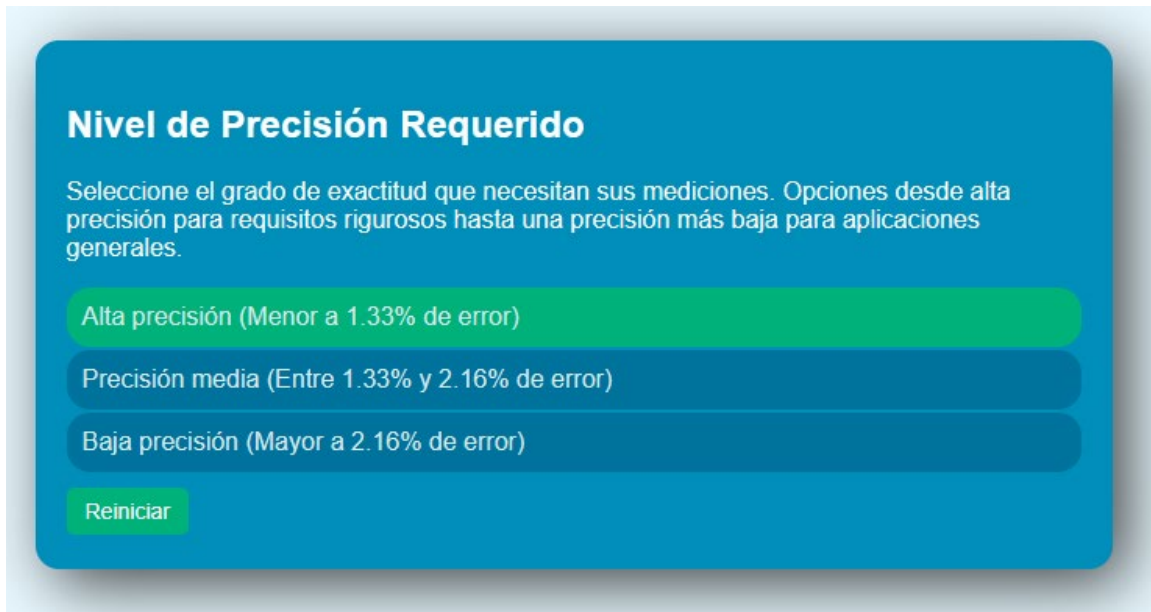
**Moderado (Entre \$183.33 y \$266.66)**

**Premium (Mayor a \$266.66)**

**Reiniciar**

*figura 14 Seleccionar el rango de presupuesto*

*Paso 5:* Seleccione el nivel de precisión que necesitan sus mediciones.



The screenshot shows a blue rounded rectangle with the title "Nivel de Precisión Requerido" in white. Below the title is a paragraph of text: "Seleccione el grado de exactitud que necesitan sus mediciones. Opciones desde alta precisión para requisitos rigurosos hasta una precisión más baja para aplicaciones generales." There are three horizontal buttons: "Alta precisión (Menor a 1.33% de error)" in green, "Precisión media (Entre 1.33% y 2.16% de error)" in blue, and "Baja precisión (Mayor a 2.16% de error)" in blue. At the bottom left is a "Reiniciar" button in green.

*figura 15* Seleccionar el nivel de precisión requerido

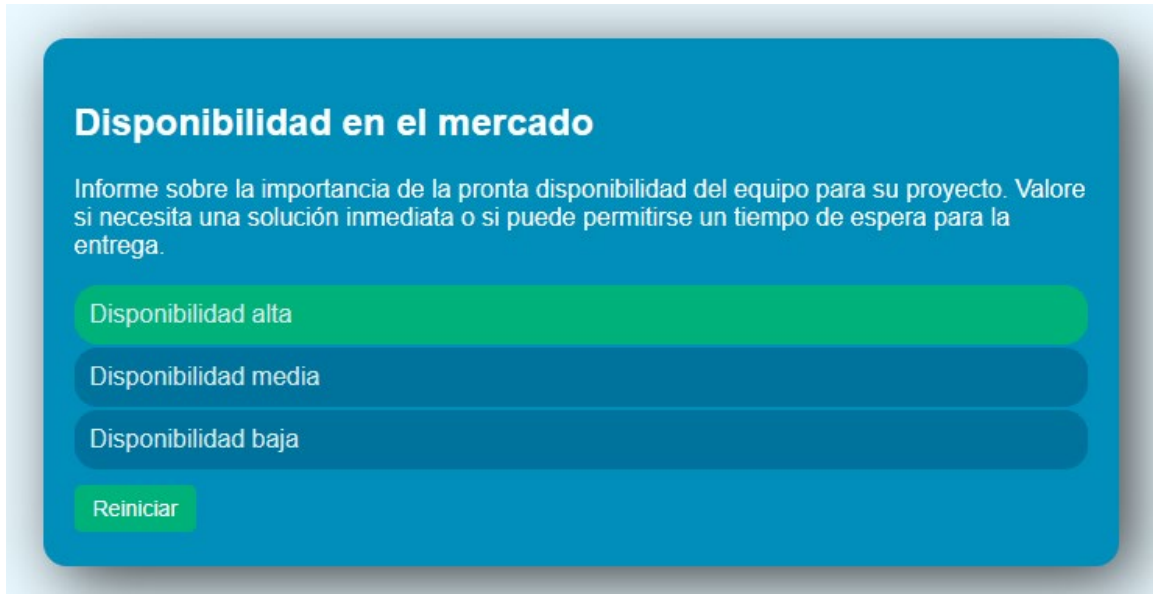
*Paso 6:* Seleccione el nivel de soporte posventa que espera después de la compra.



The screenshot shows a blue rounded rectangle with the title "Cobertura de Soporte Posventa" in white. Below the title is a paragraph of text: "Determine el nivel de soporte y servicio al cliente que espera después de la compra. Desde soporte básico hasta coberturas extendidas que incluyen mantenimiento y reparaciones." There are three horizontal buttons: "Cobertura alta" in green, "Cobertura media" in blue, and "Cobertura baja" in blue. At the bottom left is a "Reiniciar" button in green.

*figura 16* Seleccionar el nivel de soporte posventa

*Paso 7:* Seleccione la disponibilidad que necesita.



**Disponibilidad en el mercado**

Informe sobre la importancia de la pronta disponibilidad del equipo para su proyecto. Valore si necesita una solución inmediata o si puede permitirse un tiempo de espera para la entrega.

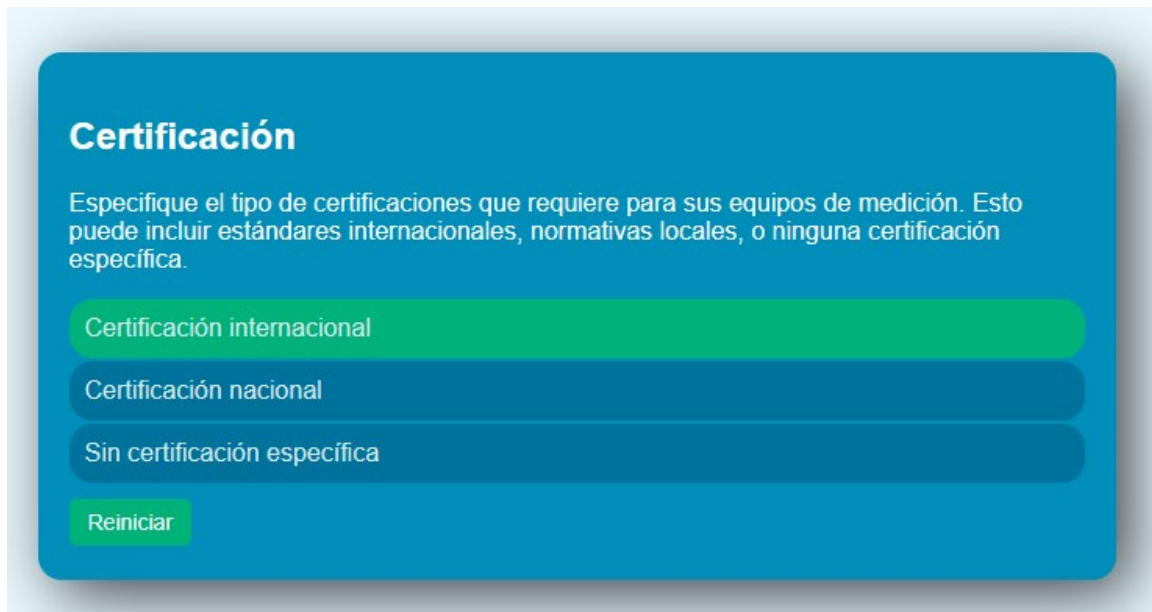
Disponibilidad alta

Disponibilidad media

Disponibilidad baja

*figura 17* Seleccionar disponibilidad

*Paso 8:* Seleccione el tipo de certificación que requiere para el equipo de medición.



**Certificación**

Especifique el tipo de certificaciones que requiere para sus equipos de medición. Esto puede incluir estándares internacionales, normativas locales, o ninguna certificación específica.

Certificación internacional

Certificación nacional

Sin certificación específica

*figura 18* Seleccionar el tipo de certificación

*Paso 9:* Seleccione el tiempo de instalación que necesita.



**Facilidad de instalación**

Seleccione la opción que mejor represente sus expectativas en cuanto al tiempo de instalación para su nuevo medidor.

Plug and play

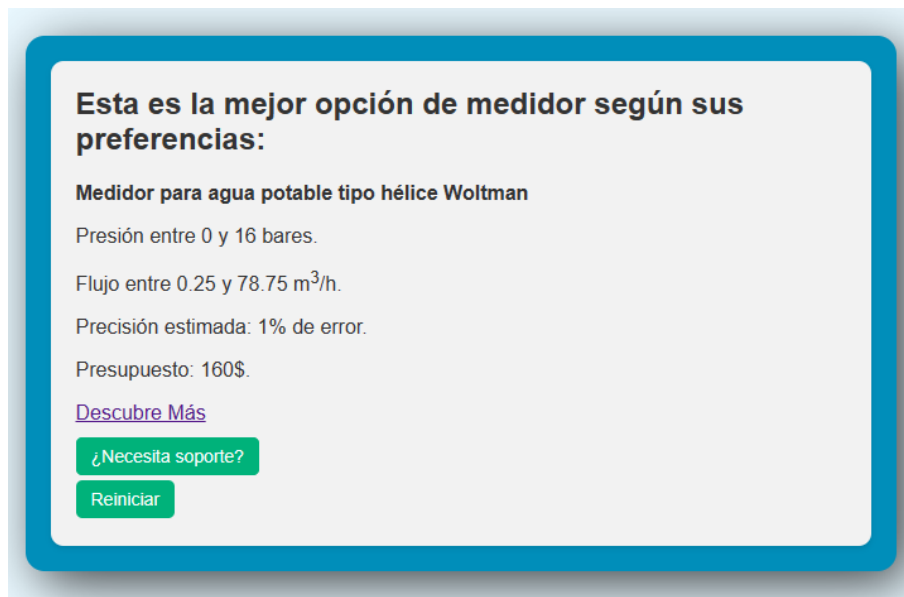
Varias horas a un día

Múltiples días con planificación

Reiniciar

*figura 19* Seleccionar el tiempo de instalación

*Paso 10:* Aquí se mostrará el medidor que mejor se adapta a las necesidades marcadas.



**Esta es la mejor opción de medidor según sus preferencias:**

**Medidor para agua potable tipo hélice Woltman**

Presión entre 0 y 16 bares.

Flujo entre 0.25 y 78.75 m<sup>3</sup>/h.

Precisión estimada: 1% de error.

Presupuesto: 160\$.

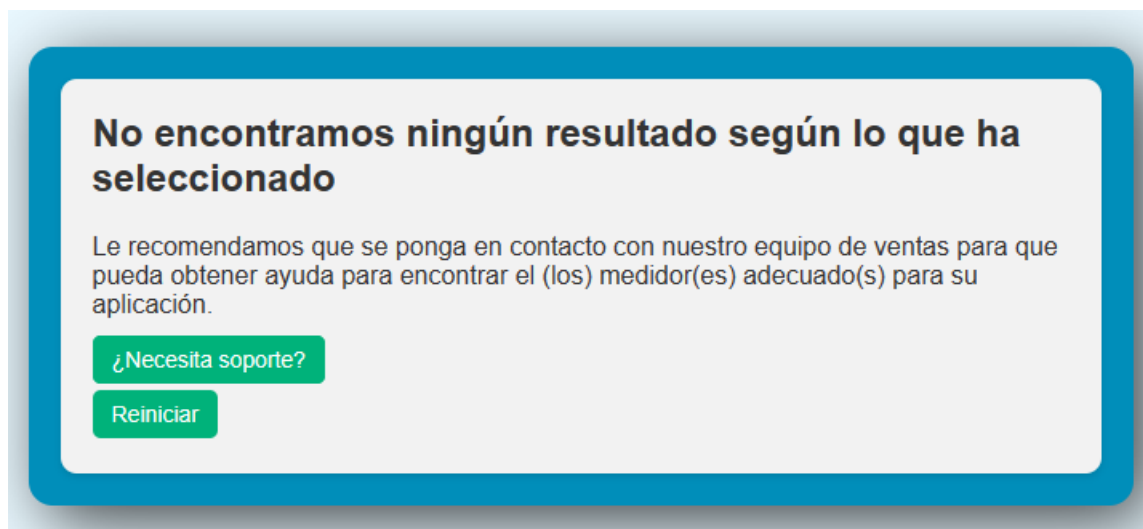
[Descubre Más](#)

¿Necesita soporte?

Reiniciar

*figura 20* Medidor que mejor se adapta a las necesidades marcadas

Si no existe un medidor que cumpla con alguna variable fundamental se le informará inmediatamente mediante este mensaje.



*figura 21 No se encontró ningún resultado*



Acceso a aplicación de SAGY

<https://sagy-app-amayabdaniel.vercel.app/>

Repositorio del código

<https://github.com/amayabdaniel/sagyApp>

Código QR

