

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DEL AGUA

GUÍA TÉCNICA

IMPLEMENTACIÓN DE MACROMEDICIÓN EN LOS
PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE
AGUA POTABLE

JULIO 2022

Agencia de Regulación
y Control del Agua



República
del Ecuador



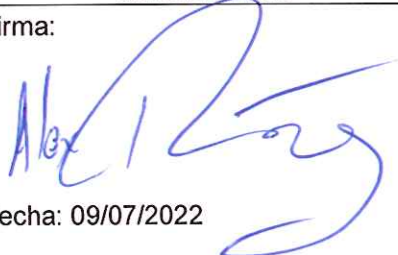

Juntos
lo logramos

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DEL AGUA

GUÍA TÉCNICA

IMPLEMENTACIÓN DE MACROMEDICIÓN EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

JULIO 2022

Elaboración: Ing. Alex Ramírez	Aprobación: Ing. Karina Ortiz
Analista Técnico de Regulación y Control de Agua Potable y Saneamiento 3	Directora de Regulación y Control de Agua Potable y Saneamiento (E)
Firma:  Fecha: 09/07/2022	Firma:  Fecha: 10/07/2022

Contenido

1. ANTECEDENTES	4
2. OBJETIVOS	4
3. DEFINICIONES	4
4. IMPORTANCIA DE LA MACROMEDICIÓN	7
5. CLASIFICACIÓN DE MACROMEDIDORES	8
5.1. MEDIDORES DE VELOCIDAD	8
5.2. MEDIDORES DE PRESIÓN DIFERENCIAL.....	9
5.3. MEDIDORES ULTRASÓNICOS.....	10
5.4. MEDIDORES ELECTROMAGNÉTICOS.....	11
6. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MACROMEDICIÓN	12
6.1. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MEDICIÓN	13
6.2. SELECCIÓN DE MACROMEDICIÓN	13
6.3. MANEJO DE LA INFORMACIÓN	17
6.4. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MACROMEDICIÓN	19
6.4.1. PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO	20
6.4.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	21
6.4.3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	23
7. GESTIÓN DE LA MACROMEDICIÓN	23
7.1. ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA DE MACROMEDICIÓN.....	23
7.2. RECURSOS HUMANOS	24
7.3. RECURSOS FÍSICOS Y MATERIALES.....	24
7.4. PROGRAMACIÓN FÍSICO-FINANCIERA.....	25
7.5. EVALUACIÓN Y CONTROL	25
8. FUENTES	25

1. ANTECEDENTES

La Agencia de Regulación y Control del Agua – ARCA emitió la Regulación Nro. DIR-ARCA-RG-011-2022 denominada “Normativa técnica para el control del uso eficiente del agua potable” publica en el registro Oficial Nro. 40 de 11 de abril de 2022, donde se establecen los criterios para el control de la gestión en el uso eficiente del agua potable y la aplicación del programa de uso eficiente del agua que formara parte del Plan de Mejora. En ese contexto, esta Agencia da a conocer la presente Guía como material de apoyo para proporcionar al prestador de los servicios de agua potable y/o saneamiento, público y comunitario, los lineamientos necesarios para la selección y gestión de los sistemas de macromedición.

La medición es necesaria no sólo para la planificación, administración y control de los procesos del prestador del servicio, sino también para mostrar y registrar la calidad con que éste se presta a los usuarios, en cuanto a cantidad, continuidad y presiones de suministro. Pero la macromedición no son sólo los aparatos, son sistemas que además implican una organización con personal para su operación y mantenimiento. Instalar aparatos sin el personal capacitado, espacios, vehículos, sistemas de información, y otros recursos, para realizar las funciones de medición, registro, procesamiento y divulgación de la información, no producirá los resultados deseados.

En todo esto es parte fundamental la selección y dimensionamiento adecuados de los aparatos de medición, su instalación, operación y verificación, partiendo de un conocimiento de los conceptos básicos de instrumentación y de la metrología de flujo, necesarios para quien estará a cargo de estas tareas.

2. OBJETIVOS

- Proporcionar una guía sobre la macromedición en los procesos de producción y distribución de agua potable, dirigida a quienes diseña, construyen, operan, mantienen y administran los sistemas.
- Cuantificar y registrar los caudales y volúmenes de agua que se potabilizan, conducen, regulan, y distribuyen en los sistemas de abastecimiento, con fines de administrar adecuadamente la producción y realizar control operacional de la infraestructura, así como de su planificación, diseño, construcción, y mantenimiento.

3. DEFINICIONES

Área de cobertura del servicio: Corresponde al polígono que define el área geográfica dentro de la cual el prestador debe suministrar el servicio de agua potable. La delimitación del área de cobertura del servicio de agua potable de las empresas públicas lo determina la ordenanza de creación; mientras que, el área de cobertura de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales - GADMs que prestan el servicio de manera

directa corresponde a toda su jurisdicción, exceptuando el área de cobertura en donde brindan el servicio los prestadores comunitarios.

Agua distribuida: Corresponde al volumen de agua potable medido que es dirigido hacia los distintos tipos de consumidores existentes en el área de cobertura del prestador.

Agua para consumo humano: Es el agua utilizada para beber, preparar y cocinar alimentos u otros usos domésticos, independiente del origen y suministro, con características físicas, químicas y microbiológicas que garanticen su inocuidad y aceptabilidad para el consumo humano. Debe cumplir con los requisitos de calidad establecidos por la Norma NTE INEN 1108 vigente. Refiérase también como agua potable.

Agua tratada: Es el agua que se produce en las plantas de tratamiento luego de que se han realizado diferentes procesos físicos, químicos y/o microbiológicos para obtener agua apta para el consumo humano, o a través de la desinfección.

Aparatos de macromedición: Es el aparato de medición que se localiza en los puntos de entrada y salida de los procesos de conducción, tratamiento y almacenamiento, además de los puntos de control, distribución del agua potable y sectorización, excluyendo el sistema predial o sistema de micromedición.

Aparatos de micromedición: Es el sistema de medición que se localiza en cada una de las conexiones residenciales o no residenciales, con el fin de medir los volúmenes consumidos de agua potable entregado por el prestador del servicio.

Balances hídricos. - Es el equilibrio entre todos los recursos hídricos que entran en un sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado

Capacidad de los sistemas de agua potable: Conjunto de condiciones técnicas para el correcto funcionamiento de los sistemas de agua potable de tal forma que cumplan con la continuidad del servicio.

Cobertura del servicio de agua potable: Es el porcentaje de conexiones de agua potable existentes en relación al área de cobertura del servicio de agua potable.

Conducción de agua potable: Es el conjunto de obras, tuberías y accesorios que conducen el agua para consumo humano hasta un tanque de almacenamiento y que son administradas por el prestador del servicio.

Conexiones no residenciales: Corresponde a la conexión donde el consumo de agua no está vinculada al consumo humano o uso doméstico, por lo que el agua potable puede ser destinado para el sector de la industria, comercio, instituciones públicas, de interés social, entre otros.

Conexiones residenciales: Corresponde a la conexión donde el consumo de agua está destinada al consumo humano o uso doméstico.

Consumidor: Persona natural y/o jurídica que demanda bienes o servicios relacionados con el agua y que son proporcionados por los prestadores de los servicios de agua potable.

Consumos ilegales: Conforman el abastecimiento de agua a través de medios que no están contemplados por el prestador de los servicios.

Consumos no medidos: Corresponde al volumen de agua que se distribuye a través de la conexión y que no se realiza la medición.

Consumos medidos facturados: Es el volumen de agua que se distribuye a través de la conexión y que fue contabilizada mediante la medición para finalmente asignarle un valor económico según lo establecido en el pliego tarifario.

Consumos medidos no facturados: Corresponde al volumen de agua que se distribuye a través de la conexión y se realiza la medición, pero no pasa por el proceso de comercialización en donde se le asigna un valor económico según lo establecido en el pliego tarifario vigente.

Continuidad del servicio de agua potable: Es el porcentaje de tiempo que disponen los consumidores de agua para consumo humano en el transcurso del día.

Distribución de agua potable: Es el conjunto de obras, tuberías y accesorios que sirven para conducir el agua para consumo humano hasta las conexiones residenciales y no residenciales, administradas por el prestador del servicio de agua potable.

Guías técnicas: Son los documentos técnicos que forman parte de la presente norma técnica y que la ARCA emitirá mediante Resoluciones, en las cuales se establecen los criterios que el prestador debe considerar para la gestión del uso eficiente del agua potable como: características de macromedición y micromedición, metodologías de identificación y cuantificación del suministro de agua potable, actividades a desarrollar en los proyectos para la elaboración y ejecución del programa de uso eficiente, entre otras. Las guías técnicas serán publicadas en la página web de la ARCA.

Infraestructura instalada: Corresponden a las obras construidas para realizar la conducción, tratamiento, almacenamiento, regulación, control, distribución, zonificación y provisión del agua potable.

Junta administradora de agua potable - JAAP: Es la organización comunitaria sin fines de lucro que tiene la finalidad de prestar el servicio público de agua potable.

Normativa Técnica: Es todo instrumento normativo emitido por la Agencia de Regulación y Control del Agua, que contiene reglas, directrices, características, parámetros, indicadores, criterios, y elementos para el cumplimiento del marco legal vigente en materia de la gestión integral de los recursos hídricos en la prestación de los servicios públicos vinculados al agua.

Organizaciones comunitarias: Son comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, pueblo afro-ecuatoriano y pueblo montubio, en sus distintas formas colectivas y tradicionales de organización y manejo del agua, propias de estas entidades integradas por titulares de derechos colectivos.

Plan de mejora: Constituye las estrategias, los programas, proyectos y acciones planificados con sus respectivos presupuestos, financiación y metas de corto, mediano y largo plazo, que deben acometer los GADMs y los prestadores comunitarios, previa aprobación de la Autoridad Única del Agua, para mejorar la calidad en la prestación de los servicios de agua potable.

Sistema de medición: Constituye el conjunto de obras civiles, mecánicas, hidráulicas, eléctricas, instalaciones de control y equipos de medición de presiones, niveles, volúmenes o caudales de agua, instalados por el prestador del servicio de agua potable que están en funcionamiento.

Tanque de distribución: Almacena la cantidad suficiente de agua potable, y debido a que está ubicada antes del sistema de distribución regula la presión de la misma.

4. IMPORTANCIA DE LA MACROMEDICIÓN

La importancia de la macromedición radica principalmente en conocer la cantidad de agua producida y la eficiencia global como producto de la eficiencia física y la eficiencia comercial, para lo cual se debe establecer un sistema de manejo y divulgación de la información generada que permita obtener lo siguiente:

- Cuantificación de la producción.
- Información necesaria para realizar los balances hidráulicos del sistema.
- Identificación de los componentes de las pérdidas hidráulicas del sistema.
- Identificación de la eficiencia comercial del sistema, con base en los volúmenes producidos y los volúmenes facturados.
- Conocimiento del comportamiento hidráulico del sistema en tiempo real, para tomar decisiones operativas sobre el manejo del agua.
- Apoyo para la formulación de políticas tarifarias.
- Información básica para la planeación del crecimiento del sistema en relación a las necesidades de nuevas fuentes de abastecimiento y capacidad de suministro a nuevos usuarios.
- Información para realizar los diagnósticos de eficiencia de los diferentes equipos.
- Información para evaluar el comportamiento del sistema.
- Medición especializada de volúmenes a grandes consumidores.
- Medición de caudales de salida en plantas de tratamiento potabilizadoras.

5. CLASIFICACIÓN DE MACROMEDIDORES

Los macromedidores están diseñados para realizar trabajos en sistemas de operación en condiciones duras y caudales altos con una mínima pérdida de carga, normalmente estos medidores son especificados en aplicaciones industriales, distribución de agua, obras hidráulicas, medición de agua y en sistemas agrícolas. En Latinoamérica y en forma particular en Ecuador se puede disponer de varios tipos de mecanismos en los macromedidores para contabilizar el caudal que pasa por ellos, estos tipos son:

- Medidores de velocidad
- Medidores de presión diferencial
- Medidores ultrasónicos
- Medidores electromagnéticos

5.1. MEDIDORES DE VELOCIDAD

Este tipo de medidor utiliza como elemento de medición una turbina o hélice, que trabaja en la tubería a presión en donde el flujo del agua corre en una dirección axial a ellas. La medición se logra en base a la proporcionalidad existente entre el número de revoluciones de la turbina o hélice y la velocidad del agua que corre por la tubería, la velocidad de giro de la turbina o hélice es transmitida a un sistema de relojería o de pulsos eléctricos que la transforman directamente en información equivalente a volúmenes o registros gráficos.

Tabla 1. Medidores de Velocidad

Medidores Tipo Woltmann	Medidor de Hélice o Propela	Medidor Tipo Carrete	Medidor Tipo Turbina	Medidor Tipo Micromolinet
Son aparatos que combinan una elevada precisión con una mínima pérdida de carga, siempre y cuando su selección e instalación se efectúe correctamente.	Este medidor consta de una propela o hélice, una caja sellada y la cabeza del medidor, también cuenta con un registro local y una caja de acoplamiento, para conectar el equipo de medición externa.	Este medidor viene acoplado a un carrete de acero, que en su interior lleva aletas direccionales soldadas, que tienen como función orientar el flujo para darle mayor precisión. El carrete puede ser bridado o de extremos lisos.	Este medidor es una variante en la cual el elemento sensor de la velocidad del agua, está conformado por una turbina y tiene las mismas características que los de hélice o propela.	El equipo consta de un sensor de la velocidad del agua en la tubería, tipo hélice horizontal de 6 aspas, de diseño curvado, con lo que se mejora la precisión para velocidades bajas.

Entre las principales ventajas y desventajas que tienen estos medidores como parte de su funcionamiento se pueden considerar las siguientes:

Tabla 2 Ventajas – Desventajas de Medidores de Velocidad

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de Carga Baja • Bajo Costo de Adquisición • Configuración estándar con preparación para lectura remota sin tener que cambiar el registro o desmontar el medidor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Un buen número de piezas sujetas a desgaste.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Es posible instalar un pulsador para lectura remota según la necesidad. • Se pueden adquirir totalmente equipados y cableados para lectura remota si así se decide • El diseño permite el uso confiable del medidor en altos caudales sin desgaste de los componentes • Registro seco, cerrado y sellado herméticamente, es antiempañante • El movimiento del registro por transmisión magnética se mantiene aislado del agua • Posibilidad de instalación en cualquier posición, Horizontal, Vertical o intermedia en cualquier ángulo • Fácil mantenimiento por medio del desarme de la tapa metálica con la unidad de medición, en una sola unidad • Medidor de cifras grandes y fáciles de leer 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayores necesidades de mantenimiento.

5.2. MEDIDORES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Se les llama medidores de presión diferencial o deprimógenos en donde la sección de medición contrae la vena líquida y consisten básicamente de una reducción gradual o brusca de la sección donde transita el flujo, ocasionando un aumento de velocidad y una pérdida de presión.

Las pérdidas de presión en la sección de medición se registran con manómetros diferenciales o registradores de presión. Las variaciones de presión y velocidad, se relacionan mediante las fórmulas de Bernoulli y de Continuidad, determinándose así el caudal de escurrimiento.

En la siguiente tabla se resumen los diversos tipos de medidores de presión diferencial.

Tabla 3. Medidores de Presión Diferencial

Medidor Venturi	Medidor Placa de Orificio	Medidor Tubo de Pitot
Se caracteriza por la implementación de una garganta de menor diámetro, conectada a la tubería principal, con una sección convergente y otra sección divergente	Se caracteriza por la incorporación de una placa con un orificio, que provoca el aumento de velocidad en esta sección y por consiguiente una presión diferencial.	Se miden las cargas de velocidad y de presión en un manómetro diferencial (Tubo U) o celda de presión, para determinar la velocidad de flujo.

Entre las principales ventajas y desventajas que tienen estos medidores como parte de su funcionamiento se pueden considerar las siguientes:

Tabla 4. Ventajas – Desventajas Medidores de Presión Diferencial

Ventajas	Desventajas
<p>Medidor Venturi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una muy alta precisión $\pm 0.75\%$ • Baja pérdida de carga. • No tiene partes móviles. • Confiable. • Resistente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de adquisición • Rango de medición limitado en este punto. Se refiere al hecho de que estos equipos de medición se seleccionan para operar a un caudal más o menos constante, por lo que no es conveniente que operen con caudales fuera del rango indicado por el fabricante. • Alto costo de instalación.

Ventajas	Desventajas
<p>Medidor Placa de Orificio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pocas restricciones en su instalación • Confiabilidad y simplicidad en su diseño • Calibración sencilla • Bajo costo • De fácil manejo. • No tiene piezas movibles en contacto con el agua. • Buena precisión $\pm 1\%$. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de medición limitado requiere continua verificación. • Errores en la precisión si el agua contiene sólidos en suspensión. • Se deterioran a través del tiempo. • Pérdida de carga alta • Requiere de bastante longitud en su instalación • Sensible a las turbulencias aguas arriba.
<p>Medidor Tipo Pitot</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opera con señal hidráulica. • Instalación sencilla (aun con tubería presurizada) • Fácil de operar. • Es un equipo portátil. • Se instala en cualquier tipo de tubería. • Pérdida de carga despreciable. • Precisión $M \pm 1\%$. • Rango de utilización amplio, ya que se puede usar en tubos de 3" hasta 72" de diámetro. • No requiere energía eléctrica para su operación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de adquisición relativamente alto. • Con cierta cantidad de partículas en suspensión las tomas de presión tienden a obstruirse. • Se requiere personal capacitado para operarlo.

5.3. MEDIDORES ULTRASÓNICOS

El principio de funcionamiento de estos medidores tiene su origen en las aplicaciones de la acústica, y de estas específicamente la relacionada con el sonar. De acuerdo con esto en el funcionamiento de un medidor ultrasónico una señal sónica es transmitida diagonalmente a través del tubo por donde circula el agua; la velocidad que lleva el agua afecta el tiempo que la señal emplea para viajar del transmisor al receptor.

Por lo anterior el medidor ultrasónico "tiempo en tránsito" es únicamente utilizable en aguas limpias que no contengan sólidos en suspensión. En cambio, el de efecto Doppler, solo puede usarse en aguas que contengan sólidos en suspensión.

Aunque los equipos ultrasónicos más empleados son los de tipo portátil, también existen versiones para instalación permanente, ambos con opciones de data logger integrado, en las versiones permanentes los sensores pueden ser externos, pero también internos. Los internos normalmente tienen mayores requerimientos de tramos rectos agua arriba debido a que son más susceptibles a los efectos de sitios ocasionados por accesorios y equipos como codos, válvulas, y bombas.

Tabla 5. Medidores Ultrasónicos

Medidor Ultrasónico – Tiempo en Tránsito	Medidor Ultrasónico – Efecto Doppler
Los medidores de flujo ultrasónico de tiempo en tránsito son instrumentos cuyo objetivo es la medición del caudal a través de la cuantificación de la velocidad de flujo. Se trata de un medidor indirecto del caudal y puede aplicarse tanto en conductos libres como a presión utilizando diferentes	Este tipo de caudalímetros se basa en la variación de la frecuencia del sonido, transmitida desde una fuente móvil al ser detectada por un observador fijo. El empleo del equipo implica que el fluido objeto de medición, contenga partículas en suspensión o

accesorios. Sin embargo, los equipos ultrasónicos se aplican principalmente en conductos bajo presión, aunque existen variantes para ser utilizados en superficie libre.	burbujas de aire que reflejen parcialmente el tren de ondas transmitido desde una sonda emisor receptor o bien desde dos sondas situadas en oposición.
--	--

Entre las principales ventajas y desventajas que tienen estos medidores como parte de su funcionamiento se pueden considerar las siguientes:

Tabla 6. Ventajas-Desventajas de Medidores Ultrasónicos

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Son fáciles de transportar. • Su instalación es rápida y sencilla. • Se instalan en cualquier tipo de tubería. • Son equipos de alta precisión, independientemente del perfil de velocidad, magnitud del flujo y temperatura del fluido. • Son bidireccionales, capaces de medir el flujo en ambas direcciones. • Son no-intrusivos, por lo que los transductores no deben estar en contacto con el flujo. • El equipo no utiliza pares móviles y es muy fácil de utilizar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo relativamente alto • Su funcionamiento correcto depende en gran parte del contenido uniforme de sólidos en suspensión en el agua. • Muy sensibles a la presencia de singularidades aguas arriba. • El ruido y vibraciones puede afectar al buen funcionamiento.

5.4. MEDIDORES ELECTROMAGNÉTICOS

Un medidor de flujo electromagnético es un dispositivo utilizado para medir caudal, cuyo funcionamiento está basado en la ley de Faraday el cual nos dice que al pasar un fluido conductor por un campo magnético se produce una Fem (Fuerza electromotriz) directamente proporcional a la velocidad del fluido. Debido a la proporcionalidad entre la velocidad del fluido y la Fem inducida se puede medir el caudal.

Estos medidores están formados por un tubo, revestido internamente con un material aislante. Dos bobinas de campo son colocadas a dos extremos del tubo, los cuales con la ayuda de corriente eléctrica producen un campo magnético constante en la sección transversal del tubo. Dos electrodos son colocados en la posición indicada para medir la diferencia de potencial producido por la corriente del fluido al pasar por el campo magnético.

Por su principio de funcionamiento, queda implícito que este tipo de medidor es utilizado para medir caudal en fluidos conductivos solamente. Estos dispositivos solo pueden medir líquidos que tengan una conductividad superior a 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, es decir, agua con algún otro componente.

Tabla 7. Medidores Electromagnéticos

Medidor de Inserción	Medidor Tubo Metálico
Consiste de una cabeza que hace la función de sensor electromagnética instalada en el extremo de una varilla de soporte, puede ser instalado de manera permanente o puede	Están conformados por un tubo metálico donde se encuentran instalados los sensores y las bobinas para detectar el paso del flujo del agua, el cual

Medidor de Inserción	Medidor Tubo Metálico
<p>ser utilizado de manera portátil para realizar mediciones en diferentes puntos de las líneas de conducción.</p> <p>Esta cabeza censora puede instalarse en las tuberías existentes sin necesidad de grandes excavaciones ni alteraciones de las tuberías asociadas a los medidores de paso total. Se puede instalar sin interrumpir el suministro de agua, para desmontar con facilidad las calibraciones e inspecciones periódicas.</p>	<p>generalmente es de acero inoxidable o aluminio, ya que las propiedades magnéticas de estos materiales son bajas, recubierto con neopreno, plástico, teflón, cerámica o cualquier material no magnético y no conductor.</p>

Entre las principales ventajas y desventajas que tienen estos medidores como parte de su funcionamiento se pueden considerar las siguientes:

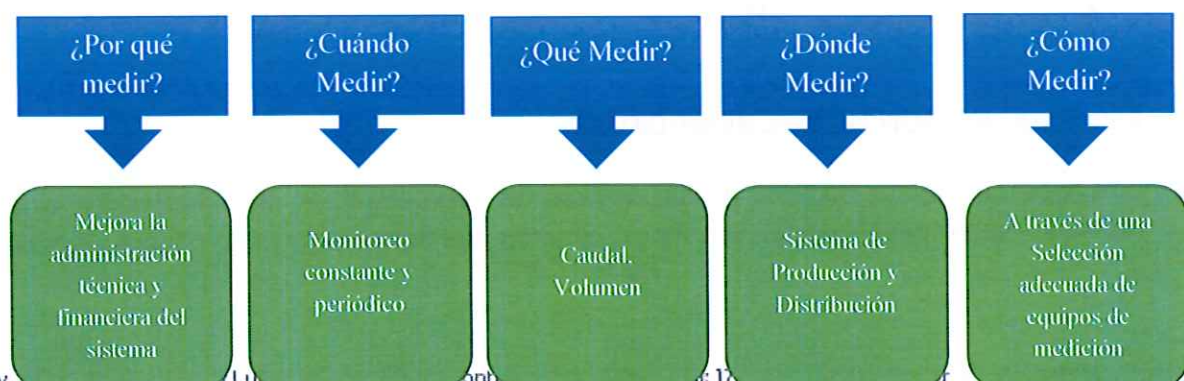
Tabla 8. Ventajas-Desventajas Medidores Electromagnéticos

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de partes móviles en contacto con el agua. • Ínfima pérdida de carga • La señal de salida de un medidor electromagnético es lineal con el caudal, lo que simplifica los circuitos de generación de señales, en comparación con los medidores que provocan presión diferencial • Exactitud de medición • Amplio rango de caudales • No requieren de un filtro • No tienen orificios que se pueden obstruir • Resistentes a abrasión o corrosión • Apropriados para diámetros grandes y pequeños • Salida de datos en diferentes formatos (analógico, pulsos o digital), con fácil transmisión y procesamiento por medios electrónicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • El encastramiento o deposición de sólidos en los electrodos puede modificar las prestaciones e introducir errores. • Se ve afectado por las vibraciones. • En procesos con muy baja presión absoluta se puede desprender el recubrimiento de la tubería. • Mano de obra especializada para su instalación, calibración y mantenimiento. • Requiere cuidados con respecto a las fuentes de energía externa que puedan provocar distorsiones en la operación normal. • Necesidad de mantenimiento periódico en los electrodos, pues las partículas metálicas que son arrastradas por el agua se van adheriendo interfiriendo en la medición. • Sensible a la presencia de campos eléctricos. • Precio elevado en grandes diámetros que además plantean problemas de calibración.

6. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MACROMEDICIÓN

Considerando que la macromedición apoya a la administración del sistema de agua potable, principalmente al área de operación, ya que proporciona la información en cantidad, calidad, disponibilidad y confiabilidad adecuada, se deberán aplicar criterios generales y específicos de medición que orienten la implementación y gestión de la macromedición.

Para la implementación y buena gestión de un sistema de macromedición es necesario tener en cuenta la resolución de las siguientes interrogantes como criterio general:



6.1. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MEDICIÓN

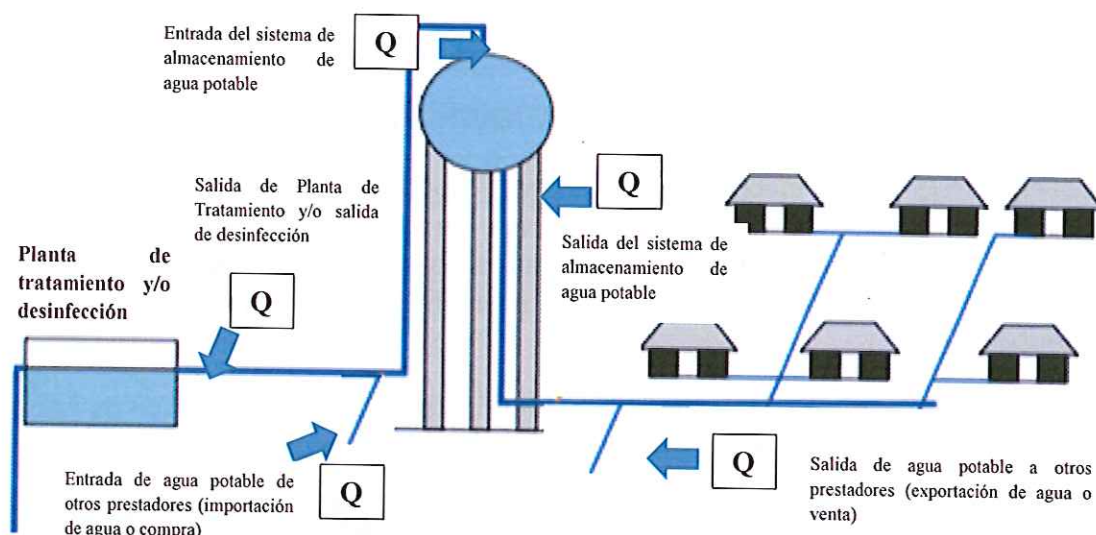
El alcance general de la macromedición involucra tanto la medición en sitios de los sistemas producción como en la distribución de agua potable. Es importante ubicar los sitios de medición en el sistema de agua potable de la localidad conforme lo establece la Regulación Nro. DIR-ARCA-RG-011-2022 como criterio mínimo (ver Figura 1), conforme consta en los siguientes puntos:

Tabla 9. Localización y Ubicación de los Sitios de Medición

Medición de Caudales
Salida de Planta de Tratamiento y/o salida de desinfección
Entrada del sistema de almacenamiento de agua potable
Salida del sistema de almacenamiento de agua potable
Salida de agua potable a otros prestadores (exportación de agua o venta)
Entrada de agua potable de otros prestadores (importación de agua o compra)

Para el caso en que el tanque de almacenamiento de agua potable esté inmediatamente después de la planta de tratamiento, no hace falta colocar un macromedidor a la salida de la planta de tratamiento y al ingreso del tanque de almacenamiento, es decir se colocaría uno solo macromedidor. Para los casos en que exista controversia sobre la localización y ubicación de macromedidores, se debe pedir el pronunciamiento técnico a la Agencia de Regulación y Control del Agua.

Figura 1. Localización y Ubicación de los Sitios de Medición



6.2. SELECCIÓN DE MACROMEDICIÓN

Los tipos de macromedidores y, dispositivos de caudal y nivel más adecuados a la realidad vigente del prestador de servicio, tendrán que seleccionarse de acuerdo con su

utilidad y costo. Al escoger los medidores, se deberá considerar la posibilidad de poder ejercer con rapidez su mantenimiento correctivo y preventivo, considerándose como la mejor opción la que tenga mayores ventajas costo/beneficio.

Con el objeto de poder definir el tipo de medidor más adecuado para cada unidad operacional, se tendrán que considerar los siguientes puntos:

- Localización exacta del medidor.
- Elección del tipo de medidor, procurando aprovechar los equipos existentes.
- Diseño en detalle de cada punto de medición escogido.
- Especificación de los medidores a adquirir.
- Especificación de los servicios para contratación de terceros, en caso de que sean necesarios.
- Evaluación de los costos (materiales y manos de obra).

Dependiendo de las características y la infraestructura disponible en el organismo operador, se pone a consideración los siguientes criterios fundamentales para una correcta selección e instalación de equipos de macromedición siendo estos:

- **Capacidad de los instrumentos para soportar las condiciones de trabajo:** Presión, temperatura, radiación solar, sólidos en suspensión, riesgo de abrasión, aguas fecales y residuales, productos químicos disueltos, humedad externa, campos eléctricos y magnéticos, vibraciones y pulsaciones, transitorios de arranque y parada, riesgo de cavitación.
- **Capacidad del instrumento para medir con la exactitud (precisión) requerida en las especificaciones:** Esto puede cubrir un punto nominal de funcionamiento. Conviene estar bien seguros de que los extremos considerados también cumplen. Estos extremos no deben cubrir situaciones exóticas, o ser fijados caprichosamente. Estar, también, seguros de que la precisión se refiere al caudal medido o bien al fondo de escala.
- **Comparación de los costos del equipo y de su instalación con el presupuesto disponible.** Previamente hay que hacer bien el presupuesto, el cual permita cubrir los costos que implica la adquisición e instalación de los equipos.
- **Incidencias del servicio, duración de vida, requisitos de mantenimiento, intervalos y costo.** Se debe erradicar la filosofía según la cual el macromedidor era eterno, lo cual, dicho sea de paso, es una mala práctica. El mejor mantenimiento empieza durante la ejecución de la obra; prever la posibilidad de desmontar los equipos sin interrumpir el servicio es la primera acción a realizar.
- **Estabilidad a largo plazo, y necesidad de recalibración periódica.** Este se centra en la conservación de las prestaciones y exactitud en las mediciones. En este sentido conviene ser claro: todos los equipos tienen derivas a largo plazo y todos precisan recalibración. La cuestión clave es fijar unos intervalos razonables y estar seguros de que estos se corresponden con las variaciones en la estabilidad (deriva) que se producen en la realidad.

- **Pérdida de carga generada y modificaciones en el flujo aguas abajo.** La pérdida de carga generada en exceso implica un mayor costo de la factura eléctrica en el caso de bombeos. Esto es particularmente cierto en las modernas instalaciones con variadores de frecuencia para los motores de las bombas. La repercusión es menos crítica en el caso de transporte de agua por gravedad.
- **Adaptación a necesidades futuras, fácil conexión con equipos existentes, posibilidades de telemetría y telecontrol.** Es necesario prever futuras ampliaciones de tal forma que el servicio quede asegurado en toda circunstancia.
- **Pliego de especificaciones técnicas.** Evidentemente cuando se va a comprar algo hay que saber lo que se quiere o en su defecto, cuáles son las necesidades que se deben satisfacer. Un cuestionario básico a rellenar puede ser el siguiente:
 - 1) Caudal objeto de medición: másico o volumétrico.
 - 2) Fluido (en nuestro caso agua); condiciones de proceso: presión y temperatura.
 - 3) Tipo de agua: potable, bruta, residual.
 - 4) Propiedades físico-químicas: contenido en materias sólidas, dureza, iones, compuestos disueltos y no disueltos.
 - 5) El fluido es corrosivo o no.
 - 6) Existe riesgo de burbujas o aire en suspensión (presencia de vórtices o, inyección de aire aguas arriba).
 - 7) Medición en tubería en carga, parcialmente llena, intermitente o en canal abierto.
 - 8) Disponibilidad de espacio para su instalación.
 - 9) Rango de caudales: máximo, mínimo y nominal. Tener en cuenta la posible variación de condiciones de servicio.
 - 10) Pérdida de carga admisible.
 - 11) Contrapresión disponible aguas abajo.
 - 12) Arranques/paradas frecuentes. Cuantificación de transitorios hidráulicos.
 - 13) Exactitud (precisión) requerida.
 - 14) Medición de caudal instantáneo y/o totalización.
 - 15) Señal de salida.
 - 16) Necesidades de visualización y transmisión de datos.
 - 17) Costo del caudalímetro.
 - 18) Costo de su instalación.
 - 19) Costo de la calibración.
 - 20) Costo y factibilidad del mantenimiento y recalibración.

Finalmente, y con base en los criterios desarrollados anteriormente a modo de referencia se resumen los criterios de selección de los equipos de medición. **Se recalca que la información de las siguientes tablas y gráficas es general, ya que para la información específica es necesario consultar a los fabricantes.**

Tabla 10. Características Físicas y Operaciones – Medidores de Flujo

Macromedidor	Tipo	Tamaño del Medidor	Dirección de Instalación	Exactitud	Longitud Requerida de Instalación	Mantenimiento Elemento Primario
Velocidad	Woltmann	ø=50mm a ø=1800mm	Bidireccional	±5% a ±2%	L=10ø antes y L=5ø después	Sencillo
	Hélice		-			
	Carrete		-			
	Turbina		Bidireccional	±1%		
	Micromolinete		Bidireccional			
Presión Diferencial	Venturi	ø=50mm a ø=1800mm	-	±1% del Caudal Máximo	L=10ø antes y L=5ø después	Sencillo
	Placa de Orificio		Bidireccional			
	Pitot		-			
Ultrasónicos	Tiempo Tránsito	ø=100mm a ø=1200mm	Bidireccional	±1% del Rango	L=30ø antes y L=10ø después	Complicado
	Doppler		Bidireccional			
Electromagnético	Tubo Metálico	ø=100mm a ø=1200mm	Bidireccional	±1% del Rango Máximo	L=5ø antes y L=3ø después	Complicado
	Inserción		Bidireccional			

Fuente: Andoni Larreategui Fadrique. Laboratorios LBEIN. Bilbao

Tabla 11. Características de Servicio – Medidores de Flujo

Macromedidor	Tipo	Tipo de Señal	Transmisión de la Señal a Secundarios	Máxima Pérdida de Carga	Presión Máxima de Trabajo	Temperatura Máxima de Operación
Velocidad	Woltmann	Mecánica o Magnética	Directa Eléctrica	3 a 8 mca	Hasta 100 mca	Hasta 65°C
	Hélice					
	Carrete					
	Turbina					
	Micromolinete					
Presión Diferencial	Venturi	Hidráulica	Eléctrica	2 a 140 mca	Hasta 1000 mca en Acero	Hasta 400°C
	Placa de Orificio					
	Pitot					
Ultrasónicos	Tiempo Tránsito	Eléctrica	Eléctrica	Nula	Limitado a la presión que soporta la tubería	- 40 a 85 °C
	Doppler					
Electromagnético	Tubo Metálico	Eléctrica	Eléctrica	Mínima	Hasta 520 mca	179°C
	Inserción					

Fuente: Andoni Larreategui Fadrique. Laboratorios LBEIN. Bilbao

Tabla 12. Condicionantes Económicas – Medidores de Flujo

Macromedidor	Tipo	Condiciones Económicas			
		Costos Instalación	Costos Operación	Costos Mantenimiento	Costos Adicionales
Velocidad	Woltmann	1-3	3	4	4
	Hélice	3	3	3	3
	Carrete	3	3	3	3
	Turbina	1-3	3	4	4
	Micromolinetete	2	3	3	2
Presión Diferencial	Venturi	4	3	3	2
	Placa de Orificio	2-4	3	2-3	1
	Pitot	2	3	3	2
Ultrasónicos	Tiempo Tránsito	1-3	2	2	2
	Doppler	1	1	3	2
Electromagnético	Tubo Metálico	3	3	3	3
	Inserción	2	3	3	2

Fuente: Andoni Larreategui Fadrique. Laboratorios LBEIN. Bilbao

1: Costos bajos, 5 Costos altos

Una vez adquirido el macromedidor, es recomendable coordinar con el proveedor de los equipos las siguientes acciones:

- Verificar el tiempo de entrega de los equipos de macromedición.
- Revisar el funcionamiento de los equipos, si es posible, antes de que salgan de la fábrica.
- Solicitar garantía al menos por un año, al fabricante de los equipos.
- La instalación de los equipos, de preferencia, deberá quedar a cargo del propio fabricante.
- Realizar con anticipación las adecuaciones pertinentes en las unidades operacionales para la instalación de los equipos.

6.3. MANEJO DE LA INFORMACIÓN

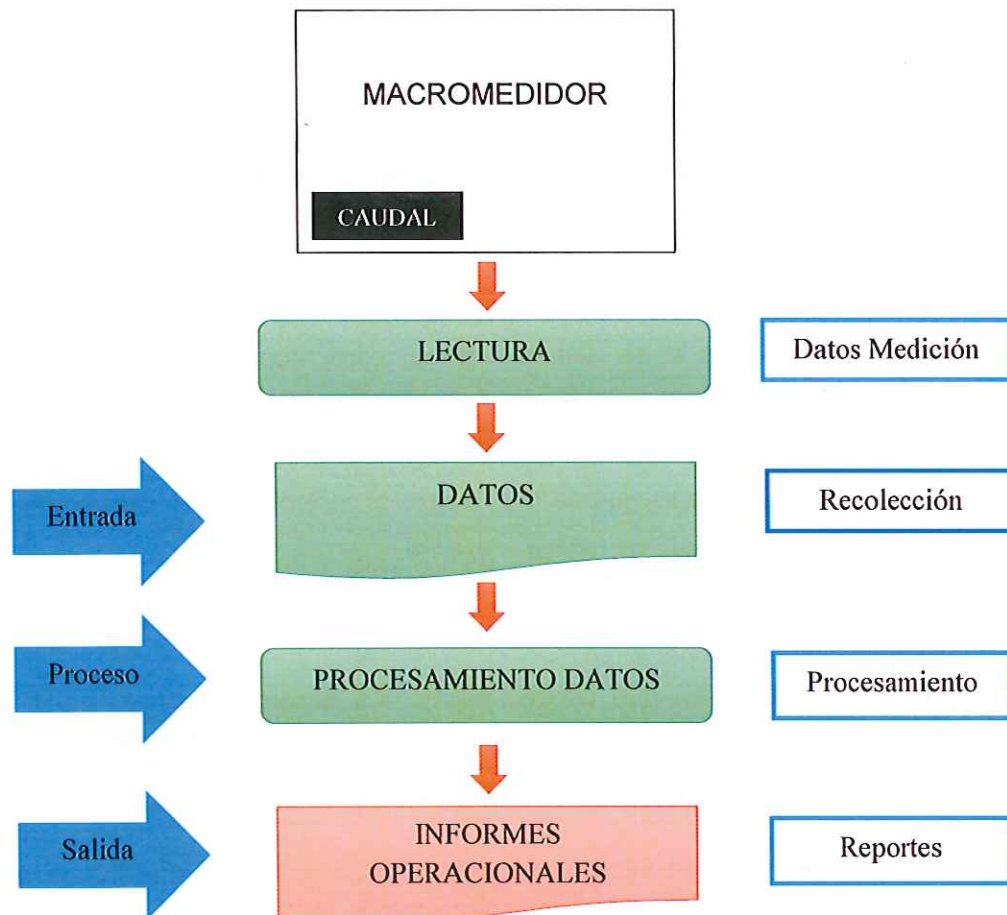
La macromedición como sistema, además de los propios aparatos de medición, incluye un procedimiento para el manejo de la información para poder cumplir con los objetivos previstos en su implantación, el cual debe formar parte del sistema de información diseñado para el área operacional, para finalmente incorporarse a los sistemas de información del prestador del servicio.

Cuando se instalan los aparatos de medición previamente se debe establecer el procedimiento de toma de lecturas, el periodo de toma, mensual o bimestral, la descarga en un sistema informático (de preferencia software libres) para su registro, procesamiento y aplicación de tarifas, etcétera.

La macromedición, es común encontrar infraestructura de abastecimiento con medidores instalados, sin contar con el sistema de información formal respectivo.

El proceso y tratamiento de la información tiene la siguiente secuencia.

Figura 2. Esquema de Procesamiento y Manejo de la Información



Las Entradas del sistema de información están constituidas por datos obtenidos a partir de los dispositivos de medición, usando formatos adecuados tanto para el trabajo de campo, como para el de transmisión al sistema de información. Es importante señalar que la recopilación de información de datos se puede dar de diferentes maneras, siendo así:

- Manual: La toma de lecturas en macromedidores puede ser de manera directa para un registro manual en formatos en papel.
- Digital: Se pueden contar para el registro de las lecturas, con computadoras, laptops, tabletas, terminales portátiles (hand held), etcétera.
- Automática: Los datos se pueden adquirir automáticamente mediante sistemas informáticos denominados sistemas de adquisición y procesamiento de datos (SCADA).

La fase de **Procesamiento**, una vez que se han tomado las lecturas de caudal, presión, nivel y volumen, lo siguiente es su revisión para verificar que estén dentro de los parámetros normales o de su historial, antes de proceder a generar acciones de control operacional, o de su procesamiento para preparar informes varios. Las principales etapas del procesamiento de datos son:

- Validación

- Almacenamiento
- Procesamiento
- Recuperación

En ese contexto, los prestadores públicos deben garantizar un procesamiento de datos computarizado, utilizando hojas de Excel o sistemas avanzados de programación y detección de anomalías; mientras que, los prestadores comunitarios lo pueden hacer de manera manual, sin embargo, se recomienda que lo ejecuten similar a lo manifestado para los prestadores públicos.

Las **Salidas** son reportes a las distintas áreas, para monitoreo y para ejecución de acciones de manera manual o automática, y también para fines de producción y de planificación. Los informes se pueden utilizar para diferentes fines, siendo estos:

- Informes rutinarios para que se lleve a cabo el control efectivo del sistema de agua potable.
- Informes operacionales específicos y especiales, que ofrecen bases para llevar a cabo trabajos de operación y de mantenimiento, proyectos de ahorro y de optimización de la operación.
- Reportes gerenciales que ofrecen elementos de juicio y apoyo en la toma de decisiones para los tres niveles: bajo, mediano y de alta gerencia.

6.4. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MACROMEDICIÓN

Permitir que el prestador de servicio disponga de un sistema confiable de medición, mantener los medidores dentro de los parámetros de confiabilidad de medición, hacer posible la definición de una política económica de mantenimiento de los macromedidores, estableciendo prioridades en función de su mayor rentabilidad.

El mantenimiento de macromedidores estará dividido en dos:

- Preventivo
- Correctivo

Es muy importante resaltar que el catastro de macromedidores es la herramienta básica para la planeación del mantenimiento, pues contiene las características reales de la instalación del medidor, facilitando la correlación de causas y efectos de descomposturas, lo cual permite evaluar la eficacia del proyecto, así como la localización ágil y precisa del medidor en el sistema.

- La ejecución del catastro deberá contemplar los puntos siguientes:
- Características técnicas del medidor: marca, tipo, diámetro, capacidad
- Características técnicas del sitio de instalación: diámetro, presiones, caudales, calidad del agua y sus características.
- Croquis de localización y detalles de instalación.
- Historial del mantenimiento.

Un medidor correctamente seleccionado e instalado requiere poco mantenimiento, por lo cual operará bien, sin necesidad de cuidados especiales.

Si el medidor no se somete a cambios bruscos de temperatura y presión, y se inspecciona y verifica de manera regular y programada, regularmente, no dará mayores problemas. Sin embargo, en sistemas de abastecimiento sí son comunes los cambios de presión. Las tuberías se pueden vaciar y luego llenarse a diferentes presiones. Es pues uno de los factores más importantes a tener en cuenta.

La periodicidad de los servicios de mantenimiento depende de cada aplicación y de cada sitio de medición en particular. Por eso es tan importante la elección adecuada de un principio de medición, las dimensiones del equipo, la elección de los materiales y otros factores para el buen rendimiento de un medidor de caudal, sobre todo a largo plazo. El mantenimiento correctivo podría requerir la sustitución del medidor, incluyendo el desmontaje, drenado y limpieza de las tuberías. Por eso la facilidad de mantenimiento de un medidor debe ser una característica importante al seleccionarlo.

6.4.1. PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

La planeación del mantenimiento de medidores, principalmente con prestadores que tienen gran cantidad de aparatos, requiere de la aplicación de procedimientos de Administración del Mantenimiento, y del software respectivo, ya que además de los aparatos, implican servicios preventivos y correctivos, personal, rendimientos, refacciones, herramientas, equipos, vehículos, y sus costos. Una aproximación práctica a una planificación de mantenimiento tiene en cuenta las tareas operativas siguientes:

- Preparación para un plan de contingencia para un mantenimiento correctivo.
- Planificación de las actividades principales de mantenimiento preventivo.
- Planificación de la sustitución de los equipos de campo.

En casos de funcionamiento incorrecto, es necesario sustituir el dispositivo completo o bien algunas partes de este. En este punto hay que considerar la posibilidad de tener a disposición personal preparado y piezas de repuesto para reparar las aplicaciones más críticas e intentar que el tiempo de paro sea lo más corto posible. En términos generales, se identifican dos estrategias de reparación básicas:

- Sustitución del dispositivo en caso de falla.
- Reparación del dispositivo por sustitución de piezas (como los módulos de electrónica) sin retirar el equipo de la tubería.

Los equipos de campo deberían evaluarse cada 3–5 años para determinar si es necesaria su renovación. Las mejores prácticas exigen una aproximación estructurada al mantenimiento y la calibración en campo. Los intervalos de mantenimiento deben determinarse a partir de una combinación de conocimientos sobre la tecnología del

medidor de caudal y comprensión de su funcionamiento en la aplicación y de la importancia del dispositivo en el proceso de abastecimiento. Es mejor implementar el análisis de mantenimiento para definir una estrategia equilibrada.

6.4.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El objetivo de este tipo de mantenimiento es conservar los equipos en condiciones aceptables de funcionamiento, obtener mediciones confiables, además de evaluar y contar con el historial de cada equipo.

Ventajas del Mantenimiento Preventivo:

Económicas, al reducir los costos de mantenimiento correctivo, que generalmente es más costoso que el preventivo.

- Confiabilidad en la información que producen.
- Reduce al mínimo, los tiempos fuera de servicio.
- Permite la programación de acciones de mantenimiento.
- Aumenta la vida útil de los equipos.
- Permite distribuir la carga de trabajo.

Frecuencia del Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo a los equipos de macromedición, se sugiere se realice de acuerdo a las siguientes acciones.

- Cada 3 meses verificación de la exactitud del medidor con equipo de pirometría.
- Cada 2 años retirar el medidor para revisión y limpieza de sus partes internas de acuerdo a las siguientes recomendaciones (**deben ser consideradas conjuntamente con las de los fabricantes**):

Para macromedidores tipo velocidad

- Los medidores deben desarmarse y armarse siguiendo siempre la secuencia establecida por el fabricante.
- En el desarmado, las piezas siempre deben quedar juntas y colocadas respetando su orden de armado.
- Las operaciones, deben realizarse con herramientas adecuadas.
- Los revestimientos de protección que se encuentren dañados deben quitarse y sustituirse.
- Las carcasas, cuyos revestimientos internos y externos estén en buenas condiciones, deben ser limpiadas perfectamente. Cuando esta limpieza sea efectuada con materiales corrosivos que puedan tener una acción residual, las carcasas deben someterse a tratamientos especiales, a fin de evitar que quede algún residuo.
- El conjunto de medición debe examinarse, y si estuviera averiado cambiarse.

- Deben verificarse los asientos del conjunto medidor.
- Deben examinarse las juntas, y sustituirse si fuera necesario.
- Las tuercas y tornillos que unen las partes de los macromedidores deben examinarse, y si fuera necesario, sustituirse.
- Si se encuentran ejes torcidos, deben sustituirse.
- Debe verificarse cuidadosamente la regulación del medidor.
- Luego del armado, el medidor debe someterse a la prueba de estanqueidad.

Evaluación y Ajuste de los Macromedidores Tipo Velocidad

- Los medidores tipo velocidad deben evaluarse comparando el paso de un volumen conocido y el volumen indicado en el medidor.
- Los ajustes y evaluación deben hacerse de modo que las curvas de errores se encuadren en los límites de errores especificados.
- Los macromedidores deben ser evaluados en su caudal normal, en el límite inferior de exactitud, y en el caudal característico. Cuando en la práctica se prevé medir un caudal constante, se recomienda ajustar el error permisible, al menor posible, para el caudal respectivo.
- Antes de verificar la precisión, se debe retirar la mayor cantidad posible del aire existente en la tubería y en el medidor.

Para Macromedidores Tipo Presión Diferencial

Antes de realizar cualquier acción de mantenimiento, es conveniente realizar un aforo para evaluar la constante K.

- En el caso de que la constante haya cambiado en relación al elemento secundario se podrá efectuar lo siguiente.
- Para la medición del caudal cambiar la constante original por la calculada en el aforo.
- Calibrar en campo cuando esto sea posible.
- Efectuar limpieza general al primario de presión diferencial poniendo especial atención en las tomas de presión.
- Retirar los elementos secundarios para reparación y calibración en laboratorio.

Para Macromedidores Tipo Ultrasónico y Electromagnético

En el caso de que, durante la verificación, estos equipos muestren desajustes, deberán ser retirados y enviados al fabricante, para su reparación y calibración, lo anterior debido a que son equipos de tecnología electrónica muy sofisticada.

Un aspecto importante, que debe considerarse en relación con el mantenimiento, es la capacidad técnica y económica del organismo operador, para realizar el mantenimiento de los macromedidores en sus propias instalaciones.

Lo anterior implica la adaptación o creación de un taller para macromedidores, esto es costoso, y debe estar justificado, con base en lo siguiente: que exista carga de trabajo

suficiente para mantener funcionando el taller, que el análisis de factibilidad técnica - económica, indique que esta posibilidad, es más económica que el envío de los macromedidores al taller del fabricante.

6.4.3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El objetivo de este tipo de mantenimiento consiste, en reparar cualquier medidor que presente fallas de operación.

Debido a su característica de correctivo, este mantenimiento no es programable y contempla la revisión, reparación y en su caso la sustitución del equipo.

7. GESTIÓN DE LA MACROMEDICIÓN

7.1. ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA DE MACROMEDICIÓN

Una vez implantado el sistema de macromedición, este interviene en la operación, control y mantenimiento del sistema de agua potable, y se recomienda que las nuevas atribuciones sean absorbidas por el área de operación, por lo que no es necesario crear un área específica para la macromedición.

Antes de poner en práctica el proyecto, se requiere llevar a cabo las siguientes acciones:

- Difundir en el área de operación los programas de implantación, evaluación, operación y mantenimiento del sistema de macromedición
- Lograr que el personal de operación adquiera conciencia de los objetivos de la macromedición, antes del proceso de capacitación, ya que la imposición drástica del nuevo método podría causar un rechazo al cambio, lo cual retrasaría la efectividad del mismo. Por tal razón, es importante efectuar la implantación del proyecto de macromedición progresivamente, tomando en cuenta las valiosas opiniones del personal que se encargará de operar el nuevo sistema.
- Capacitar tanto al personal del área de macromedición como al que se encargará de los equipos y procedimientos que estarán al servicio del control de la operación.
- Cuando se trate de proyectos grandes o complejos, se sugiere crear una estructura temporal, basada en la filosofía de administración por proyecto, cuya vigencia culminará al quedar implantado el proyecto.

Finalmente, debe considerarse que con la incorporación de un sistema de macromedición en el área de operación, se necesitarán algunos ajustes organizacionales con miras a agilizarse y racionalizarse. Se sugiere que el área esté conformada por grupos cuyas funciones más importantes son:

- a) Planeación y control operacional
 - Elaborar el diagnóstico del sistema de macromedición.
 - Elaborar el proyecto de macromedición.
 - Instalar o contratar la instalación de macromedidores.

- Analizar y controlar los datos, así como preparar los informes operacionales para su divulgación.
 - Elaborar y orientar la ejecución de programas de mantenimiento preventivo y correctivo de la macromedición.
 - Planear y controlar la operación del sistema de agua potable.
 - Elaborar manuales de operación de las unidades operacionales del sistema.
 - Procesar datos.
 - Archivar datos e informes.
- b) Operación propiamente dicha
- Operar rutinariamente el sistema en condiciones normales y de emergencias.
 - Llenar los formatos de recolección de datos.
 - Tomar decisiones en tiempo real y futuro.
 - Transportar datos.
 - Acondicionar los formatos de recolección.
 - Solicitar mantenimiento correctivo de los macromedidores.
 - Retirar y colocar las cartas de registradores.
 - Validar los datos y formatos recibidos.

7.2. RECURSOS HUMANOS

Al respecto, para lograr un buen desarrollo de los trabajos es recomendable que cada cargo sea compatible con un nivel académico determinado. Asimismo, en caso de no contar internamente con el personal requerido para los puestos, se sugiere seleccionarlo dentro del propio prestador de servicio, para lo cual se debe considerar que tenga experiencia en la operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable.

Por último, hay que resaltar que el éxito de este proyecto dependerá en gran medida de la óptima capacitación del personal de operación y mantenimiento que estará involucrado con la macromedición.

7.3. RECURSOS FÍSICOS Y MATERIALES

Los recursos físicos se determinarán de acuerdo con el espacio requerido para alojar al personal y equipo (oficinas, talleres, almacenes, etc.) existente y al requerido, de tal forma que respondan a las necesidades propias del área.

Es importante señalar que el dimensionamiento de los recursos deberá ser compatible con el nivel tecnológico y con el desarrollo institucional y financiero del prestador de servicio, es decir, que en los recursos requeridos (físicos, materiales y humanos) también se tomarán en cuenta las premisas establecidas en la clasificación de los prestadores.

En cuanto a los recursos materiales propios del área de operación, para cumplir con sus nuevas atribuciones deben definirse en función de los recursos humanos existentes y requeridos. Dentro de los recursos materiales se consideran: equipos, herramientas, muebles, utensilios, vehículos y aparatos de comunicación.

7.4. PROGRAMACIÓN FÍSICO-FINANCIERA

Con el objeto de elaborar una programación realista para la implantación de un sistema de macromedición, es importante que se fije y se cumpla con la disponibilidad del personal que intervendrá en esta etapa y con el flujo de recursos financieros.

Habrá que considerar, una implantación por etapas, por ejemplo:

- Primero fijar los criterios de nivel mínimo necesario, para después implantar los niveles deseables.
- Considerar primero la cobertura del sistema de producción y luego el de distribución.
- Considerar en una primera etapa la instalación de medidores en las unidades operacionales más importantes.

Cuando se cuente con los recursos suficientes se procederá a realizar la implantación del proyecto, siguiendo el programa que se estableció para esta etapa. Para ello se sugiere elaborar un programa de ruta crítica para darle un seguimiento adecuado a la implantación. A continuación, se presentan algunas sugerencias para la adquisición e instalación de los macromedidores.

7.5. EVALUACIÓN Y CONTROL

El sistema de información no puede evaluarse mediante indicadores, sin embargo su control y evaluación es función de la utilidad y oportunidad con que la información se haga llegar a quienes, de alguna forma, deben estar siempre enterados.

Los aspectos más importantes que deben contener los reportes informativos son:

- Oportunidad en la distribución de la información, clara y veraz.
- Identificación de la problemática existente y a futuro de las fuentes de suministro.
- Dar una visión amplia de la situación general del sistema.

La evaluación y control del sistema de macromedición es una etapa permanente, indispensable para identificar las necesidades de ajustes en el sistema cuantitativo y de información. Establecer, acciones para determinar si el sistema de macromedición está cumpliendo con sus objetivos.

8. FUENTES

- Andoni Larreategui Fadrique. Laboratorios LABEIN. Bilbao
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) – CONAGUA
- PROCOEN Proyectos de Conservación de Energía, Costa Rica
- Electromagnetico-Serie-FLOMID_Tecfluid.pdf