



**FORMULACIÓN DEL PROTOCOLO DE MUESTREOS PARA EL MONITOREO  
DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y NO DOMÉSTICAS BAJO LOS  
REQUERIMIENTOS TÉCNICOS ESTABLECIDOS POR LA NORMA TÉCNICA  
COLOMBIANA NTC-ISO 17025 DEL 2017**

Susana Restrepo Román

Informe de práctica académica presentado para optar al Título de Ingeniera Sanitaria

Asesor

Yudy Andrea Londoño, Ph.D.MSc. Environmental Engineering, Sanitary Engineer

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental.  
Ingeniería Sanitaria  
Medellín  
2023

<b>Cita</b>	(Restrepo Román, 2023)
<b>Referencia</b>	Restrepo Román, S. (2023). <i>Formulación del protocolo de muestreo para el monitoreo de aguas residuales domésticas y no domésticas bajo los requerimientos técnicos establecidos por la norma técnica Colombiana NTC-ISO- 17025 del 2017</i> . Trabajo de grado profesional, Ingeniería Sanitaria. Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia.
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

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

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

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes

**Decano/Director:** Julio Cesar Saldarriaga Molina

**Jefe departamento:** Lina María Berronet Cadavid

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**

Este logro es dedicado a mi Familia, especialmente a mi Padre, mi Madre y mi Hermana quienes estuvieron conmigo en todo mi paso por la Universidad, que en los momentos más difíciles fueron un apoyo fundamental para continuar. A mis amigos que fueron un pilar primordial en este proceso por todo el esfuerzo y dedicación que sembramos juntos para finalizar la mejor etapa de mi vida.

## **Agradecimientos**

Agradezco al Alma Mater-Universidad de Antioquia por formarme como profesional, por permitirme vivir los mejores años de mi vida y formarme en pensamientos críticos y sociales, por acogerme y ser este mi lugar seguro por siempre.

A cada profesor que hizo parte de mi proceso académico, por todas las enseñanzas que adquirí en cada curso y que hoy en día puedo aplicar en vida profesional. A mi asesora interna que es un ejemplo como profesional en esta área de ingeniería y por el acompañamiento y comprensión que tuvo durante mis prácticas académicas.

A la empresa H2O Consultores Hidráulicos y Ambientales S.A.S por permitirme aplicar todos mis conocimientos aprendidos por mi paso en la Universidad de Antioquia y confiar en mí.

A mis amigos de la Universidad que fueron un apoyo muy grande y que sin ellos este proceso de formación académica y personal, no hubiera sido igual, gracias por cada sonrisa, por compartirme sus conocimientos y por los consejos que en algún momento llegue a necesitar.

A mi familia que siempre estuvo apoyándome para continuar en mi formación académica, a mi Hermana que siempre me dio la motivación cuando en algún momento veía imposible este logro, a mis Padres por esforzarse y brindarme lo mejor de ellos para continuar en mi proceso y a mi Tía María Eugenia Restrepo que fue uno de mis más grandes apoyos en mi proceso Universitario.

## **Tabla de contenido**

Resumen .....	10
---------------	----

Abstract.....	11
Introducción.....	12
1 Objetivos.....	13
1.1 Objetivo general.....	14
1.2 Objetivos específicos .....	14
2 Marco teórico.....	14
2.1 Normativa .....	16
3 Metodología.....	18
4 Resultados.....	21
4.1 Protocolo De Muestreo Para El Monitoreo De Las Aguas Residuales Domésticas Y Aguas Residuales No Domésticas .....	22
4.1.1. Selección Sitio De Muestreo.....	24
4.1.1.1 Fuentes Hídricas Receptoras.....	24
4.1.1.2 Agua Residual Industriales .....	25
4.1.1.3 Aguas Residuales Domésticas .....	25
4.1.2. Frecuencia Toma De Muestras .....	26
4.1.3. Materiales, Equipos Y Reactivos.....	27
4.1.3.1 Materiales Básicos .....	27
4.1.3.2 Recipientes para las muestras .....	28
4.1.3.2.1 Recipientes de muestras para materiales fotosensibles.....	28
4.1.3.2.2 Recipientes de muestra para gases o componentes disueltos .....	28
4.1.3.2.3 Recipientes de muestra para trazas de contaminantes orgánicos.....	28
4.1.3.2.4 Recipientes de muestra para análisis microbiológico .....	29
4.1.3.2.1 Preparación del recipiente.....	29
4.1.3.3 Reactivos para preservación de muestras .....	30
4.1.3.4 Equipos .....	30
4.1.4. Cadena De Custodia.....	31
4.1.4.1 Rótulo.....	31
4.1.4.2 Preservación.....	32
4.1.4.3 Transporte .....	33
4.1.5. Tipo De Muestras.....	33
4.1.5.1 Muestras Puntuales .....	33
4.1.5.2 Muestras Compuestas .....	34

4.1.5.3 Muestras integradas .....	36
4.1.6. Medición Del Caudal .....	36
4.1.6.1 Método área-velocidad con correntímetro .....	36
4.1.6.2 Método Volumétrico.....	37
4.1.6.3 Medición en canales abiertos .....	37
4.1.6.3.1 Vertederos .....	37
4.1.6.3.2 Canaleta Parshall.....	38
4.1.7. Muestras De Control.....	40
4.1.8. Procedimiento De Muestreo .....	41
4.1.8. Seguridad Del Personal En El Monitoreo De Aguas Residuales.....	43
4.1.8.1 Certificación Competencias Laborales Por El SENA.....	44
4.1.9. Fuentes De Error Del Muestreo .....	44
4.2 Instructivo De Calibración Y Manejo Para Ph, Conductividad Y Oxígeno Disuelto.45	
4.2.1. Parámetro pH .....	46
4.2.1.1 Equipos, Reactivos Y Materiales .....	46
4.2.1.1.1 Equipos .....	46
4.2.1.1.2 Materiales.....	46
4.2.1.1.3 Reactivos.....	47
4.2.1.2 Limitaciones E Interferencias .....	47
4.2.1.3 Control De Calidad .....	47
4.2.1.3.1. Almacenamiento por un período de tiempo corto.....	47
4.2.1.3.2 Almacenamiento por un período de tiempo largo.....	48
4.2.1.4 Desarrollo.....	48
4.2.1.4.1 Partes Básicas .....	48
4.2.1.4.1.1 Multiparamétrico.....	48
4.2.1.4.2 Calibración.....	50
4.2.1.4.3 Estándar de verificación.....	52
4.2.1.4.4 Medición pH .....	53
4.2.1.4.5 Solución de problemas.....	54
4.2.2. Parámetro Conductividad .....	56
4.2.2.1 Equipos, Reactivos Y Materiales .....	56
4.2.2.1.1 Equipos .....	56

4.2.2.1.2 Materiales.....	56
4.2.2.1.3 Reactivos.....	56
4.2.2.2 Limitaciones E Interferencias .....	56
4.2.2.3 Control De Calidad .....	57
4.2.2.3.1 Almacenamiento .....	57
4.2.2.4 Desarrollo.....	57
4.2.2.4.1 Partes Básicas .....	57
4.2.2.4.1.1 Multiparamétrico.....	57
4.2.2.4.2 Calibración.....	58
4.2.2.4.3 Estándar de verificación.....	59
4.2.2.4.4 Medición de Conductividad.....	60
4.2.2.4.5 Solución de problemas .....	61
4.2.3. Parámetro Oxígeno Disuelto.....	62
4.2.3.1 Equipos, Reactivos Y Materiales.....	62
4.2.3.1.1 Equipos .....	62
4.2.3.1.2 Materiales.....	62
4.2.3.1.3 Reactivos.....	62
4.2.3.2 Limitaciones E Interferencias .....	62
4.2.3.3 Control De Calidad .....	63
4.2.3.3.1 Almacenamiento .....	63
4.2.3.3.2 Mantenimiento de la tapa del sensor.....	63
4.2.3.4 Desarrollo.....	63
4.2.3.4.1.1 Multiparamétrico.....	64
4.2.3.4.2 Calibración.....	64
4.2.3.4.3 Medición de Oxígeno Disuelto .....	66
4.2.3.4.5 Solución de problemas.....	67
4.3 Formatos .....	69
6 Conclusiones.....	72
Referencias .....	73
Anexos .....	75

### **Lista de tablas**

<b>Tabla 1.</b> Glosario .....	22
<b>Tabla 2.</b> Parámetros de medición según el nivel de complejidad muestreos simples .....	34
<b>Tabla 3.</b> parámetros de medición según el nivel de complejidad muestreos compuestos... ..	35
<b>Tabla 4.</b> Vertederos para mediciones de caudales en canales abiertos.....	38

<b>Tabla 5.</b> Ecuaciones para cálculo de caudales en Canaleta Parshall .....	39
<b>Tabla 6.</b> Solución de problemas para la medición de pH .....	54
<b>Tabla 7.</b> Solución de problemas para la medición de Conductividad.....	61
<b>Tabla 8.</b> Solución de problemas para la medición de Oxígeno disuelto.....	67
<b>Tabla 9.</b> Formato de campo para el muestro de aguas residuales.....	69
<b>Tabla 10.</b> Lista de chequeo. ....	70
<b>Tabla 11.</b> Formato de calibración. ....	71
<b>Tabla 12.</b> Recomendaciones para preservación de la muestra .....	75

### **Lista de figuras**

<b>Figura 1.</b> Metodología.....	19
<b>Figura 2.</b> Rótulo para recipientes .....	32
<b>Figura 3.</b> Canaleta Parshall. Fuente: Aspectos básicos de pretratamiento operación y mantenimiento.....	39
<b>Figura 4.</b> Conectores del multiparamétrico HACH.....	49

<b>Figura 5.</b> Teclas del multiparamétrico .....	49
<b>Figura 6.</b> Partes del electrodo PHC 10105 .....	50
<b>Figura 7.</b> Método de calibración pH .....	52
<b>Figura 8.</b> Partes de la sonda CDC 40105 .....	58
<b>Figura 9.</b> Método de calibración conductividad.....	59
<b>Figura 10.</b> Partes de la sonda de oxígeno disuelto LDO 10105 .....	64
<b>Figura 11.</b> Método de calibración Oxígeno Disuelto .....	66

### **Lista de ecuaciones**

<b>Ecuación 1.</b> Días de muestreo para número de muestras mayores a 25. Fuente: NTC ISO 5667-10.....	26
<b>Ecuación 2.</b> Semanas de muestreo para número de muestras menores a 25. Fuente: NTC ISO 5667-10 .....	27
<b>Ecuación 3.</b> Volumen de cada alícuota de la muestra puntual. ....	35
<b>Ecuación 4.</b> Velocidad de correntímetro .....	36
<b>Ecuación 5.</b> Área de la sección transversal.....	36
<b>Ecuación 6.</b> Caudal método área-velocidad .....	37
<b>Ecuación 7.</b> Caudal método volumétrico.....	37

### **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

<b>ARD</b>	Agua Residual Doméstica
<b>ARDn</b>	Agua Residual No Doméstica

<b>DBO</b>	Demanda Biológica de Oxígeno
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxígeno
<b>IDEAM</b>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
<b>NTC</b>	Norma Técnica Colombiana
<b>OD</b>	Oxígeno Disuelto
<b>pH</b>	Potencial de Hidrógeno
<b>PTAR</b>	Planta de Tratamiento de Agua Residual

## **Resumen**

Las aguas superficiales y subterráneas a través de los años se han ido deteriorado a causa de vertimientos correspondientes a aguas residuales doméstica o aguas residuales no domésticas, generando que la disponibilidad de agua no contaminada disminuya de manera exponencial debido al aumento del desarrollo humano e industrial. Por estas situaciones, en

Colombia se han implementado normativas las cuales ayudan a disminuir o controlar los impactos que pueden deteriorar las condiciones del entorno, sin embargo, para poder determinar el nivel de contaminación de un vertimiento, es necesario implementar métodos de muestreo que permitan tomar una muestra representativa para ser analizadas cuantitativamente en aspectos fisicoquímicos y microbiológicos en un laboratorio acreditado.

Para la implementación de un monitoreo de aguas residuales es de suma importancia contar con un protocolo para la toma de muestras el cual aplique en su formulación las diferentes normas técnicas colombiana como lo es la NTC ISO 17025 del 2017 y la NTC ISO 5667 e implementar además las metodologías para la toma de muestras de aguas residuales recomendadas por el IDEAM como un agente acreditador. Para realizar de manera óptima el protocolo de muestreos de aguas residuales domésticas y no domésticas fue necesario revisar y estudiar las NTC ISO 5667-1, 5667-2, 5667-3 y 5667-10 correspondientes a los diseños de programas y técnicas de muestro para posteriormente formular los diferentes documentos-guías para la implementación del monitoreo de aguas residuales, además se estructuro los formatos para la toma de muestras y las guías de calibración y verificación para la medición de parámetros in situ.

*Palabras Claves: Muestras, Aguas Residuales Domésticas, Aguas Residuales Industriales, Norma Técnica Colombiana NTC.*

**Abstract**

Over the years, surface waters have deteriorated due to discharges of domestic or non-domestic wastewater, causing the availability of uncontaminated water to decrease exponentially due to the increase in human and industrial development. In response, Colombia has implemented regulations to help reduce or control the impacts that can deteriorate environmental conditions. However, to determine the level of contamination of a discharge, it is necessary to implement sampling methods that allow for a representative sample to be taken and analyzed quantitatively for physicochemical and microbiological aspects in an accredited laboratory.

For the implementation of wastewater monitoring, it is of utmost importance to have a sampling protocol that applies the different Colombian technical standards such as NTC ISO 17025 of 2017 and NTC ISO 5667 and to implement the methodologies for wastewater sampling recommended by IDEAM as an accrediting agent. To optimally carry out the protocol for sampling domestic and non-domestic wastewater, it was necessary to review and study NTC ISO 5667-1, 5667-2, 5667-3, and 5667-10, corresponding to program designs and sampling techniques, and subsequently formulate different guide documents for the implementation of wastewater monitoring. In addition, formats for sample collection and calibration and verification guides for in-situ parameter measurement were structured.

*Keywords: Samples, Domestic Wastewater, Industrial Wastewater, Colombian Technical Standard NTC.*

## **Introducción**

Los métodos de muestreos de aguas residuales domésticas y no domésticas consisten en la extracción de una porción representativa de una masa de agua residual con el propósito de examinar diversas características de contaminación definidas (IDEAM, 2015). Es necesario que la muestra conserve las concentraciones de todos sus componentes y que no se presenten cambios significativos en su composición antes del análisis. La eficaz realización de un análisis de agua residual empieza con el cuidado que se debe tener al tomar la muestra y la custodia de esta, por esto, es de gran importancia implementar un protocolo adecuado para determinar los pasos y normas que se deben llevar a cabo para la toma de muestra de tal manera que no se presenten imprevistos en la etapa de monitoreo y que se conserve las condiciones necesarias para cada parámetro a determinar como el tipo de preservación y los tiempos de estabilidad de los analitos.

La empresa H2O Consultores Hidráulicos y Ambientales S.A.S cuenta con más de 6 años de experiencia desde su conformación en el campo de la ingeniería sanitaria. Entre los principales servicios que ofrece son: diseño, construcción e interventoría de estructuras hidráulicas como sistemas de acueducto y de alcantarillado, plantas de tratamiento de agua potable y agua residual, redes hidrosanitarias en edificios, redes contra incendio y fabricación de tanques en fibra de vidrio. Además, tiene alianzas empresariales con firmas en el área de la ingeniería civil, laboratorios de aguas, entre otros, con el propósito de ofrecer servicios más integrados a sus clientes. Esta empresa tiene como objetivo la validación del muestreo ante el IDEAM para ofrecer más servicios a sus clientes.

El proyecto que se propone realizar tiene como objetivo la formulación del protocolo para el muestreo de aguas residuales domésticas e industriales teniendo en cuenta la norma técnica Colombiana NTC-ISO 17025 del 2017.

Para el desarrollo del presente trabajo se tomarán en cuenta los requisitos necesarios para llevar a cabo correctamente la toma de muestras, esto incluye los materiales, equipos y reactivos necesarios, criterios de selección para el punto de muestreo, tipo de muestra a tomar (simples o compuestas), selección tipo de recipientes a utilizar, métodos para medición de caudal, preservación, estabilidad del analito, entre otros.

## **1 Objetivos**

## **1.1 Objetivo general**

Formular un protocolo de muestreo para el monitoreo de aguas residuales domésticas y no doméstica bajo los requerimientos técnicos establecidos por la norma técnica Colombiana NTC-ISO 17025 del 2017 y NTC-ISO 5667

## **1.2 Objetivos específicos**

- Revisar y estudiar las Normas Técnicas Colombianas -NTC- ISO 17025, 5667-1, 5667-2, 5667-3 y 5667-10, guías e instructivos que permitan estructurar de manera adecuada los protocolos para la recolección de aguas residuales.
- Crear los formatos correspondientes con la finalidad de identificar las muestras, documentar los registros de resultados obtenidos, rótulos de muestreo y calibración de equipos.
- Realizar el instructivo para el manejo y la calibración del multiparamétrico con las respectivas sondas de pH, conductividad y oxígeno disuelto.

## **2 Marco teórico**

El monitoreo de aguas residuales es el proceso destinado a la obtención de una muestra representativa del material a estudiar como las aguas residuales domésticas las cuales se definen como las aguas provenientes de los hogares, estas también incluyen las aguas residuales provenientes de las instalaciones donde se desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios y que correspondan a descargas de los retretes y servicios sanitarios, descargas de los sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), de las áreas de cocinas y cocinetas, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de paredes y pisos y del lavado de ropa (No se incluyen las de los servicios de lavandería industrial). Por otro lado, aguas residuales no domésticas son aquellos vertimientos originados por procesos de las actividades industriales, comerciales o de servicios distintas a las que constituyen aguas residuales domésticas (ARD) (MINAMIENTE,2015)Estos efluentes residuales suelen ser analizados en un laboratorio para medir los parámetros de interés de acuerdo con el objetivo planteado, para conseguir resultados cuantitativos brindando información sobre las cargas contaminantes que tiene el agua (Villada, 2014).

La empresa H2O Consultores Hidráulicos y Ambientales S.A.S tiene entre sus proyectos, acreditarse ante el instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM- para la toma de muestras de aguas residuales domésticas e industriales con base en la metodología del IDEAM y las NTC ISO 5667-1, 5667-2 ,5667-3 y 5667-10. Tomada la muestra y siguiendo el protocolo de conservación de esta, debe ser llevada a laboratorios acreditados para continuar con los análisis respectivos de acuerdo con su clasificación determinada por la norma 0631.

Para llevar a cabo el proceso de toma de muestras es de gran importancia tener en cuenta la Norma Técnica Colombiana -NTC- ISO 17025 la cual establece los criterios para los laboratorios que desean demostrar que cuentan con competencia técnica, con un sistema de calidad efectivo y que, además, son capaces de producir resultados técnicamente válidos, es importante mencionar que, esta norma engloba a las consultorías que presten servicios de muestreos en las diferentes matrices ambientales.

Uno de los principales requisitos para el proceso de acreditación es realizar adecuadamente la documentación de protocolos mediante los cuales debe llevarse a cabo la

actividad de toma de muestras de aguas residuales, que sirven como guía de referencia en el sitio de muestreo, además de los formatos anexos para realizar todo el proceso de calibración de equipos de medición los cuales son instrumentos fundamentales para la medición de parámetros in situ, recolección, diligenciamiento del formato de la toma de muestra el cual acompaña a cada una de las muestras que ingresan al laboratorio, incluyendo datos de identificación de la muestra , observaciones, parámetros fisicoquímicos, biológicos o microbiológicos solicitados, datos del recolector y la preservación de cada una de las muestras, siendo este un paso fundamental ya que este procedimiento estabiliza los constituyentes de la muestra con el fin de retardar los cambios químicos y biológicos que pueden afectar el análisis (Cornare, 2014).

Una metodología óptima para la toma de muestras permite que esta actividad se lleve a cabo de una manera rigurosa, precisa y representativa para poder obtener de esta actividad resultados confiables. Para este proceso se tienen en cuenta dos tipos de muestra, ya sea la muestra simple que es la muestra recolectada en un lugar y tiempo específico y que refleja las circunstancias particulares bajo las cuales se hizo su recolección o la muestra compuesta que es la combinación de muestras puntuales (o simples) tomadas en el mismo sitio durante un tiempo determinado (Cornare, 2014).

## **2.1 Normativa**

Para llevar a cabo el proceso de toma de muestras es de gran importancia tener en cuenta las diferentes normativas que rigen en Colombia como se muestra a continuación.

- **NORMA TÉCNICA COLOMBIANA -NTC- ISO 17025 del 2017:** Es una norma técnica colombiana que establece los requisitos generales para la competencia técnica de los laboratorios de ensayo y calibración. Esta norma se basa en la norma internacional ISO/IEC 17025 y se utiliza para evaluar y certificar la competencia técnica y la capacidad de los laboratorios para realizar ensayos y calibraciones precisos y confiables.
- **NORMA TÉCNICA COLOMBIANA -NTC- ISO 5667-1:** Es una norma técnica colombiana que establece los principios generales para la toma de

muestras de agua destinadas a diferentes fines, como el análisis de calidad del agua, la evaluación del impacto ambiental y la monitorización de la calidad del agua. Esta norma se basa en la norma internacional ISO 5667-1 y proporciona orientación sobre los procedimientos adecuados para la toma de muestras de agua.

Esta norma determina los criterios para la selección del punto de muestreo, el tipo de muestreo, la frecuencia del muestreo y el volumen de muestra que debe ser tomado, además, también establece los criterios para la preservación, transporte y almacenamiento de las muestras de agua.

- **NORMA TÉCNICA COLOMBIANA -NTC- ISO 5667-2:** Es una norma técnica colombiana sobre técnicas de muestreo utilizadas con el fin de obtener los datos necesarios para hacer análisis con propósitos de control de calidad, caracterización de la calidad e identificación de fuentes de contaminación del agua.

Esta norma determina los tipos de muestras, equipos de muestreo, tipos de recipientes que se deben utilizar en el monitoreo, identificación y registros y equipos de muestreos.

- **NORMA TÉCNICA COLOMBIANA -NTC- ISO 5667-3:** Es una norma técnica colombiana que suministra directrices generales sobre las precauciones que se deben tomar para preservar y transportar muestras de aguas. Esta norma se basa en la norma internacional ISO 5667-3 y debe ser usada en conjunto con las normas ISO 5667-1 e ISO 5667-2

- **NORMA TÉCNICA COLOMBIANA -NTC- ISO 5667-10:** Es una norma técnica colombiana que establece los procedimientos y directrices para la toma de muestras de aguas residuales con fines de análisis de calidad. Esta norma pertenece al campo de la gestión ambiental y se enfoca en la calidad del agua.

Esta norma establece las recomendaciones para la selección de puntos de muestreo, la frecuencia de muestreo, los equipos y procedimientos para la toma de muestras de aguas residuales, así como el transporte y almacenamiento de las muestras.

La finalidad de esta norma es garantizar que las muestras de aguas residuales sean representativas y que los resultados del análisis de calidad sean precisos y confiables.

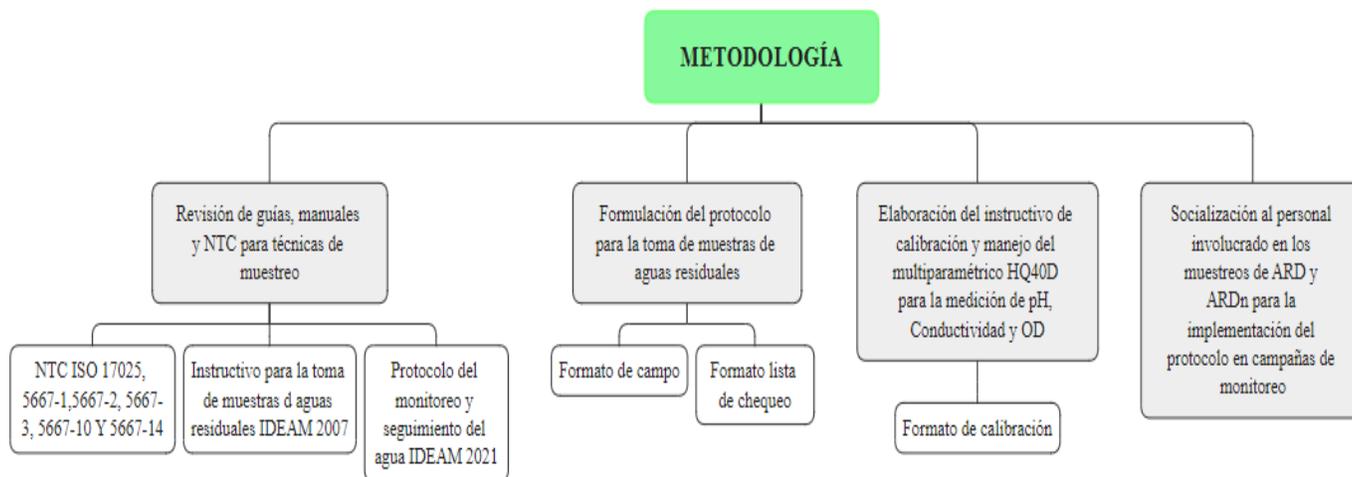
- **NORMA TÉCNICA COLOMBIANA -NTC- ISO 5667-14:** Es una norma técnica colombiana que provee una guía sobre la selección y uso de varias técnicas de aseguramiento de la calidad relacionadas con el muestreo manual de aguas superficiales, agua potable, aguas negras, aguas marinas y aguas subterráneas.
- **RESOLUCIÓN 0631 DEL 2015:** Esta resolución establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

Igualmente, se establecen los parámetros objeto de análisis y reporte por parte de las actividades industriales, comerciales o servicios.

### **3 Metodología**

Para llevar cabo los objetivos propuestos, la metodología de este estudio se desarrolló en cinco fases principales como se muestra a continuación.

**Figura 1. Metodología**



**Fase 1.** Esta fase consiste en la revisión bibliográfica y estudio de las siguientes normas, guías y manuales que permitan determinar correctamente los pasos a seguir para la toma de muestras de aguas residuales.

- Norma Técnica Colombiana -NTC- ISO 17025 que permite determinar los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
- Norma Técnica Colombiana -NTC- ISO 5667-1. Gestión Ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Parte 1. Directrices para el diseño de programas y técnicas de muestreo.
- Norma Técnica Colombiana -NTC- ISO 5667-2. Gestión Ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Parte 2. Técnicas generales de muestreo.

- Norma Técnica Colombiana -NTC- ISO 5667-3. Gestión Ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3. Directrices para la preservación y manejo de las muestras.
- Norma Técnica Colombiana -NTC-ISO 5667-10. Gestión Ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Muestreo de las aguas residuales
- Norma Técnica Colombiana -NTC-ISO 5667-14. Gestión Ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Parte 14. Guía para el control de la calidad en el muestreo y el manejo ambiental del agua.
- Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales, IDEAM 2007.
- Protocolo del monitoreo y seguimiento del agua, IDEAM 2021.

**Fase 2.** Formular y documentar el protocolo para la toma de muestras de aguas residuales, donde incluya la selección de sitios y puntos de muestreo, frecuencia para la toma de muestras, materiales y equipos necesarios para las campañas de monitoreo, la determinación de los recipientes para el almacenamiento de las muestras, la cadena de custodia, los tipos de muestras que existen según las técnicas de muestreo, métodos de aforo, procedimientos de muestreo, seguridad del personal, procedimiento para la certificación por competencias laborales a los muestreadores con el fin de garantizar muestreos con altos índices de calidad y las posibles fuentes de errores en los muestreos.

**Fase 3.** Elaborar el instructivo de calibración y manejo del multiparamétrico HQ40D para la medición de los siguientes parámetros fisicoquímicos: pH con su respectivo electrodo PHC 10105, conductividad con la sonda CDC 40105 y oxígeno disuelto con la sonda LDO 10105; En este instructivo se incluye además los materiales, equipos y reactivos necesarios para la respectiva calibración, verificación y solución de problemas.

**Fase 4.** Esta fase consiste en la estructuración del formato de campo para la toma de muestras de aguas residuales, siendo estos de suma importancia por el contenido de toda la información de identificación de la muestra, sitio de muestreo, tipo de agua residual muestreada, método de aforo, resultados de parámetros in situ y los demás datos solicitados

para ser llevados al laboratorio de análisis. Además, se realizarán el formato correspondiente a la lista de chequeo para las campañas de monitoreos y el formato de calibración.

**Fase 5.** Socialización al personal de H2O Consultores Hidráulicos y Ambientales S.A.S involucrados en los muestreos de aguas residuales domésticas y no domésticas con la finalidad de implementar a corto tiempo el protocolo de muestreo en campañas de monitoreo.

## **4 Resultados**

Como resultado de este trabajo se desarrolló el “*PROTOCOLO DE MUESTREO PARA EL MONITOREO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS*” y “*FORMATO DE CALIBRACIÓN PARA PH, CONDUCTIVAD Y OXÍGENO DISUELTO*” el cual se presenta a continuación.

#### **4.1 Protocolo De Muestreo Para El Monitoreo De Las Aguas Residuales Domésticas Y Aguas Residuales No Domésticas**

##### **Propósito**

Establecer un protocolo de muestreo de aguas residuales domésticas y no domésticas con el fin de obtener muestras representativas y consistentes maximizando la precisión y exactitud de los datos que se obtienen en laboratorio y minimizando los errores que se puedan presentar en un muestreo y garantizar la seguridad del personal.

##### **Alcance**

Este manual aplicará para la toma de muestras de aguas residuales domésticas y no domesticas que serán analizadas para la medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

##### **Glosario**

*Tabla 1. Glosario*

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
<b>Acidez</b>	Capacidad cuantitativa de un medio acuoso para reaccionar con iones hidróxidos (Villada, 2014).
<b>Agua Residual</b>	Son cualquier tipo de agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica. Las aguas residuales incluyen las aguas usadas, domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales) (IDEAM, s.f.).
<b>Aguas Residuales Domésticas (ARD)</b>	Son las procedentes de los hogares, así como las de las instalaciones en las cuales se desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios que corresponden a descargas de los retretes o servicios sanitarios, descargas de los sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), de las

Término	Definición
	áreas de cocinas y cocinetas, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de paredes y pisos y del lavado de ropa (No se incluyen las de los servicios de lavandería industrial) (MINAMBIENTE, 2015)
<b>Aguas No Residuales Domésticas (ARnD)</b>	Son los procedentes de las actividades industriales, comerciales o de servicios distintas a las que constituyen aguas residuales domésticas - ARD- (MINAMBIENTE,2015)
<b>Caudal</b>	Corresponde al volumen de agua que pasa por un canal en cierto tiempo, medido en m <sup>3</sup> /s, requerido para mantener el funcionamiento resiliencia de los ecosistemas acuáticos y su provisión de servicios ecosistémicos (IDEAM, s.f.)
<b>Conductividad Eléctrica</b>	Es un parámetro medido en micro Siemens/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), que expresa la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Depende de la presencia y concentración total de iones, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como la temperatura de la medición (GESTA AGUA, 2017).
<b>Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b>	Es la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias en el proceso de estabilización de la materia orgánica descomponible bajo condiciones aeróbicas. Se usa con mucha frecuencia para medir el grado de polución de una corriente de agua. El tiempo de incubación de la DBO generalmente es de 5 días (Villada, 2014).
<b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b>	Representa la cantidad de oxígeno requerido expresada en mg O <sub>2</sub> /L para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua. La DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto, además, no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales (GESTA AGUA, 2017).
<b>Muestra Compuesta</b>	Combinación de muestras puntuales tomadas en el mismo sitio durante un tiempo determinado (Cornare, 2014).
<b>Muestra Puntual</b>	Muestra recolectada en un lugar y tiempo específico y que refleja las circunstancias particulares bajo las cuales se hizo su recolección (Cornare, 2014).
<b>Muestra</b>	Parte representativa del material a estudiar (agua natural, agua para consumo humano, agua superficial, agua subterránea, agua residual industrial, agua residual doméstica) en la cual se analizarán los parámetros de interés (Cornare, 2014).
<b>Oxígeno Disuelto</b>	Se refiere al volumen de oxígeno expresado en mg/L que está contenido en agua, generado principalmente por la solubilización del oxígeno atmosférico y minoritariamente a su generación en la fotosíntesis. La concentración del oxígeno en el agua depende de la presión parcial del oxígeno en la atmósfera y la temperatura del agua (GESTA AGUA, 2017).
<b>Potencial de Hidrógeno (pH)</b>	Es una medida de la concentración de iones H <sup>+</sup> en unidades de pH, determina si una sustancia es ácida, neutra o básica y se mide en una escala a partir de 0 a 14. Los valores de pH por debajo de 7 indican que

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
	una sustancia es ácida, los valores de pH por encima de 7 indican que es básica y el valor de 7 indica que la sustancia es neutra (GESTA AGUA, 2017).
<b>Preservación</b>	Procedimiento para estabilizar los constituyentes de la muestra con el fin de retardar los cambios químicos y biológicos que pueden afectar el análisis (Cornare, 2014).
<b>Rótulo</b>	Etiqueta en la que se anota los datos de identificación de la muestra (No. de la muestra, municipio, vereda, procedencia, sitio de recolección, fecha, hora, etc.) (Cornare, 2014).
<b>Sólidos Sedimentables</b>	Son aquellos sólidos que tienen un tamaño de 10 $\mu$ y que se desprenden de la suspensión en un tiempo determinado y están constituidos por partículas más densas que el agua (IDEAM, 2017)
<b>Temperatura del Agua (°C)</b>	Es un parámetro expresado en grados Celsius (°C), que tiene una importante influencia sobre el desarrollo de la vida acuática, las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como la aptitud del agua para diferentes usos (GESTA AGUA, 2017).
<b>Vertedero</b>	Son dispositivos hidráulicos fijos o removibles que consiste en una abertura a través de la cual se hace circular el flujo que se quiere medir en el canal o corriente natural (IDEAM,2021).

## **Responsabilidad**

Todo el personal de la empresa H2O Consultores Hidráulicos y Ambientales S.A.S y contratistas involucrados en la toma de muestras de aguas residuales, deberán conocer el manual y los procedimientos adscritos a este mismo para ser implementados en campo. De su aprobación será responsable el director técnico o el Coordinador del Sistema de Calidad.

### **4.1.1. Selección Sitio De Muestreo**

La selección de los sitios y específicamente de los puntos a ser muestreados, depende del objeto del monitoreo, este puede ser desde establecer la carga de un vertimiento hasta la determinación de la capacidad de autodepuración de una fuente hídrica receptora; a continuación, se presentan los criterios generales para cada uno de los casos que se pueden presentar.

#### **4.1.1.1 Fuentes Hídricas Receptoras**

Un solo sitio de muestreo no es suficiente para definir la calidad del agua. Para evaluar el efecto de la descarga de un desecho industrial o doméstico, se deben tomar muestras aguas

arriba, aguas abajo del vertimiento y en el punto de la descarga, donde la mezcla sea completa. Cuando los efectos en la calidad de un tributario son de interés, se debe muestrear aguas arriba y aguas abajo del sitio de unión de las dos fuentes y aproximadamente a 60 m antes de la desembocadura del tributario o zona de mezcla.

#### **4.1.1.2 Agua Residual Industriales**

Para determinar los puntos a muestrear en un proceso industrial, es necesario conocer la dinámica del proceso y con base en él, identificar los puntos de descarga que por lo general son conectados a un sistema de tratamiento, por esta razón, el sitio de muestreo se realiza en la entrada del sistema de tratamiento y a la salida de este, en el cual se determina las características del efluente y, además, la eficiencia del sistema. En caso tal de no contar un sistema de tratamiento, la toma de la muestra se realiza en el/los punto/s de descarga.

#### **4.1.1.3 Aguas Residuales Domésticas**

Es de gran importancia que previo a la realización del monitoreo de los vertimientos, se realice una revisión del plan de saneamiento y manejo de vertimientos y del plan maestro de acueducto y alcantarillado (si existen), ya que estos documentos son instrumentos que suministran información sobre los puntos existentes. Para establecer los puntos de muestreo de las aguas domésticas de un municipio, se debe conocer en primera instancia las condiciones y cobertura del sistema de alcantarillado, con lo cual se identifican los puntos de vertimientos. Si no se cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales -PTAR-, es necesario identificar los puntos de vertimiento sobre las diferentes fuentes hídricas y de ser posible muestrear todos; si existe un gran número de puntos dispersos y poco representativos de vertimientos, se debe determinar claramente el caudal de todos y tomar muestra de los más representativos, con los cuales será posible establecer una concentración promedio de los vertimientos.

*Nota: Esta salvedad aplica únicamente si los vertimientos son 100% de tipo doméstico, ya que, si existe otro tipo de vertimiento que alteren su naturaleza como mataderos, rellenos sanitarios, industria, etc, no será posible y deberán caracterizarse de forma individual.}*

#### 4.1.2. Frecuencia Toma De Muestras

La recolección de las muestras debe ser tomadas a intervalos regulares durante un período determinado de tiempo. El objetivo del programa de muestreo determina cómo y cuándo se recolecta una muestra, generalmente la selección del intervalo de tiempo es seleccionada por el coordinador (NTC ISO 5667-10, 2022).

Para la toma de muestras de aguas residuales se deben tomar como base la fuente de variación en la calidad, como lo es las variaciones diurnas, variaciones entre días de la semana, variaciones entre semanas y meses, variaciones entre estaciones, variaciones debidas a episodios pluviales y tendencias (NTC ISO 5667-10, 2022).

*Nota:* Cuando se consideran descargas de efluentes industriales o que son operadas de forma discontinua es importante relacionar los tiempos de muestreo con el proceso que se está monitoreando en particular.

Para las variaciones debido a tendencias periódicas como por ejemplo mes a mes, se recomienda muestrear siempre el mismo día de la semana, para que en cualquier variación diaria y diurna se eliminen la variabilidad general de los datos.

Al definir el número de muestras como se mencionó anteriormente, es importante determinar los tiempos de muestreo. Si el período de muestreo es de un año, los días de muestreo se determinan a partir de la ecuación 1 para muestras mayores a 25 o para un número de muestras menor a 25 se utiliza la ecuación 2, la cual determina el número de semanas durante el cual se debe realizar el muestreo.

$$\text{Días de muestreo} = A + \frac{365}{n}, A + \frac{365 \times 2}{n}, A + \frac{365 \times 3}{n}, \dots, A + \frac{365 \times n}{n}$$

**Ecuación 1.** Días de muestreo para número de muestras mayores a 25. Fuente: NTC ISO 5667-10

Donde

n: Es el número de muestras

A: Es un número aleatorio en el intervalo entre  $-365/n$  y 0

$$\text{Semanas de muestreo} = B + \frac{52}{n}, B + \frac{52 \times 2}{n}, B + \frac{52 \times 3}{n}, \dots, B + \frac{52 \times n}{n}$$

*Ecuación 2. Semanas de muestreo para número de muestras menores a 25. Fuente: NTC ISO 5667-10*

Donde

n: Es el número de muestras

B: Es un número aleatorio en el intervalo entre  $-52/n$  y 0

### 4.1.3. Materiales, Equipos Y Reactivos

#### 4.1.3.1 Materiales Básicos

- Nevera de Icopor con suficientes bolsas de hielo para mantener una temperatura cercana a los 4°C
- Frasco lavador con agua destilada
- Cinta pegante o de enmascarar
- Probeta de 500 mL, preferiblemente de plástico, para medir el volumen de las muestras al momento de integrarlas o componerlas.
- Baldes plásticos de 5 a 10 Litros.
- Tubo plástico para la homogenización de la muestra.
- Cronómetro.
- Papel Absorbente.
- Guantes
- Formato toma de muestras (**Tabla 8**)
- Rótulos
- Bolígrafo o marcador
- Cono Imhoff para análisis de sólidos sedimentables (Cuando se requiera).
- Preservantes para las muestras como se menciona más adelante en el ítem 4.1.3.2
- Instructivos de calibración del pHmetro, conductímetro y oxígeno disuelto
- Gafas de seguridad
- GPS
- Cámara Fotográfica
- Tapabocas
- Overol impermeable para muestreo
- Termómetro

#### **4.1.3.2 Recipientes para las muestras**

Teniendo en cuenta la norma técnica NTC ISO 5667-3. Gestión Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas Generales de Muestreo. El recipiente de la muestra tiene que conservar la composición de la muestra con respecto a pérdidas debidas a la adsorción y la volatilización o a la contaminación por sustancias extrañas.

Los recipientes para las muestras son generalmente de plástico o de vidrio, y se utilizan de acuerdo con la naturaleza de la muestra y sus componentes. Se recomienda el polietileno de alta densidad para determinaciones en el agua de sílice, sodio, alcalinidad total y cloruros. Para materiales sensibles a la luz se debe usar vidrio absorbente de la luz. Para muestras de temperatura y/o presión alta, se debe usar acero inoxidable.

Para la determinación de metales no es conveniente utilizar recipientes de vidrio; el vidrio libera silicio y sodio, a su vez, pueden absorber trazas de metales contenidas en las muestras.

Los recipientes de vidrio se utilizan en su mayoría para realizar análisis de grasas y aceites, hidrocarburos, detergentes y pesticidas.

##### **4.1.3.2.1 Recipientes de muestras para materiales fotosensibles**

La recolección de muestras que contengan materiales fotosensibles (incluyendo las algas), requiere protección contra la exposición de la luz, para este caso, se recomienda recipientes de color ámbar y en el almacenamiento se deben proteger de la luz (NTC ISO 5667-1, 2010).

##### **4.1.3.2.2 Recipientes de muestra para gases o componentes disueltos**

Para la recolección y el análisis de muestras que contengan gases o componentes disueltos que se puedan alterar por la aireación, se deben usar botellas de boca estrecha. Estas botellas pueden estar provistas de tapones de vidrio o tapa rosca, para minimizar la oclusión de aire (NTC ISO 5667-1, 2010).

##### **4.1.3.2.3 Recipientes de muestra para trazas de contaminantes orgánicos**

Para este tipo de muestras el material que se debe usar es el vidrio, ya que la gran mayoría de recipientes plásticos interfieren con el análisis altamente sensible. La tapa debe ser de vidrio o de politetrafluoroetileno (NTC ISO 5667-1, 2010).

#### **4.1.3.2.4 Recipientes de muestra para análisis microbiológico**

Este tipo de recipientes debe contar con características de resistir altas temperaturas presentadas durante la esterilización. Durante la esterilización o durante la recolección/almacenamiento de la muestra el material empleado del recipiente no debe producir ni liberar sustancias químicas que puedan impedir la viabilidad microbiológica, la liberación de productos químicos tóxicos, o estimular el crecimiento (NTC ISO 5667-3, 2010).

#### **4.1.3.2.1 Preparación del recipiente**

El método para la preparación de los recipientes es tomado de la norma técnica colombiana -NTC- ISO 5667-3 como se presenta a continuación:

Para el lavado de los recipientes de plástico o de vidrio con detergente se siguen los siguientes pasos:

- Lavar el recipiente y la tapa con solución diluida de detergente y de agua.
- Enjuagar la tapa completamente con agua
- Enjuagar sucesivamente, dos veces, con agua de calidad apropiada
- Se drena completamente y se pone la tapa

Para el lavado de recipientes de vidrio con solvente se siguen los siguientes pasos:

- Lavar el recipiente y la tapa con solución diluida de detergente y de agua.
- Enjuagar la tapa completamente con agua
- Enjuagar sucesivamente, dos veces, con agua de calidad apropiada y secar
- Enjuagar con acetona de una calidad apropiada y drenar
- Enjuagar con un solvente de calidad adecuada, secar e inmediatamente poner la tapa.

*Nota: Los solventes orgánicos son peligrosos y el solvente debe ser compatible con el analito de interés y el método analítico que se use.*

Para el lavado de recipientes de plástico o de vidrio lavados con ácido se siguen los siguientes pasos:

- Lavar el recipiente y la tapa con solución diluida de detergente y de agua.

- Enjuagar la tapa completamente con agua
- Enjuagar con una solución acuosa de ácido nítrico del 10%
- Tapar y almacenar por al menos 24 horas
- Vaciar el recipiente, enjuagar con agua de calidad e inmediatamente poner la tapa

#### 4.1.3.3 Reactivos para preservación de muestras

Los siguientes reactivos se usan para la preservación de muestras, además, todos los reactivos deben ser rotulados con la vida media (fecha por la cual el reactivo es adecuado para el uso). (NTC ISO 5667-3).

- Ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ )
- Ácido Nítrico ( $HNO_3$ )
- Hidróxido de Sodio ( $NaOH$ )
- Acetato de Zinc ( $C_4H_6O_4Zn$ )
- Ácido Clorhídrico ( $HCl$ )
- Tiosulfato de sodio  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$
- Ácido ascórbico  $C_6H_8O_6$

*Nota: Estos preservantes requieren ser usados con precaución. El personal que realiza los muestreos deberá ser advertido sobre los peligros potenciales de los reactivos y los procedimientos de seguridad que deben seguirse.*

Los materiales necesarios para adicionar los reactivos son:

- Pipeta graduada de 5 mL.
- Pera de caucho para pipetear.
- Cuando se estime que el agua a analizar contiene trazas de cloro, cloraminas u ozono, es necesario neutralizar su efecto bactericida con una solución acuosa de tiosulfato de sodio al 3% adicionando 0,2 ml de este para un volumen de 250 ml de muestra.

*Nota: La preparación de los reactivos de preservación son responsabilidad exclusivamente del laboratorio acreditado para los respectivos análisis de las muestras, este ítem es informativo con el fin de dejar conocimiento sobre los diferentes reactivos que se pueden implementar en campo.*

#### 4.1.3.4 Equipos

Son necesarios para la toma de parámetros in situ y se utilizaran siempre y cuando la empresa cuente con los equipos mencionados o mediante el apoyo del laboratorio con quien se tenga convenio.

- GPS

- Multiparámetro para la medición de los parámetros in situ de Temperatura, pH, Conductividad y Oxígeno Disuelto
- Correntometro

#### 4.1.4. Cadena De Custodia

Todas las muestras recolectadas, tanto para control como para vigilancia, deben seguir un proceso que asegure la integridad de éstas hasta el reporte de los resultados. Este proceso se inicia desde el momento en que se toma la muestra y se cierra el recipiente que la contiene y termina en el momento en que, después de ejecutados los análisis y reportados los resultados, ésta se desecha (Instituto Nacional de Salud, 2012).

Este proceso incluye además los métodos de toma de muestra, preservación, codificación, transporte y su correspondiente análisis. Con la cadena de custodia se asegura la confiabilidad y trazabilidad de la muestra. A continuación, se describen cada uno de los pasos que se deben seguir para el control de las muestras.

##### 4.1.4.1 Rótulo

Esta identificación de las muestras debe pegarse a los frascos antes del muestreo ya sea con papel engomado o etiquetas adhesivas y debe contener la siguiente información:

- **Código:** Número de identificación de la muestra
- **Fecha:** Fecha en la cual se realiza la toma de la muestra
- **Hora:** Hora exacta de la toma de la muestra
- **Lugar:** Es la ubicación general del sitio o punto de muestreo. (Coordenadas geográficas).
- **Punto de toma:** lugar donde se toma la muestra, Ejemplo: Entrada o Salida de la PTAR, Cámara de inspección, agua superficial, etc.
- **Característica de la muestra:** Agua residual doméstica o no doméstica
- **Parámetro medido In Situ:** Temperatura, Conductividad, Caudal, pH, Sólidos suspendidos.
- Departamento y Municipio donde fue recolectada la muestra
- **Muestras para análisis:** Selección de parámetros a analizar en laboratorio, en caso tal de incluir parámetros diferentes a los microbiológicos o fisicoquímicos, anexar el parámetro a analizar, ejemplo: hidrocarburos, detergentes, grasas y aceites, etc
- **Responsable:** Nombre del recolector
- **Solicitante:** Nombre de la empresa o persona que solicita la toma de muestras.
- **Teléfono:** Número del teléfono del cliente

- **Dirección:** Dirección del cliente
- **Tipo de muestra:** muestra simple o muestra compuesta

*Figura 2. Rótulo para recipientes*

		<b>ETIQUETAS PARA MUESTRAS DE AGUA</b>			
Código				Versión: 001-2023	
CÓDIGO:		FECHA:		HORA:	
LUGAR:			PUNTO DE TOMA:		
TIPO DE MUESTRA:			Puntual	Simple	
CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:			ARD	ARDn	
Temperatura			Conductividad:		
pH			Oxígeno Disuelto		
Sólidos suspendidos totales					
Departamento:			Municipio:		
Muestras para análisis	Microbiológico	Fisicoquímico	Otro	Cuál:	
PRESERVANTE/S AGREGADO/S:			CANTIDAD:		
RESPONSABLE:					
SOLICITANTE:			TELÉFONO:		
DIRECCIÓN:					

#### 4.1.4.2 Preservación.

Las aguas residuales domésticas o no domésticas y las aguas de superficie, son susceptibles de cambios como resultado de reacciones físicas, químicas o biológicas que pueden ocurrir entre el tiempo de muestreo y el análisis. La naturaleza y velocidad de estas reacciones son de tal magnitud que, si no se toman las debidas precauciones durante el muestreo, el transporte y el almacenamiento, las concentraciones de los parámetros a analizar serán diferentes a las concentraciones iniciales presentadas en el momento del muestreo (NTC ISO 5667-3).

La técnica más común para preservar las muestras de aguas residuales es mediante la refrigeración, este método consiste en que después de ser tomada la muestra, las botellas se colocan en posición vertical en una nevera de icopor, con suficiente hielo de tal manera que se garantice una temperatura entre 0 °C y 4°C.

*Nota: La mayoría de las muestras enfriadas en este rango de temperatura y almacenadas en la oscuridad, son estables hasta por 24 horas.*

Es importante verificar que las botellas no se caigan, no se abran y no se les desprenda el rotulo. Después de embaladas se tapa y se sella la nevera y posteriormente se debe diligenciar el formato de toma de muestras y se conduce hacia el laboratorio.

La adición de los preservativos químicos, deben agregarse previamente a la botella de la muestra. En el anexo 1 se presenta los métodos de preservación recomendados por la norma técnica colombina -NTC- ISO 5667-3.

#### **4.1.4.3 Transporte**

Los recipientes que contienen las muestras se deben sellar con el fin de que no se deterioren o para evitar alteraciones de la muestra una vez tomada, por tal motivo, se recomienda sellar los recipientes con papel autoadhesivo o con sellos de plástico.

En casos donde el almacenamiento y transporte exceda el tiempo máximo de preservación recomendado antes de comenzar el análisis, se debe tomar la decisión si las muestras deberían o no ser analizadas y principalmente, verificar esta decisión con el cliente, en caso de realizarse el muestreo, se debe registrar el tiempo entre la toma de muestra y el análisis.

Es importante asegurar que la tapa de cada nevera quede bien cerrada, con el fin de que durante el viaje no se destape o se pueda alterar la temperatura al interior, además, la persona responsable de tomar las muestras mantiene la custodia permanente de la nevera hasta ser entregado al laboratorio.

#### **4.1.5. Tipo De Muestras**

##### **4.1.5.1 Muestras Puntuales**

Cuando la composición del vertimiento o de la fuente es constante a través de un tiempo prolongado o a lo largo de distancias, se puede decir que la muestra es representativa en un intervalo de tiempo o un volumen más extenso.

En una muestra puntual se toma de una vez todo el volumen de la muestra. Las muestras puntuales son útiles para determinar la composición de las aguas residuales en un momento determinado.

*Nota:* Para algunas determinaciones sólo se pueden utilizar muestras puntuales, como lo son: Muestras de aceite y grasa, oxígeno disuelto, cloro y sulfuro (Ver Anexo 1).

Los parámetros que deben medirse para caracterizar el agua residual mediante muestras simples se determinan según el nivel de complejidad del servicio, como se muestra en la siguiente tabla (Tabla 2).

**Tabla 2.** Parámetros de medición según el nivel de complejidad muestreos simples

	PARÁMETRO
NIVEL	
Bajo	Oxígeno disuelto, temperatura, pH
Medio	Oxígeno disuelto, temperatura, pH
Medio Alto	Oxígeno disuelto, temperatura, pH
Alto	Oxígeno disuelto, temperatura, pH, alcalinidad, acidez

Fuente. NTC ISO 5667-10

#### 4.1.5.2 Muestras Compuestas

Las muestras compuestas son la combinación de muestras puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos, son usadas para determinar las cargas de un agua residual, estas muestras se dividen en dos: muestras medidas por peso o muestras medidas por flujo.

**Muestras medidas por peso:** Son muestras que están conformadas por muestras puntuales de igual volumen.

**Muestras medidas por flujo:** Estas muestras se utilizan cuando es importante la calidad promedio de las aguas residuales o efluentes. Por ejemplo, cuando el propósito del muestreo es determinar el grado de concentración promedio de las aguas residuales para propósitos de diseño, y en el caso en que el flujo de las aguas residuales es constante o intermitente.

Para evaluar los efectos de descarga y operaciones variables se debe tomar muestras que representen el período durante el cual ocurren las descargas. Al final del período de muestreo se deben tomar las muestras puntuales en los recipientes establecidos

(generalmente botellas de boca ancha) y mezclarlas al final del período del muestreo, extrayendo de cada una de las muestras la alícuota, de acuerdo con el cálculo instantáneo, el caudal promedio y el volumen de muestra a componer, como se muestra en la ecuación 3.

$$V_i = \frac{Q_i \times V}{Q_p \times n}$$

**Ecuación 3.** Volumen de cada alícuota de la muestra puntual.

Donde:

$V_i$ : Volumen de cada alícuota

$V$ : Volumen total a componer (muestra individual 300 mL)

$Q_p$ : Caudal promedio durante la jornada de aforo

$Q_i$ : Caudal instantáneo de cada muestra original

$n$ : Número de muestras tomadas

Los parámetros que se deben medir para el nivel de complejidad del servicio teniendo en cuenta las muestras compuestas se presentan en la tabla 3.

**Tabla 3.** Parámetros de medición según el nivel de complejidad muestreos compuestos.

	PARÁMETRO
NIVEL	
Bajo	DBO5, Sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sólidos sedimentables, DQO, nitrógeno total kendahl
Medio	DBO5, Sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sólidos sedimentables, DQO, nitrógeno total kendahl, fósforo (soluble y particulado)
Medio Alto	DBO5, Sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sólidos sedimentables, DQO, nitrógeno total kendahl, fósforo (soluble y particulado), aceites, grasas y detergentes
Alto	DBO5, Sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sólidos sedimentables, DQO, nitrógeno total kendahl, fósforo (soluble y particulado), aceites, grasas, detergentes, metales pesados, sustancias orgánicas volátiles y cloruros

Fuente. NTC ISO 5667-10

*Nota: Tanto en el muestreo de medición por flujo como en el de medición por tiempo, cada muestra puntual debe tener un volumen mayor a 50 mL. Se recomienda que las muestras puntuales tengan un volumen de 300 mL*

#### **4.1.5.3 Muestras integradas**

Este tipo de muestras consisten en el análisis de muestras instantáneas tomadas en diferentes puntos simultáneamente. Las muestras integradas se usan en los siguientes casos:

- Caracterizar el caudal de un río, el cual varía su composición a lo largo y ancho de su trayecto.
- Cálculo de las cargas (kg/d) de las sustancias contaminantes en la corriente de agua

#### **4.1.6. Medición Del Caudal**

##### **4.1.6.1 Método área-velocidad con correntómetro**

Es un instrumento constituido por una serie de hélices los cuales giran al estar en contacto con una corriente de agua siendo el número de revoluciones proporcional a la velocidad de la corriente. La velocidad se determina a partir de la siguiente ecuación.

$$V = a + bn$$

#### **Ecuación 4.** Velocidad de correntómetro

Donde a y b son constantes de calibración del equipo y n es el número de revoluciones.

En este caso, el caudal se calcula teniendo en cuenta el área transversal y la velocidad del correntómetro, así que, el ancho del canal se calcula como se muestra en la ecuación 5 donde  $H_i$  corresponde a la profundidad de cada vertical y n al número de puntos de medición o verticales.

$$\text{Área de la sección transversal} = \frac{\text{Ancho del canal} \times \sum H_i}{n}$$

#### **Ecuación 5.** Área de la sección transversal

$$Q = V \times A_{\text{sección transversal}}$$

### **Ecuación 6.** Caudal método área-velocidad

*Nota:* Cuando se utiliza este método se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones: No debe existir obstáculo sobre la corriente que altere el paso del agua, se debe evitar secciones con altas turbulencias, se debe tender una cuerda sobre el área transversal de la fuente a medir, con el fin de señalar la sección transversal de control seleccionada. Esta cuerda debe permanecer amarrada, permitiendo la determinación de los puntos de medición de velocidad de la corriente; Se debe establecer el número de espacios entre los puntos en los que se medirá la velocidad del agua y medir con la cinta métrica el ancho total y por último, para una fuente superficial con diferentes profundidades, se toma entre tres y seis datos de velocidad con el correntómetro, según el ancho de la sección (IDEAM, 2021).

#### **4.1.6.2 Método Volumétrico**

Para este método es necesario contar con cronómetro y un recipiente con escala métrica calibrado (balde de 10 o 20 litros con graduaciones de 1 Litro). El procedimiento que se debe seguir es el siguiente: tomar un volumen de muestra cualquiera y medir el tiempo transcurrido desde que se introduce el recipiente a la corriente o el vertimiento hasta el momento que es retirado del punto de medición y por último mediante la relación de estos dos valores (Ecuación 4) es posible calcular el caudal en ese instante de tiempo.

$$Q = \frac{V}{t}$$

### **Ecuación 7.** Caudal método volumétrico

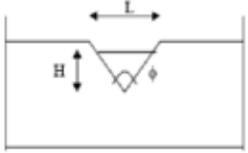
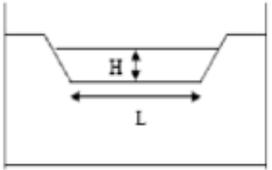
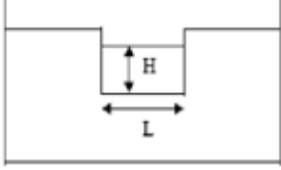
#### **4.1.6.3 Medición en canales abiertos**

##### **4.1.6.3.1 Vertederos**

Son dispositivos hidráulicos fijos o removibles que consiste en abertura a través de la cual se hace circular el flujo que se quiere medir en el canal o corriente natural. La estimación

del caudal a partir de este tipo de estructuras depende de la geometría (triangular, trapezoidal o rectangular), altura de la cresta y la presencia de contracciones en la pared del vertedero (IDEAM, 2021). El agua represada adoptará distintas alturas en función del caudal que se relaciona mediante ecuaciones dependiendo el tipo de vertedero como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Vertederos para mediciones de caudales en canales abiertos

TIPO DE VERTEDERO	DESCRIPCIÓN	DIAGRAMA	ECUACIÓN
TRIANGULAR	Se recomienda para mediciones de caudales pequeños o para medición de caudales fluctuantes. La abertura tiene un ángulo de 90°		$Q = 1.4 \times H^{\frac{5}{2}}$ <p>Ángulo: 90°  H: Altura del agua (m)  Q: Caudal (m3/s)</p>
TRAPEZOIDAL	Este tipo de vertederos se emplea con frecuencia para medir caudales pequeños, generalmente se construye con paredes laterales inclinadas con una relación 1 horizontal a 4 vertical		$Q = 1.859 \times L \times H^{\frac{3}{2}}$ <p>L: Longitud de la cresta (m)  H: Altura del agua(m)  Q: Caudal (m3/s)</p>
RECTANGULAR	Puede ocupar total o parcialmente el ancho del canal, presenta contracciones laterales que reducen la longitud efectiva de la cresta.		$Q = 1.83 \times L \times H^{\frac{3}{2}}$ <p>L: Longitud de la cresta (m)  H: Altura del agua(m)  Q: Caudal (m3/s)</p>

**Fuente.** Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua 2021, IDEAM

#### 4.1.6.3.2 Canaleta Parshall

El funcionamiento de la canaleta parshall se basa en la interposición de la estructura a superficie libre con pérdidas de carga pequeña, que obliga a pasar el agua en un régimen crítico en la sección de control, permitiendo establecer una relación entre el caudal y la profundidad.

La canaleta parshall está conformada por tres secciones principales: La primera es una sección de contracción convergente que se localiza en el extremo aguas arriba y el fondo es inclinado con una pendiente ascendente 4:1 (Villada, 2014).

La segunda es una garganta formada por dos paredes verticales paralelas, con una inclinación en el fondo donde se tiene en cuenta una pendiente descendente con una relación de 2.67:1. La distancia de la sección de la garganta determina el tamaño del medidor y es designado por W (Villada, 2014).

Por último, la tercera es una sección divergente o de expansión aguas abajo y el fondo es ligeramente inclinado con una pendiente descendente de 17.9:1 (Villada, 2014).

**Figura 3.** Canaleta Parshall. Fuente: Aspectos básicos de pretratamiento operación y mantenimiento.



**Fuente.** (Tovar, L & Rey, A, 2020)

Para calcular el caudal en una canaleta parshall se debe tener en cuenta la longitud de la garganta que, por lo general, estas longitudes son de 2 pulgadas, 3 pulgadas y 6 pulgadas, en la siguiente tabla se muestra la ecuación correspondiente a cada longitud, donde  $H_a$  corresponde a la altura del agua medida en la canaleta.

**Tabla 5.** Ecuaciones para cálculo de caudales en Canaleta Parshall

Ancho de la garganta (W)	Caudal (L/s)
1"	$Q= 0.048(H_a)^{1.55}$
2"	$Q= 0.096(H_a)^{1.55}$
3"	$Q= 0.264(H_a)^{1.58}$
6"	$Q= 0.142(H_a)^{1.548}$
9"	$Q= 0.466(H_a)^{1.53}$

#### 4.1.7. Muestras De Control

Como medida de control y de calidad del muestreo es importante tomar duplicados de la muestra y blancos de muestreo, esto con el fin de indicar la variabilidad del muestreo, verificar que los errores en el monitoreo sean mínimos y detectar errores en el procedimiento y a su vez, descartar/eliminar datos inválidos.

Los blancos permiten determinar la pureza de los reactivos empleados, la ausencia de contaminación en los recipientes y de los equipos que se implementan en el monitoreo y por último la ausencia de contaminación cruzada durante la manipulación y el almacenamiento de las muestras (IDEAM, 2021).

Los duplicados permiten verificar la reproducibilidad del muestreo y, además, otras causas de variabilidad que se pueden presentar en el momento de la toma de las muestras hasta el análisis de las muestras (IDEAM, 2021).

- **BLANCOS:** Antes del monitoreo, se debe tomar al azar uno de cada diez recipientes por usar en el muestreo, se llena el recipiente con agua destilada y debe ser preservada y etiquetada de la misma forma que las muestras en campo, nombrando respectivamente la muestra como "BLANCO" para su identificación, cerrar los recipientes y transportar al laboratorio de igual forma que las muestras de agua (IDEAM, 2021).
- **DUPLICADOS:** Estos duplicados se obtienen al dividir una muestra en dos o más submuestras en condiciones lo más similares posibles. Estos duplicados no aplican para muestras de grasas y aceites (IDEAM, 2021).

#### 4.1.8. Sólidos sedimentables

Los sólidos sedimentables en aguas superficiales, aguas residuales domésticas e industriales se determinan sobre un volumen (mL/L) o peso (mg/L), este parámetro es analizado en campo y deben ser analizadas sin ningún tipo de pretratamiento o preservación (IDEAM, 2017).

##### 4.1.8.1 Procedimiento

Este procedimiento es tomado por el instructivo de ensayo para la determinación de sólidos sedimentables del IDEAM y se presenta a continuación:

- I. Agitar bien la muestra
- II. Llenar el cono Imhoff hasta la marca de 1 Litro
- III. Sedimentar durante 45 minutos
- IV. Reposar por 15 minutos más
- V. Registrar el volumen de sólidos sedimentables en el formato de campo (Tabla 9)
- VI. Realizar el duplicado de la muestra y registrar la diferencia porcentual.
- VII. La ecuación utilizada para calcular los sólidos sedimentables se presenta en la ecuación 8.

$$\text{Sólidos sedimentables} = \frac{\text{Volumen sedimentado (mL)}}{\text{Volumen muestra en el cono (L)} \times \text{hora}}$$

*Ecuación 8. Sólidos sedimentables*

#### **4.1.9. Procedimiento De Muestreo**

- I. En primer lugar, es importante la selección del punto de muestreo, para esto se debe llevar a cabo un estudio del sistema de alcantarillado, vertimiento, plantas de tratamiento de agua residual o agua superficial con el fin de identificar los posibles sitios para la recolección de la muestra.
- II. Antes de cualquier tipo de muestreo se debe preparar los materiales, equipos, reactivos y formatos para realizar correctamente la toma de las muestras, para esto se debe utilizar el formato mostrado en **la Tabla 9** correspondiente a la lista de chequeo.
- III. Para identificar correctamente las muestras se debe etiquetar el recipiente antes del llenado debidamente diligenciado con la información general.
- IV. Es necesario reconocer la zona a monitorear, en caso de que el muestreo se realice en cámaras de inspección o en sitios confinados se debe dejar abierto

el punto de muestreo para asegurar que gases tóxicos como el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), monóxido de carbono (CO), entre otros, salgan a la atmósfera y se minimice el riesgo de intoxicación, en caso requerido, el muestreador se debe colocar el traje específico para la protección de gases.

- V. Se debe georreferenciar los puntos de muestreo y posteriormente diligenciarlos en el formato de campo **Tabla 8**.
- VI. Para la medición de parámetros in situ, es obligatorio calibrar el multiparamétrico como se especifica en el ítem 4.2 y diligencie los resultados de calibración de los equipos en el formato mostrado en la **Tabla 10** para el respectivo parámetro.
- VII. Antes de realizar la recolección de la muestra se debe purgar el recipiente con el fin de evitar alguna alteración en la concentración de la muestra.
- VIII. La muestra debe tomarse bajo la superficie del agua para no recolectar materiales flotantes o fluidos que no puedan ser representativos de las muestras (Aplica para aguas superficiales)
- IX. Cuando el muestreo lo requiera, se debe medir el caudal preferiblemente por el método volumétrico manual, empleando el cronómetro y un balde aforado.  
*Nota: Si se trata de una muestra compuesta, se debe realizar la medición del caudal cada vez que se tome una alícuota.*
- X. Medir los parámetros in situ (pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto) y recopilar la información en el formato de campo **Tabla 8**.
- XI. Cuando se especifique, se debe medir los sólidos sedimentables, para esto se debe seguir el procedimiento descrito en el ítem 4.1.8.1
- XII. Tome la muestra cómo se indica en este protocolo, determinando si la muestra es simple o compuesta e incluir las muestras de control.

- XIII. Coloque las botellas dentro de la nevera con suficiente hielo para su respectivo almacenamiento.
- XIV. Complementar la información del formato de toma de muestras y enviarlo junto con las muestras al laboratorio, preferiblemente el mismo día del muestreo, además, se recomienda adjuntar una copia de este formato con el fin de dejar registro en el departamento de muestreos de aguas residuales.

#### **4.1.10. Seguridad Del Personal En El Monitoreo De Aguas Residuales**

Los peligros que se pueden encontrar en los diferentes sitios de muestreo pueden variar y se pueden encontrar riesgos como: ahogamiento, explosión, caída, envenenamiento, quemaduras (térmico, químico, eléctrico), infección (riesgo microbiológico), material utilizado (botellas de vidrio, batería, entre otros), así como los reactivos de preservación que generalmente son proporcionados por el laboratorio como el ácido y las bases.

Los equipos de protección personal que se deben utilizar para realizar las operaciones de muestreo con el fin de protegerse de los riesgos de exposición a materiales tóxicos o patógenos son los siguientes:

- Zapatos o botas de seguridad
- Casco
- Gafas
- Guantes desechables
- Guantes de manipulación

Los equipos de protección al personal que se deben portar de acuerdo con los peligros que puedan surgir son los siguientes:

- Máscara de emergencia
- Máscara de gas
- Detector de gas (H<sub>2</sub>S, CO, O<sub>2</sub>, entre otros)
- Árnes de seguridad
- Trípode
- Sistema de detección de caída
- Dispositivo de alarma para trabajador solitario
- Guantes resistentes a productos químicos como los disolventes o hidrocarburos

#### **4.1.10.1 Certificación Competencias Laborales Por El SENA**

Para asegurar un muestreo con altos índices de Calidad es importante contar con auxiliares de muestreo capacitados para la toma de muestras de aguas residuales, para esto, se requiere que los auxiliares realicen la certificación de competencias laborales, el cual es un proceso gratuito que el SENA desarrolla para verificar y certificar las habilidades, destrezas y conocimientos que tiene una persona para desarrollar una función o labor determinada, en este caso, el muestreo de las aguas residuales; La norma correspondiente para la validación y certificación de la competencia laboral es la 280201242 definida como: “Tomar muestras de agua de acuerdo con manuales técnicos y normativa del sector Ámbitos: Agua residual, agua potable y agua cruda”.

Los requisitos y pasos necesarios para la certificación de competencias laborales son los siguientes:

- Documento de identidad escaneado y legible.
- Certificado laboral con funciones relacionadas con mínimo 6 meses de experiencia en el ámbito o certificar.
- Registrarse en el siguiente aplicativo:  
<https://dsnft.sena.edu.co/Candidatos/servlet/com.senaws.hlogin>
- Posteriormente se realiza la evidencia de conocimiento que debe tener una persona para el desempeño de la función en la que se va a certificar
- Subsiguientemente se realiza una evidencia de desempeño con acciones reales que se evidencia directamente en la ejecución de la función productiva por parte del candidato.
- Por último, se lleva a cabo la evidencia del producto, el cual corresponde al desempeño observado y valorado en la norma que se va a certificar el candidato.

#### **4.1.9. Fuentes de error en el muestreo**

En general, cuando se realizan monitoreos correspondientes a la matriz agua se pueden presentar diferentes fuentes de errores lo cual puede implicar una alteración en la composición de la muestra, estos errores pueden ser causados por:

- **Contaminación.** Puede ser causada por materiales de los equipos de muestreo, por ejemplo, los recipientes de muestreo y los recipientes de muestras, por contaminación cruzada entre las muestras, por el tipo de preservación de la muestra o por el almacenamiento/transporte inapropiado (NTC ISO 5667-14)
- **Inestabilidad de la muestra.** El tipo de recipientes y contenedores que se utilicen para el muestreo puede afectar la estabilidad del analito entre el muestreo y el análisis, debido a la inestabilidad inherente de la muestra y las condiciones de almacenamiento y transporte (NTC ISO 5667-14).
- **Preservación.** Al no seleccionar correctamente los recipientes, contenedores de muestreo o emplear reactivos vencidos o diferentes a los indicados, se puede afectar la integridad del analito (NTC ISO 5667-14).
- **Muestreo incorrecto.** La desviación respecto al procedimiento de muestreo, o el procedimiento mismo, puede ser una fuente de error (NTC ISO 5667-14).
- Muestreos de cuerpo de agua no homogeneizados (NTC ISO 5667-14).

#### **4.2 Instructivo de calibración y manejo para pH, Conductividad y Oxígeno Disuelto**

##### **Objetivo**

Establecer los lineamientos para el manejo del multiparamétrico HACH y calibración de los parámetros pH, Conductividad y Oxígeno Disuelto

##### **Alcance**

Este formato incluye la explicación de las partes básicas del multiparamétrico HACH HQ40D y su respectivo funcionamiento, además de las respectivas sondas PHC 10105, LDO 10105, CDC40105 para la medición y calibración de los diferentes parámetros. Este instructivo va dirigido al personal de monitoreo de aguas residuales domésticas y no domésticas.

## **Definiciones**

- **Multiparamétrico:** Equipo de medición diseñado para medir varias propiedades fisicoquímicas como lo es el pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto.
- **Sonda de oxígeno disuelto luminiscente (LDO 10105):** Es una sonda que proporciona las mediciones de la concentración de oxígeno disuelto en aguas residuales, agua potable y en aplicaciones generales (HACH Company, 2009).
- **Sonda de conductividad (CDC40105):** Es una sonda que proporciona la medición de la conductividad eléctrica, salinidad, resistencia o sólidos totales disueltos (SDT) en aguas residuales, agua potable y aplicaciones generales (HACH Company, 2009).
- **Electrodo de pH (PHC 10105):** Es un electrodo que proporciona mediciones del pH en aguas residuales, agua potable y aplicaciones generales donde el intervalo de pH es de 2.0 a 14.0 (HACH Company, 2009).

### **4.2.1. Parámetro pH**

#### **4.2.1.1 Equipos, Reactivos Y Materiales**

##### **4.2.1.1.1 Equipos**

- Multiparamétrico HACH HQ40D
- Electrodo de pH PHC 10105

##### **4.2.1.1.2 Materiales**

- Tres recipientes para la adición de las soluciones estándar

- El multiparamétrico se puede alimentar utilizando cuatro pilas o por corriente alterna.

#### **4.2.1.1.3 Reactivos**

- Solución estándar amortiguadora de pH 4.0 a 25 °C. Mantener refrigerada a 4 °C.
- Solución estándar amortiguadora de pH 7.0 a 25 °C. Mantener refrigerada a 4 °C.
- Solución estándar amortiguadora de pH 10.0 a 25 °C. Mantener refrigerada a 4°C.

#### **4.2.1.2 Limitaciones e interferencias**

Para evitar interferencias y limitaciones para la correcta operación del multiparamétrico HACH HQ40D se debe considerar lo siguiente:

- Las cuatro baterías que se deben utilizar deben ser alcalinas o de hidruro metálico de níquel doble. Asegúrese de la uniformidad en tipo y material químico y la colocación en sentido correcto.  
*Nota: Nunca combine los materiales de batería ya que esto puede ocasionar una explosión. No mezcle baterías nuevas y usadas.*
- El compartimiento de la batería del medidor y el adaptador de corriente no es resistente al agua, por lo tanto, se deben tener las respectivas precauciones ya que el agua puede infiltrarse y afectar la medición.

#### **4.2.1.3 Control de calidad**

Para asegurar la calidad de los resultados, es necesario que el multiparamétrico HACH HQ40D y el electrodo PHC 10105 cuenten con el mantenimiento respectivo de acuerdo con la guía técnica suministrada por HACH Company además el electrodo se debe almacenar correctamente para asegurar su vida útil y el buen funcionamiento de este.

##### **4.2.1.3.1. Almacenamiento por un período de tiempo corto**

El electrodo no deberá quedar seco en la unión de transferencia. Se debe guardar el electrodo en la solución de almacenamiento de HACH o en solución de cloruro de potasio (KCl) 3M.

#### **4.2.1.3.2 Almacenamiento por un período de tiempo largo**

- Enjuague el electrodo con agua desionizada. Secar con un trapo limpio y libre de pelusa.
- Rellenar la capsula de alojamiento del electrodo hasta la mitad con la solución de almacenamiento de electrodo de Hach o solución de cloruro de potasio (KCl) 3M.
- Coloque la cápsula de alojamiento del electrodo. Se debe asegurar que la solución de almacenamiento de la cápsula cubre por completo el bulbo de cristal y los agujeros de la unión de referencia.

#### **4.2.1.4 Desarrollo**

El medidor HACH HQ40D, es un multiparamétrico que permite la medición de pH con el electrodo PHC 10105 detectando los iones  $H^+$  que están presentes en una muestra.

##### **4.2.1.4.1 Partes Básicas**

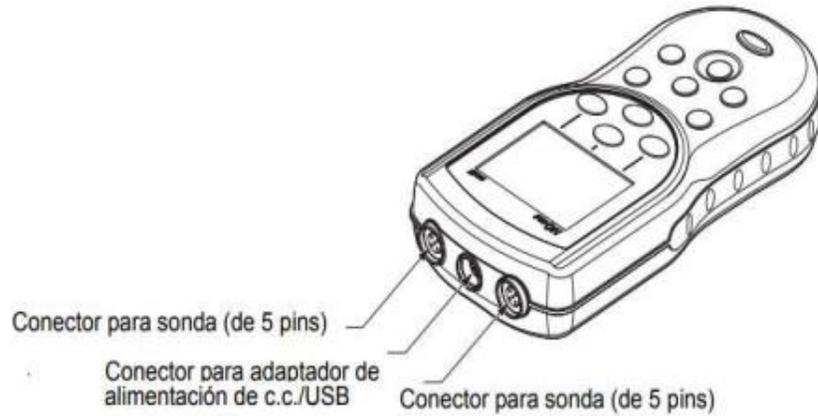
Antes de realizar cualquier procedimiento con el medidor de parámetros fisicoquímicos (multiparamétrico) es importante conocer la estructuración de este equipo con el fin de que los coordinadores y auxiliares de campo cuenten con el conocimiento básico del mismo.

###### **4.2.1.4.1.1 Multiparamétrico**

- **Conectores.** El multiparamétrico cuenta con tres conectores, de los cuales, dos corresponden a conectores para sonda/electrodo y uno corresponde al

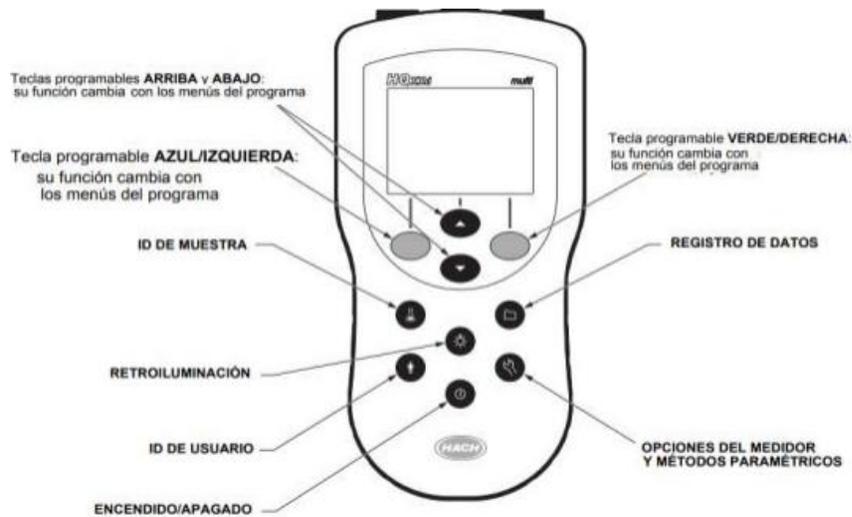
conector para adaptador de alimentación de c.c./USB como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 4.** Conectores del multiparamétrico HACH



- **Teclas del multiparamétrico**

**Figura 5.** Teclas del multiparamétrico



- **Partes del electrodo PHC 10105**

**Figura 6. Partes del electrodo PHC 10105**

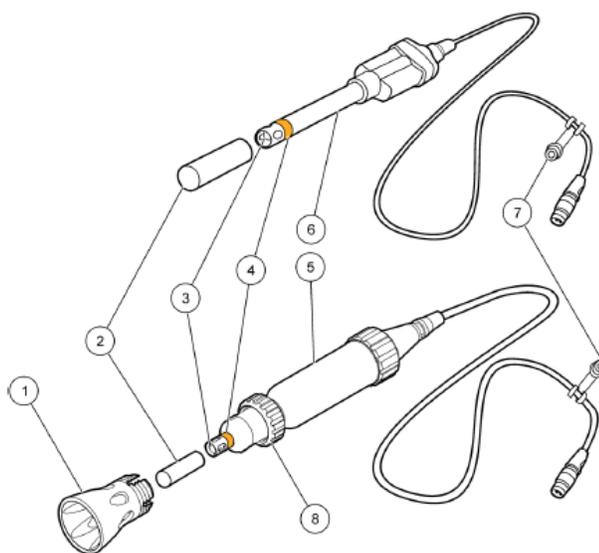


Figura 1 Vista general del electrodo

1 Protector (modelo reforzado)	5 Electrodo reforzado (cable de 5, 10, 15 ó 30 metros)
2 Cápsula de alojamiento del electrodo	6 Electrodo estándar (cable de 1 ó 3 metros)
3 Bulbo de cristal y sensor de temperatura	7 Soporte de la cápsula de alojamiento del electrodo
4 Uniones de referencia y cinta	8 Anillo de seguridad (modelo reforzado)

#### 4.2.1.4.2 Calibración

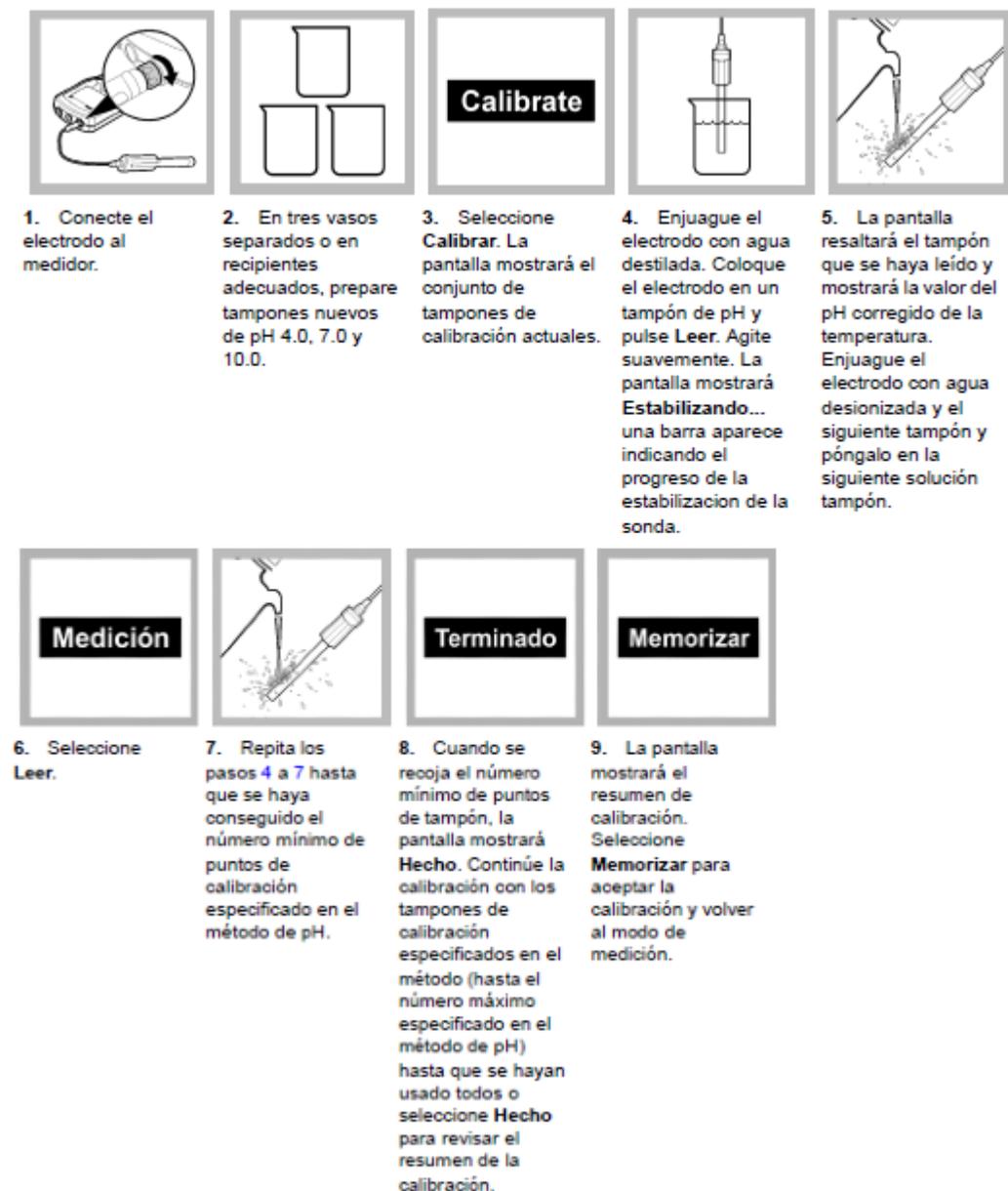
La calibración del multiparamétrico para la medición de pH se realiza según el procedimiento estipulado por la empresa Hach siguiendo los siguientes pasos:

- I. Conectar el electrodo al multiparamétrico
- II. En tres diferentes recipientes se debe adicionar los estándares de calibración correspondientes a pH 4.0, pH 7.0 y pH 10.0
- III. Seleccione la opción de calibración.
- IV. Enjuague el electrodo con agua destilada y posteriormente sumerja el electrodo en uno de los estándares de pH y pulse la opción **Leer**. El electrodo se debe agitar suavemente. La pantalla mostrará **Estabilizando...** y una barra aparecerá indicando el progreso de la estabilización de la sonda.
- V. La pantalla resaltará el estándar de calibración que se haya leído y mostrará el valor de pH corregido de la temperatura.

- VI. Enjuague el electrodo con agua destilada para posteriormente, sumergirlo en el siguiente estándar de calibración y seleccione la opción **Leer**.
- VII. Para completar el número de puntos de calibración se debe repetir los pasos del IV al VII.
- VIII. Cuando se haya calibrado el equipo con los tres estándares de pH , la pantalla mostrará **Hecho**, al seleccionarlo se mostrará el resumen de calibración.
- IX. Seleccione **Memorizar** para aceptar la calibración y volver al modo de medición
- X. Al finalizar la calibración se debe llenar el formato de Calibración (Tabla 10) en el cual es solicitada la fecha y hora exacta en la que se realizó este procedimiento.

A continuación, se presenta el diagrama de instrucciones para el usuario suministrado por Hach.

Figura 7. Método de calibración pH



Fuente. Hach Company.

#### 4.2.1.4.3 Estándar de verificación

La función del estándar de verificación sirve para validar el rendimiento del multiparamétrico entre las mediciones de muestras, por lo tanto, para garantizar y controlar

la calidad del muestreo está verificación se debe realizar cada 10 muestras analizadas con una solución estándar de pH 9.

Los criterios del estándar de verificación se deben establecer de la siguiente manera:

- I. En el menú opciones seleccione la opción ejecutar estándar de comprobación.
- II. Obtenga la solución de estándar de verificación de pH especificada en la pantalla.
- III. Coloque el electrodo en la solución estándar de pH 9 y seleccione **Leer**. La pantalla mostrará **Estabilizando...** Una barra aparece indicando el progreso de la estabilización de la sonda. La pantalla mostrará el valor del estándar de comprobación y posteriormente estándar de comprobación aceptado o estándar de comprobación erróneo.
- IV. Si la pantalla muestra **Estándar de comprobación aceptado**, la medición de estándar de comprobación está dentro de los límites aceptados definidos en este formato, se debe seleccionar **Hecho** para proceder a la medición de la muestra.
- V. Si la pantalla muestra Estándar de comprobación erróneo, la medición se encuentra fuera de los límites aceptados definidos y se sugerirá una nueva calibración. La pantalla mostrará el icono de calibración y un signo de interrogación hasta que se vuelva a calibrar el electrodo, por lo tanto, es necesario regresar al ítem 4.2.1.4.2

#### 4.2.1.4.4 Medición pH

- I. Conecte el electrodo al multiparamétrico. Calibre el electrodo cada que sea necesario.
- II. Lave el electrodo con agua desionizada, sumerja el electrodo en la muestra y agite suavemente. Seleccione **Leer** y posteriormente la pantalla mostrará **Estabilizando...** Una barra aparece indicando el progreso de la estabilización de la sonda. Después la pantalla mostrará el icono de candado y el resultado compensado de la temperatura se guardará automáticamente en el registro de datos.

- III. Enjuague el electrodo con agua desionizada y posteriormente secarlo con un trapo limpio.
- IV. Para mediciones adicionales se debe repetir el paso II y III. Cuando termine la medición, enjuague la zona del sensor, séquelo y guárdelo verticalmente en la solución de almacenamiento de Hach o en solución KCL 3M.

#### 4.2.1.4.5 Solución de problemas

**Tabla 6.** Solución de problemas para la medición de pH

Mensaje o Síntoma	Posible causa	Acción
Sonda Incompatible	Software sin actualizar	Actualice el software del HQd a la última versión en <a href="http://www.hach.com/SoftwareDowlands">www.hach.com/SoftwareDowlands</a> . Consulte el manual del medidor de la serie HQd
	El medidor HQd es incompatible con la sonda IntelliCAL	Pongase en contacto con un representante de la asistencia técnica de Hach
Conócese una sonda o la sonda requiere reparación	El electrodo no está conectado correctamente	Desconéctelo y vuelva a conectarlo. Apriete la tuerca de bloqueo
	Software sin actualizar	Actualice el software del HQd a la última versión en <a href="http://www.hach.com/SoftwareDowlands">www.hach.com/SoftwareDowlands</a> .
	Electrodo dañado	Verifique la conectividad con otro electrodo o medidor para confirmar que se trata un problema con el electrodo. Pongase en contacto con un representante de la asistencia técnica de Hach
	Hay un gran número de métodos guardados en la sonda	Deje la sonda conectada. No la desconecte. Consulte el manual del medidor de la serie HQd
Error de estándar no reconocido	No se quitó la cinta de las uniones de referencia	Quite la cinta
	Cápsula de alojamiento sin quitar	Quite la cápsula de alojamiento
	Solución tampón a incorrecta o contaminada	Utilice una solución tampón nueva como se especifica en el método
La lectura de pH o lectura de mV es la misma para todas las soluciones	No se quitó la cinta de las uniones de referencia	Quite la cinta
	Cápsula de alojamiento sin quitar	Quite la cápsula de alojamiento
	Problema eléctrico	Pongase en contacto con un representante de la asistencia técnica de Hach
Tiempo de respuesta lento	No se quitó la cinta de las uniones de referencia	Quite la cinta
	Sensor de cristal contaminado	Limpie el electrodo

Mensaje o Síntoma	Posible causa	Acción
	El electrodo no está conectado correctamente	Para lograr un tiempo de respuesta óptimo, sumerja el electrodo en muestra durante 10 a 15 minutos antes de realizar la medición de la muestra
	Temperatura de muestra baja o diferencia de temperatura entre las muestras	Compruebe la temperatura de la muestra. Cuanto más baja es la temperatura o más grande la diferencia de temperaturas entre las muestras, normalmente más largo es el tiempo de respuesta
Lecturas desviadas o imprecisas	Sensor de cristal contaminado	Limpie el electrodo
	Absorción de CO <sub>2</sub> (para muestras de baja potencia iónica o de alta pureza)	Utilice la cámara LIS para las muestras de baja potencia iónica o de alta pureza con el fin de prevenir la contaminación de la muestra
	Burbujas de aire alrededor del electrodo de referencia interior	Ejague completamente los agujeros de la unión de referencia con agua desionizada y golpee suavemente el electrodo con la mano o sacúdalo hacia abajo para eliminar las burbujas de aire
	Condiciones de almacenamiento inadecuadas (descolorado, gel contaminado o gel seco)	Limpie o acondicione el electrodo e intente una nueva calibración. Es posible que el electrodo no funcione correctamente si se ha quedado seco durante un período de tiempo largo. Trate de reacondicionar el sensor de cristal y las uniones de referencia: 1) Sumerja el extremo del electrodo en cada uno de los tampones de 4, 7 y 10 durante 5 minutos. 2) Repita un 2X adicional con cada tampón. 3) Sumerja el extremo del electrodo en una solución de almacenamiento de KCl 3.0 m durante 1-2 horas. Enjuáguelo con agua destilada antes del uso
Fuera de los márgenes	El valor de medición está fuera de los márgenes	Verifique que la muestra está dentro de los márgenes del electrodo
La temperatura está fuera de los márgenes	El valor de temperatura está fuera de los márgenes	Verifique que la temperatura de la muestra está dentro de los márgenes de la sonda usando un termómetro externo.
		Verifique que el sensor de temperatura funciona correctamente usando un termómetro externo.
	La temperatura de tampón de pH medida está fuera de los márgenes del electrodo	Verifique que la temperatura del estándar está dentro de los márgenes del electrodo.
		Verifique que el sensor de temperatura funciona correctamente.
	El valor de temperatura del estándar de comprobación está fuera de los márgenes	Verifique que la temperatura del estándar de comprobación está dentro de los márgenes de la sonda.
Fuera de los límites	El valor de medición está fuera de los límites de medición establecidos en el método actual	Verifique que la muestra está dentro de los límites del método actual.
		Cree un nuevo método con límites ampliados.
	El valor del estándar de comprobación está fuera de los	Verifique que el estándar de comprobación está dentro de los límites del método actual

Mensaje o Síntoma	Posible causa	Acción
	límites establecidos en el método actual	Cree otro método que amplie los límites aceptables
Pendiente fuera del intervalo	La pendiente excede los criterios del % de teórico (como se define en el límite de pendiente de método)	Vuelva a calibrar usando tampones de pH preparados recientemente.
		Limpie el electrodo y vuelva a calibrar

## 4.2.2. Parámetro Conductividad

### 4.2.2.1 Equipos, reactivos y materiales

#### 4.2.2.1.1 Equipos

- Multiparamétrico HACH HQ40D
- Sonda de Conductividad CDC 40105

#### 4.2.2.1.2 Materiales

- El multiparamétrico se puede alimentar utilizando cuatro pilas o por corriente alterna.

#### 4.2.2.1.3 Reactivos

- Solución patrón de cloruro de potasio KCl 0.01 M, correspondiente a una conductividad de 1413  $\mu$ simens/cm.

### 4.2.2.2 Limitaciones E Interferencias

Para evitar interferencias y limitaciones para la correcta operación del multiparamétrico HACH HQ40D se debe considerar lo siguiente:

- Las cuatro baterías que se deben utilizar deben ser alcalinas o de hidruro metálico de níquel doble. Asegúrese de la uniformidad en tipo y material químico y la colocación en sentido correcto.  
*Nota: Nunca combine los materiales de batería ya que esto puede ocasionar una explosión. No mezcle baterías nuevas y usadas.*

- El compartimiento de la batería del medidor y el adaptador de corriente no es resistente al agua, por lo tanto, se deben tener las respectivas precauciones ya que el agua puede infiltrarse y afectar la medición.

#### **4.2.2.3 Control De Calidad**

Para asegurar la calidad de los resultados, es necesario que el multiparamétrico HACH HQ40D y la sonda CDC 40105 cuenten con el mantenimiento respectivo de acuerdo con la guía técnica suministrada por HACH Company, además, la sonda se debe almacenar correctamente para asegurar su vida útil y el buen funcionamiento de este.

##### **4.2.2.3.1 Almacenamiento**

Entre cada uso, se debe asegurar secar la sonda y guardarla en condiciones ambientales.

#### **4.2.2.4 Desarrollo**

El medidor HACH HQ40D, es un multiparamétrico que permite la medición de conductividad con la sonda CDC 40105 detectando las sales disueltas que conducen corriente eléctrica en proporción a la concentración de sus constituyentes ionizados, al sumergir la sonda actúa como conductor eléctrico y la señal está directamente relacionada con la cantidad de iones presentes y la distancia entre los electrodos.

##### **4.2.2.4.1 Partes Básicas**

Antes de realizar cualquier procedimiento con el medidor de parámetros fisicoquímicos (multiparamétrico) es importante conocer la estructuración de este equipo con el fin de que los coordinadores y auxiliares de campo cuenten con el conocimiento básico del mismo.

###### **4.2.2.4.1.1 Multiparamétrico**

- **Conectores.** El multiparamétrico cuenta con tres conectores, de los cuales, dos corresponden a conectores para sonda/electrodo y uno corresponde al conector para adaptador de alimentación de c.c/USB como se muestra en la *Figura 3*.

- Teclas del multiparamétrico (*ver Figura 4*).
- Partes de la sonda CDC 40105

**Figura 8.** Partes de la sonda CDC 40105

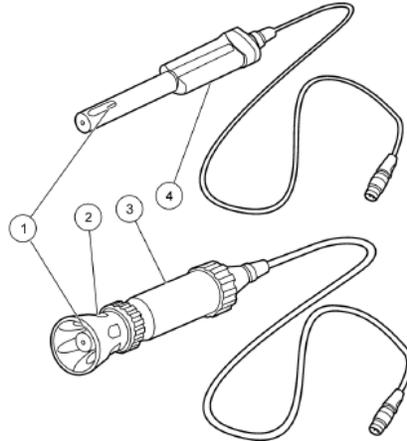


Figura 1 Aspectos generales de la sonda de conductividad

1	Sensor de temperatura y celda de conductividad con diseño en grafito de 4 polos	3	Sonda reforzada (cable de 5, 10, 15 ó 30 metros)
2	Protector (modelo reforzado)	4	Sonda estándar (cable de 1 ó 3 metros)

#### 4.2.2.4.2 Calibración

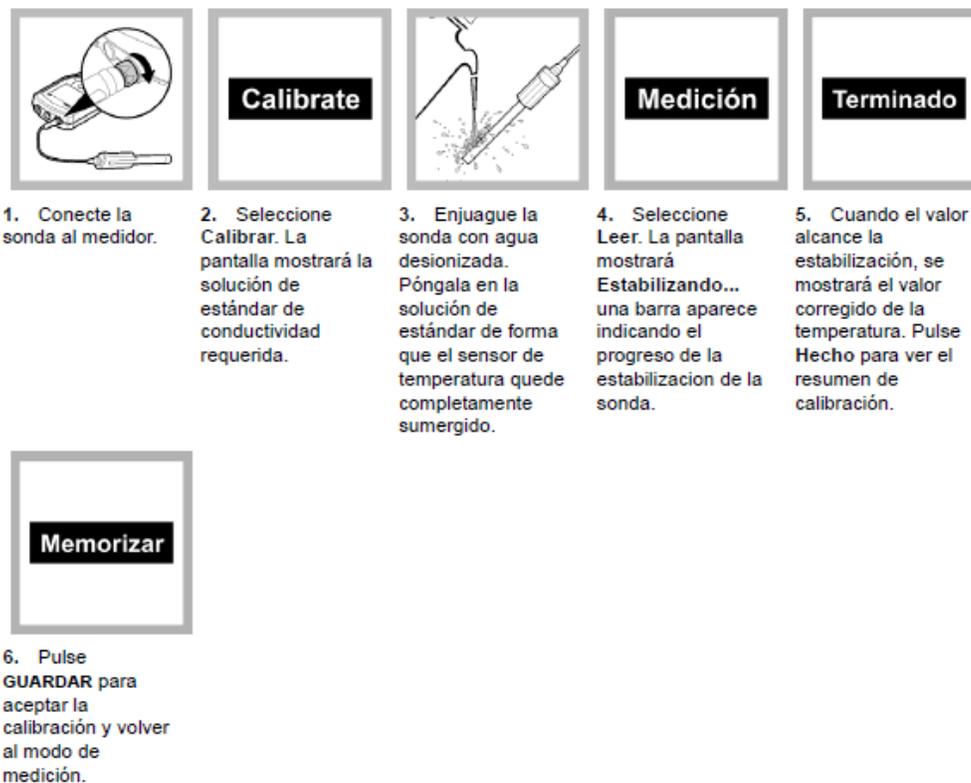
La calibración del multiparamétrico para la medición de conductividad se realiza según el procedimiento estipulado por la empresa Hach Company siguiendo los siguientes pasos:

- I. Conectar la sonda al multiparamétrico
- II. Seleccione el botón calibrar y la pantalla mostrará la solución de estándar requerido, el cual corresponde a 1413  $\mu\text{simens/cm}$ .
- III. Enjuague la sonda con agua destilada y posteriormente sumerja completamente la sonda en el estándar de conductividad.
- IV. Seleccione la opción **Leer**. La pantalla mostrará **Estabilizando...** y una barra aparecerá indicando el progreso de la estabilización de la sonda.
- V. Cuando el valor alcance la estabilización, se mostrará el valor corregido por la temperatura. Pulse **Hecho** para observar el resumen de la calibración.

- VI. Seleccione **Memorizar** para aceptar la calibración y volver al modo de medición
- VII. Al finalizar la calibración se debe llenar el formato de Calibración (Tabla 10) en el cual es solicitada la fecha y hora exacta en la que se realizó este procedimiento.

A continuación, se presenta el diagrama de instrucciones para el usuario suministrado por Hach

*Figura 9. Método de calibración conductividad*



#### 4.2.2.4.3 Estándar de verificación

La función del estándar de verificación sirve para validar el rendimiento del multiparamétrico entre las mediciones de muestras, por lo tanto, para garantizar y controlar

la calidad del muestreo esta verificación se debe realizar cada 10 muestras analizadas con una solución estándar de 100  $\mu$ simens/cm y 6667  $\mu$ simens/cm.

Los criterios del estándar de verificación se deben establecer de la siguiente manera:

- I. En el menú opciones seleccione la opción ejecutar estándar de comprobación.
- II. Obtenga la solución de estándar de verificación de conductividad especificada en la pantalla.
- III. Enjuague la sonda e introdúzcala en solución estándar, moviendo la sonda hacia arriba y hacia abajo.
- IV. Seleccione **Leer**. La pantalla mostrará **Estabilizando...** Una barra aparece indicando el progreso de la estabilización de la sonda. La pantalla mostrará el valor del estándar de comprobación y estándar de comprobación aceptado o estándar de comprobación erróneo.
- V. Si la pantalla muestra **Estándar de comprobación aceptado**, la medición de estándar de comprobación está dentro de los límites aceptados definidos en este formato, se debe seleccionar **Hecho** para proceder a la medición de la muestra.
- VI. Si la pantalla muestra Estándar de comprobación erróneo, la medición se encuentra fuera de los límites aceptados definidos y se sugerirá una nueva calibración. La pantalla mostrará el icono de calibración y un signo de interrogación hasta que se vuelva a calibrar el electrodo, por lo tanto, es necesario regresar al ítem 4.2.2.4.2

#### 4.2.2.4.4 Medición de Conductividad

- I. Conecte la sonda al multiparamétrico. Calibre la sonda cada que sea necesario.
- II. Lave la sonda con agua desionizado y sumerja completamente la sonda en la muestra.
- III. Seleccione **Leer** y posteriormente la pantalla mostrará **Estabilizando...** Una barra aparece indicando el progreso de la estabilización de la sonda. Después la pantalla mostrará el icono de candado y el resultado

compensado de la temperatura se guardará automáticamente en el registro de datos.

- IV. Enjuague la sonda con agua desionizada y posteriormente secarlo con un trapo limpio.
- V. Para mediciones adicionales se debe repetir el paso II y III. Cuando termine la medición, enjuague la zona del sensor, séquelo y guárdelo.

#### 4.2.2.4.5 Solución de problemas

*Tabla 7. Solución de problemas para la medición de Conductividad.*

Mensaje o Síntoma	Posible causa	Acción
Sonda Incompatible	Software sin actualizar	Actualice el software del HQd a la última versión en <a href="http://www.hach.com/SoftwareDowlands">www.hach.com/SoftwareDowlands</a> .
	El medidor HQd es incompatible con la sonda IntelliCAL	Pongase en contacto con un representante de la asistencia técnica de Hach
Conecte una sonda o la sonda requiere reparación	La celda de conductividad no está conectada correctamente	Desconéctelo y vuelva a conectarlo. Apriete la tuerca de bloqueo
	Software sin actualizar	Actualice el software del HQd a la última versión en <a href="http://www.hach.com/SoftwareDowlands">www.hach.com/SoftwareDowlands</a> . Consulte el manual del medidor de la serie HQd.
	Sonda dañada	Verifique la conectividad con otra sonda o medidor para confirmar que se trata un problema con la sonda. Pongase en contacto con un representante de la asistencia técnica de Hach
	Hay un gran número de métodos guardados en la sonda	Deje la sonda conectada. No la desconecte. Consulte el manual del medidor de la serie HQd
Tiempo de respuesta lento	Formación mineral o de muestra en los electrodos	Limpie la sonda como se ha descrito
Fuera de los márgenes	Error del sensor de temperatura o presión	Verifique que tanto los sensores de temperatura como los de presión realizan la lectura con precisión.
	Sonda dañada	Cambie la sonda de conductividad o póngase en contacto con un representante de la asistencia técnica de Hach
	La muestra se encuentra fuera de las especificaciones	Verifique que la concentración y la temperatura de la muestra están dentro de los márgenes de la CDC401
Lecturas desviadas o imprecisas	Configuración incorrecta	Opciones de medición: verifique que la corrección de temperatura (factor de corrección si no está configurada como NaCl) y la temperatura de referencia son correctas.

Mensaje o Síntoma	Posible causa	Acción
		Opciones de calibración: verifique que el valor de estándar, la temperatura de referencia y la corrección de temperatura son correctos.
	Formación mineral o de muestra en la celda	Limpie la sonda como se ha descrito
	Absorción de CO <sub>2</sub> en muestras de concentraciones bajas de iones/de alta pureza	Aisle las muestras de concentraciones bajas de iones/alta pureza para prevenir la contaminación de la muestra.
Error de calibración: fuera de los límites/fuera de los márgenes	Configuración incorrecta	Opciones de medición: verifique que la corrección de temperatura (factor de corrección si no está configurada como NaCl) y la temperatura de referencia son correctas.
		Opciones de calibración: verifique que el valor de estándar, la temperatura de referencia y la corrección de temperatura son correctos.

### 4.2.3. Parámetro Oxígeno Disuelto

#### 4.2.3.1 Equipos, reactivos y materiales

##### 4.2.3.1.1 Equipos

- Multiparamétrico HACH HQ40D
- Sonda para la medición de oxígeno disuelto LDO 10105

##### 4.2.3.1.2 Materiales

- El multiparamétrico se puede alimentar utilizando cuatro pilas o por corriente alterna.
- Botellas Winkler 300 mL con tapa

##### 4.2.3.1.3 Reactivos

- No requiere soluciones

#### 4.2.3.2 Limitaciones e interferencias

Para evitar interferencias y limitaciones para la correcta operación del multiparamétrico HACH HQ40D se debe considerar lo siguiente:

- Las cuatro baterías que se deben utilizar deben ser alcalinas o de hidruro metálico de níquel doble. Asegúrese de la uniformidad en tipo y material químico y la colocación en sentido correcto.

*Nota:* Nuca combine los materiales de batería ya que esto puede ocasionar una explosión. No mezcle baterías nuevas y usadas.

- El compartimiento de la batería del medidor y el adaptador de corriente no es resistente al agua, por lo tanto, se deben tener las respectivas precauciones ya que el agua puede infiltrarse y afectar la medición.

#### **4.2.3.3 Control de calidad**

Para asegurar la calidad de los resultados, es necesario que el multiparamétrico HACH HQ40D y la sonda LDO 10105 cuenten con el mantenimiento respectivo de acuerdo con la guía técnica suministrada por HACH Company, además, la sonda se debe almacenar correctamente para asegurar su vida útil y el buen funcionamiento de este.

##### **4.2.3.3.1 Almacenamiento**

Cuando la sonda se usa para mediciones de corta duración se debe almacenar en seco. El almacenamiento húmedo es necesario para períodos de monitoreo superiores a 6 horas. Durante las 72 horas iniciales de inmersión en agua del grifo, realice una calibración cada 8 horas. Después de 72 horas de almacenamiento en agua de grifo, la tapa del sensor alcanzará un estado totalmente hidratado.

##### **4.2.3.3.2 Mantenimiento de la tapa del sensor**

Cada 365 días es necesario cambiar la tapa del sensor o más frecuentemente si se daña o se contamina. El multiparamétrico mostrará un mensaje de recordatorio cuando le quedan 30 días de duración.

##### **4.2.3.4 Desarrollo**

El medidor HACH HQ40D, es un multiparamétrico que permite la medición de oxígeno disuelto con la sonda LDO 10105, la cantidad de O<sub>2</sub> se determina utilizando una capa sensible al oxígeno que al excitarse con la luz azul emite una luz roja, este efecto es llamado luminiscencia. El tiempo transcurrido entre la excitación y la emisión de luz roja viene determinado por la concentración de oxígeno en la muestra.

#### 4.2.3.4.1.1 Multiparamétrico

- **Conectores.** El multiparamétrico cuenta con tres conectores, de los cuales, dos corresponden a conectores para sonda/electrodo y uno corresponde al conector para adaptador de alimentación de c.c/USB como se muestra en la **Figura 3**.
- Teclas del multiparamétrico (*ver Figura 4*).
- Partes de la sonda de oxígeno disuelto LDO 10105

**Figura 10.**Partes de la sonda de oxígeno disuelto LDO 10105

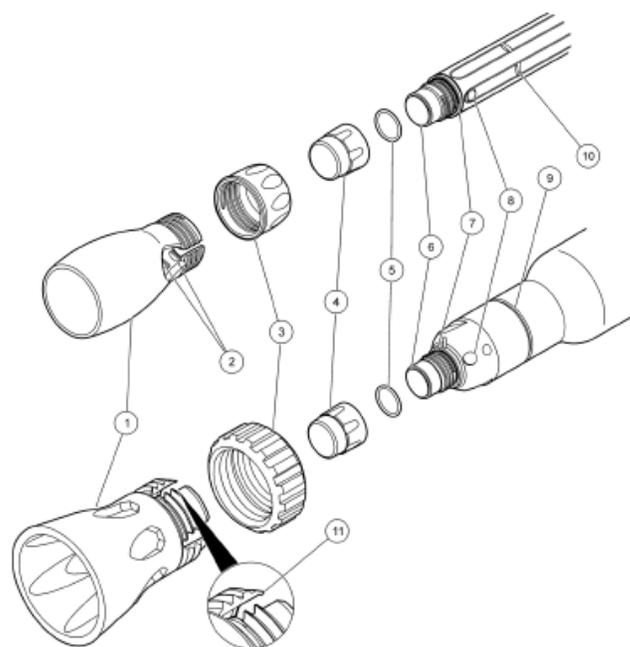


Figura 3 Vista detallada del sensor

1	Protector	7	Sellado obturador
2	Salientes de bloqueo (8x)	8	Sensor de temperatura
3	Anillo de seguridad	8	Ranuras de bloqueo
4	Tapa del sensor	10	Estrías de bloqueo (4x)
6	Junta tórica	11	Pestalla de bloqueo
8	Lente del sensor		

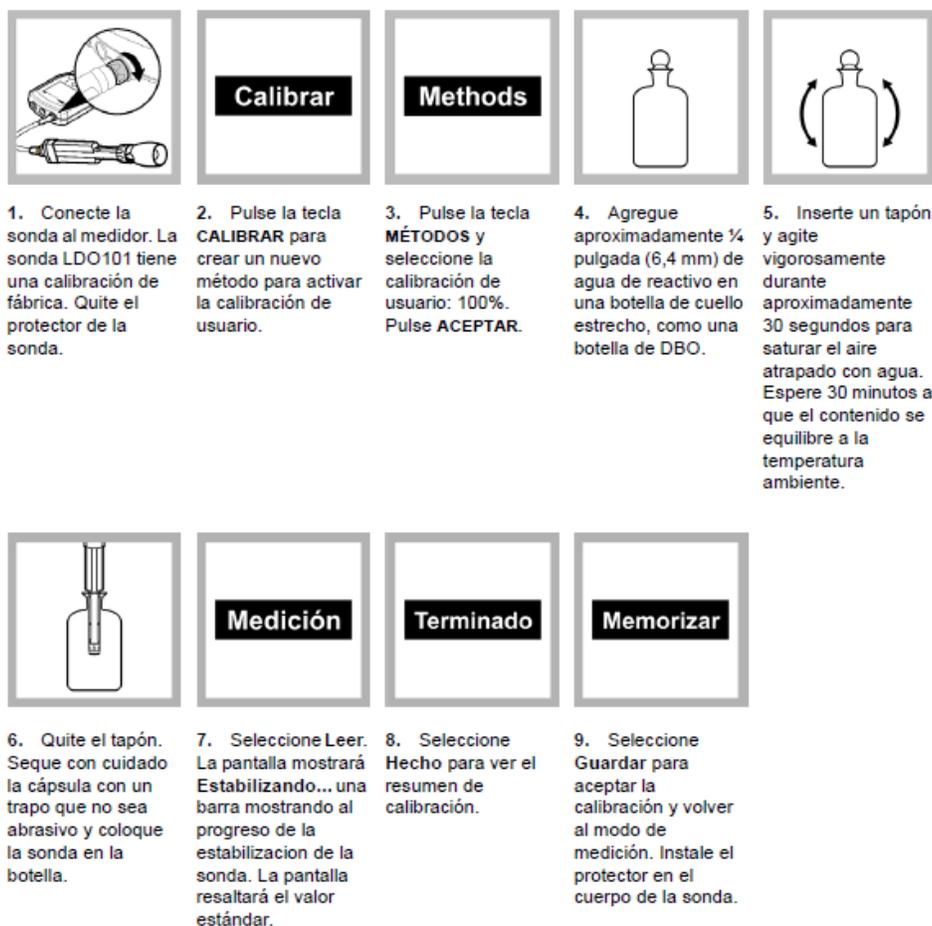
#### 4.2.3.4.2 Calibración

La calibración del multiparamétrico para la medición de Oxígeno Disuelto se realiza según el procedimiento estipulado por la empresa Hach siguiendo los siguientes pasos:

- I. Conectar la sonda al multiparamétrico
- II. Añadir 225 mL de agua destilada en una botella Winkler

- III. Inserte el tapón y agite vigorosamente durante aproximadamente 30 segundos para saturar el aire atrapado con agua
- IV. Seque cuidadosamente la sonda e introduzca la sonda en la botella Winkler
- V. Seleccione la opción **Leer** y posteriormente la pantalla le mostrará **Estabilizando...** y una barra aparecerá indicando el progreso de la estabilización de la sonda.
- VI. Seleccione **Hecho** y se mostrara el resumen de calibración
- VII. Seleccione la opción guardar para aceptar la calibración y volver al modo de medición.
- VIII. Al finalizar la calibración se debe llenar el formato de Calibración (Tabla 10) en el cual es solicitada la fecha y hora exacta en la que se realizó este procedimiento.

**Figura 11. Método de calibración Oxígeno Disuelto**



#### 4.3.2.4.3 Medición de Oxígeno Disuelto

- I. Conecte la sonda al multiparamétrico. Calibre la sonda cada que sea necesario.
- II. Lave la sonda con agua desionizado y sumerja la sonda en la muestra, agite suavemente. Mueva la sonda arriba y abajo para eliminar las burbujas de aire del protector del sensor
- III. Seleccione **Leer** y posteriormente la pantalla mostrará **Estabilizando...** Una barra aparece indicando el progreso de la estabilización de la sonda. Después la pantalla mostrará el icono de candado y el resultado

compensado de la temperatura se guardará automáticamente en el registro de datos.

- IV. Enjuague la sonda con agua desionizada y posteriormente secarlo con un trapo limpio.
- V. Para mediciones adicionales se debe repetir el paso II y III. Cuando termine la medición, enjuague la zona del sensor, séquelo y guárdelo.

#### 4.2.3.4.5 Solución de problemas

**Tabla 8.** Solución de problemas para la medición de Oxígeno disuelto.

Mensaje o Síntoma	Posible causa	Acción
Sonda Incompatible	Software sin actualizar	Actualice el software del HQd a la última versión en <a href="http://www.hach.com/SoftwareDowlands">www.hach.com/SoftwareDowlands</a> . Consulte el manual del medidor de la serie HQd
	El medidor HQd es incompatible con la sonda IntelliCAL	Pongase en contacto con un representante de la asistencia técnica de Hach
Conecte una sonda o la sonda requiere reparación	La sonda no está conectada correctamente	Desconéctelo y vuelva a conectarlo. Apriete la tuerca de bloqueo
	Software sin actualizar	Actualice el software del HQd a la última versión en <a href="http://www.hach.com/SoftwareDowlands">www.hach.com/SoftwareDowlands</a> .
	Sonda dañada	Verifique la conectividad con otro electrodo o medidor para confirmar que se trata un problema con la sonda. Pongase en contacto con un representante de la asistencia técnica de Hach
	Hay un gran número de métodos guardados en la sonda	Deje la sonda conectada. No la desconecte. Consulte el manual del medidor de la serie HQd
Fuera de los márgenes	Tapa del sensor floja, arañada o dañada	Reponga o cambie la capsula del sensor de LDO.
	Error del sensor de temperatura o presión	Verifique que tanto los sensores de temperatura como los de presión realizan la lectura correctamente.
	Sonda dañada	Verifique que los LED azul y rojo están iluminados en la sonda. Si no es así, cambie la sonda o póngase en contacto con un representante técnico de Hach.
	La muestra se encuentra fuera de las especificaciones	Verifique que la concentración, la temperatura y la presión de la muestra están dentro de los márgenes de la sonda LDO101.
	El número del iButton no coincide con el número de lote de la tapa del sensor	Cambie el iButton o la tapa del sensor o lleve a cabo una calibración de usuario.

Mensaje o Síntoma	Posible causa	Acción
	Tapa del sensor expuesta a la luz solar directa.	Coloque el protector
Pendiente fuera del intervalo	La sonda no está preparada para la muestra	Deje que la sonda alcance el equilibrio en un entorno de aire saturado de agua y repita la calibración.
	Configuración del método de calibración	Verifique que son correctos los estándares de calibración del método.
	Tapa del sensor floja, arañada o dañada	Localice e instale el iButton que coincida con la tapa del sensor y cambie ésta.
	Errores d temperatura y presión	Verifique que las lecturas de temperatura y presión se realizan con precisión. Póngase en contacto con un representante de la asistencia técnica de Hach.
	Los indicadores luminosos LED no funcionan	Póngase en contacto con un representante de la asistencia técnica de Hach.
LDO: calibración incompatible (calibración de fábrica)	La opción de calibración de método LDO está sujeta en fábrica	Si se desea realizar una calibración de usuario, cambie la configuración en las opciones de calibración.
Sensor de O2- quedan 0 días	Quedan 0 días de duración de la tapa del sensor de LDO	Cambie la tapa del sensor de LDO. Se permitirá la calibración. No obstante, en la pantalla de medición aparecerá el icono de calibración y un signo de interrogación incluso si se ha aprobado la calibración.
	Medidor ajustado con una fecha y hora incorrectas	Desconecte la sonda del medidor. Ajuste la fecha y hora correctas en el menú Opciones del medidor. Conecte la sonda y verifique que se ha quitado el mensaje.
	Software sin actualizar	Actualice el software del HQd a la última versión e inténtelo de nuevo.
Sensor de O2. quedan ## días	Quedan 30 días de duración o menos de la tapa del sensor de LDO	Cambie la tapa del sensor de LDO pronto.
Error de calibración: fuera de los criterios de aceptación/temperatura fuera de los márgenes/desvío fuera de los límites	No se alcanzó el equilibrio de aire saturado de agua	Deje más tiempo para que se consiga el equilibrio.
	Tapa del sensor floja, arañada o dañada	Reponga o cambie la capsula del sensor de LDO.
	Error del sensor de temperatura o presión	Verifique que tanto los sensores de temperatura como los de presión realizan la lectura correctamente dentro de los márgenes.
	Sonda dañada	Verifique que los LED azul y rojo están iluminados en la sonda. Si no es así, cambie la sonda o póngase en contacto con un representante técnico de Hach.



Tabla 10. Lista de chequeo.

	MONITOREO DE RECURSO HIDRICO				CÓDIGO :	
	FORMATO LISTA DE CHEQUEO DE MATERIALES				VERSIÓN:	
	FECHA:		FECHA:		FECHA:	
MATERIALES	Aplica	No de unidades	Aplica	No de unidades	Aplica	No de unidades
<b>Medición de parámetros de Campo</b>						
Formato de captura de datos de Campo						
Geoposicionador (GPS)						
Reactivos de calibración para multiparamétrico						
Equipo multiparamétrico						
Electrodo de pH						
Sonda de Conductividad						
Sonda de Oxígeno disuelto						
<b>Para la Toma de Muestras</b>						
Recipientes de plástico						
Recipientes de vidrio						
Recipientes esterilizados para muestras microbiológicas						
Blanco						
Frasco lavador con agua destilada						
Neveras de icopor o plástico						
Bolsa pequeña de basura						
Reactivos para preservación de muestras						
Cinta de enmascarar						
Rótulos						
Toallas o papel absorbente						
Cono Imoff						
<b>Para protección y seguridad del personal</b>						
Overol impermeable para muestreo o aforo						
Gafas de seguridad						
Frasco de alcohol						
Guantes de látex						
Botas de Caucho						
Máscara respiradora con filtros para ácidos y vapores orgánicos						
Botiquín de primeros auxilios						
<b>Equipos para la medición del aforo</b>						
Cinta métrica						
Balde						
Beaker 1000 mL						
Corrientrometro						
Arnés de seguridad						
Escalera						
Lazo						
Batería cargadas						
Cronómetro						
Observaciones:						

**Tabla 11. Formato de calibración.**

		MONITOREO RECURSO HIDRICO			
		FORMATO DE CALIBRACIÓN MULTIPARAMÉTRICO			
		DATOS Y COMPROBACIÓN TÉCNICA DE EQUIPO			
FECHA	RESPONSABLE	Calibración pH		Verificación Técnica de pH	Temperatura (°C)
		Aceptado	Erróneo		
FECHA	RESPONSABLE	Calibración Conductividad		Verificación Técnica de Conductividad	Temperatura (°C)
		Aceptado	Erróneo		
FECHA	RESPONSABLE	Calibración Oxígeno Disuelto		Verificación Valor Teórico Concentración de O2 (mgO2/L)	Temperatura (°C)
		Aceptado	Erróneo		

## 6 Conclusiones

- La formulación del protocolo de muestreo para el monitoreo de aguas residuales domésticas y no domésticas es el primer paso para avanzar en el proceso de acreditación en toma de muestras de aguas residuales por parte de la empresa H2O Consultores Hidráulicos y Ambientales S.A.S
- Este protocolo permite la estandarización de actividades de toma de muestra con el fin de garantizar los más altos niveles de calidad y asegurar que se presenten los menores errores posibles en las campañas de monitoreos de tal forma que, los resultados obtenidos en laboratorio tengan la mayor precisión y exactitud posible.
- Teniendo en cuenta las instrucciones para el usuario suministrado por parte de Hach Company, se estableció todo el instructivo de calibración y manejo del multiparamétrico para la medición de los parámetros físicoquímicos medidos in situ con el fin de que, cuando se requiera la recalibración según lo estipulado en este manual, cualquier persona involucrada en la campaña de monitoreo sea capaz de realizar la calibración en campo sin ningún tipo de inconveniente.

## Referencias

- Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare [CORNARE], (2014). *Instructivo Recolección Muestra de Agua*. [https://www.cornare.gov.co/laboratorio/I-MA-https://www.cornare.gov.co/laboratorio/IMA01\\_Recoleccion\\_Muestras\\_de\\_Agua\\_V.05.pdf](https://www.cornare.gov.co/laboratorio/I-MA-https://www.cornare.gov.co/laboratorio/IMA01_Recoleccion_Muestras_de_Agua_V.05.pdf)
- GESTA AGUA - Grupo de Estudio Técnico Ambiental. (2017). Parámetros Organolépticos, físicoquímicos, inorgánicos, orgánicos y microbiológicos. Obtenido de <https://bit.ly/3wS2ZRu>
- HACH Company , (2009). *Instrucciones para el usuario*. Doc272.92.80023
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], (2015). *Toma de muestras de aguas residuales*. <http://www.nuevaleislacion.com/files/susc/cdj/conc/M2-SAPc-08.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, (s.f.). *Glosario*. de <https://bit.ly/3TGrIHG>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, (2021). *Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua*. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023773/023773.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, (2007). *Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales*. [http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma\\_Muestras\\_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428](http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428)
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, (2017). *Instructivo de ensayo. Determinación de sólidos sedimentables*. <http://sgi.ideam.gov.co/documents/412030/97658415/M-S-LC-I024+INSTRUCTIVO+DE+ENSAYO++DETERMINACI%C3%93N+DE+S%C3%93LIDOS+SEDIMENTABLES.pdf/dc3dfe2a-9c66-48da-8b7c-8cc2af26e5a1?version=1.0>
- Instituto Colombiano de Norma Técnica y Certificación, [NTC], (2017). Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de prueba y calibración. (NTC ISO 17025).
- Instituto Colombiano de Norma Técnica y Certificación, [NTC], (2010). *Gestión Ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Parte 1. Directrices para el diseño de programas y técnicas de muestreo*. (NTC ISO 5667-1).
- Instituto Colombiano de Norma Técnica y Certificación, [NTC], (1995). *Gestión Ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Parte 2. Técnicas generales de muestreo*. (NTC ISO 5667-2).
- Instituto Colombiano de Norma Técnica y Certificación, [NTC], (2004). *Gestión Ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3. Directrices para la preservación y manejo de las muestras*. (NTC ISO 5667-3).
- Instituto Colombiano de Norma Técnica y Certificación, [NTC], (2022). *Gestión Ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Muestreo de las aguas residuales*. (NTC ISO 5667-10).

Instituto Colombiano de Norma Técnica y Certificación, [NTC], (1999). *Gestión Ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Parte 14. Guía para el control de la calidad en el muestreo y el manejo ambiental del agua.* (NTC ISO 5667-14).

Instituto Nacional de Salud, (2011). *Manual de instrucciones para la toma, preservación, y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio.* <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacion%20SIVICAP/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MINAMBIENTE], (2015). *Resolución No. 0631 15 de mayo de 2015.* <https://www.rds.org.co/es/recursos/resolucion-631-de-2015-parametros-vertimientos#:~:text=Por%20la%20cual%20se%20establecen,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones.>

Villada, A. (2014). *Documentación de los manuales para la toma de muestra de calidad del agua y vertimientos, realizados por la Corporación Autónoma Regional de Risaralda-CARDER.* <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/79abaa53-b5a5-4e77-87d5-c6870723ce9f/content>

## Anexos

### Anexo 1

**Tabla 12.** Recomendaciones para preservación de la muestra

Determinación	Recipientes	Volumen mínimo de muestras, ml	Tipo de Muestras	Preservación	Almacenamiento máximo recomendado
Acidez	P,V	100	s	Refrigerar	14 d
Alcalinidad	P,V	200	s	Refrigerar	14 d
Boro	P	100	s,c	No requiere	6 meses
Carbono orgánico total	V	100	s,c	Análisis inmediato o refrigeración agregando H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> hasta pH<2	28 d
Cianuro	P, V	500	s,c	Agregar NaOH hasta pH>12, refrigerar en la oscuridad	14 d
Cloro residual	P,V	500	s	Análisis inmediato	-
Cloruro	P,V	50	s,c	No requiere	28 d
Color	P,V	500	s	Ánalysis inmediato	-
Sustancias activas al azul de metileno	P,V	250	s,c	Refrigerar	48 h
Plaguicidas	V (s), tapón de TFE	1000	s,c	Refrigerar; agregar 1000 mg de ácido ascórbico/L si hay cloro residual	7 d hasta la extracción
Conductividad					
DBO	P,V	1000	s	Refrigerar	48 h
DQO	P,V	100	s,c	Analizar lo más pronto posible o agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2; refrigerar	28 d
Dureza	P,V	100	s,c	Agregar HNO <sub>3</sub> hasta pH<2	6 meses
Fosfato	V(A)	100	s	Para fosfatos disueltos filtrar inmediatamente; refrigerar	48 h

Determinación	Recipientes	Volumen mínimo de muestras, ml	Tipo de Muestras	Preservación	Almacenamiento máximo recomendado
Grasas y Aceites	V, boca ancha calibrado	1000	s,c	agregar HCL, hasta pH<2; Refrigerar	28 d
Metales	V	500	s	Filtrar, adicionar HNO3 hasta pH<2	6 meses
Cromo VI	P(A), V(A)	300	s	Refrigerar	24 h
Mercurio	P(A), V(A)	500	s,c	Agregar HNO3 hasta pH<2, refrigerar	28 d
Nitrógeno Amoniacal	P,V	500	s,c	Analizar lo mas pronto posible o agregar H2SO4 hasta pH<2; refrigerar	28 d
Nitrato	P,V	100	s,c	Analizar lo mas pronto posible o refrigerar	48 h (28 días para muestras cloradas)
Nitrito	P,V	100	s,c	Analizar lo mas pronto posible o refrigerar	48 h
Nitrógeno orgánico kjeldhal	P,V	500	s,c	Agregar H2SO4 hasta pH<2; refrigerar	28 d
Oxígeno Disuelto, Electrodo		-	s	Análisis inmediato	
pH	P,V	50	s	Análisis inmediato	
Sólidos	P,V	200	s,c	Refrigerar	2-7 d
Sulfato	P,V	100	s,c	Refrigerar	28 d
Sulfuro	P,V	100	s,c	Refrigerar, agregar 4 gotas de acetato de zinc/ 100 mL; agregar NaOH hasta pH>9	7 d
Temperatura	P,V	-	s	Análisis inmediato	-

*Fuente. NTC ISO 5667-3 2010*

Donde:

**P:** Plástico (polietileno o equivalente)

**V:** Vidrio

**V(A) o P(A):** enjuague com HNO<sub>2</sub>

**s:** muestra simple o puntal

**c:** muestra compuesta

**Refrigerar:** almacenar a 4°C en ausencia de la luz. La preservación de la muestra debe realizarse en el momento de la toma de muestra. Para muestras compuestas cada alícuota debe preservarse en el momento de su recolección.