

VALIDACIÓN DE TÉCNICAS DE ANÁLISIS PARA DUREZA TOTAL Y TURBIEDAD EN  
EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y  
ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE IBAGUÉ IBAL S.A E.S.P

YAILETH CORREDOR OSORIO

LUCELLY SARET RAMÍREZ RUEDA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS, TECNOLOGÍAS E INGENIERIAS

PROGRAMA QUÍMICA

IBAGUÉ

2015

VALIDACIÓN DE TÉCNICAS DE ANÁLISIS PARA DUREZA TOTAL Y TURBIEDAD EN  
EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y  
ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE IBAGUÉ IBAL S.A E.S.P

YAILETH CORREDOR OSORIO

LUCELLY SARET RAMÍREZ RUEDA

TRABAJO DE GRADO

Requisito final para optar al título de Químico

Directora:

Martha Cecilia Vinasco Guzmán

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS, TECNOLOGÍAS E INGENIERIAS

PROGRAMA QUÍMICA

IBAGUÉ

2015

Nota de aceptación

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Ibagué, 20 de septiembre del 2015

## **Dedicatoria**

A mi hijo Daniel Santiago Millán Corredor que ha sido el impulso y la razón de mi vida, a mi padre que descansa en paz, a mi madre que me apoyo en mi formación profesional, a mi madrina por la fortaleza que me brindo, a cada una de las personas que día a día me brindaron toda su colaboración y a Dios por acompañarme en la senda que hoy culmina.

Yailleth Corredor Osorio

En primera instancia a Dios, por su infinita misericordia se culmina esta etapa de mi vida. A mis hijos Julián y Pablo que son el motor y la fuerza de cada día, a mis padres por todo su apoyo y comprensión incondicional y a todos aquellos que me brindaron su apoyo y creyeron en mí.

Lucelly Saret Ramírez Rueda

## **Agradecimiento**

Éste proyecto fue posible gracias a la colaboración del grupo de calidad de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado del municipio de Ibagué IBAL S.A E.S.P oficial, especialmente a la técnica de laboratorio Luz Yolanda Rodríguez, a la doctora Victoria Eugenia Gutiérrez por su asesoría en la norma en la ISO 17025:2005 para los laboratorios de ensayo y apoyo permanente en la realización del mismo. A nuestra directora, la doctora Martha Cecilia Vinasco por su acompañamiento en la realización del mismo y en su constante asesoría, a nuestro compañero William Rodríguez por su apoyo incondicional.

## Tabla de contenido

Agradecimiento.....	5
Tabla de contenido.....	6
Lista de tablas .....	10
Abreviaturas.....	13
Resumen.....	14
Abstract .....	15
Introducción .....	16
Formulación del problema .....	17
Justificación .....	18
Alcance .....	19
Objetivos.....	20
Objetivo general.....	20
Objetivos específicos .....	20
Marco Teórico.....	21
Características físicas del agua .....	22
Turbiedad.....	22
Características químicas.....	23
Efectos a la salud del agua con dureza inaceptable .....	23
Método de análisis de dureza total.....	24

Características biológicas.....	25
Marco Legal .....	26
Artículo 2º.- Características Físicas.....	26
Acreditación en Colombia: .....	28
Marco Referencial.....	28
Agua cruda .....	30
Agua tratada .....	30
Agua potable .....	30
Agua contaminada .....	30
Metodología .....	31
Verificación de métodos .....	32
Programación de Ensayos.....	33
Plan de Validación para Dureza Total SM 2320C.....	34
Diseño Experimental.....	35
Intervalo lineal y selectividad .....	35
Límites .....	36
Precisión (como repetibilidad y reproducibilidad) .....	36
Exactitud como sesgo .....	39
Exactitud como recuperación.....	40
Otras variables aplicables para validación de métodos.....	40

Precisión (como repetibilidad y reproducibilidad).....	44
Exactitud como sesgo .....	47
Exactitud como recuperación.....	48
Otras variables aplicables para validación de métodos.....	48
Verificación del método de análisis Dureza Total Técnica de Titulación con EDTA Método SM 22 2340 C.....	49
Precisión por repetibilidad y reproducibilidad.....	51
Estimación de la incertidumbre de la medición .....	70
Especificación del Mensurando .....	70
Procedimiento .....	70
Forma de calcular y reportar la incertidumbre de los resultados .....	72
Resumen de resultados obtenidos .....	73
Declaración de conformidad .....	73
Verificación de la turbidez en Aguas, Técnica Nefelométrica, Método SM 22 2130 B .....	74
Precisión por repetibilidad y reproducibilidad.....	77
Estimación de la incertidumbre de la medición .....	96
Especificación del Mensurando .....	96
Procedimiento .....	96
Cálculo .....	97
Forma de calcular y reportar la incertidumbre de los resultados .....	98



Resumen de resultados obtenidos .....	98
Declaración de conformidad .....	99
Conclusiones .....	100
Recomendaciones .....	102
Bibliografía .....	103
Anexo 1. Diagnóstico (Lista de Chequeo) .....	105
Anexo 2. Datos de determinación de dureza total .....	119
Anexo 3. Plan de validación de dureza total y de turbiedad .....	121
Anexo 4. Equipos y reactivos utilizados .....	126

## Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación de dureza total.....	23
Tabla 2. Características físicas.....	27
Tabla 3. Características Químicas que tienen mayores consecuencias.....	27
Tabla 4. Personal del laboratorio .....	30
Tabla 5. Plan de Validación para Dureza Total SM 2320C.....	34
Tabla 6. Cálculo de los límites.....	36
Tabla 7. Criterios de aceptación repetibilidad.....	38
Tabla 8. Criterio de Aceptación Exactitud.....	40
Tabla 9. Plan de Validación para Turbidez SM 2130B .....	41
Tabla 10. Cálculos límites turbiedad.....	44
Tabla 11. Criterio de aceptación turbiedad .....	46
Tabla 12. Criterios de Aceptación Exactitud .....	48
Tabla 13. Blancos y Estándar bajo.....	49
Tabla 14. Análisis de Blancos y Patrones de Baja .....	50
Tabla 15. Límites del método .....	51
Tabla 16. Análisis estadístico de patrones y muestras analista 1 .....	51
Tabla 17. Análisis de reproducibilidad .....	64
Tabla 18. Análisis estadístico para evaluación de aceptación del sesgo.....	70
Tabla 19. Fuentes de incertidumbre de la medición .....	72
Tabla 20. Resultados de la verificación del método .....	73

Tabla 21. Resultados obtenidos análisis de blancos y patrones en NTU.....	75
Tabla 22. Análisis de Blancos y Estándares de Baja .....	76
Tabla 23. Límites del método.....	76
Tabla 24. Análisis estadístico de patrones y muestras Analista 1 .....	77
Tabla 25. Análisis estadístico de patrones y muestras ANALISTA 2 .....	82
Tabla 26. Análisis de Repetibilidad Analista 1 .....	88
Tabla 27. Análisis de Repetibilidad Analista 2 .....	90
Tabla 28. Análisis estadístico para evaluación de aceptación del sesgo.....	96
Tabla 29. Fuentes de incertidumbre de la medición .....	97
Tabla 30. Resultados de la verificación del método .....	98

## Lista de figuras

Ilustración 1. Metodología de Trabajo .....	32
Ilustración 2. Repetibilidad Analista 1 .....	62
Ilustración 3. Repetibilidad Analista 2.....	63
Ilustración 4. Reproducibilidad Analista 1.....	65
Ilustración 5. Reproducibilidad Analista 2.....	67
Ilustración 6. Análisis de % Error entre analistas .....	68
Ilustración 7. Correlación de Concentraciones entre analistas.....	69
Ilustración 8 Análisis de Repetibilidad Analista 2.....	89
Ilustración 9. Reproducibilidad Analista 1.....	91
Ilustración 10. Reproducibilidad Analista 2.....	93
Ilustración 11. Porcentaje de Error entre Analistas.....	94
Ilustración 12. Correlación de Concentraciones entre analistas.....	95

## Abreviaturas

EDTA Ácido Etildiaminotetraacético.

IBAL S.A E.S.P Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado.

IEC Comisión Electrotécnica Internacional

ISO Organización Internacional de Normalización.

MAVDT Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

NTC Norma Técnica Colombiana.

ONAC Organismo Nacional de Acreditación de Colombia.

PICCAP Programa Interlaboratorio Control Calidad Agua Potable.

SENA Servicio Nacional de Aprendizaje.

UNICEF Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.

ANOVA Análisis de Varianza

## Resumen

El presente proyecto tiene como objeto implementar un plan de validación de los métodos analíticos de dureza total y turbiedad, para el laboratorio de control de calidad de agua “Luis Eduardo de León Caicedo” de la Empresa oficial de Acueducto y Alcantarillado del municipio de Ibagué IBAL S.A E.S.P, con el fin de solicitar la acreditación ante un organismo competente que verifique el cumplimiento de la norma ISO 17025:2005. Las muestras se tomaron en el laboratorio de calidad del agua del IBAL en el mes de septiembre del 2015.

En su desarrollo se verificaron los parámetros de características, instrumentos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua. enmarcados dentro del Decreto 1575 de 2007 y la Resolución 2115 de junio de 2007 del Ministerio De Salud y del MAVDT (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial).

En la validación de los métodos analíticos de turbiedad, dureza total en agua tratada y cruda, se realizó la estimación de los límites, precisión, exactitud e incertidumbre a través de métodos ya estandarizados (Standards Methods). En el trabajo de hace un aporte a la a la implementación del sistema de gestión de calidad del laboratorio de la empresa ibaguereña de acueducto y alcantarillado IBAL S.A E.S.P.

**Palabras Claves:** Validación, Dureza Total, Turbiedad.

### **Abstract**

This project aims to implement a plan of validation of the analytical methods of total hardness and turbidity, water quality control laboratory "Luis Eduardo de León Caicedo" the official company's aqueduct and sewer authority of the municipality of Ibagué IBAL S.A E.S.P, in order to apply for accreditation to a competent body which verifies compliance with the standard ISO 17025:2005. The samples were taken in the Ibal water quality laboratory in september of 2015.

Parameters properties, instruments and frequencies of the system of control and monitoring for water quality were checked in its development, framed within the Decree 1575 2007 and resolution 2115 June 2007 of the Ministry of health and the Ministry (Ministry of environment, housing and Territorial Development).

Validation of analytical methods for turbidity, total hardness in raw and treated water, limits, precision, accuracy and uncertainty estimation was made through already standardized methods (Standards Methods). In the work of makes a contribution to the implementation of the system of quality management of the laboratory of the Ibagué company of water supply and sewerage IBAL S.A E.S.P.

**Keywords:** Validity, total hardness, turbidity

## **Introducción**

El agua potable debe cumplir con una serie de requisitos establecidos por normas de calidad específicas, en relación con distintos parámetros, de manera que no causen perjuicio a la salud de las personas que la consumen.

Por tanto, el laboratorio de control de calidad Luis Eduardo de León Caicedo de agua del IBAL S.A E.S.P oficial, realiza el análisis del agua con el objetivo fundamental de formar una opinión acerca de la calidad de dicho recurso; y con base a los resultados llevar a cabo las respectivas acciones legales y disciplinarias.

Para el aseguramiento de la calidad, el laboratorio pretende realizar la validación del método analítico para la determinación de turbidez y dureza total, con el fin de confirmar que se cumple con los requisitos particulares para el uso específico del método en estudio, siguiendo las condiciones del laboratorio y generando resultados confiables.

Además, se pretende que esta validación sirva de base para una futura solicitud, ante un organismo acreditador, que certifique el cumplimiento del laboratorio bajo lo establecido en la norma ISO 17025:2005 para los laboratorios de ensayo.



## **Formulación del problema**

Las empresas prestadoras de servicios públicos, como acueductos, en sus laboratorios de análisis de agua tratada y cruda para consumo humano deben cumplir con los requisitos enmarcados dentro de la resolución 2115 de junio de 2007 del Ministerio de Salud y del MAVDT (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial) en el cual se señalan las características, instrumentos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua. En el laboratorio de la planta de tratamiento del IBAL E.S.P, con el fin de garantizar la calidad del servicio a sus usuarios en análisis fisicoquímicos de agua y tener un desarrollo satisfactorio, se debe dar cumplimiento a los organismos de acreditación para laboratorios de ensayo, como: el programa de Inter-laboratorios de control de calidad de agua potable (PICCAP) del instituto nacional de salud exigencia del ( artículo 7 numeral 3 y 5 del decreto 1575 de 2007) dentro de la resolución 2115 de 2007 y solicitar la acreditación ante el organismo correspondiente, en este caso ONAC, bajo la norma ISO 17025:2005 en la cual se debe garantizar la calidad del agua, basados en análisis fisicoquímicos de dureza total y turbiedad, por medio de la validación acorde al Decreto 1575 de 2007 resolución 2115. Debido a que los análisis de los métodos anteriormente mencionados deben ser confiables para cumplir con lo estipulado en el Decreto 1575 de 2007 resolución 2115, en el cual se expiden las normas técnicas de calidad del Agua potable para consumo humano, la metodología en los análisis efectuados tiene que ser validada para estimar el nivel de confianza y otras medidas estadísticas que reflejen la buena calidad de los resultados de los análisis fisicoquímicos del IBAL S.A E.S.P.

## **Justificación**

El IBAL E.S.P, a través de su laboratorio Luis Eduardo de León Caicedo de control de calidad del agua, pretende brindar un mejor servicio a sus clientes por medio de procesos óptimos en sus análisis, como en la trazabilidad que realiza a las muestras recibidas o cadena de custodia, que permitan garantizar a sus usuarios y clientes (servicio de extensión) la idoneidad en sus resultados y en el desempeño técnico del analista de laboratorio.

La validación de los métodos de análisis para las técnicas de turbiedad y dureza total en el agua, tratada y cruda, son una necesidad pertinente ya que permite brindar confianza en sus resultados al ofrecer precisión, exactitud, repetitividad y reproducibilidad a través de métodos ya estandarizados (Standard Methods).

La importancia del presente trabajo se basa en la fiabilidad de los métodos a utilizar, y los beneficios que estos puedan aportar, permitiendo un servicio más idóneo y así, incentivar a un nuevo análisis; debido a que el método será, además de beneficioso al laboratorio en términos económicos, verificado.

## **Alcance**

Este trabajo abarca la documentación requerida para la validación de las metodologías analíticas físico-químicas aplicadas, desarrolladas en las técnicas de dureza total y turbiedad, basados en los parámetros y requisitos bajo el Decreto 1575 de 2007 resolución 2115 en el cual se expiden las Normas Técnicas de Calidad del Agua potable para consumo humano para todo el territorio Nacional, en busca de que el laboratorio de control de calidad de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado del municipio de Ibagué IBAL S.A E.S.P oficial opte por una certificación ante la ONAC (Organismo Nacional de acreditación de Colombia) de la norma NTC ISO/IEC 17025:2005 (requisitos generales para competencia de los laboratorios de ensayo y calibración).

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Elaborar el plan de implementación de la validación de las metodologías analíticas aplicadas y desarrolladas en las técnicas de dureza y turbiedad siguiendo las normas del Sistema De Gestión del Laboratorio de Aseguramiento de la Calidad de Agua de la Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado IBAL S.A E.S.P.

### **Objetivos específicos**

Verificar la veracidad de las metodologías de dureza total y turbiedad empleadas en el laboratorio de aseguramiento de la calidad de agua de la Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado IBAL S.A E.S.P basados en Decreto 1575 de 2007 resolución 2115.

Documentar los procedimientos y requisitos técnicos obligatorios establecidos por los métodos estandarizados edición 22 (Standard Methods) para las pruebas de dureza total y turbiedad.

Formular y desarrollar un plan de validación, con base en los Standard Methods, de los procedimientos que se realizan en el IBAL S.A E.S.P, para ser presentado ante el ente acreditador, ONAC (Organismo Nacional de Acreditación Colombiana).

Contribuir a la implementación técnica y mejora de los procesos de calidad del laboratorio para la solicitud de visita ante un organismo acreditador y bajo el seguimiento de la norma ISO 17025 de 2005.

## Marco Teórico

En el sentido de productos químicos los suministros de agua no son puros como sucede con el agua destilada, desionizada. Desde los primeros tiempos de la química, se conocía al agua como el disolvente universal debido a su capacidad para disolver lentamente cualquier cosa con la que llegara a estar en contacto, desde gases hasta rocas (N.F.GRay).

La calidad del agua puede definirse (Orellana, 2005) como el grado en el cual se ajusta a los estándares físicos, químicos y biológicos fijados por normas nacionales e internacionales. Se hace indispensable conocer los requisitos de calidad para cada uso a fin de determinar si se requiere tratamiento y qué procesos se deben aplicar para alcanzar la calidad deseada, recordando el hecho de que el agua pura no existe en la naturaleza; se habla de agua de calidad, cuando sus características la hacen aceptable para un cierto uso, por ejemplo, un agua que no sirve para beber, puede servir para riego.

El conocimiento de las propiedades del agua derivadas de estas características es fundamental para valorar los posibles inconvenientes y perjuicios que su utilización pudiera ocasionar en sus consumidores (Idarraga, s.f). Los estándares de calidad también se usan para vigilar los procesos de tratamiento y corregirlos de ser necesario.

El agua para consumo humano no debe contener microorganismos patógenos, ni sustancias tóxicas o nocivas para la salud, la calidad del agua no debe deteriorarse ni caer por debajo de los límites establecidos (UNICEF); siendo responsabilidad de la entidad prestadora del servicio público de acueducto controlar la calidad del agua que llega a cada vivienda.

Para cuantificar la calidad del agua se verifican un conjunto de características físicas, químicas y biológicas, las cuales se definen a continuación

### **Características físicas del agua**

Son aquellas que se pueden detectar con los sentidos, lo cual implica que tiene incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua. Las características físicas son la turbiedad, el color, el sabor, el olor y la temperatura.

**Turbiedad.** Es la interferencia al paso de la luz, producida por materia muy fina en suspensión y que da un aspecto desagradable al agua, mancha la ropa, puede afectar los alimentos y hace al agua sospechosa de contaminación. **Es** un parámetro amplio usado alrededor del mundo para describir la calidad del agua. El flujo de agua a través de la superficie terrestre puede ocasionar contaminación en los cuerpos de agua mediante el transporte de contaminantes, pertenecientes a animales, humanos y del terreno, lo que puede llevar a un aumento en la turbiedad en el cuerpo de agua superficial (Beneyto, 2009).

La turbiedad puede presentarse también por:

Arcillas, sílice, azufre.

Por carbonato de calcio precipitado en las aguas duras.

Por el hidróxido de aluminio en las aguas tratadas.

Por el hidróxido férrico.

Por organismos microscópicos.

## Características químicas

Dureza total. El término dureza se refiere a la concentración total de iones alcalinotérreos que hay en el agua. Como la concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , de ordinario, de mucho mayor que la de los otros iones alcalinotérreos, la dureza prácticamente es igual a  $[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$ . La dureza se expresa, por lo general, por el número equivalente de miligramos de  $\text{CaCO}_3$  por litro (Harris, 2007). La cantidad de minerales que se encuentran difieren de forma significativa y según la variación de concentración de minerales encontrados en el agua describe el agua como “dura” o “blanda”.

**Tabla 1. Clasificación de dureza total**

Concentración mg $\text{CaCO}_3/\text{L}$	Clasificación
0-75	Blanda
75 – 150	Moderadamente
150 - 300	Dura

Fuente: Ministerio de Salud

## Efectos a la salud del agua con dureza inaceptable

No son muchos los riesgos del agua dura en la salud como lo confirman Henry y Heinke (1999), pero si puede afectar el gusto en los humanos y crear a los consumidores problemas domésticos en la infraestructura de las tuberías. No obstante, cualquier descontrol de los

parámetros fisicoquímicos en el agua puede, de algún modo, afectar la salud humana y proceder a posteriores enfermedades por su consumo prolongado.

Mora et al. (2000) reportaron una relación entre los cálculos en las vías urinarias y su relación con el consumo de calcio en el agua de bebida en Costa Rica, deduciendo que al consumir prolongadamente aguas con concentraciones mayores de 120 mg/l de CaCO<sub>3</sub> se podrían presentar riesgos para quienes padezcan este tipo de enfermedades.

### **Método de análisis de dureza total**

La dureza total en agua se puede determinar por los siguientes métodos (STANDARD METHODS):

Cálculo de dureza: aplicable a todas las aguas; proporciona una gran exactitud, si se realiza un análisis mineral, puede informarse del cálculo de dureza a partir de las valoraciones aisladas de calcio y magnesio (Harris, 2007), utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{CaCO}_3/\text{L} = 2,497(\text{Ca}, \text{mg/L}) + 4,118(\text{Mg}, \text{mg/L})$$

### **Método titulométrico (complexométrico) EDTA:**

Mide los iones calcio y magnesio y puede aplicarse, con las debidas modificaciones a cualquier clase de agua, este procedimiento facilita un medio de análisis rápido.



Para su determinación se realiza una valoración complexométrica con EDTA y negro de eriocromo T a pH 10 en medio amoniacal tamponado de la concentración total de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  (Harris, 2007).

Calculándose con la siguiente ecuación:

$$\text{CaCO}_3/\text{L} = (\text{V (mL) titulante} \times \text{C (mg/L) titulante}) / (\text{V (mL) de muestra}).$$

### **Fundamento en la valoración complexométrica EDTA para la determinación de dureza total.**

Esta técnica analítica es utilizada para la determinación de la dureza total carbonada en el agua, este método de valoración complexométrica EDTA, se basa en la determinación de los cationes metálicos  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , a soluciones tamponadas a valor de pH 10 con solución amoniacal para controlar las interferencias y posterior titulación con solución EDTA, la cual compleja estos cationes formando una coloración que permite el reconocimiento y cuantificación de los cationes responsables de la dureza en el agua. El EDTA es un reactivo notable no solo porque forma quelatos con todos los cationes, salvo los alcalinos, sino también porque muchos de los quelatos son estables para llevar a cabo valoraciones, esa considerable estabilidad resulta de los diversos sitios complejantes de la molécula que dan lugar a una estructura en forma de jaula, en la que el catión queda rodeado de manera efectiva y aislado de la molécula disolvente (Skoog, s.f.).

### **Características biológicas**

Existen gran variedad de bacterias que se encuentran en la naturaleza y las que se hallan en el agua son de importancia sanitaria. El agua suele contener parásitos, bacterias, virus y protozoos que se descargan en el agua producto de la contaminación, estas bacterias patógenas causan enfermedades al hombre y a los animales.

Entre las enfermedades adquiridas por consumo de agua con organismos patógenos son la fiebre tifoidea, la disentería, el cólera, diarrea o gastroenteritis y erupciones cutáneas. (SENA, 1999)

### **Marco Legal**

En Colombia la norma estipulada para la calidad del Agua está regida por la Resolución 2115, en la que se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, donde se menciona el valor máximo aceptable para la turbidez cuya información se encuentra en el artículo 2o del mencionado decreto, que cita:

#### **Artículo 2º.- Características Físicas.**

El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación:

**Tabla 2. Características físicas**

<b>Características físicas</b>	<b>Expresadas como</b>	<b>Valor Máximos aceptables</b>
<b>Color aparente</b>	Unidades de platinos cobalto (UPC)	15
<b>Olor y sabor</b>	Aceptable o no aceptable	Aceptable
<b>Turbiedad</b>	Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución número 2115 (2007)

Artículo 7° Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.

**Tabla 3. Características Químicas que tienen mayores consecuencias**

<b>Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico</b>	<b>Expresadas como</b>	<b>Valor máximo aceptable (mg/L)</b>
<b>Calcio</b>	Ca	60
<b>Alcalinidad Total</b>	CaCO <sub>3</sub>	200
<b>Cloruros</b>	Cl <sup>-2</sup>	250
<b>Aluminio</b>	Al <sup>+3</sup>	0.2
<b>Dureza Total</b>	CaCO <sub>3</sub>	300
<b>Hierro Total</b>	Fe	0.3
<b>Magnesio</b>	Mg	36
<b>Manganeso</b>	Mn	0.1
<b>Molibdeno</b>	Mo	0.07
<b>Sulfato</b>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	250
<b>Zinc</b>	Zn	3
<b>Fosfato</b>	PO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	0.5

Fuente: Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Resolución número 2115. (2007)

### **Acreditación en Colombia:**

La acreditación, según el decreto 2269/93 es el proceso mediante el cual se reconoce la competencia técnica y la idoneidad de organismos de certificación e inspección, laboratorios de ensayo y metrología.

### **Marco Referencial**

El Laboratorio de Control de Calidad se encarga de garantizar el cumplimiento de las disposiciones legales (Decreto 1575 de 2007 resolución 2115) con el cual se expiden las normas técnicas de calidad del Agua potable para todo el territorio Nacional y Evaluar las condiciones de calidad del Agua suministrada a los usuarios, garantizando el consumo seguro sin producir efectos adversos para la salud (IBAL, 2011).

El laboratorio de aseguramiento de la calidad del agua del IBAL realiza análisis al agua cruda y tratada para el consumo humano, de tipo fisicoquímico y microbiológico dentro de unos parámetros reglamentados por la resolución 2115 de junio 22 del 2007 del ministerio de la protección social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial en la cual se informan los valores máximos permitidos para los análisis realizados. El laboratorio se encuentra inscrito en el programa de inter-laboratorios de control de calidad de agua potable (PICCAP) del Instituto Nacional de Salud (artículo 7 del decreto 1575 de 2007).

El laboratorio cuenta con un espacio físico con áreas separadas y se encuentra dividido en un área administrativa, donde se recensionan y/o entregan las muestras además de todo lo referido a documentación adjunta al mismo, los laboratorios para el análisis fisicoquímico y microbiológico de ensayo de análisis de agua para consumo son independientes, un área de lavado y un camerino para el personal (IBAL, 2011).

Cuenta con 20 Años de experiencia en la realización de análisis físico químicos y microbiológicos de aguas son garantía de confiabilidad y calidad.

El laboratorio de control de calidad de la empresa se convierte en la principal herramienta para garantizar la calidad del agua suministrada a los ibaguereños.

Desarrolla un programa de monitoreo de la calidad del agua antes de sus tratamiento, durante el proceso y su distribución a toda la ciudad. Diariamente se toman muestras en los diferentes puntos concertados con la secretaria de salud municipal, con el propósito de valorar sus condiciones fisicoquímicas como son dureza total y turbiedad (IBAL, 2011).

El laboratorio de aseguramiento de la calidad del agua tiene como misión y visión para brindar calidad de servicio a los ibaguereños.

#### Misión

Verificar mediante pruebas de laboratorio, que el proceso de potabilización fue correctamente efectuado y que la calidad del agua se conserva a lo largo de la red de distribución.

#### Visión

Seremos un laboratorio que garantice tanto a la empresa como a sus usuarios, la confianza en los resultados y por ende en calidad del elemento necesario para la supervivencia: el agua potable es vida.

Dentro de los tipos de agua que se consideran en el laboratorio son:

**Agua cruda:** es aquella a la que no se le ha realizado ningún tratamiento como el agua de los ríos, quebradas, del acueducto, es decir que no se ha recibido ningún procedimiento para su potabilización.

**Agua tratada:** es el agua a la que se le realiza el tratamiento en la planta de potabilización, donde se adicionan desinfectantes y coagulantes para eliminar todas las impurezas y bacterias que contiene.

**Agua potable:** es el agua que no implica ningún riesgo para la salud del consumidor y no produce daños en los bienes materiales.

**Agua contaminada:** es el agua que ha recibido bacterias o sustancias tóxicas que la hacen inadecuada para la bebida y el aseo corporal, aunque su apariencia sea la de agua limpia.

**Tabla 4. Personal del laboratorio**

<b>Jefe Grupo Aseguramiento de Calidad de Agua</b>	<b>Técnico Analista</b>
	Analista Laboratorio I
	Analista Laboratorio II

Fuente: Grupo aseguramiento de la calidad –IBAL-

## **Metodología**

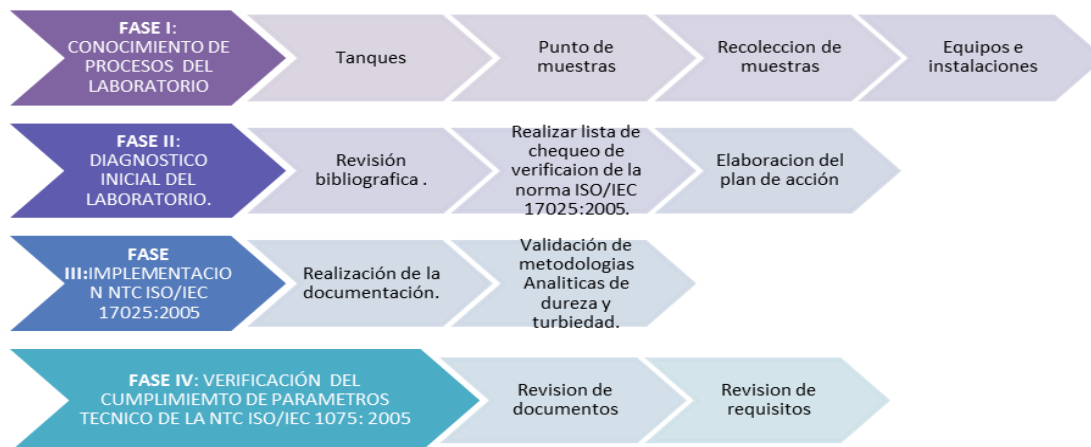
Los ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de calidad de agua IBAL, en el mes de septiembre.

En la primera fase se realizó el conocimiento de los procesos y sistemas recopilando información sobre las técnicas de dureza total y turbiedad realizadas por el laboratorio de calidad del IBAL, en esta fase se incluye conocimiento de los siguientes sistemas de tanques, puntos de muestreos e infraestructura del laboratorio, equipos y materiales.

Teniendo en cuenta las técnicas implementadas se da inicio a la revisión de la documentación existente en el laboratorio y se realizara una lista de chequeo del cumplimiento de los requisitos establecidos NTC ISO/IEC 1075: 2005, verificando las deficiencias y/o fortalezas relacionadas a lo establecido por la NTC (Ver Anexo 1).

Una vez obtenida la lista de chequeo y el conocimiento de la técnica dureza total y turbiedad aplicada en el laboratorio se da inicio al plan de validación (Ver Anexo 3. Plan de validación de dureza total y de turbiedad)

### Ilustración 1. Metodología de Trabajo



Fuente: autoría propia

### Verificación de métodos

Se debe verificar el desempeño de los métodos estandarizados, los métodos estandarizados usados fuera del alcance propuesto, y las ampliaciones o modificaciones de métodos estandarizados. Los métodos de análisis se verifican en cualquiera de los siguientes casos:

- ✓ Para verificar que el método es adecuado para su aplicación en el laboratorio.
- ✓ Cuando se incorporan mejoras al método o se amplía su alcance para matrices complejas.
- ✓ Cuando el control de calidad o las pruebas de evaluación de desempeño indican que el rendimiento del método es deficiente.
- ✓ Cuando es indispensable el cambio de un equipo que afecte la calidad de los resultados.
- ✓ Cuando se realizan cambios en los métodos ya validados y/o verificados y la evaluación de tales cambios, debidamente documentada, indica que se debe verificar su influencia en el método.



Los parámetros de verificación para cada método dependen del principio físico o químico de la medición, ya que algunas variables no pueden ser cuantificadas porque no aplican o porque no existe un patrón de comparación confiable.

### **Programación de Ensayos**

Antes de iniciar la etapa experimental se debe elaborar un plan detallado en que se definan los ensayos a realizar, con el fin de conseguir y alistar todos los equipos, materiales, insumos, muestras y estándares necesarios para la verificación completa (Ver Anexo 4: Equipos y Reactivos).

Los ensayos para establecer el intervalo de trabajo y el límite de detección se deben ejecutar antes de los demás ensayos.

Los valores de cantidad o concentración de analito a ser analizados en las verificaciones se establecen con base en el intervalo de aplicación del método, los valores usuales de las muestras y la información bibliográfica.

Los ensayos para evaluar precisión, exactitud y recuperación se ejecutan durante varios días, preferiblemente consecutivos, según la posibilidad de cada método y la estabilidad del analito.

Una vez terminada la verificación, el analista encargado elabora un informe detallado con los resultados de todo el proceso, para ser aprobado por el Director de Laboratorio mediante la firma de la declaración de conformidad del método (Ver anexo 2 Datos de determinación de dureza total).

## Plan de Validación para Dureza Total SM 2320C

*Tabla 5. Plan de Validación para Dureza Total SM 2320C*

<b>1. Alcance de la Validación</b>		
<b>Parámetro:</b>	Dureza Total	
<b>Método:</b>	Método Complexométrico - SM 2340 C Ed. 22	
<b>Unidades:</b>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	
<b>Matriz:</b>	Agua Cruda, Agua Filtrada 1500, Red de Distribución	
<b>Variables a Cuantificar:</b>	Volumen consumido del titulante.	
<b>Rango de Trabajo:</b>	LC - 350 mg/L	
<b>2. Muestras (según la tabla 2010 I y 2010 II del SM ed. 22 se deben trabajar)</b>		
<b>Denominación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Concentración/ Muestra</b>
Blanco	Agua libre de dureza	****
Estándar Bajo (Eb)	Estándar de concentración cercana al LC	5, 10, 25 mg/L
Estándar medio (Em)	Estándar de concentración aproximada al 50% del rango de trabajo	150 mg/L
Estándar alto (Ea)	Estándar de concentración aproximada al 90% del rango de trabajo	350 mg/L
M1	Muestra Natural de Agua Cruda	****
M2	Muestra Natural Agua Filtrada 1500	****

M3	Muestra Natural Red de distribución	****
<b>3. Materiales, Equipos y Reactivos</b>		
<b>Insumo</b>	<b>Descripción</b>	
Materiales	Pipeta Volumétrica de 10 mL tolerancia 0,1 ml SERVIMETERS S.A MARCA SILBER BRAND MODELO ETERNA SMVV 2942.2014	
	Balón aforado de 250 mL tolerancia 0,15 ml MARCA SCHOT BRAND	
	Celda para turbidímetro	
Equipos	Turbidímetro CAT 2084900/6 MARCA HACH MODELO 2100N No. DEL SERIAL: 11100C028008 SMVV 0041.2014 SERVIMETERS S.A	
Reactivos	Formazin suspensión, patrón primario MARCA HACH CAT 2659701 LOTE A 4031 >1 UNT FECHA DE EXPIRACION APRIL 2015  LOTE A 4020 PARA EL DE 200UNT  LOTE A 4014 PARA EL DE 400 UNT	

Fuente: Propia

**Diseño Experimental****Intervalo lineal y selectividad**

- a. Ensayos a realizar

No aplica para el método puesto que ya se cuenta con relación entre las variables.

## Límites

### a. Ensayos a realizar

- Límite de Detección: Analizar de 6 a 10 blancos o estándares diferentes, medidos una vez cada uno.
- Límite de Cuantificación: Analizar de 6 a 10 estándares de baja concentración sucesivamente mayores entre sí (mínimo dos) y se calcula el respectivo límite de confianza del 95%, hasta encontrar la concentración para la cual el coeficiente de variación y/o el porcentaje de error cumplen el criterio establecido como máximo aceptable.

### a. Cálculos

*Tabla 6. Cálculo de los límites*

<b>Límite Crítico (LC)</b>	<b>LC = 1,645*S</b>
<b>Límite de Detección (LOD)</b>	<b>LOD = 3,29*S</b>
<b>Límite de Cuantificación (LQD)</b>	<b>LQD = 10*S</b>

Fuente: Propia

### b. Criterio de Aceptación

En el cálculo de los límites se debe cumplir que  $LC < LOD < LQD$

## Precisión (como repetibilidad y reproducibilidad)

La repetibilidad y la reproducibilidad dependen generalmente de la concentración del analito y se deben determinar para diferentes concentraciones, estableciendo, cuando sea relevante, la relación entre la concentración y el coeficiente de variación.

A partir de las desviaciones estándar de repetibilidad ( $s_r$ ) y reproducibilidad ( $s_R$ ) se calculan los límites de repetibilidad,  $r$ , y de reproducibilidad,  $R$ , que permiten saber si la diferencia entre análisis duplicados es significativa, en las respectivas condiciones.

#### **a. Ensayos a realizar**

Para Repetibilidad:

Analizar mínimo 3 réplicas de las muestras naturales y estándares definidos bajo las mismas condiciones, el mismo día de trabajo y el mismo analista.

Para Reproducibilidad:

Analizar mínimo 3 réplicas de las muestras naturales y estándares definidos (las mismas trabajadas en la repetibilidad) bajo las siguientes condiciones, cuando sea aplicable:

- ✓ Diferentes analistas con el mismo equipo en diferentes periodos de tiempo.
- ✓ Diferentes analistas en diferentes equipos en diferentes periodos de tiempo.
- ✓ El mismo analista con el mismo equipo en diferentes periodos de tiempo (mínimo dos días diferentes).

Los ensayos de exactitud y recuperación repetidos bajo las mismas condiciones hacen parte de la evaluación de la precisión.

## b. Cálculos

Calcular la desviación estándar,  $s$ , y el coeficiente de variación, CV:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$CV = \frac{s \times 100}{\bar{x}}$$

CV = coeficiente de variación

$n$  = número total de datos que forman una serie (tamaño de muestra)

$s$  = desviación estándar de una serie finita de datos

$\bar{x}$  = valor promedio de una serie finita de datos

$x_i$  = cada valor de una serie de mediciones repetidas

Hacer gráficas de coeficiente de variación contra concentración y de desviación estándar contra concentración, con todos los resultados obtenidos, para establecer su mutua relación en todo el intervalo de trabajo. En ocasiones en éste tipo de gráficas se identifica algún factor de proporcionalidad entre la concentración y la precisión, o incluso constancia en todo el intervalo, que sirven como una expresión global del método.

## c. Criterio de Aceptación

*Tabla 7. criterios de aceptación repetibilidad*

Parámetro	Criterio de aceptación	Nivel de desempeño
Coeficiente de variación	$\leq 25\%$	Satisfactorio
Error relativo	$\leq 10\%$	Satisfactorio

Fuente: Laboratorio Luis Eduardo De León Caicedo

## Exactitud como sesgo

La aplicación de un método de análisis involucra un sesgo combinado, causado por el sesgo propio del método (que surge de errores sistemáticos inherentes a él) y por el sesgo del laboratorio (que surge de errores sistemáticos característicos del laboratorio).

### a. Ensayos a realizar

Analizar varias réplicas de los estándares definidos.

*Nota: Estos análisis ya se han realizado para las pruebas de precisión, es necesario tener mínimo 12 datos entre todos los analistas y días de trabajo.*

### b. Cálculos

Calcular el porcentaje de error relativo:

$$\%E = \frac{C_{\text{exp}} - C_{\text{real}}}{C_{\text{real}}} \times 100$$

%E = error relativo porcentual  
C<sub>exp</sub> = concentración leída experimentalmente  
C<sub>real</sub> = concentración esperada

Hacer una gráfica de error relativo contra concentración, con todos los resultados obtenidos, para establecer su mutua relación en todo el intervalo de trabajo.

Para determinar la aceptabilidad del sesgo, realizar cálculo de la t-student por la siguiente formula:

$$t_{cal} = \frac{x - \bar{x}}{s * \sqrt{n}}$$

$x$  es el valor esperado

$\bar{x}$  es el valor promedio obtenido

$s$  es la desviación estándar de los datos

$n$  es el número de datos

### c. Criterio de Aceptación

*Tabla 8. Criterio de Aceptación Exactitud*

Parámetro	Criterio de aceptación	Nivel de desempeño
Error relativo	$\leq 10\%$	Satisfactorio
t de student	$t_{cal} < t_{tab}$	Satisfactorio

Fuente: Laboratorio Luis Eduardo De León Caicedo

### Exactitud como recuperación

Según especificaciones del estándar método ed. 22 en control de calidad, no se presentan muestras adicionales en este método normalizado.

### Otras variables aplicables para validación de métodos



Los parámetros de selectividad, especificidad y robustez no se evalúan usualmente en la verificación de métodos normalizados, sino que son de obligatoria aplicación para las validaciones como tal. La información proporcionada a continuación es solamente ilustrativa, porque en estos casos se deben definir y aplicar diseños experimentales estadísticos multivariados.

### Plan de Validación para Turbidez SM 2130B

*Tabla 9. Plan de Validación para Turbidez SM 2130B*

<b>1. Alcance de la Validación</b>		
<b>Parámetro:</b>	Turbiedad	
<b>Método:</b>	Método Nefelométrico - SM 2130 B Ed. 22	
<b>Unidades:</b>	NTU	
<b>Matriz:</b>	Agua Cruda, Agua Filtrada 1500, Red de Distribución	
<b>Variables a Cuantificar:</b>	NTU	
<b>Rango de Trabajo:</b>	LC – 400 NTU	
<b>2. Muestras (según la tabla 2010 I y 2010 II del SM ed. 22 se deben trabajar)</b>		
<b>Denominación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Concentración/ Muestra</b>
Blanco	Agua destilada	****
Estándar Bajo (Eb)	Estándar de concentración cercana al LC	0,1 – 0,5 – 1,0 NTU
Estándar medio (Em)	Estándar de concentración aproximada al 50% del rango de trabajo	20 – 200 NTU

Estándar alto (Ea)	Estándar de concentración aproximada al 90% del rango de trabajo	400 NTU
M1	Muestra Natural de Agua Cruda	****
M2	Muestra Natural Agua Filtrada 1500	****
M3	Muestra Natural Red de distribución	****
<b>2. Muestras (según la tabla 2010 I y 2010 II del SM ed. 22 se deben trabajar)</b>		
<b>Denominación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Concentración/ Muestra</b>
Blanco	Agua libre de dureza	****
Estándar Bajo (Eb)	Estándar de concentración cercana al LC	5, 10, 25 mg/L
Estándar medio (Em)	Estándar de concentración aproximada al 50% del rango de trabajo	150 mg/L
Estándar alto (Ea)	Estándar de concentración aproximada al 90% del rango de trabajo	350 mg/L
M1	Muestra Natural de Agua Cruda	****
M2	Muestra Natural Agua Filtrada 1500	****
M3	Muestra Natural Red de distribución	****
<b>3. Materiales, Equipos y Reactivos</b>		
<b>Insumo</b>	<b>Descripción</b>	
Materiales	Erlenmeyer de 250 mL SMVV2943.2014 MARCA SIMAX	
	Probeta de 100 mL SMVV2945.2014 tolerancia del 95,45% SILBER BRAND	
	Pipeta Volumétrica de 1 mL tolerancia 0,01ml SILBER BRAND	

	Pipeta Volumétrica de 10 mL tolerancia 0,1 ml SILBER BRAND
Equipos	Macropipeteador Marca ACCU-JET PRO BRAND serial No.0313007 Titulador digital TITRATOR DIGITAL MARCA HACH MODELO 16900, serial: 11070006772 23800, ANDIA 22_8_11
Reactivos	Solución Buffer Hardness MARCA HACH CAT 424-49 LOTE No.A2081 FECHA DE EXPIRACION: SEPTIEMBRE DE 2016  EDTA TETRASODIUM SALT 0.800+- 0.004M MARCA HACH CAT14399-01 LOTE No.A4293 FECHA DE EXPIRACION: APRIL 2017  Hidróxido de amonio u Solución de amonio  Indicador MANVER 2 HARDNESS INDICATOR CAT 851-99 LOTE No. A3106 EXPIRACION: APRIL 2018

Fuente: Propia

#### 4. Diseño Experimental

#### **INTERVALO LINEAL Y SELECTIVIDAD:**

##### b. Ensayos a realizar

No aplica para el método puesto que ya se cuenta con relación entre las variables.

#### **Límites**

##### b. Ensayos a realizar

- Límite de Detección y cuantificación: Analizar de 6 a 10 blancos, medidos una vez cada uno.
- Límite de Cuantificación: Analizar de 6 a 10 estándares de baja concentración sucesivamente mayores entre sí (mínimo dos) y se calcula el respectivo límite de confianza del 95%, hasta encontrar la concentración para la cual el coeficiente de variación y/o el porcentaje de error cumplen el criterio establecido como máximo aceptable.

### c. Cálculos

*Tabla 10. Calculos limites turbiedad*

<b>Límite Crítico (LC)</b>	<b>LC = 1,645*S</b>
<b>Límite de Detección (LOD)</b>	<b>LOD = 3,29*S</b>
<b>Límite de Cuantificación (LQD)</b>	<b>LQD = 10*S</b>

Fuente: propia

### d. Criterio de Aceptación

En el cálculo de los límites se debe cumplir que  $LC < LOD < LQD$

### **Precisión (como repetibilidad y reproducibilidad)**

La repetibilidad y la reproducibilidad dependen generalmente de la concentración del analito y se deben determinar para diferentes concentraciones, estableciendo, cuando sea relevante, la relación entre la concentración y el coeficiente de variación.

A partir de las desviaciones estándar de repetibilidad ( $s_r$ ) y reproducibilidad ( $s_R$ ) se calculan los límites de repetibilidad,  $r$ , y de reproducibilidad,  $R$ , que permiten saber si la diferencia entre análisis duplicados es significativa, en las respectivas condiciones.

#### **d. Ensayos a realizar**

Para Repetibilidad:

Analizar mínimo 3 réplicas de las muestras naturales y estándares definidos bajo las mismas condiciones, el mismo día de trabajo y el mismo analista.

Para Reproducibilidad:

Analizar mínimo 3 réplicas de las muestras naturales y estándares definidos (las mismas trabajadas en la repetibilidad) bajo las siguientes condiciones, cuando sea aplicable:

- ✓ Diferentes analistas con el mismo equipo en diferentes periodos de tiempo.
- ✓ Diferentes analistas en diferentes equipos en diferentes periodos de tiempo.
- ✓ El mismo analista con el mismo equipo en diferentes periodos de tiempo (mínimo dos días diferentes)
- ✓ El mismo analista en diferentes equipos en diferentes periodos de tiempo.

Los ensayos de exactitud y recuperación repetidos bajo las mismas condiciones hacen parte de la evaluación de la precisión.

### e. Cálculos

Calcular la desviación estándar,  $s$ , y el coeficiente de variación, CV:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

CV = coeficiente de variación

$n$  = número total de datos que forman una serie (tamaño de muestra)

$s$  = desviación estándar de una serie finita de datos

$$CV = \frac{s \times 100}{\bar{x}}$$

$\bar{x}$  = valor promedio de una serie finita de datos

$x_i$  = cada valor de una serie de mediciones repetidas

Hacer gráficas de coeficiente de variación contra concentración y de desviación estándar contra concentración, con todos los resultados obtenidos, para establecer su mutua relación en todo el intervalo de trabajo. En ocasiones en éste tipo de gráficas se identifica algún factor de proporcionalidad entre la concentración y la precisión, o incluso constancia en todo el intervalo, que sirven como una expresión global del método.

### f. Criterio de Aceptación

*Tabla 11. Criterio de aceptación turbiedad*

Parámetro	Criterio de aceptación	Nivel de desempeño
Coefficiente de variación	$\leq 25\%$	Satisfactorio

Error relativo	$\leq 10\%$	Satisfactorio
----------------	-------------	---------------

Fuente: Propia

### Exactitud como sesgo

La aplicación de un método de análisis involucra un sesgo combinado, causado por el sesgo propio del método (que surge de errores sistemáticos inherentes a él) y por el sesgo del laboratorio (que surge de errores sistemáticos característicos del laboratorio).

#### d. Ensayos a realizar

Analizar varias réplicas de los estándares definidos.

*Nota: Estos análisis ya se han realizado para las pruebas de precisión, es necesario tener mínimo 12 datos entre todos los analistas y días de trabajo.*

#### e. Cálculos

Calcular el porcentaje de error relativo:

$$\%E = \frac{C_{\text{exp}} - C_{\text{real}}}{C_{\text{real}}} \times 100$$

%E = error relativo porcentual

$C_{\text{exp}}$  = concentración leída experimentalmente

$C_{\text{real}}$  = concentración esperada

Hacer una gráfica de error relativo contra concentración, con todos los resultados obtenidos, para establecer su mutua relación en todo el intervalo de trabajo.

Para determinar la aceptabilidad del sesgo, realizar cálculo de la t-student por la siguiente formula:

$$t_{cal} = \frac{x - \bar{x}}{s * \sqrt{n}}$$

$x$  es el valor esperado

$\bar{x}$  es el valor promedio obtenido

$s$  es la desviación estándar de los datos

$n$  es el número de datos

#### f. Criterio de Aceptación

*Tabla 12. Criterios de Aceptación Exactitud*

Parámetro	Criterio de aceptación	Nivel de desempeño
Error relativo	$\leq 10\%$	Satisfactorio
t de student	$t_{cal} < t_{tab}$	Satisfactorio

Fuente: propia

#### **Exactitud como recuperación**

Según especificaciones del estándar método ed. 22 en control de calidad, no se presentan muestras adicionales en este método normalizado.

#### **Otras variables aplicables para validación de métodos**



Los parámetros de selectividad, especificidad y robustez no se evalúan usualmente en la verificación de métodos normalizados, sino que son de obligatoria aplicación para las validaciones como tal. La información proporcionada a continuación es solamente ilustrativa, porque en estos casos se deben definir y aplicar diseños experimentales estadísticos multivariados.

### Verificación del método de análisis Dureza Total Técnica de Titulación con EDTA Método SM 22 2340 C.

#### Límite de detección y cuantificación

Para este método se analizaron 10 repeticiones de blanco y de los patrones de 5, 10 y 25 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, se procedió como una muestra normal, los datos se muestran en la Tabla 13.

*Tabla 13. Blancos y Estándar bajo*

Analista 1				Analista 2			
BLANCO S	ESTANDARES (mg/L CaCO <sub>3</sub> )			BLANCO S	ESTANDARES (mg/L CaCO <sub>3</sub> )		
	5	10	25		5	10	25
0	4,80	9,60	24,00	0	3,2	9,6	22,4
0	4,80	8,00	22,40	0	6,4	8	22,4
0	6,40	6,40	24,00	0	4,8	8	24
0	3,20	11,20	22,40	0	4,8	8	24
0	3,20	9,60	22,40	0	3,2	9,6	22,4
0	4,80	6,40	24,00	0	4,8	8	22,4
0	3,20	6,40	22,40	0	3,2	9,6	24

0	4,80	8,00	24,00	0	6,4	9,6	22,4
0	4,80	6,40	22,40	0	4,8	9,6	24
0	3,20	9,60	22,40	0	4,8	8	22,4
0	4,80	8,00	24,00	0	4,8	8	22,4
0	6,40	9,60	22,40	0	3,2	8	24
0	3,20	9,60	24,00	0	3,2	6,4	22,4
0	4,80	9,60	24,00	0	3,2	9,6	22,4
0	4,80	9,60	22,40	0	6,4	8	24

Fuente: Resultados de la validación

**Tabla 14. Análisis de Blancos y Patrones de Baja**

ESTADÍSTICA	Analista 1			Analista 2		
	ESTANDARES (mg/L CaCO <sub>3</sub> )			ESTANDARES (mg/L CaCO <sub>3</sub> )		
	5	10	25	5	10	25
<b>S</b>	1,05	1,56	0,83	1,20	0,988	0,811
<b>Varianza</b>	1,09	2,44	0,68	1,434	0,975	0,658
<b>%CV</b>	23,3%	18,3%	3,6%	0,267	11,6%	3,52%
<b>Error,%</b>	10,4%	14,7%	7,4%	10,4%	15%	7,84%

Fuente: Resultados de la validación

Según el análisis estadístico, el patrón de 25 mg/L CaCO<sub>3</sub> cumple con el % error establecido por el laboratorio, por lo tanto los límites se calculan a partir de la desviación estándar de este patrón, presentándose los siguientes resultados:

*Tabla 15. Límites del método*

Analista 1			Analista 2		
<b>LC</b>	1,36	<b>Criterio de Aceptación</b>	<b>LC</b>	1,33	<b>Criterio de Aceptación</b>
<b>LOD</b>	2,73	LC<LOD<LQD	<b>LOD</b>	2,67	LC<LOD<LQD
<b>LQD</b>	8,3	CUMPLE	<b>LQD</b>	8,26	CUMPLE

Fuente: Resultados de la validación

### Precisión por repetibilidad y reproducibilidad

Con los resultados de desviación estándar y el coeficiente de variación de 3 estándares de referencia, se analiza la repetibilidad y la reproducibilidad, como se muestra a continuación:

*Tabla 16. Análisis estadístico de patrones y muestras analista 1*

<b>Patrón</b>	<b>25</b>					
	Concentración (mg/L)	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>
	24,00					
<b>D1 M</b>	22,40	23,47	0,924	0,853	3,94%	6,13%
	24,00					
	22,40					
<b>D1 J</b>	22,40	22,93	0,924	0,853	4,03%	8,27%
	24,00					

	22,40					
<b>D2 M</b>	24,00	22,93	0,924	0,853	4,03%	8,27%
	22,40					
	22,40					
<b>D2 J</b>	24,00	4,80	1,600	2,560	33,33%	4,00%
	22,40					
	24,00					
<b>D3 M</b>	24,00	23,47	0,924	0,853	3,94%	6,13%
	22,40					
<b>Patrón</b>	<b>150</b>					
	Concentración (mg/L)	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>
	147,2					
<b>D1 M</b>	148,8	147,7	0,9238	0,853	0,63%	1,51%
	147,2					
	147,2					
<b>D1 J</b>	148,8	148,3	0,9238	0,853	0,62%	1,16%
	148,8					
	148,8					
<b>D2 M</b>	147,2	147,7	0,9238	0,853	0,63%	1,51%
	147,2					
<b>D2 J</b>	147,2	148,3	0,9238	0,853	0,62%	1,16%

	148,8					
	148,8					
	147,2					
<b>D3 M</b>	148,8	148,3	0,9238	0,853	0,62%	1,16%
	148,8					
<b>Patrón</b>	<b>350</b>					
	Concentración (mg/L)	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>
	348,8					
<b>D1 M</b>	347,2	347,2	1,600	2,560	0,46%	0,80%
	345,6					
	347,2					
<b>D1 J</b>	347,2	347,7	0,924	0,853	0,27%	0,65%
	348,8					
	347,2					
<b>D2 M</b>	348,8	347,7	0,924	0,853	0,27%	0,65%
	347,2					
	348,8					
<b>D2 J</b>	347,2	347,2	1,600	2,560	0,46%	0,80%
	345,6					
	347,2					
<b>D3 M</b>	348,8	347,7	0,924	0,853	0,27%	0,65%

---

 347,2
 

---



---

**M1 Cruda**


---

	Concentración (mg/L)	Promedio	S	Varianza	%CV
	82,56				
<b>D1 M</b>	81,28	82,1	0,739	0,546	0,90%
	82,56				
	82,56				
<b>D1 J</b>	83,2	82,4	0,891	0,794	1,08%
	81,44				
	82,56				
<b>D2 M</b>	83,2	82,8	0,370	0,137	0,45%
	82,56				
	82,56				
<b>D2 J</b>	82,56	82,6	0,000	0,000	0,00%
	82,56				
	81,44				
<b>D3 M</b>	81,28	81,8	0,697	0,486	0,85%
	82,56				

---

**M2 Filtrada 1500**


---

	Concentración (mg/L)	Promedio	S	Varianza	%CV
	83,2				
<b>D1 M</b>	82,4	82,9	0,462	0,213	0,56%
	83,2				
	83,2				
<b>D1 J</b>	84,48	83,6	0,739	0,546	0,88%
	83,2				
	83,2				
<b>D2 M</b>	83,2	82,8	0,739	0,546	0,89%
	81,92				
	81,92				
<b>D2 J</b>	83,2	82,6	0,640	0,410	0,78%
	82,56				
	82,08				
<b>D3 M</b>	83,04	82,9	0,805	0,649	0,97%
	83,68				
<b>M3 Red distribución</b>					
	Concentración (mg/L)	Promedio	S	Varianza	%CV
	83,36				
<b>D1 M</b>	84,48	83,6	0,756	0,572	0,90%

	83,04					
	83,68					
<b>D1 J</b>	81,6	83,0	1,201	1,442	1,45%	
	83,68					
	83,2					
<b>D2 M</b>	84,48	83,6	0,739	0,546	0,88%	
	83,2					
	83,2					
<b>D2 J</b>	81,92	82,6	0,647	0,418	0,78%	
	82,72					
	82,56					
<b>D3 M</b>	81,28	82,1	0,739	0,546	0,90%	
	82,56					

Fuente Propia. Mediciones llevadas a cabo en 3 días en las dos jornadas mañana y tarde.

**Tabla 9. Análisis estadístico de patrones y muestras analista 2**

<b>Patrón</b>	<b>5</b>					
	Concentración (mg/L)	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>
	24,00					
<b>D1 T</b>	22,40	23,47	0,924	0,853	3,94%	6,13%
	24,00					



	22,40					
<b>D2 M</b>	22,40	22,93	0,924	0,853	4,03%	8,27%
	24,00					
	22,40					
<b>D2 T</b>	24,00	22,93	0,924	0,853	4,03%	8,27%
	22,40					
	22,40					
<b>D3 M</b>	24,00	22,93	0,924	0,853	4,03%	8,27%
	22,40					
	24,00					
<b>D3 T</b>	24,00	23,47	0,924	0,853	3,94%	6,13%
	22,40					
<b>Patrón</b>	<b>150</b>					
	<b>Concentración</b>	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>
	<b>(mg/L)</b>					
	148,8					
<b>D1 T</b>	148,8	148,3	0,9238	0,853	0,62%	1,16%
	147,2					
	147,2					
<b>D2 M</b>	148,8	148,3	0,9238	0,853	0,62%	1,16%
	148,8					
<b>D2 T</b>	148,8	147,7	0,9238	0,853	0,63%	1,51%

	147,2						
	147,2						
	147,2						
<b>D3 M</b>	148,8	148,3	0,9238	0,853	0,62%	1,16%	
	148,8						
	148,8						
<b>D3 T</b>	148,8	148,3	0,9238	0,853	0,62%	1,16%	
	147,2						
<b>Patrón</b>	<b>350</b>						
	Concentración (mg/L)	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>	
	345,6						
<b>D1 T</b>	345,6	346,1	0,924	0,853	0,27%	1,10%	
	347,2						
	348,8						
<b>D2 M</b>	348,8	348,3	0,924	0,853	0,27%	0,50%	
	347,2						
	345,6						
<b>D2 T</b>	345,6	346,1	0,924	0,853	0,27%	1,10%	
	347,2						
	348,8						
<b>D3 M</b>	344	346,1	2,444	5,973	0,71%	1,10%	

	345,6					
	345,6					
<b>D3 T</b>	348,8	347,2	1,600	2,560	0,46%	0,80%
	347,2					

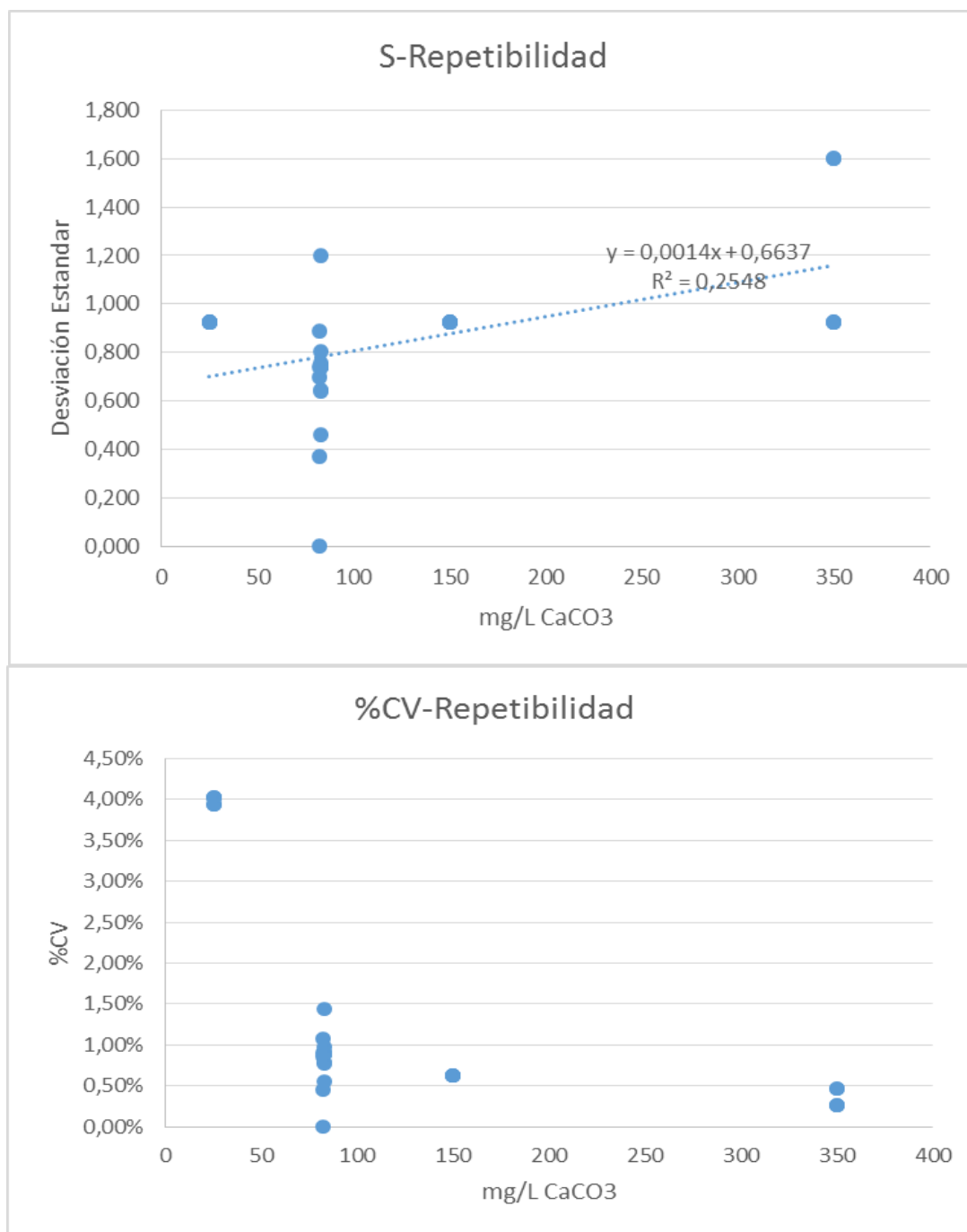
### M1 Cruda

	Concentración (mg/L)	Promedio	S	Varianza	%CV
<b>D1 M</b>	83,2				
	83,2	83,0	0,370	0,137	0,45%
	82,56				
<b>D1 J</b>	81,44				
	81,28	82,0	1,065	1,135	1,30%
	83,2				
<b>D2 M</b>	84,48				
	81,44	83,0	1,526	2,330	1,84%
	83,2				
<b>D2 J</b>	81,28				
	83,2	82,6	1,109	1,229	1,34%
	83,2				
<b>D3 M</b>	83,2				
	81,44	82,4	0,891	0,794	1,08%

	82,56				
<b>M2 Filtrada 1500</b>					
	Concentración (mg/L)	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>
<b>D1 M</b>	81,6				
	84,48	83,5	1,663	2,765	1,99%
	84,48				
<b>D1 J</b>	82,56				
	83,2	82,8	0,370	0,137	0,45%
	82,56				
<b>D2 M</b>	82,56				
	82,56	82,6	0,000	0,000	0,00%
	82,56				
<b>D2 J</b>	82,56				
	81,28	82,1	0,739	0,546	0,90%
	82,56				
<b>D3 M</b>	82,56				
	81,28	82,1	0,739	0,546	0,90%
	82,56				
<b>M3 Red distribución</b>					
	Concentración (mg/L)	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>

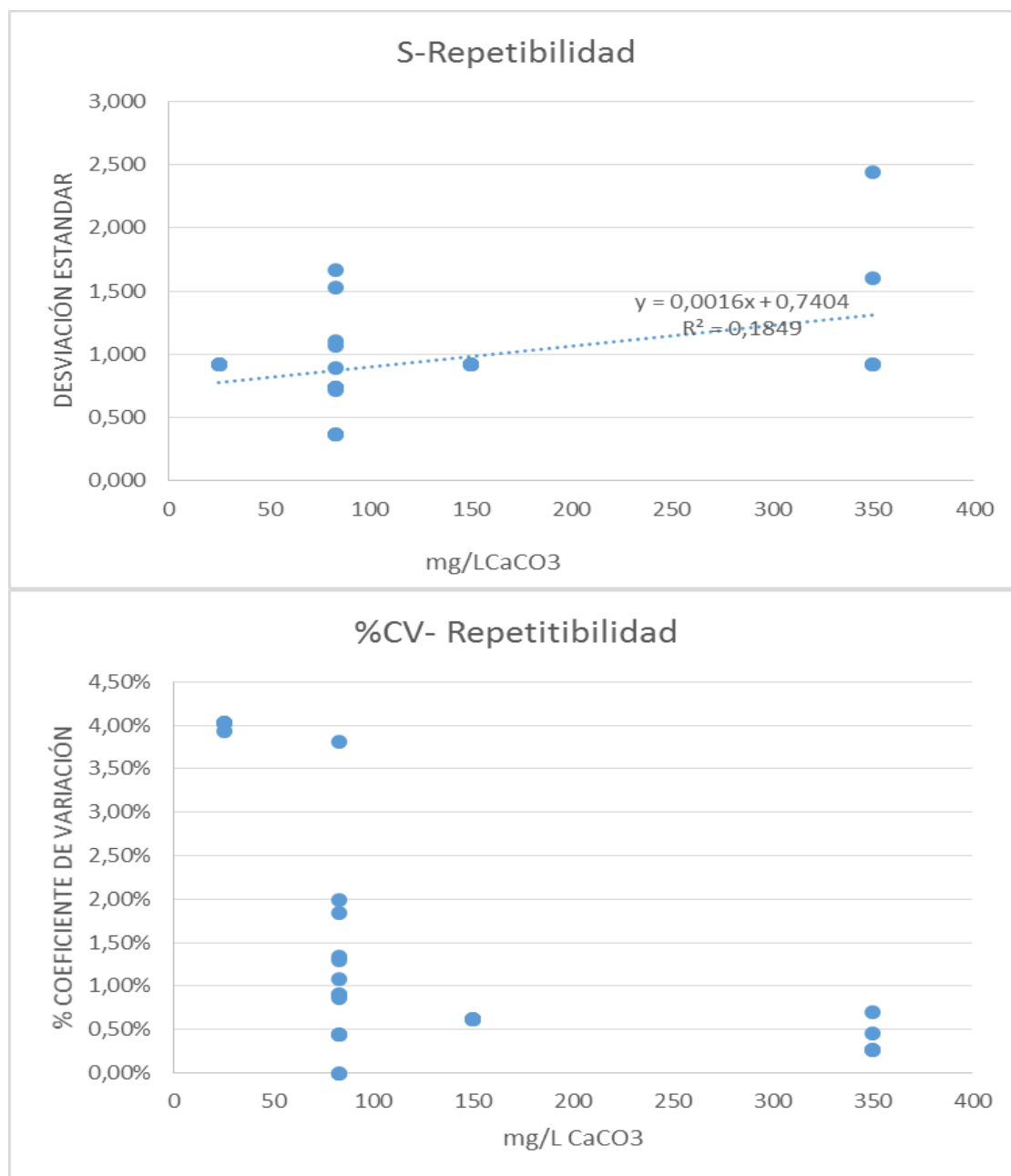
<b>D1 M</b>	82,56				
	83,2	82,8	0,370	0,137	0,45%
	82,56				
<b>D1 J</b>	82,56				
	82,56	82,6	0,000	0,000	0,00%
	82,56				
<b>D2 M</b>	84,48				
	83,2	83,6	0,739	0,546	0,88%
	83,2				
<b>D2 J</b>	84,48				
	83,04	83,7	0,721	0,521	0,86%
	83,68				
<b>D3 M</b>	81,6				
	82,88	84,1	3,205	10,274	3,81%
	87,68				

Fuente Propia. Mediciones llevadas a cabo en 3 días en las dos jornadas mañana y tarde.

*Ilustración 2. Repetibilidad Analista 1*

Fuente: Datos recogidos en la validación

*Ilustración 3. Repetibilidad Analista 2*



Fuente: Datos recogidos en la validación

De las gráficas se identifica que la mayor dispersión en términos de desviación estándar se presenta en las muestras naturales y en el patrón de mayor concentración, para el analista 1 la

mayor desviación es de 1,60 y para el analista 2 la mayor desviación es de 2,5, por lo tanto para el método la desviación estándar es  $< 2,5$ .

En el caso del coeficiente de variación, ambos analista presentaron un valor máximo de 4.03%, en ambos casos en el patrón de baja concentración, aun así el valor es aceptado por los criterios del laboratorio y del estándar métodos para el análisis de aguas.

**Tabla 17. Análisis de reproducibilidad**

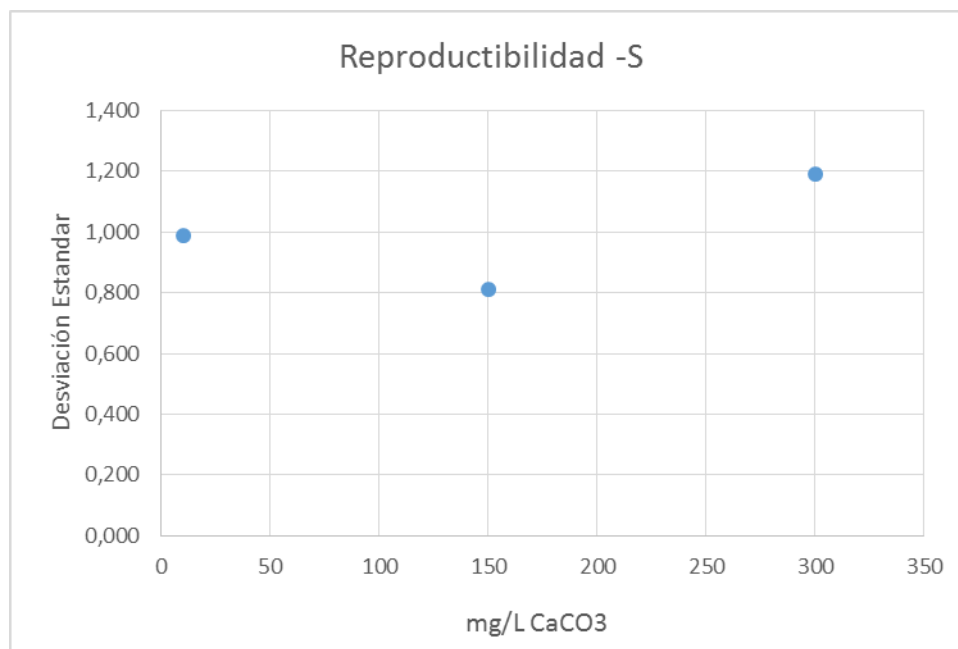
	ANALISTA 1			ANALISTA 2		
	25	150	350	25	150	350
	Concentraci ón (mg/L)	Concentraci ón (mg/L)	Concentraci ón (mg/L)	Concentraci ón (mg/L)	Concentraci ón (mg/L)	Concentraci ón (mg/L)
<b>D1 M</b>	22,4	147,2	348,8	24	148,8	345,6
	22,4	148,8	347,2	22,4	148,8	345,6
	24	147,2	345,6	24	147,2	347,2
<b>D1 J</b>	24	147,2	347,2	22,4	147,2	348,8
	22,4	148,8	347,2	22,4	148,8	348,8
	22,4	148,8	348,8	24	148,8	347,2
<b>D2 M</b>	24	148,8	347,2	22,4	148,8	345,6
	22,4	147,2	348,8	24	147,2	345,6
	24	147,2	347,2	22,4	147,2	347,2
<b>D2 J</b>	22,4	147,2	348,8	22,4	147,2	348,8
	22,4	148,8	347,2	24	148,8	344
	24	148,8	345,6	22,4	148,8	345,6

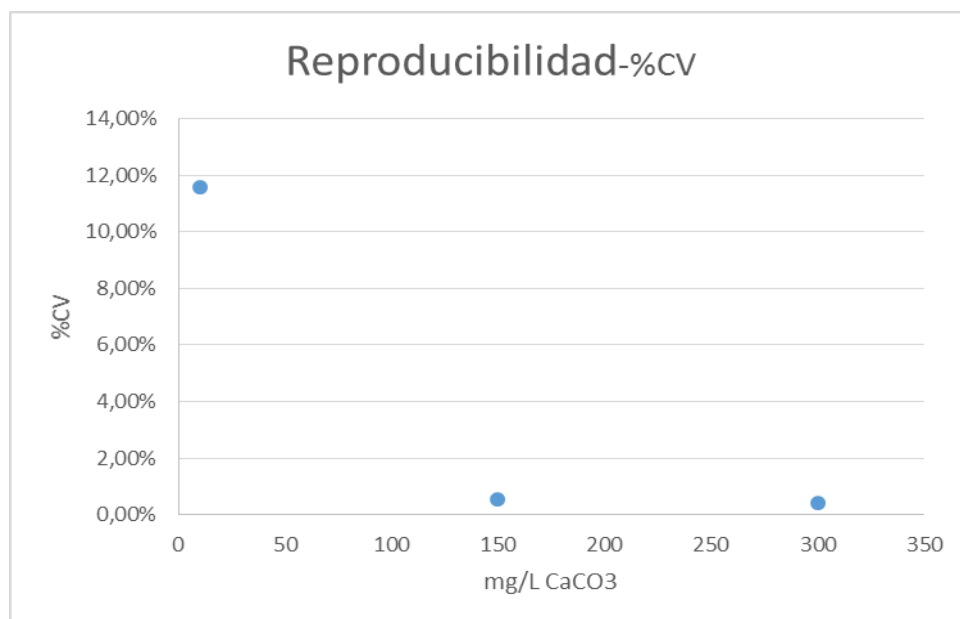


	22,4	147,2	347,2	24	148,8	345,6
<b>D3 M</b>	22,4	148,8	348,8	24	148,8	348,8
	22,4	148,8	347,2	22,4	147,2	347,2
<b>Promedio</b>	23,04	148,1	347,5	23,15	148,2	346,8
<b>S</b>	0,81	0,83	1,08	0,83	0,81	1,54
<b>Varianza</b>	0,66	0,68	1,17	0,68	0,66	2,36
<b>%CV</b>	3,50%	0,60%	0,30%	3,60%	0,50%	0,40%
<b>Error,%</b>	7,84%	1,30%	0,71%	7,41%	1,23%	0,92%

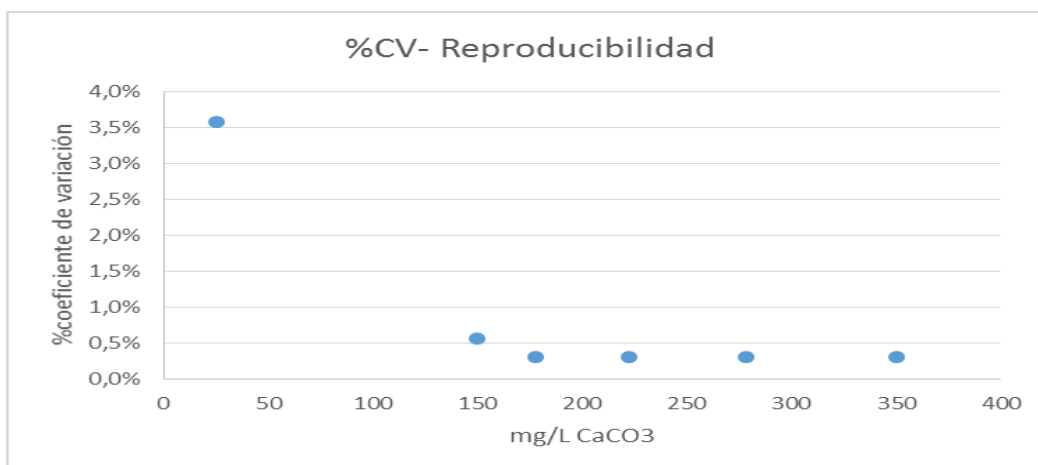
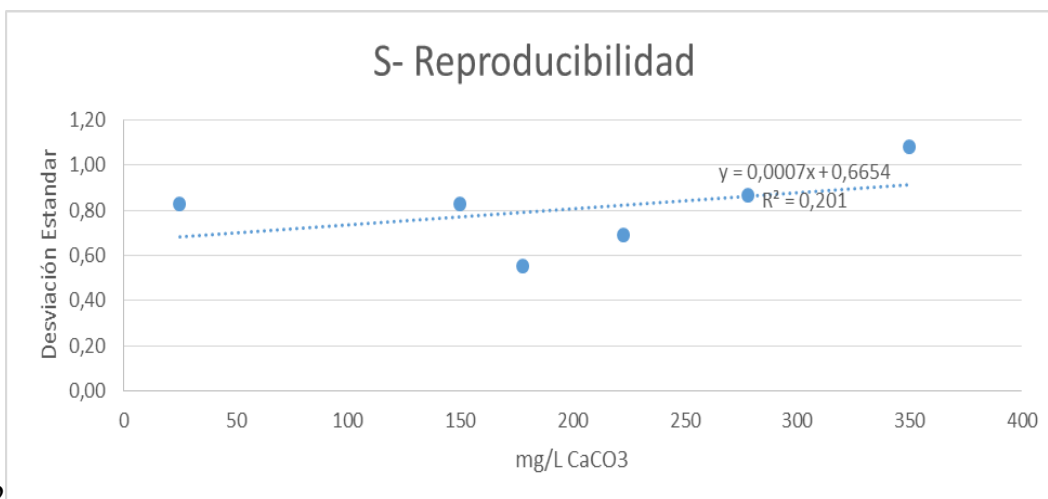
Fuente: Datos recogidos en la validación

*Ilustración 4. Reproducibilidad Analista 1*

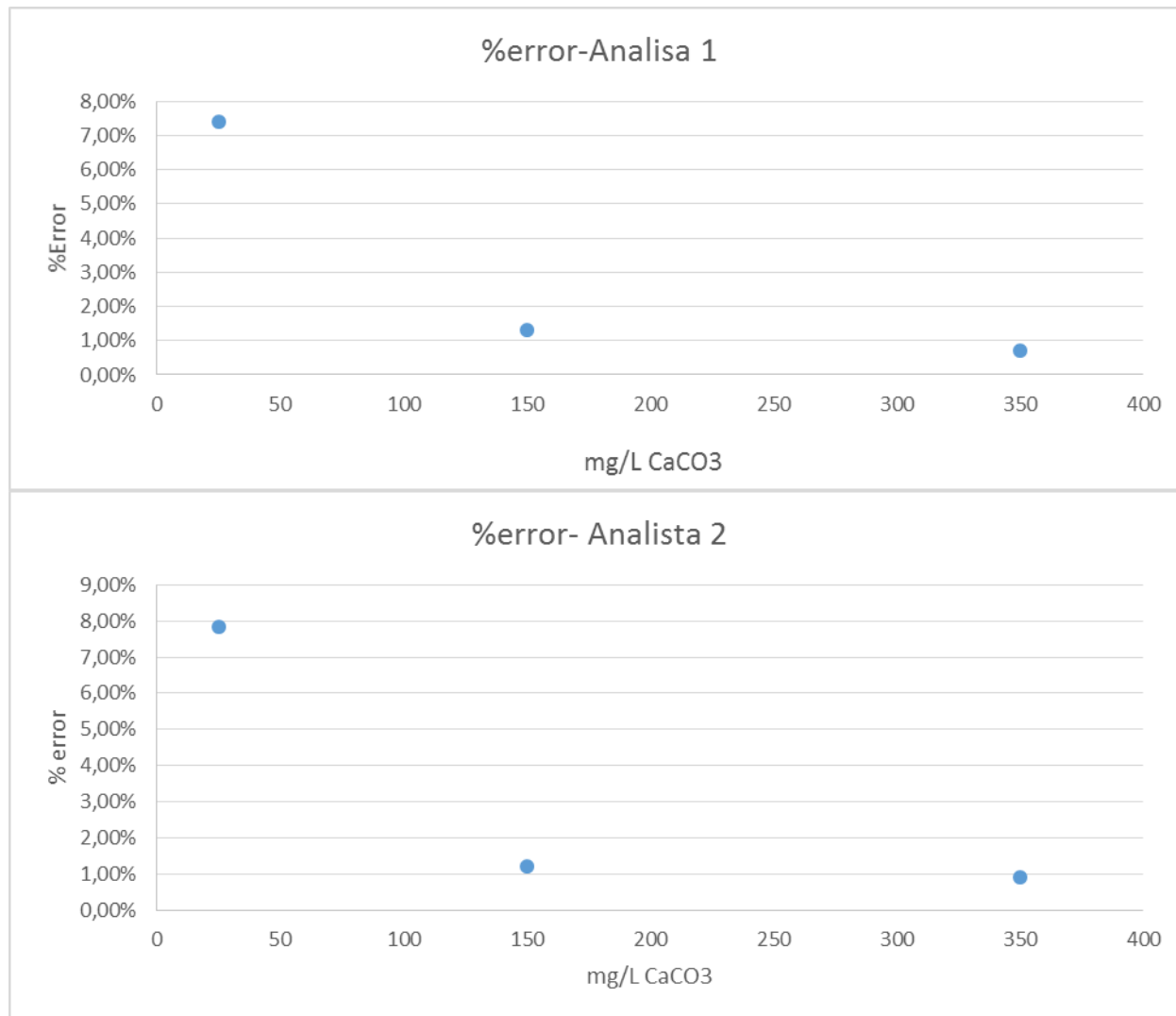




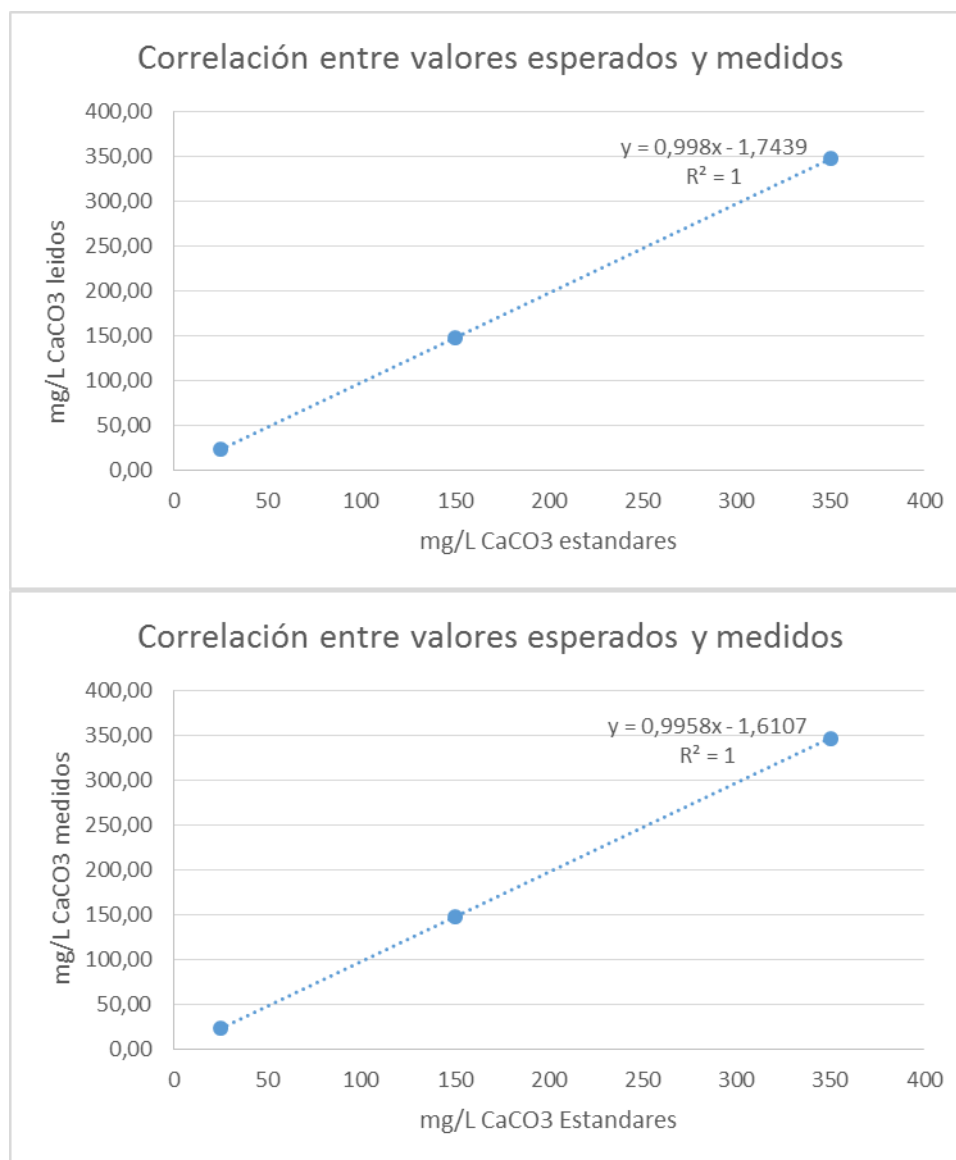
Fuente: Datos recogidos en la validación

**Ilustración 5. Reproducibilidad Analista**

Fuente: Datos recogidos en la validación

**Exactitud como sesgo****Ilustración 6. Análisis de % Error entre analistas**

Fuente: Datos recogidos en la validación

**Ilustración 7. Correlación de Concentraciones entre analistas**

Fuente: Datos recogidos en la validación

La veracidad del método analítico nos indica la concordancia entre el promedio y el valor aceptado como referencia para la técnica de dureza total donde se refleja en la grafica la linealidad entre la dureza para el patrón y la muestra dando cumplimiento con los criterios de aceptación del sesgo.

## Evaluación del sesgo

Tabla 18. Análisis estadístico para evaluación de aceptación del sesgo

Concentración (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	t cal	T cri	Criterio	Evaluación
25	0,387	1,761	tcal>tcri	Cumple
150	0,291	1,761	tcal>tcri	Cumple
350	0,055	1,761	tcal>tcri	Cumple

Fuente: Resultados de la validación

## Estimación de la incertidumbre de la medición

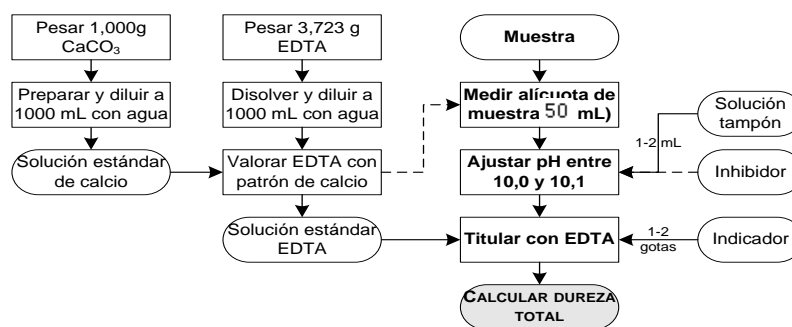
La incertidumbre del presente método se calcula mediante la combinación de incertidumbres individuales que aportan al resultado y la expansión del resultado por una constante de proporcionalidad.

## Especificación del Mensurando

### Procedimiento

La dureza cálcica de una muestra de agua se determina titulando la muestra con una solución estándar de EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) previo ajuste del pH de la muestra a 10,0 y 10,1 con una solución tampón para precipitar el magnesio como hidróxido; el punto final de la titulación se determina por el viraje de color de un indicador de complejometría, como se resume en la figura 6.

**Figura 1. Etapas críticas del procedimiento de análisis**



Fuente: Estándar Methods

Cálculo

El resultado de la medición se calcula como:

**Tabla 1. Ecuación para el cálculo de dureza cálcica**

<p>Según <i>Standard Methods</i> la dureza de la muestra se calcula como:</p> $Dureza = A \times B \times 1000 \times mL^{-1}muestra$	<p>Dureza = concentración de dureza en la muestra,</p> $mgCaCO_3 \times L^{-1}$ <p>A = volumen de titulante para la muestra, mL</p> <p>B = mg de CaCO<sub>3</sub> equivalentes a 1,00 mL de EDTA, mgCaCO<sub>3</sub> × mL<sup>-1</sup></p> <p>mL muestra = alícuota de muestra titulada, mL</p> <p>1000 = factor de conversión de mL a L, mL × L<sup>-1</sup></p>
---	---

Fuente: Datos recogidos en la validación

## Identificación de las fuentes de Incertidumbre

*Tabla 19. Fuentes de incertidumbre de la medición*

Proceso	Factor	Fuentes individuales
Preparación del Patrón	MRC del $\text{CaCO}_3$	Certificado del reactivo
	Alícuota de solución patrón para dilución	Calibración de la pipeta
	Volumen preparado de solución	Tolerancia del balón
Análisis de muestras	MRC del EDTA	Certificado del reactivo
	Estandarización del EDTA	Desviación estándar de la concentración del EDTA
	Volumen de muestra	Verificación de la pipeta y bureta o resolución de fabrica
Cálculos	Resultado final*	Valor Máximo de Desviación estándar de las muestras analizadas entre los dos analistas

Fuente: propia

\* El aporte de estas fuentes está incluido en el valor de repetibilidad de medición, por cuanto éste se obtuvo de los resultados de medición de varias muestras durante varios días, lo que implica la variación aleatoria de tales fuentes.

## Forma de calcular y reportar la incertidumbre de los resultados



Cuando se incluya la incertidumbre en un informe, el resultado se reporta como:

“**Dureza Total** = [Dureza Total]  $\pm U_c$  mg CaCO<sub>3</sub>/L; la incertidumbre expandida se calculó con un factor de cobertura de 2, que equivale a un nivel de confianza de aproximadamente 95 %”.

### Resumen de resultados obtenidos

*Tabla 20. Resultados de la verificación del método*

PARÁMETRO	VALOR OBTENIDO
<b>Límites de detección y cuantificación</b>	
Valor crítico, $L_C$	1,33
Límite de detección, $L_D$	2,67
Límite de cuantificación, $L_Q$	8,26
<b>Precisión</b>	
Desviación estándar	2,5
Coefficiente de variación	4,03%
<b>Exactitud</b>	
Error relativo	7,84%
<b>Incertidumbre de medición <math>U_c(DT)</math></b>	0,98

Fuente: Datos recogidos en la validación

### Declaración de conformidad

Considerando que todos los atributos validados para el método SON CONFORMES respecto al método de referencia, el equipo y patrones utilizados.

Se declara que el método SM22 2340 C referenciado en el “**Standard Methods for the examination of Water and Waste Water 22 th Edition**”, documentado en el procedimiento técnico Mencionado y verificado en el Laboratorio Luis Eduardo de León Caicedo **CUMPLE CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS PARA EL USO PREVISTO.**

### **Verificación de la turbidez en Aguas, Técnica Nefelométrica, Método SM 22 2130 B**

Consiste en analizar los resultados obtenidos en los ensayos realizados para la verificación del método siguiendo el procedimiento de análisis del laboratorio del IBAL el cual es basado en el Standar Methods edición 22. Los valores presentados a continuación se pueden verificar en los respectivos formatos utilizados. (Ver Anexo3). Los blancos y patrones de concentración, fueron analizados en 5 días durante en horas de la mañana.

#### Límite de detección y cuantificación

Para lograr los límites de detección se analizaron 15 blancos en un mismo día, igualmente se realizó el análisis de soluciones patrón de baja concentración (0,1 – 0,5 y 1 NTU) para verificar el porcentaje de error sea aceptable en los valores cercanos al límite.

*Tabla 21. Resultados obtenidos análisis de blancos y patrones en NTU.*

BLANCOS	Analista 1			BLANCO	Analista 2		
	ESTANDARES (NUT)				ESTANDARES (NUT)		
	0,1	0,5	1		0,1	0,5	1
<b>0,033</b>	0,12	0,54	1,08	<b>0,034</b>	0,12	0,5	1,05
<b>0,043</b>	0,1	0,52	0,98	<b>0,039</b>	0,12	0,52	1,04
<b>0,034</b>	0,11	0,53	1,02	<b>0,035</b>	0,11	0,53	1,02
<b>0,035</b>	0,14	0,51	0,96	<b>0,034</b>	0,1	0,54	1,02
<b>0,04</b>	0,12	0,51	1,05	<b>0,035</b>	0,11	0,52	1,04
<b>0,034</b>	0,13	0,53	1,04	<b>0,032</b>	0,12	0,51	1,02
<b>0,034</b>	0,11	0,55	1,03	<b>0,035</b>	0,13	0,51	1,03
<b>0,031</b>	0,12	0,52	0,99	<b>0,033</b>	0,12	0,53	1,02
<b>0,035</b>	0,1	0,52	1,05	<b>0,034</b>	0,1	0,54	0,99
<b>0,033</b>	0,14	0,51	1,04	<b>0,034</b>	0,1	0,52	1,03
<b>0,034</b>	0,12	0,54	1,03	<b>0,036</b>	0,13	0,51	1,02
<b>0,039</b>	0,12	0,52	1,02	<b>0,034</b>	0,12	0,51	1,04
<b>0,034</b>	0,13	0,52	0,98	<b>0,035</b>	0,12	0,5	0,98
<b>0,035</b>	0,12	0,53	0,97	<b>0,032</b>	0,11	0,52	1,05
<b>0,034</b>	0,14	0,51	1,07	<b>0,04</b>	0,12	0,52	1,01

Fuente: Datos recogidos en la validación

**Tabla 22. Análisis de Blancos y Estándares de Baja**

	<b>Analista 1</b>				<b>Analista 2</b>			
	<b>Blanco</b>	<b>Estándar (NUT)</b>			<b>Blanco</b>	<b>Estándar (NUT)</b>		
		<b>0,1</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>		<b>0,1</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>
Promedio	0,035	0,121	0,524	1,021	0,035	0,115	0,519	1,024
S	0,003	0,013	0,012	0,037	0,002	0,010	0,012	0,020
Varianza	0,000010	0,00017	0,00015	0,001	0,0000049	0,000098	0,00016	0,00040
%CV	8,80%	10,73%	2,37%	3,62%	6,35%	8,59%	2,40%	1,95%
Error,%		21,33%	4,80%	2,07%		15,33%	3,73%	2,40%

Fuente: Datos recogidos en la validación

Para hallar los límites del método se hizo corridas de varias muestras de blanco y patrones de concentración 0.1, 0.5, 1, según el análisis estadístico el patrón de 0,5 NTU, Cumple con los criterios de calidad establecido por el laboratorio. Por tanto la precisión se calcula a partir de la desviación estándar de este patrón y el coeficiente de variación de 3 estándares de referencia como se presenta en los siguientes:

**Tabla 23. Límites del método**

<b>LC</b>	0,002	<b>Criterio de aceptación</b>
<b>LOD</b>	0,561	<b>LC &lt; LOD &lt; LQD</b>
<b>LQD</b>	0,648	<b>CUMPLE</b>

Fuente: Datos recogidos en la validación

### Precisión por repetibilidad y reproducibilidad

Con los resultados de desviación estándar y el coeficiente de variación de 4 estándares de referencia, se analiza la repetibilidad y la reproducibilidad, como se muestra a continuación:

*Tabla 24. Análisis estadístico de patrones y muestras Analista 1*

<b>PATRON</b>	<b>0,5</b>	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>
	0,54					
<b>D1</b>	0,52	0,53	0,01	0,0001	1,89%	6,00%
	0,53					
	0,55					
<b>D2</b>	0,52	0,53	0,01	0,0003	3,27%	6,00%
	0,52					
	0,52					
<b>D3</b>	0,53	0,52	0,01	0,0001	1,92%	4,00%
	0,51					
	0,54					
<b>D4</b>	0,52	0,52	0,01	0,0002	2,92%	4,67%
	0,51					
	0,52					
<b>D5</b>	0,51	0,51	0,005	3,3333E-05	1,12%	2,67%
	0,51					
<b>Patrón</b>	<b>20</b>	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>

	19,9						
<b>D1</b>	19,9	19,8666667	0,057	0,003	0,29%	0,67%	
	19,8						
	19,9						
<b>D2</b>	19,7	19,7666667	0,115	0,013	0,58%	1,17%	
	19,7						
	19,9						
<b>D3</b>	19,9	19,8666667	0,057	0,003	0,29%	0,67%	
	19,8						
	19,7						
<b>D4</b>	19,8	19,7	0,1	0,01	0,51%	1,50%	
	19,6						
	19,8						
<b>D5</b>	19,9	19,8333333	0,057	0,003	0,29%	0,83%	
	19,8						
<b>Patrón</b>	<b>200</b>	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>	
	199,6						
<b>D1</b>	199,5	199,5	0,1	0,01	0,05%	0,25%	
	199,4						
	199,7						
<b>D2</b>	199,4	199,5	0,152	0,023	0,08%	0,23%	
	199,5						

	199,7						
<b>D3</b>	198,8	199,4	0,551	0,303	0,28%	0,28%	
	199,8						
	198,9						
<b>D4</b>	199,7	199,3	0,416	0,173	0,21%	0,32%	
	199,5						
	199,8						
<b>D5</b>	199,8	199,7	0,173	0,03	0,09%	0,15%	
	199,5						
<b>Patrón</b>	<b>400</b>	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>	
	388						
<b>D1</b>	389	388,3	0,6	0,3	0,15%	2,92%	
	388						
	389						
<b>D2</b>	389	388,7	0,6	0,3	0,15%	2,83%	
	388						
	389						
<b>D3</b>	387	388,3	1,2	1,3	0,30%	2,92%	
	389						
	389						
<b>D4</b>	388	388,7	0,6	0,3	0,15%	2,83%	
	389						

	389					
<b>D5</b>	390	389,0	1,0	1,0	0,26%	2,75%
	388					
	<b>M1</b>	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>
	1,93					
<b>D1</b>	1,92	1,9	0,0	0,0	0,30%	
	1,93					
	1,93					
<b>D2</b>	1,92	1,9	0,0	0,0	0,30%	
	1,93					
	1,07					
<b>D3</b>	1,18	1,1	0,1	0,0	5,81%	
	1,19					
	1,93					
<b>D4</b>	1,94	1,9	0,0	0,0	0,52%	
	1,92					
	1,92					
<b>D5</b>	1,93	1,9	0,0	0,0	0,30%	
	1,92					
	<b>M2</b>	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>
	1,9					
<b>D1</b>	1,99	1,9	0,1	0,0	2,69%	
	1,99					



	1,9					
	1,08					
<b>D2</b>	<u>1,07</u>	1,1	0,0	0,0	4,47%	
	<u>1,16</u>					
	1,2					
<b>D3</b>	<u>1,17</u>	1,2	0,0	0,0	2,50%	
	<u>1,23</u>					
	1,9					
<b>D4</b>	<u>1,99</u>	2,0	0,0	0,0	2,42%	
	<u>1,97</u>					
	1,98					
<b>D5</b>	<u>1,99</u>	2,0	0,0	0,0	0,29%	
	<u>1,98</u>					
	<b>M3</b>	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>
	4,66					
<b>D1</b>	<u>4,33</u>	4,7	0,3	0,1	6,88%	
	<u>4,97</u>					
	2,01					
<b>D2</b>	<u>2,01</u>	2,0	0,0	0,0	0,29%	
	<u>2</u>					
	2,01					
<b>D3</b>	<u>2,09</u>	2,2	0,2	0,0	9,26%	
	<u>2,09</u>					

	2,39				
	2,65				
<b>D4</b>	2,28	2,4	0,2	0,0	9,02%
	2,27				
	2,34				
<b>D5</b>	2,82	2,7	0,3	0,1	10,42%
	2,82				

Fuente: Datos recogidos en la validación

**Tabla 25. Análisis estadístico de patrones y muestras ANALISTA 2**

	0,5	Promedio	S	Varianza	%CV	Error,%
	0,51					
<b>D1</b>	0,51	0,52	0,01	0,00	2,23%	3,33%
	0,53					
	0,51					
<b>D2</b>	0,54	0,52	0,02	0,00	2,92%	4,67%
	0,52					
	0,5					
<b>D3</b>	0,52	0,52	0,02	0,00	2,96%	3,33%
	0,53					
	0,51					
<b>D4</b>	0,53	0,53	0,02	0,00	2,90%	5,33%
	0,53					

	0,54					
	0,5					
<b>D5</b>	0,52	0,51	0,01	0,00	2,25%	2,67%
	0,52					
	<b>20</b>	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>
	19,7					
<b>D1</b>	19,6	19,6	0,1	0,0	0,3%	1,8%
	19,6					
	19,6					
<b>D2</b>	19,7	19,7	0,1	0,0	0,5%	1,5%
	19,8					
	19,9					
<b>D3</b>	19,6	19,7	0,2	0,0	0,8%	1,3%
	19,7					
	19,6					
<b>D4</b>	19,6	19,7	0,2	0,0	0,9%	1,5%
	19,9					
	19,9					
<b>D5</b>	19,8	19,9	0,1	0,0	0,3%	0,7%
	19,9					
	<b>200</b>	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>
<b>D1</b>	199,3	199,3	0,1	0,0	0,03%	0,33%

	199,4					
	199,3					
	199,6					
<b>D2</b>	199,6	199,6	0,1	0,0	0,03%	0,18%
	199,7					
	198,9					
<b>D3</b>	199,6	199,4	0,4	0,2	0,20%	0,32%
	199,6					
	199,9					
<b>D4</b>	199,7	199,8	0,1	0,0	0,05%	0,10%
	199,8					
	199,4					
<b>D5</b>	199,5	199,5	0,1	0,0	0,03%	0,27%
	199,5					
	<b>400</b>	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>
	387					
<b>D1</b>	387	387,7	1,2	1,3	0,30%	3,08%
	389					
	388					
<b>D2</b>	387	388,0	1,0	1,0	0,26%	3,00%
	389					
<b>D3</b>	388	388,7	1,2	1,3	0,30%	2,83%

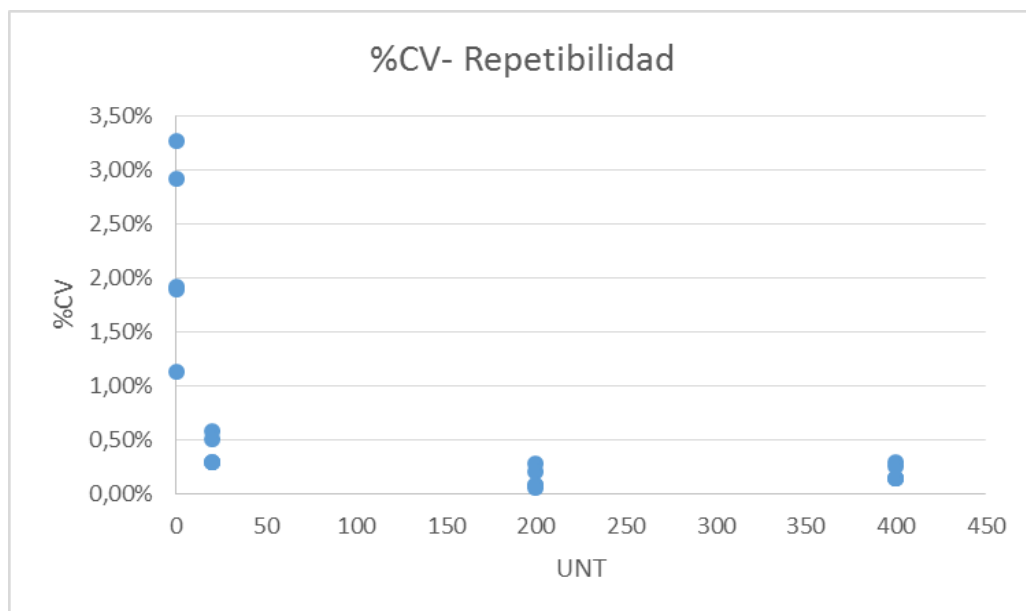
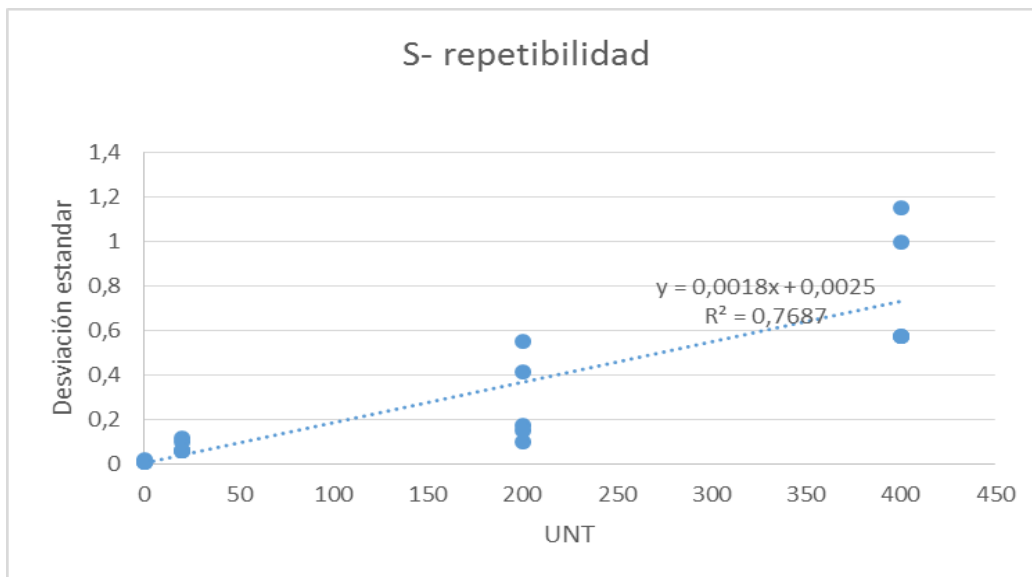
	390					
	388					
	389					
<b>D4</b>	388	388,0	1,0	1,0	0,26%	3,00%
	387					
	387					
<b>D5</b>	388	387,7	0,6	0,3	0,15%	3,08%
	388					
	<b>M1</b>	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>
	1,93					
<b>D1</b>	1,9	1,9	0,0	0,0	1,09%	
	1,89					
	1,9					
<b>D2</b>	1,9	1,9	0,0	0,0	0,92%	
	1,87					
	1,95					
<b>D3</b>	1,95	2,0	0,0	0,0	0,00%	
	1,95					
	1,9					
<b>D4</b>	1,94	1,9	0,0	0,0	1,04%	
	1,92					
<b>D5</b>	1,92	1,9	0,0	0,0	1,31%	

	1,9					
	1,95					
	<b>M2</b>	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>
	1,99					
<b>D1</b>	2	2,0	0,1	0,0	3,00%	
	2,1					
	1,98					
<b>D2</b>	1,99	2,0	0,0	0,0	0,29%	
	1,98					
	2,11					
<b>D3</b>	2,45	2,3	0,2	0,1	10,54%	
	2,11					
	1,9					
<b>D4</b>	2,19	2,1	0,1	0,0	7,25%	
	1,99					
<b>D5</b>	1,9	2,0	0,0	0,0	0,00%	
	1,99					
	<b>M3</b>	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	<b>Varianza</b>	<b>%CV</b>	<b>Error,%</b>
	2,34					
<b>D1</b>	2,23	2,3	0,1	0,0	3,53%	
	2,39					

	2,3				
<b>D2</b>	<u>2,36</u>	2,3	0,0	0,0	1,77%
	<u>2,38</u>				
	2,01				
<b>D3</b>	<u>2,01</u>	2,0	0,0	0,0	0,29%
	<u>2</u>				
	2,01				
<b>D4</b>	<u>2,09</u>	2,0	0,2	0,0	9,98%
	<u>2,39</u>				
	2,01				
<b>D5</b>	<u>2,09</u>	2,2	0,2	0,0	8,94%
	<u>2,39</u>				

Fuente: Datos recogidos en la validación

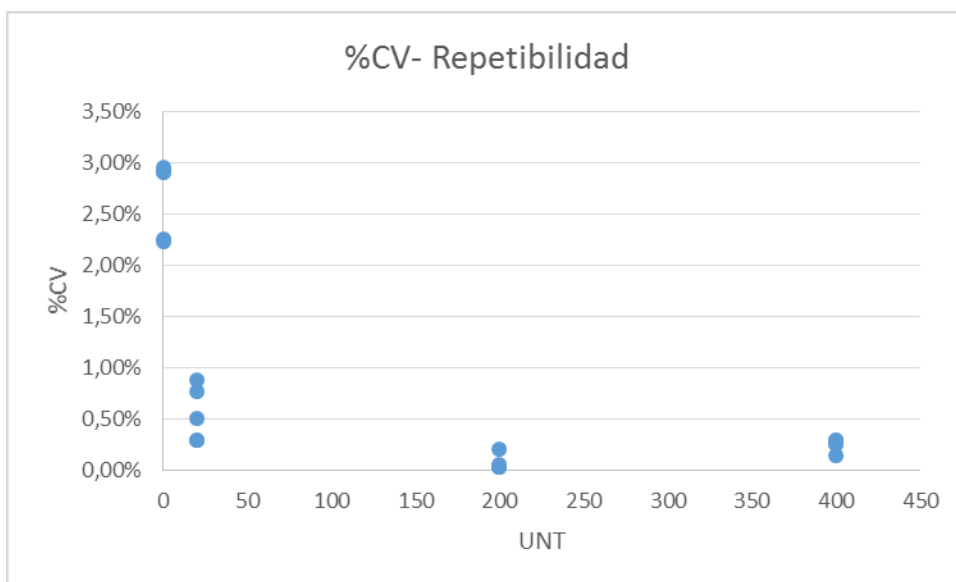
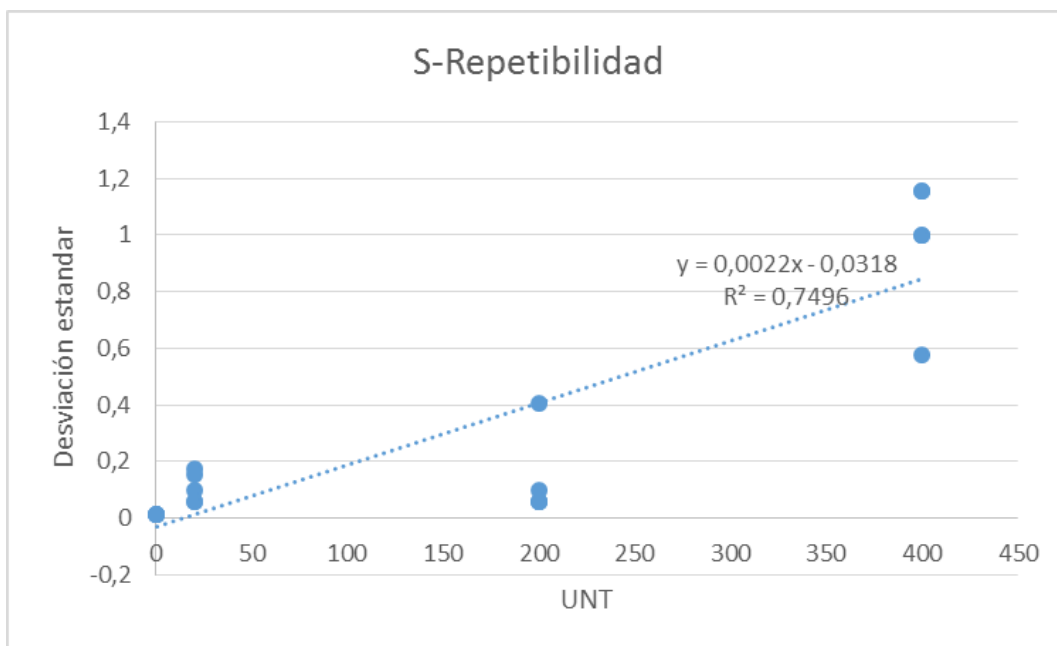
**Tabla 26. Análisis de Repetibilidad Analista 1**



Fuente: Validación de datos experimentales



Ilustración 8 Análisis de Repetibilidad Analista 2



Fuente: Validación de datos experimentales

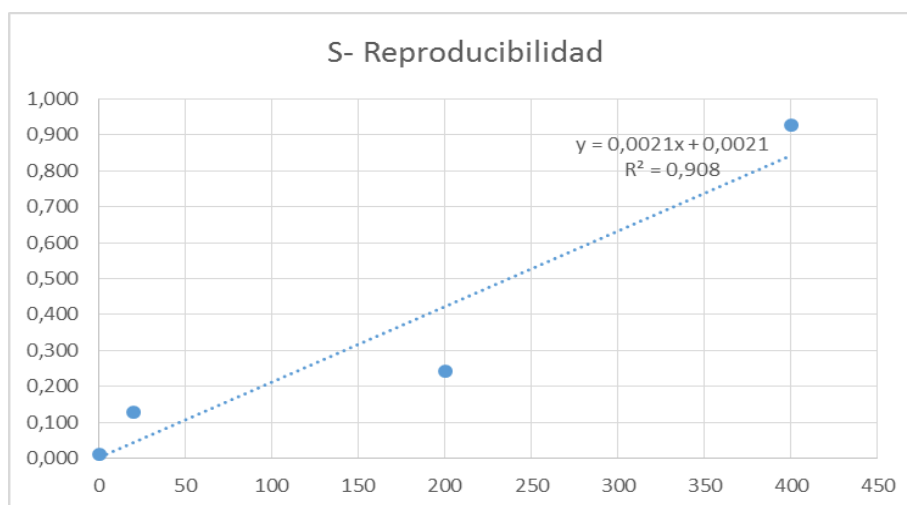
Tabla 27. Análisis de Repetibilidad Analista 2

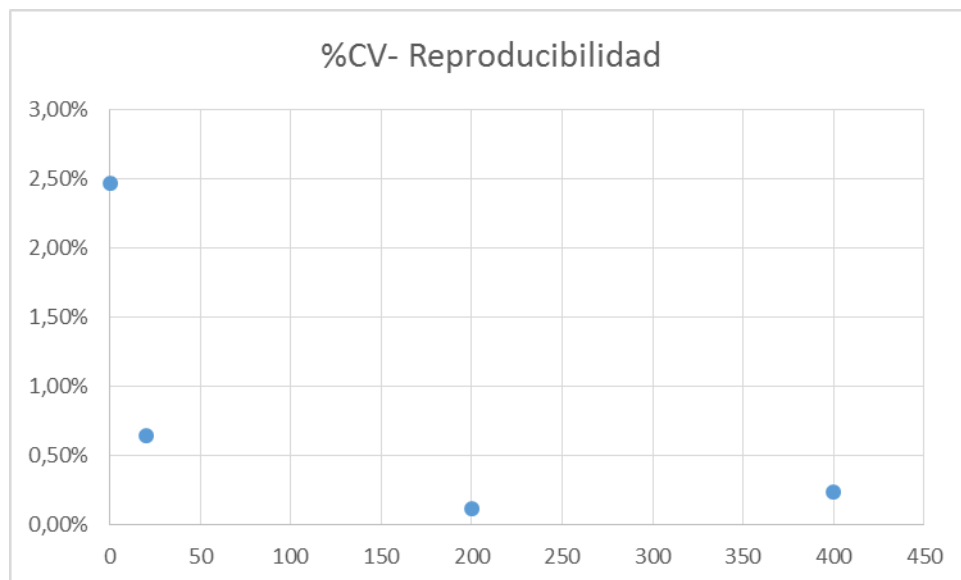
Estadística	Analista 1					Analista 2				
	Blanco	Estándar (NUT)				Blanco	Estándar (NUT)			
		0,5	20	200	400		0,5	20	200	400
	0,033	0,54	19,9	199,6	388	0,034	0,5	19,9	198,9	388
	0,043	0,52	19,9	199,5	389	0,039	0,52	19,6	199,6	390
	0,034	0,53	19,8	199,4	388	0,035	0,53	19,7	199,6	388
	0,035	0,51	19,7	199,3	387	0,034	0,54	19,7	198,9	389
	0,04	0,51	19,6	199,4	387	0,035	0,52	19,8	199,7	388
	0,034	0,53	19,6	199,3	389	0,032	0,51	19,6	199,5	389
	0,034	0,55	19,9	199,7	389	0,035	0,51	19,6	199,9	389
	0,031	0,52	19,7	199,4	389	0,033	0,53	19,6	199,7	388
	0,035	0,52	19,7	199,5	388	0,034	0,54	19,9	199,8	387
	0,033	0,51	19,6	199,6	388	0,034	0,52	19,8	199,8	389
	0,034	0,54	19,7	199,6	387	0,036	0,51	19,9	199,8	390
	0,039	0,52	19,8	199,7	389	0,034	0,51	19,8	199,5	388
	0,034	0,52	19,9	199,7	389	0,035	0,5	19,9	199,4	387
	0,035	0,53	19,9	198,8	387	0,032	0,52	19,8	199,5	388
	0,034	0,51	19,8	199,8	389	0,04	0,52	19,9	199,5	388
<b>Promedio</b>	0,0352	0,524	19,766 667	199,48 667	388,2	0,0348	0,5186 667	19,766 667	199,54	388,4
<b>S</b>	0,0030	0,0124	0,1175	0,2445	0,8618	0,0022	0,0124	0,1234	0,2971	0,9102

	984	212	139	599	916	104	595	427	291	59
<b>Varianza</b>	9,60E-06	0,0001543	0,0138095	0,0598095	0,7428571	4,89E-06	0,0001552	0,0152381	0,0882857	0,8285714
<b>%CV</b>	0,0880224	0,0237045	0,0059451	0,001226	0,0022202		0,0240221	0,006245	0,0014891	0,0023436
<b>Error, %</b>		4,80%	1,17%	0,26%	2,95%		3,73%	1,17%	0,23%	2,90%

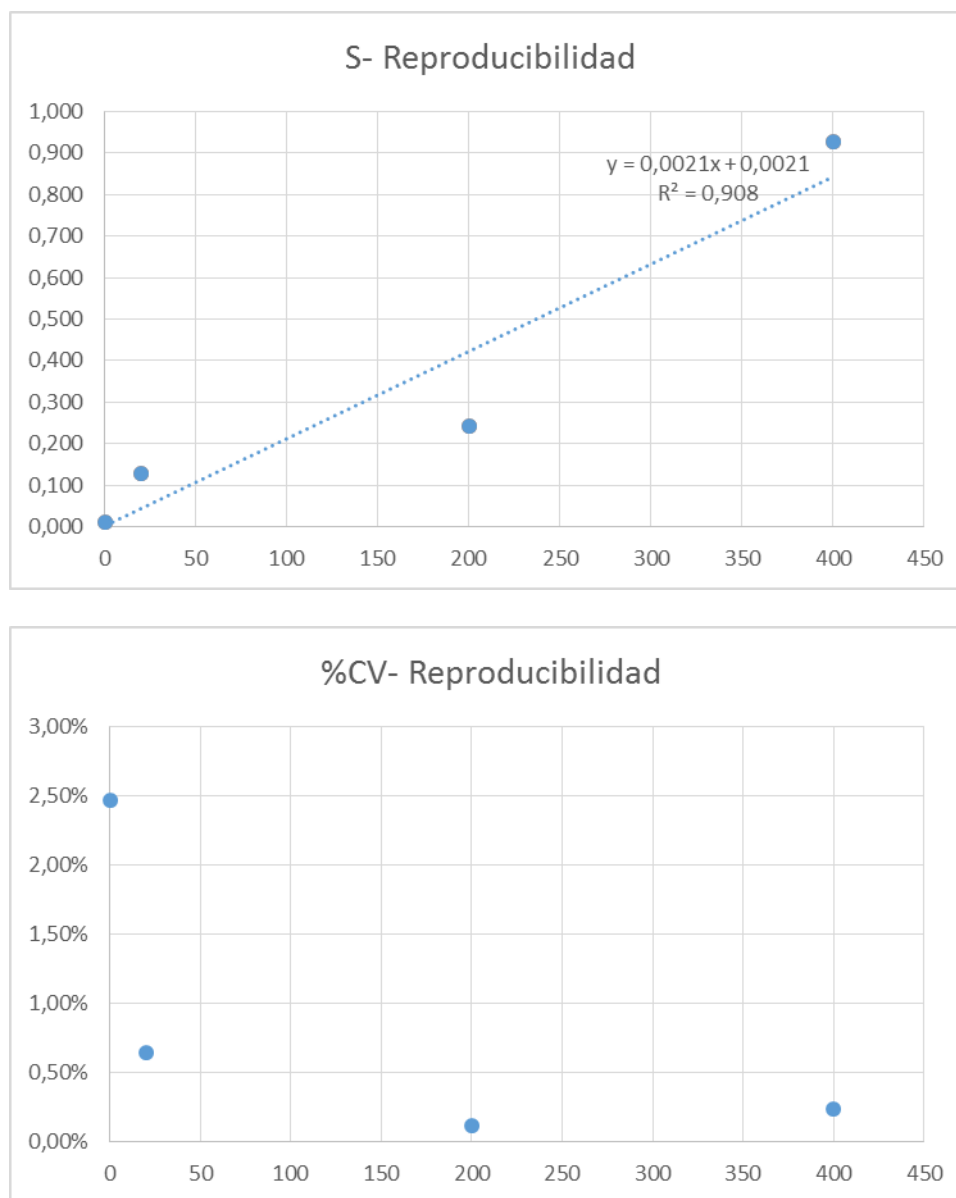
Fuente: Validación de datos experimentales

### *Ilustración 9. Reproducibilidad Analista 1*





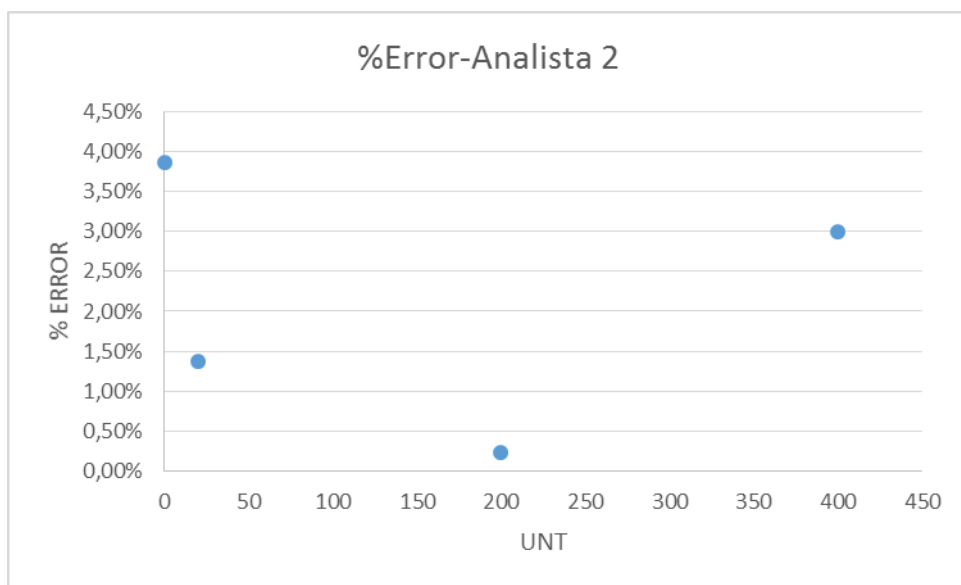
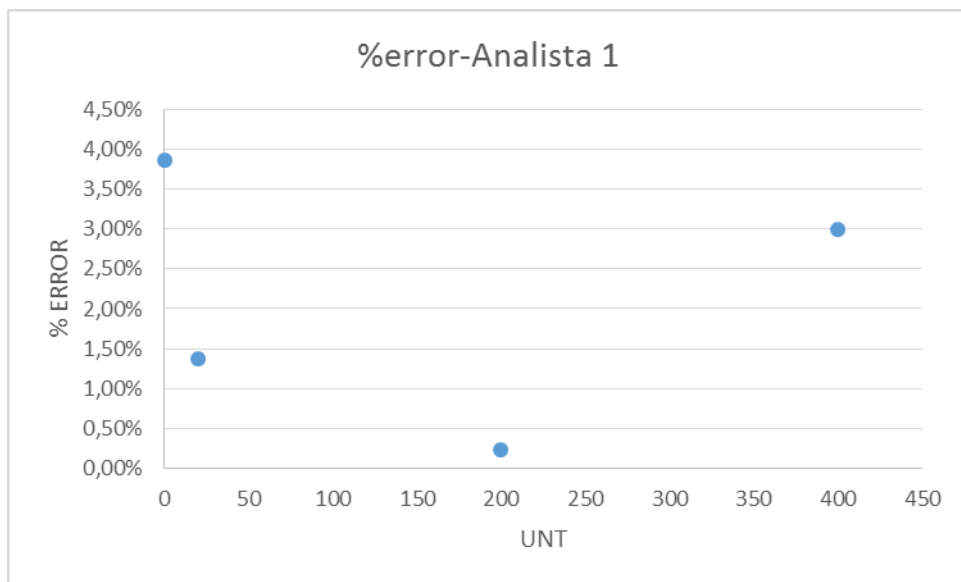
Fuente: Validación de datos experimentales

**Ilustración 10. Reproducibilidad Analista 2**

Fuente: Validación de datos experimentales

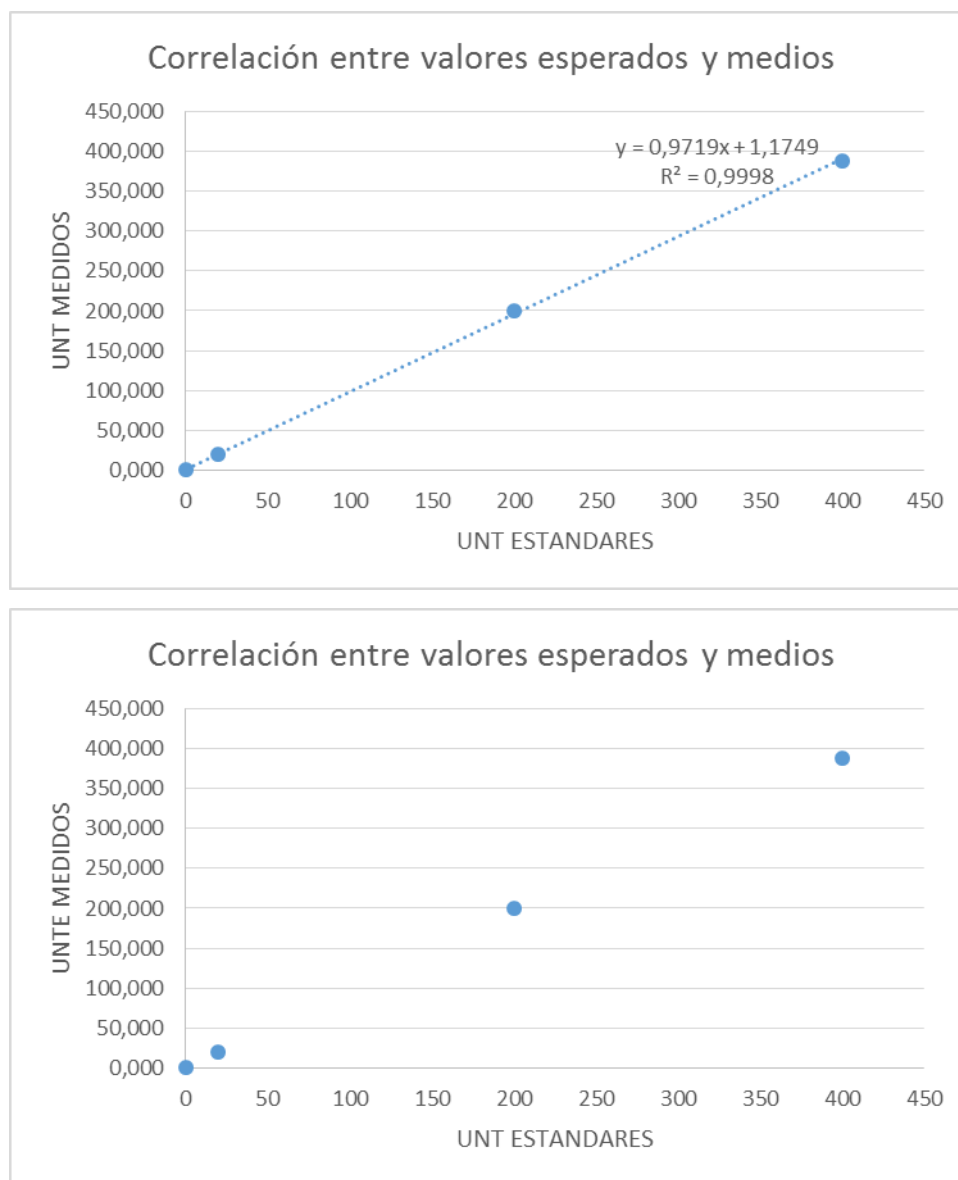
El las presentes graficas se verifica el porcentaje de error y la relación entre las concentraciones teóricas y experimentales. Como se muestra a continuación.

**Ilustración 11. Porcentaje de Error entre Analistas**



Fuente: Validación de datos experimentales

*Ilustración 12. Correlación de Concentraciones entre analistas*



Fuente: Datos recogidos en la validación

Para la evaluación del sesgo del método se toman los siguientes valores.

**Tabla 28. Análisis estadístico para evaluación de aceptación del sesgo**

UNT	t cal	T cr	Criteri	Evaluaci
0,5	0,17	1,76	tcal>tcr	Cumpl
20	0,500	1,761	tcal>tcr	Cumple
200	0,286	1,761	tcal>tcr	Cumple
400	0,233	1,761	tcal>tcr	Cumple

Fuente: Validación de datos experimentales

Los criterios de aceptación según el t- de student se cumple para todos los patrones trabajados lo que nos indica que el método es exacto para este rango de trabajo.

### **Estimación de la incertidumbre de la medición**

La incertidumbre del presente método se calcula mediante la combinación de incertidumbres individuales que aportan al resultado y la expansión del resultado por una constante de proporcionalidad.

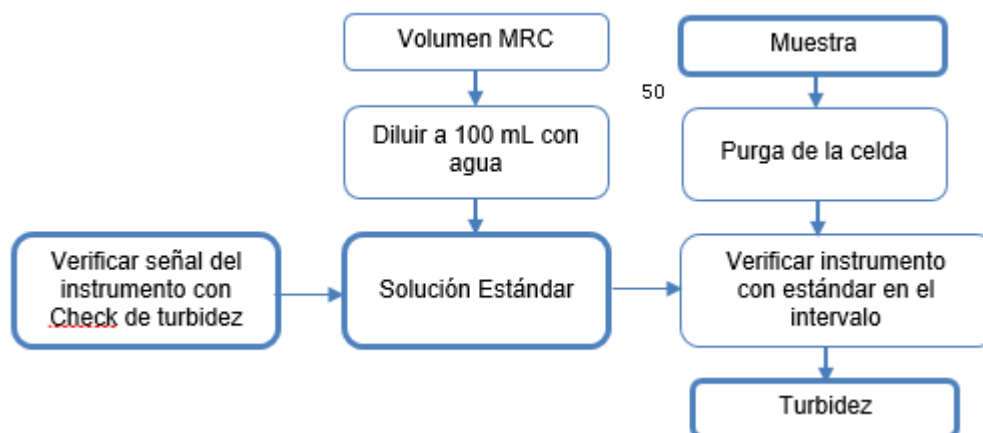
### **Especificación del Mensurando**

#### **Procedimiento**

La Turbidez en aguas se determina leyendo la muestra directamente en el equipo (turbidímetro), para esto se sirve la muestra en la celda evitando la formación de burbujas y se realiza la lectura directa en un tiempo menor a un minuto.



Figura 2. Etapas críticas del procedimiento de análisis



Fuente: Estándar Methods

### Cálculo

No se presenta ningún cálculo para obtener el resultado, el equipo lee directamente la concentración en unidades de NTU.

### Identificación de las fuentes de Incertidumbre

Tabla 29. Fuentes de incertidumbre de la medición

Proceso	Factor	Fuentes individuales
Preparación del Patrón	MRC	Certificado del reactivo
	Dilución	Verificación del balón aforado e Incertidumbre reportada en el certificado de calibración de la bureta.
Análisis de muestras	No Aplica	No Aplica

Proceso	Factor	Fuentes individuales
Cálculos	Resultado final*	Redondeo de cifras*

Fuente: propia

\* El aporte de estas fuentes está incluido en el valor de repetibilidad de medición, por cuanto éste se obtuvo de los resultados de medición de varias muestras durante varios días, lo que implica la variación aleatoria de tales fuentes.

### Forma de calcular y reportar la incertidumbre de los resultados

Cuando se incluya la incertidumbre en un informe, el resultado se reporta como:

“**Turbidez** = [Turbidez]  $\pm U_c$  NTU; la incertidumbre expandida se calculó con un factor de cobertura de 2, que equivale a un nivel de confianza de aproximadamente 95 %”.

### Resumen de resultados obtenidos

*Tabla 30 Resultados de la verificación del método*

PARÁMETRO	VALOR OBTENIDO
<b>Límites de detección y cuantificación</b>	
Valor crítico, $L_C$	0,002
Límite de detección, $L_D$	0,561
Límite de cuantificación, $L_Q$	0,648

<b>Precisión</b>	
Desviación estándar	1,2
Coeficiente de variación	3,6%
<b>Exactitud</b>	
Error relativo	4,8%
<b>Incertidumbre de medición <math>U_c(DT)</math></b>	0,32

Fuente: Validación de datos experimentales

### **Declaración de conformidad**

Considerando que todos los atributos validados para el método SON CONFORMES respecto al método de referencia, el equipo y patrones utilizados.

Se declara que el método SM22 2130B referenciado en el “**Standard Methods for the examination of Water and Waste Water 22 th Edition**”, documentado en el procedimiento técnico mencionado y verificado en el Laboratorio y verificado en el laboratorio Luis Eduardo de Leon Caicedo **CUMPLE CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS PARA EL USO PREVISTO.**

## Conclusiones

Se verifico la metodología analítica de dureza total y turbiedad de la Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado IBAL S.A E.S.P oficial y el cumplimiento de los mismos basados en Decreto 1575 de 2007 resolución 2115, que se establece el procedimiento de la realización de la técnica acorde a las necesidades del laboratorio y con la referencia del Standards Methods 22 edición.

Se desarrolló la veracidad del método analítico de dureza total, que muestra la concordancia entre el promedio y el valor aceptado como referencia para la técnica de dureza total dando cumplimiento con los criterios de aceptación del sesgo.

Se desarrolló el plan de validación en base al Standards Methods acorde a los procedimientos que se realizan en el laboratorio de calidad del agua del IBAL S.A E.S.P donde se pudo constatar el cumplimiento de lo requerido para ser presentado ante el ente acreditador ONAC Organismo Nacional de Acreditación Colombiana y de esta manera lograr la acreditación de la técnica de dureza total y turbiedad.

Se documentaron los procedimientos de validación para la técnica de dureza total y turbiedad acorde a los requisitos técnicos establecidos por los, métodos estandarizados edición 22 (Standards Methods) para brindar al grupo de calidad de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado del municipio de Ibagué IBAL S.A E.S.P oficial el soporte requerido para la presentación ante el ente acreditador.

Se llevó a cabo la verificación y validación de la técnica de dureza total, turbiedad llevadas a cabo en el laboratorio Luis Eduardo de León Caicedo de agua para la solicitud de visita ante el organismo acreditador ONAC.

La precisión del método de dureza total y turbiedad fue asertiva con unos coeficientes de repetibilidad y de reproducibilidad ideales, la exactitud de los métodos están dentro de los parámetros establecidos para los mismos dando cumplimiento a lo requerido en la norma NTC ISO/IEC 17025:2005 (requisitos generales para competencia de los laboratorios de ensayo y calibración).

### **Recomendaciones**

Se recomienda al grupo de calidad del laboratorio Luis Eduardo de León Caicedo de Agua de la Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado IBAL S.A E.S.P oficial continuar con el compromiso en la aplicación de la técnica de dureza total y turbiedad por parte de los analistas químicos en la gestión de calidad para el proceso de acreditación pretendiendo la mejora continua.

Dar cumplimiento a los parámetros y criterios estadísticos para validación para las técnicas de dureza total y turbiedad basados en los métodos estandarizados edición 22 (Standards Methods) para poder solicitar la debida certificación ante el ente acreditador ONAC.

Documentar los procedimientos de validación que se realizan en el laboratorio para las técnicas de dureza total, turbiedad y demás procesos que se realizan en el laboratorio de agua Luis Eduardo de León Caicedo por parte del grupo de aseguramiento de la calidad.

## Bibliografía

- Beneyto, P. V. (2009). *Curso de manipulador de agua de consumo humano*. Universidad de Alicante .
- Duffau, B. (2010). *Validación de metodos y determinación de la incertidumbre de la medición*. (I. D. PUBLICA, Ed.) Recuperado el 09 de 09 de 2015, de Aspectos generales sobre la validación de metodos: <http://www.ispch.cl/sites/default/files/documentotecnico>
- Ellison, R. (2012). *Quantifying uncertainty in analytical measurement*. (Vol. Third edition). EURACHEM CITAC.
- HACH. (2004). *Portable turbidimeter Instrument and Procedure Manual*. USA.
- Harris, D. C. (2007). *Análisis químico cuantitativo* (6 edición ed.). Barcelona, España: Reverté, S.A.
- Henry J. Glynn, H. G. (1999). *Ingeniería Ambiental* (segunda edición ed.). Mexico: Prentice Hall.
- IBAL. (2011). *Grupo aseguramiento de la calidad de agua* . ibague : presentación PowerPoint.
- Idarraga, F. L. (s.f de s.f de s.f). *Universidad Nacional de Colombia* . Recuperado el 15 de 08 de 26, de Dirección Nacional de innovación Académica:  
[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/contenido/Capitulo\\_7/Pages/calidad\\_agua.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/contenido/Capitulo_7/Pages/calidad_agua.htm)
- Martínez, M. H. (2012). *Validación de Metodos*. Bogota: Universidad Nacional De Colombia.

Standard Methods. (s.f.). Standard Methods For The Examination Of Water And Water Waster.

Edición 21. Secciones 2340 C, 2510 A.

Mora D., A. N. (2000). Cálculos en las vías urinarias y su relación con el consumo de calcio en el agua de bebida en Costa Rica. *Costarric. Salud Pública*, 9(17), 61-70.

N.F.GRAY. (s.f.). Orígenes del agua . En *Calidad del Agua Potable Problemas y Soluciones* .

Acriba, S.A.

Orellana, J. A. (2005). Características del agua Potable. *Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO*, 1.

Recuperado el 26 de 08 de 2015, de Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO.

SENA, M. d. (1999). *Operaciones y Mantenimiento de Plantas de Potabilización de agua*.

Bogota: Ministerio de Desarrollo Económico. Obtenido de Ministerio de Desarrollo Económico.

Skoog, D. H. (s.f.). *SKOOG, Douglas. HOLLER, James. NIEMAN, Timothy*. Octava Edición. McGraw Hill.

UNICEF. (s.f.). El estado del agua, el alcantarillado y los residuos sólidos en los municipios. En N.R, *EL agua potable y el saneamiento básico en los planes de desarrollo* (pág. 38).

Colombia: unicef. Recuperado el 27 de 08 de 2015, de

<http://www.unicef.org/colombia/pdf/Agua3.pdf>



### Anexo 1. Diagnóstico (Lista de Chequeo)

#### Diagnostico (lista de chequeo)

CUMPLIMIENTO DE LA NORMA NTC ISO-IEC 17025:2005	
1	No hay desarrollo del requisito
2	Requisito definido de forma informal sin documentación
3	Requisito definido de forma informal con documentación o registro
4	Requisito documentado pero no implementado
5	Cumplimiento del requisito

REQUISITOS TECNICOS	CUMPLIMIENTO					REFERENCIA
	1	2	3	4	5	
<p><b>5.1 Generalidades</b></p> <p><b>5.1.1</b> Muchos factores determinan la exactitud y la confiabilidad de los ensayos o de las calibraciones realizadas por un laboratorio. Estos factores incluyen elementos provenientes: Factores humanos, Instalaciones y condiciones ambientales, Metodos de ensayo y calibracion y la validación de los metodos. Equipos, Trazabilidad de las mediciones, Muestreo Manipulación de los ítems de ensayo y calibración.</p>			X			Decreto 1575 de 2007 resolución 2115 normas técnicas de calidad del Agua potable para consumo humano Manual de procedimientos técnicos del IBAL, factores que influyen en la incertidumbre de las mediciones.
<p><b>5.1.2</b> El laboratorio debe tener en cuenta estos factores al desarrollar los metodos y procedimientos de ensayo y de calibracion, en la formación y la calibración, en la formación y la clasificación del persona, asi como en la selección y la calibración de los equipos utilizados.</p>					x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL Procedimiento para perfil del

					personal y evaluación del desempeño, cronograma y capacitación del personal hoja de vida con la formación académica, documento de SGC para personal externo.(no corresponde a la propuesta presentada)
<b>5.2 Personal</b> <b>5.2.1</b> La dirección del laboratorio debe asegurar la competencia de todos los que operan equipos específicos, realizan ensayo o calibraciones, evalúan los resultados y firman los informes de ensayo y los certificados de calibración.				x	Manual de funciones del IBAL, definir los factores y condiciones ambientales que puedan afectar la calidad de los ensayos, procedimiento de seguimiento de condiciones ambientales, control de acceso a las áreas de ensayo, manual de limpieza.
<b>5.2.2</b> El laboratorio debe tener una política y procedimientos para identificar las necesidades de formación del personal y para proporcionarla			x		Manual de procedimientos técnicos del IBAL Manual de funciones del IBAL (no corresponde a

					la propuesta presentada)
<b>5.2.3</b> Cuando utilice personal técnico y de apoyo clave, ya sea bajo contacto o a título suplementario, el laboratorio debe asegurarse de que dicho personal sea supervisado, que sea competente, y que trabaje de acuerdo con el sistema de gestión del laboratorio.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL Manual de funciones del IBAL (no corresponde a la propuesta presentada)
<b>5.2.4</b> El laboratorio debe mantener actualizados los perfiles de los puestos de trabajo del personal directivo, técnico y de apoyo clave involucrado en los ensayos o las calibraciones.				x	Manual de funciones del IBAL (no corresponde a la propuesta presentada)
<b>5.2.5</b> El laboratorio debe mantener registros de las autorizaciones pertinentes de la competencia del nivel de estudios y de las calificaciones profesionales, de la formación, de las habilidades y de la experiencia de todo el personal técnico, incluido el personal contratado.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL (no corresponde a la propuesta presentada)
<b>5.3 Instalaciones y condiciones ambientales</b> <b>5.3.1</b> El laboratorio debe asegurarse de que las condiciones ambientales no invaliden los resultados ni comprometan la calidad requerida de las mediciones. Se deben tomar precauciones especiales cuando el muestreo y los ensayos o las calibraciones se realicen en sitios distintos de la instalación permanente del laboratorio.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL definir los factores y condiciones ambientales que puedan afectar la calidad de los ensayos, procedimiento de seguimiento de condiciones ambientales, control de acceso a las áreas de

					ensayo, manual de limpieza.
<b>5.3.3</b> Debe hacer una separación eficaz entre áreas vecinas en las que se realice actividades incompatibles. Se deben tomar medidas para prevenir la contaminación cruzada.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL Listas de verificación de instalaciones,
<b>5.3.4</b> Se debe controlar el acceso y el uso de las áreas que afectan a la calidad de los ensayos o de las calibraciones. El laboratorio debe determinar la extensión del control en función de sus circunstancias particulares.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.3.5</b> Se debe tomar medidas para asegurar el orden y la limpieza del laboratorio. Cuando sean necesarios se deben preparar procedimientos especiales.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.4 Métodos de ensayo y de calibraciones y validaciones de los métodos</b> <b>5.4.1 Generalidades</b> El laboratorio debe aplicar métodos y procedimientos apropiados para todos los ensayos o las calibraciones dentro de su alcance. Esto incluye el muestreo, la manipulación, el transporte, el almacenamiento y la preparación de los ítems a ensayar o a calibrar y, cuando corresponda, la estimación de la incertidumbre de la medición así como técnicas estadísticas para el análisis de los datos de los ensayos o de las calibraciones.			x		Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.4.2 Selección de los métodos</b> El laboratorio debe utilizar los métodos de ensayo o de calibración, incluidos los de muestreo, que sean apropiados para los ensayos o las calibraciones que realiza. Se debe utilizar preferentemente los métodos publicados con normas internacionales, regionales o nacionales. El laboratorio debe asegurarse de que utiliza la última versión vigente de la norma, a menos que no sea apropiado o posible.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL Manual de operación de equipos Manual de metodologías analíticas Formato de reportes de ensayo

					Formato de seguimiento de calibraciones
<b>5.4.3 Métodos desarrollados por el laboratorio</b> La introducción de los métodos de ensayo y de calibración desarrollados por el laboratorio para su propio uso deben ser una actividad planificada y debe ser asignada a personal calificado, provisto de los recursos adecuados.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL Manual de metodologías analíticas Registros de certificación de validación
<b>5.4.4 Métodos no normalizados</b>					Manual de procedimientos de gestión Plan de planificación de alcance de la acreditación
<b>5.4.5 Validación de los métodos</b>					NA
<b>5.4.5.1</b> La validación es la confirmación, a través del examen y el aporte de evidencias objetivas, de que se cumplen los requisitos particulares para uso específico previsto.	x				
<b>5.4.5.2</b> El laboratorio debe validar los métodos no normalizados.	x				Standards Methods 2130 B. Método Nefelométrico 2340 C. EDTA Método volumétrico
<b>5.4.5.3</b> La gama y la exactitud de los valores que se obtienen empleando métodos válidos tal como fueron fijadas para el uso previsto, deben responder a las necesidades de los clientes.	x				NA
<b>5.4.6 Estimación de la incertidumbre de la medición</b>					Manual de procedimientos técnicos del IBAL Instructivo de

					metodologías analíticas
<b>5.4.6.1</b> Un laboratorio de calibración, o un laboratorio de ensayo que realiza sus propias calibraciones, debe tener y debe aplicar un procedimiento para estimar la incertidumbre de la medición para todas las calibraciones y todos los tipos de calibraciones.	x				
<b>5.4.6.2</b> Los laboratorios de ensayo deben tener y deben aplicar procedimientos para estimar la incertidumbre de la medición. En la estimación razonable se debe basar en un conocimiento del desempeño del método y en el alcance de la medición y debe hacer uso.	x				Elaborar anexo en el manual de procedimientos técnicos
<b>5.4.6.3</b> Cuando se estima la incertidumbre de la medición, se deben tener en cuenta todos los componentes de la incertidumbre que sean de importancia en la situación dada, utilizando métodos apropiados de análisis.	x				Elaborar anexo en el manual de procedimientos técnicos
<b>5.4.7 Control de los datos</b>					Elaborar anexo en el manual de procedimientos técnicos
<b>5.4.7.1</b> Los cálculos y la transferencia de los datos deben estar sujetos a verificaciones adecuadas llevadas a cabo de una manera sistemática.				x	
<b>5.4.7.2</b> Cuando se utilicen computadoras o equipos automatizados para captar, procesar, registrar, informar, almacenar o recuperar los datos de los ensayos o de las calibraciones, el laboratorio debe asegurarse de que: el software desarrollado por el usuario esté documentado; se establecen e implementan procedimientos para proteger los datos; se hace el mantenimiento de las computadoras y equipos automatizados con el fin de asegurar que funcionan adecuadamente.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL Instructivo de información
<b>5.5 Equipos</b>				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.5.1</b> El laboratorio debe estar provisto con todos los equipos para el muestreo, la medición y el ensayo, requeridos para la correcta ejecución de los ensayos o de las calibraciones.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.5.2</b> Los equipos y su software utilizado para los ensayos, las calibraciones y el muestreo deben permitir lograr la exactitud requerida y deben cumplir con las especificaciones pertinentes para				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL

los ensayos o las calibraciones concernientes. Se deben establecer programas de calibración para las magnitudes o los valores esenciales de los instrumentos cuando dichas propiedades afecten significativamente a los resultados.					Manual de uso de equipos Manual de mantenimiento de equipos
<b>5.5.3</b> Los equipos deben ser operados por personal autorizado. Las instrucciones actualizadas sobre el uso y el mantenimiento de los equipos (incluidos cualquier manual pertinente suministrado por el fabricante del equipo) deben estar disponible para ser utilizadas por el personal del laboratorio.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.5.4</b> Cada equipo y su software utilizado para los ensayos y las calibraciones, que sea importante para el resultado, debe, en la medida de lo posible, estar unívocamente identificado.				x	manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.5.5</b> Se debe establecer requisitos de cada componente del equipamiento y su software que sea importante para la realización de los ensayos o las calibraciones. Los registros deben incluir por lo menos lo siguiente: la identificación del equipo y su software; el nombre del fabricante, la identificación del modelo, el número de serie u otra identificación única; Las verificaciones de la conformidad del equipo con la especificación; la ubicación actual; las fechas, los resultados y las copias de los informes y de los certificados de todas las calibraciones, los ajustes, los criterios de aceptación, y la fecha prevista de la próxima calibración; el plan de mantenimiento y el mantenimiento llevado a cabo hasta la fecha; todo daño, mal funcionamiento, modificación o reparación del equipo.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.5.6.</b> El laboratorio debe tener procedimientos para la manipulación segura, el transporte, el almacenamiento planificado de los equipo de medición con el fin de asegurar el funcionamiento correcto y de prevenir la contaminación o el deterioro.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL Manual de uso de equipos
<b>5.5.7.</b> Los equipos que hayan sido sometidos a una sobrecarga o a un uso inadecuado, que den resultados dudosos, o se haya demostrado que son defectuosos o que están fuera de los límites especificados, deben ser puestos fuera de servicio.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL Manual de uso de equipos
<b>5.5.8.</b> Cuando sea posible, todos los equipos bajo el control del laboratorio que requieran una				x	Manual de calibración de

calibración, deben ser rotulados, codificados o identificados de alguna manera para indicar el estado de calibración.					equipos
<b>5.5.9.</b> Cuando, por cualquier razón, el equipo quede fuera del control directo del laboratorio, este debe asegurarse de que se verifican el funcionamiento y el estado de calibración del equipo y de que son satisfactorios, ante de que el equipo dea reintegrado al servicio.				x	Manual de calibración de equipos Manual de uso de equipos
<b>5.5.10.</b> Cuando se necesiten comprobaciones intermedias para mantener la confianza en el estado de calibración de los equipos, esta se deben efectuar según un procedimiento definido.				x	Manual de calibración de equipos
<b>5.5.11.</b> Cuando las calibraciones den lugar a un conjunto de factores de correcciones, el laboratorio debe tener procedimientos para asegurarse de que las copias (por ejemplo, en el software), se actualizan correctamente.				x	Manual de calibración de equipos
<b>5.5.12.</b> Se deben Proteger los equipos de ensayo y de calibración, tanto el hardware como el software, contra ajustes que pudieran invalidar los resultados de los ensayos o de las calibraciones.				x	Manual de calibración de equipos
<b>5.6. Trazabilidad de las mediciones</b> <b>5.6.1. Generalidades</b> Todos los equipos utilizados para los ensayos o las calibraciones, incluidos los equipos para mediciones auxiliares (por ejemplo, de las condiciones ambientales) que tengan un efecto significativo en la exactitud o en la validez del resultado del ensayo, de la calibración o del muestreo, deben ser calibrados antes de ser puestos en servicio. El laboratorio debe establecer un programa y un procedimiento para la calibración de sus equipos.				x	Anexar a Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.6.2. Requisitos específicos</b>					
<b>5.6.2.1. Calibración</b>					
<b>5.6.2.1.1</b> Para los laboratorios de calibración, el programa de calibración de los equipos deben ser diseñado y operado de modo que se asegure que las calibraciones y las mediciones hechas por el laboratorio sena trazables al Sisistema Internacional de Unidades (SI). Un laboratorio de calibración establece la trazabilidad de sus propios patrones de medición e instrumentos de medición al sistema SI. Cuando se utilicen servicios de calibración externos, se				x	N.A



debe asegurar la trazabilidad de la medición mediante el uso de servicios de calibración provistos por laboratorios que puedan demostrar su competencia y capacidad de medición y trazabilidad.					
<b>5.6.2.1.2.</b> Existen ciertas calibraciones que actualmente no se pueden hacer estrictamente en unidades SI. En estos casos la calibración debe proporcionar confianza en las mediciones al establecer la trazabilidad a patrones de medición apropiados, tales como: - El uso de materiales de referencia certificados provistos por un proveedor competente con el fin de caracterizar física o químicamente un material de manera confiable; - La utilización de métodos especificados o de normas consensuadas, claramente descritos y acordados por todas las partes concernientes.				x	N.A
<b>5.6.2.2. Ensayos</b>					
<b>5.6.2.2.1</b> El laboratorio debe asegurarse de que el equipo utilizado puede proveer la incertidumbre de medición requerida.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL Manual de calibración del equipo
<b>5.6.2.2.2.</b> Cuando la trazabilidad de las mediciones a las unidades SI no sea posible o no sea pertinente, se deben exigir los mismos requisitos para la trazabilidad que para los laboratorios de calibración.			x		Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.6.3. Patrones de referencia y materiales de referencia</b>					Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.6.3.1. Patrones de referencias</b> EL laboratorio debe tener un programa y un procedimiento para la calibración de sus patrones de referencia.	x				
<b>5.6.3.2. Materiales de referencia</b> Cada vez que sea posible se debe establecer la trazabilidad de los materiales de referencia a las unidades de medida SI o a materiales de referencia certificados. Los materiales de referencia internos deben ser verificados en la medida que sea técnica				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL

y económicamente posible.					
<b>5.6.3.3. Verificación intermedias</b> Se deben llevar a cabo las verificaciones que sean necesarias para mantener la confianza en el estado de calibración de los patrones de referencia primarios de transferencia o de trabajo y de los materiales de referencia de acuerdo con procedimiento y una programación definidos.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.6.3.4. Transporte y almacenamiento</b> El laboratorio debe tener procedimientos para la manipulación segura, el transporte, el almacenamiento y el uso de los patrones de referencia y materiales de referencia con el fin de prevenir su contaminación o deterioro y preservar su integridad.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.7. Muestreo</b> <b>5.7.1.</b> El laboratorio debe tener un plan y procedimientos para el muestreo cuando efectúe el muestreo de sustancias, materiales o productos que luego ensaye o calibre. Los planes de muestreo deben, siempre que sea razonable, estar basados en métodos estadísticos apropiados.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.7.2.</b> Cuando el cliente requiera desviaciones, adiciones o exclusiones del procedimiento de muestreo documentado.			x		Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.7.3.</b> El laboratorio debe tener procedimientos para registrar los datos y las operaciones relacionados con el muestreo que forma parte de los ensayos o las calibraciones que llevan a cabo.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.8. Manipulación de los ítems de ensayo o de calibración</b> <b>5.8.1.</b> El laboratorio debe tener procedimientos para el transporte, la recepción, la manipulación, la protección, el almacenamiento, la conservación o la disposición final de los ítems de ensayo o de calibración, incluidas todas las disposiciones necesarias para proteger la integridad del ítem de ensayo o de calibración, así como los intereses del laboratorio y del cliente.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.8.2.</b> El laboratorio debe tener un sistema para la identificación de los ítems de ensayo o de calibración.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL

<b>5.8.3.</b> Al recibir el ítem para ensayo o calibración, se deben registrar las anomalías o los desvíos en relación con las condiciones normales o especificadas, según se describen en el correspondiente método de ensayo o de calibración.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.8.4.</b> El laboratorio debe tener procedimientos e instalaciones apropiadas para evitar el deterioro, la pérdida o el daño del ítem de ensayo o de calibración durante el almacenamiento, la manipulación y la preparación.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.9. Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y de calibración</b>					
<b>5.9.1.</b> El laboratorio debe tener procedimientos de control de la calidad para realizar el seguimiento de la validez de los ensayos y las calibraciones llevados a cabo.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.9.2.</b> Los datos de control de la calidad deben ser analizados y, si no satisfacen los criterios predefinidos, se deben tomar las acciones planificadas para corregir el problema y evitar consignar resultados incorrectos.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.10 Informes de os resultados</b>				x	
<b>5.10.1. Generalidades</b> Los resultados de cada ensayo, calibración o series de ensayo o calibraciones efectuados por el laboratorio, deben ser informados en forma exacta, clara, no ambigua y objetiva, de acuerdo con las instrucciones específicas de los métodos de ensayo o de calibraciones.					Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.10.2. Informes de ensayo y certificados de calibración</b> Cada informe de ensayo o certificado de calibración debe incluir la siguiente información; título, el nombre y la dirección del laboratorio y el lugar donde se realizaron los ensayos o las calibraciones, una identificación única del informe de ensayo o del certificado de calibración; el nombre y la dirección del cliente; la identificación del método utilizado; una descripción, la condición y una identificación no ambigua del o de los ítems ensayados o calibrados; la fecha de recepción del o de los ítems sometidos al ensayo o a la calibración y la fecha de ejecución del ensayo				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL

o la calibración; una referencia al plan y a los procedimientos de muestreo utilizados por el laboratorio u otros organismos, los resultados de los ensayos o las calibraciones con sus unidades de medida; el o los nombres, funciones y firmas o una identificación equivalente de la o las personas que autorizan el informe de ensayo o el certificado de calibración.					
<b>5.10.3. Informes de ensayo</b>					
<b>5.10.3.1.</b> Además de los requisitos indicados en el apartado 5.10.2, los informes de ensayo deben incluir, en los casos en que sea necesario para la interpretación de los resultados de los ensayos, lo siguiente: las desviaciones, adiciones o exclusiones del método de ensayo e información sobre condiciones de ensayo específicas, tales como las condiciones ambientales; una declaración sobre el cumplimiento o no cumplimiento con los requisitos o las especificaciones; una declaración sobre la incertidumbre de medición estimada; la información sobre la incertidumbre es necesaria en los informes de ensayo cuando sea pertinente para la validez o aplicación de los resultados de los ensayos.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.10.3.2.</b> Además de los requisitos indicados en los apartados 5.10.2 y 5.10.3.1, los informes de ensayos que contengan los resultados del muestreo, deben incluir lo siguiente, cuando sea necesario para la interpretación de los resultados de los ensayos: la fecha del muestreo ; una identificación inequívoca de la sustancia, el material y el producto muestreado; el lugar de muestreo, incluido cualquier diagrama, croquis o fotografía; una referencia al plan y a los procedimientos de muestreo utilizados; los detalles de las condiciones ambientales durante el muestreo que pueda afectar a la interpretación de los resultados del ensayo; cualquier norma o especificación sobre el método o el procedimiento de muestreo, y las desviaciones, adiciones o exclusiones de la especificación concerniente.	x				Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.10.4. Certificados de calibración</b>					
<b>5.10.4.1.</b> Además de los requisitos indicados en el apartado 5.10.2, cuando sea necesario para la interpretación de los resultados deben incluir,				x	N.A

cuando sea necesario para la interpretación de los resultados de la calibración, lo siguiente: las condiciones bajo las cuales fueron hechas las calibraciones y que tengan una influencia en los resultados de la medición; la incertidumbre de la medición o una declaración de cumplimiento con una especificación metrologica identificada o con partes de esta; evidencia de que las mediciones son trazables.					
<b>5.10.4.2.</b> El certificado de calibración sólo debe estar relacionado con las magnitudes y los resultados de los ensayos funcionales.				x	N.A
<b>5.10.4.3.</b> Cuando un instrumento para calibración ha sido ajustado o reparado, se debe informar los resultados de la calibración antes y después del ajuste o la reparación, si estuviera disponibles.				x	N.A
<b>5.10.4.4.</b> Un certificación de calibración (o etiqueta de calibración) no debe contener ninguna recomendación sobre el intervalo de calibración, excepto que esto haya sido acordado con el cliente. Este requisito puede ser reemplazado por disposiciones legales.				x	N.A
<b>5.10.5. Opiniones e interpretaciones</b> Cuando se incluyan opiniones e interpretaciones, el laboratorio debe asentar por escrito las bases que respaldan dichas opiniones e interpretaciones. Las opiniones e interpretaciones deben estar claramente identificadas como tales en un informe de ensayo.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.10.6. Resultados de ensayo y calibración obtenidos de los subcontratistas</b> Cuando el informe de ensayo contenga resultados de ensayo realizados por los subcontratistas, estos resultados de ensayo realizados por los subcontratistas deben informar sobre los resultados por escrito o electrónicamente.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.10.7. Transmisión electrónicamente de los resultados</b> En el caso que los resultados de ensayo o de calibración se transmitan por teléfono, fax u otros medios electrónicos o electromagnéticos, se deben cumplir los requisitos de esta Norma internacional.				x	Manual de procedimientos técnicos del IBAL
<b>5.10.8. Presentación de los informes y de los certificados</b> La presentación elegida debe ser concebida para				x	Manual de procedimientos técnicos del

responder a cada tipo de ensayo o de calibración efectuando y para minimizar la posibilidad de mala interpretación o mal uso.					IBAL
<p><b>5.10.9. Modificaciones a los informes de ensayo y a los certificados de calibraciones</b></p> <p>Las modificaciones de fondo a un informe de ensayo o certificado de calibración después de su emisión deben ser hechas solamente en la forma de un nuevo documento, o de una transferencia de datos, dichas correcciones deben cumplir con todos los requisitos de esta Norma Internacional. Cuando sea necesario emitir un nuevo informe de ensayo o certificado de calibración completo, éste debe ser unívocamente identificado y debe contener una referencia al original al que reemplaza.</p>			x		Manual de procedimientos técnicos del IBAL

**Fuente: Elaboración propia**

## Anexo 2. Datos de determinación de dureza total

DATOS: DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL				CÓDIGO			
				CONTROL			
				VERSIÓN			
				PÁGINA			
FECHA				HORA			
MUESTRA	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CÓDIGO	OBSERVACIONES				
1							
2							
3							
4							
DUREZA TOTAL $(Dureza\ Total)\frac{mg}{L}\ CaCO_3 = \frac{V_{EDTA} \times M_{EDTA}}{V_{MUESTRA}} \times 100,$							
MUESTRA	VOLUMEN MUESTRA (mL)	VOLUMEN EDTA (mL)	MOLARIDAD EDTA (mol/L)	DUREZA TOTAL (mg/L)	PROMEDIO (mg/L)	DESVIACIÓN ESTANDAR	% COEFICIENTE VARIACIÓN
MB-BLANCO							
1							
2							
Muestra adicionada 1							
Muestra adicionada 2							
				%RECUPERACIÓN			
LFB-PATRON _____mg/L							
				% ERROR			
OBSERVACIONES:							
ANALIZADO POR:				REVISADO POR:			

<b>DATOS: TURBIEDAD</b>			CÓDIGO	
			CONTROL	
			VERSIÓN	
			PÁGINA	
FECHA			HORA	
<b>MUESTRA</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	
1				
2				
3				
4				



Número de días / Número de mediciones	1 {dd/mm/aa}	2 {dd/mm/aa}	3 {dd/mm/aa}	4 {dd/mm/aa}	5 {dd/mm/aa}	6 {dd/mm/aa}	7 {dd/mm/aa}
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
<b>Promedio</b>							
<b>Desviación estándar</b>							
<b>Coefficiente de variación</b>							
<b>OBSERVACIONES:</b>							
<b>ANALIZADO POR:</b>				<b>REVISADO POR:</b>			



## Anexo 3. Plan de validación de dureza total y de turbiedad

<b>PLAN DE VALIDACIÓN</b>			
<b>1. Alcance de la Validación</b>			
<b>Parámetro:</b>	Dureza Total		
<b>Método:</b>	Método Complexométrico - SM 2340 C Ed. 22		
<b>Unidades:</b>	mg/L CaCO <sub>3</sub>		
<b>Matriz:</b>	Agua Cruda, Agua Filtrada 1500, Red de Distribución		
<b>VARIABLES a cuantificar:</b>	Molaridad del titulante (EDTA), Volumen de muestra, volumen consumido del titulante.		
<b>Rango de Trabajo:</b>	LC - 350 mg/L		
<b>Muestras:</b>	<b>Denominación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Concentración/ Muestra</b>
	Blanco	Agua Desionizada	****
	Estándar Bajo (Eb)	Estándar de concentración cercana al LC	5 mg/L
	Estándar medio (Em)	Estándar de concentración aproximada al 50% del rango de trabajo	150 mg/L
	Estándar alto (Ea)	Estándar de concentración aproximada al 90% del rango de trabajo	350 mg/L
	M1	Muestra Natural de Agua Cruda	Eb>M1>Em
	M2	Muestra Natural Agua Filtrada 1500	Eb>M12>Em
	M3	Muestra Natural Red de distribución	Eb>M12>Em
	M <sub>x</sub> Eb	Donde Muestra M <sub>x</sub> corresponde a cada muestra natural adicionada con el estándar bajo (Eb)	****
	M <sub>x</sub> Em	Muestra M <sub>x</sub> adicionada con aproximadamente 50% de la concentración de M <sub>x</sub>	****
<b>2. Materiales, insumos y equipos necesarios para desarrollar la validación</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>INSUMOS</b>	<b>EQUIPOS</b>
	Erlenmeyer de 250 ml	Agua Destilada	Titulador digital marca HACH
	Probeta de 100 ml	Papeleta de Manver HACH	

				Macropipeteador	Agua cruda	
				Pipetas volumétricas 125 mL, 100 mL, 25 mL, 5 mL	Agua filtrada	
					Red de distribución	
					Solución Buffer Hardness HACH Solución CaCO <sub>3</sub>	
PARÁMETRO DE VALIDACIÓN	CARACTERÍSTICA (S)	EXPRESADO COMO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	MUESTRA	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
SELECTIVIDAD	Algunos iones metálicos interfieren produciendo disminución del color en el punto final o produciendo múltiples puntos finales por consumo estequiométrico de EDTA. Esta interferencia se reduce por adición de ciertos inhibidores antes de la titulación. En las muestras naturales seleccionadas para realizar la presente validación, no se presentan dichas interferencias.					
RANGO DE TRABAJO	Teórico	mg/L CaCO <sub>3</sub>	LC - 350 mg/L	***	***	***
LÍMITES	Detección (LOD)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	LC<LOD<LQD	Estándar bajo (Eb)	Medir 15 repeticiones del estándar bajo. Se calcula a partir de la desviación estándar obtenida en la determinación. Límite de cuantificación. LOD= 3s	1 día 2 analistas
	Cuantificación (LQD)	mg/L CaCO <sub>3</sub>			Se calcula a partir de la desviación estándar obtenida en la determinación. Límite de cuantificación. LOD= 10s	1 día 2 analistas
VERACIDAD	Exactitud	% Error	Exactitud expresada como % Error menor o igual al 10%. Prueba de la t.	Estándares preparados a partir del patrón trazable de 1000 mg/L CaCO <sub>3</sub> , medidos como dureza total. Eb, Em, Ea.	Medir tres réplicas de los estándares preparados. Calcular promedio ( $\bar{X}_m$ ), porcentaje de error (%E), desviación estándar (s) y coeficiente de variación (%CV) Calcular el $t_{cal}$ . Evaluar en $t_{cal} < t_{crit}$	3 Días 2 analistas
PRECISIÓN	Repetibilidad	%CV	Precisión expresada como coeficiente de variación %CV menor o igual a 10%	Estándares preparados a partir del patrón trazable de 1000 mg/L CaCO <sub>3</sub> , medidos como dureza total: Eb, Em, Ea Muestras naturales: M1, M2, M3.	Medir tres réplicas de cada uno de los estándares preparados y de las muestras naturales. Calcular el coeficiente de variación (%CV), por día de trabajo y por analista.	3 Días 2 analistas

	Reproducibilidad	%CV	Precisión expresada como coeficiente de variación %CV menor o igual a 10%	Estándares preparados a partir del patrón trazable de 1000 mg/L CaCO <sub>3</sub> , medidos como dureza total: Eb, Em, Ea Muestras naturales: M1, M2, M3, M4	Medir tres réplicas de cada uno de los estándares preparados y de las muestras naturales. Calcular el coeficiente de variación (%CV) de todas las medias por analista.	3 Días 2 analistas
RECUPERACIÓN	% Recuperación	% Recuperación	100% ± 20%	Muestras naturales adicionadas: M1 Eb y M1 Ea	Medir tres réplicas de las muestras adicionadas. Calcular el porcentaje de recuperación.	3 Días 2 analistas

## PLAN DE VALIDACIÓN

### 1. Alcance de la Validación

<b>Parámetro:</b>	Turbiedad		
<b>Método:</b>	<b>2130 B. Método Nefelométrico Standar Methods Ed 22</b>		
<b>Unidades:</b>	NTU		
<b>Matriz:</b>	Agua Cruda, Agua Filtrada 1500, Red de Distribución		
<b>Variables a cuantificar:</b>			
<b>Rango de Trabajo:</b>	LC 400 NTU		
<b>Muestras:</b>	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE MUESTRA
	Blanco	Agua Destilada	NA
	Estándar	formazina patrón primario suspensión	0,1
	Estándar	formazina patrón primario suspensión	0,5
	Estándar	formazina patrón primario suspensión	1
	Estándar	formazina patrón primario suspensión	1,5
	Estándar	formazina patrón primario suspensión	2
	Estándar	formazina patrón primario suspensión	20
	Estándar	formazina patrón primario suspensión	200
	Estándar	formazina patrón primario suspensión	400
	M1	Agua cruda	Agua superficial
	M2	Agua filtrada	Agua filtrada 1500

		M3		Red de distribución		Agua potable
<b>2. Materiales, insumos y equipos necesarios para desarrollar la validación</b>	MATERIALES		INSUMOS		EQUIPOS	
	Celdas para muestras de NTU		Agua Destilada		Turbidímetro	
			formazina patrón primario suspensión			
			Agua cruda			
			Agua filtrada			
			Red de distribución			
PARÁMETRO DE VALIDACIÓN	CARACTERÍSTICA (S)	EXPRESADO COMO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	MUESTRA	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
SELECTIVIDAD	La turbidez puede ser determinada en cualquier muestra de agua que esté libre de partículas coloidales. Las celdas con presencia de burbujas de aire dan resultados falsos.					
RANGO DE TRABAJO	Teórico	UNT		***	***	***
LÍMITES	Detección (LOD)	UNT	LC<LOD<LQD	Estándar bajo (Eb)	Medir 15 réplicas del estándar bajo. Se calcula a partir de la desviación estándar obtenida en la determinación. Límite de cuantificación. LOD= 3s.	1 día 2 analistas
	Cuantificación (LQD)	UNT			Se calcula a partir de la desviación estándar obtenida en la determinación. Límite de cuantificación. LOD= 10s.	1 día 2 analistas
VERACIDAD	Exactitud	% Error	Exactitud expresada como % Error menor o igual al 10%. Prueba de la t.	Estándares preparados a partir del patrón. Eb, Em, Ea	Medir tres réplicas de los estándares preparados. Calcular promedio (Xm), porcentaje de error (%E), desviación estándar (s) y coeficiente de variación (%CV). Calcular el $t_{cal}$ . Evaluar en $t_{cal} < t_{crit}$	3 Días 2 analistas
PRECISIÓN	Repetibilidad	%CV	Precisión expresada como coeficiente de variación %CV menor o igual a 10%	Estándares preparados a partir del patrón trazable Eb, Em, Ea Muestras naturales: M1, M2, M3.	Medir tres réplicas de cada uno de los estándares preparados y de las muestras naturales. Calcular el coeficiente de variación (%CV), por día de trabajo y por analista.	3 Días 2 analistas

	Reproducibilidad	%CV	Precisión expresada como coeficiente de variación %CV menor o igual a 10%	Estándares preparados a partir del patrón medidos como dureza total: Eb, Em, Ea Muestras naturales: M1, M2, M3, M4	Medir tres réplicas de cada uno de los estándares preparados y de las muestras naturales. Calcular el coeficiente de variación (%CV) de todas las medias por analista.	3 Días 2 analistas
--	------------------	-----	---	--	--	-----------------------

### Anexo 4. Equipos y reactivos utilizados

#### Equipos y reactivos utilizados

<b>EQUIPO</b>	<b>CATÓLOGO</b>	<b>PROVEEDOR</b>	<b>SERIAL</b>	<b>CALIBRACION</b>	<b>METROLOGIA</b>
Titrastrir	19400-00	HACH	110700006775	ANDIA S.A.S	
Turbidímetro	47000-00	HACH	08120C024783	ANDIA S.A.S	SERVIMETER S.A
Termohigrómetro	SH107	BRIXCO	446	INDUSTRIA Y METROLOGIA LTDA	



<b>INSTRUMENTO</b>	<b>SERIE</b>	<b>FABRICANTE</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>NORMA DE REFERENCIA</b>	<b>METROLOGIA</b>
Probeta	SMW2945	LMS	100 (mL) Vidrio Borosilicato	NTC 2321 : 1987	SERVIMETER S.A
Pipeta	SMVV2940	SILBER BRAND	1 (mL) Vidrio Borosilicato	NTC 2101 : 1986	SERVIMETER S.A
Pipeta	SMW2942	SILBER BRAND	10 (mL) Vidrio Borosilicato	NTC 2201 : 1986	SERVIMETER S.A
Pipeta	SMVV2941	SILBER BRAND	5 (mL) Vidrio Borosilicato	NTC 2201: 1986	SERVIMETER S.A
Matraz Erlenmeyer	SMVV2943	SIMAX	250 (mL) Vidrio Borosilicato	NTC 2454 :1988	SERVIMETER S.A
Vasos de Precipitado	SMVV2946	BOECO GERMANY	200 (mL) Vidrio Borosilicato	NTC2539:1989	SERVIMETER S.A

**INDUSTRIA Y METROLOGIA LTDA** se encarga del mantenimiento reparación y calibración del equipo para laboratorio.

**ANDIA S.A.S** se encarga de comercializar, prestar el servicio de mantenimiento, capacitación y calibración acreditada de equipos para Laboratorio de Control de Calidad.

**SERVIMETER S.A** es un organismo evaluador de la conformidad acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) y certificados en ISO 9001:2008 se encarga de la calibración, inspección, medición, y certificación de equipos e instrumentos de laboratorio.

<b>REACTIVO</b>	<b>MARCA</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>FORMULA</b>
Carbonato de Calcio	NA	NA	CaCO <sub>3</sub>
Solución Estandar EDTA	HACH	NA	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub> O <sub>8</sub>
Solución Buffer Hardness	HACH	NA	NA
Solución indicadora ManVer	HACH	Trietanolamina 99 % Ácido 1-naftalensulfónico, sal 3-hidroxi-4-[(1-hidroxi-naftalenil)azo]-7-nitro-, monosódica Hidroxilamina clorhidrato	NA
Formazina Estándar de turbidez	HACH	NA	NA
Agua destilada	NA	NA	H <sub>2</sub> O

		# DUREZA # <b>INSPECCIÓN DE CALIDAD DE EQUIPOS ENTRANTES</b> N.º E- 23800	
FECHA INGRESO	CLIENTE O PROVEEDOR QUE ENTREGA EQUIPO	No. FACTURA PROVEEDOR	
22-08-11	HACH	7356238	
EQUIPO	No. CATALOGO EQUIPO	No. SERIAL	INSPECCIÓN REALIZADA POR
titrastie	19400-00	94110700006775	JULIAN
DESCRIPCIÓN EQUIPO			
MARCA	HACH		
MODELO	titrastie		
INSPECCIÓN FÍSICA			
ITEM	SI	NO	OBSERVACIONES
INSPECCIÓN VISUAL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
PRUEBA DE TECLADO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
PRUEBA DE PANTALLA	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
TECLA ENCENDIDO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TECLADO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
DISPLAY	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ITEM	SI	NO	OBSERVACIONES
CARCAZA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
MANUALES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
CABLE DE PODER	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
ELIMINADOR DE BATERÍAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
PILAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CANT
MALETA	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
OTROS ADICIONALES			
19401-00			
Barra magnetica.			
Arrojadela			
Disco vidrio, Varilla 3cm			
INCLUYE REACTIVOS CAT No:			
ELECTRODOS			
	MANUALES		ADICIONALES
PH	<input type="checkbox"/>	CAT SERIAL	
CND	<input type="checkbox"/>	CAT SERIAL	
DO	<input type="checkbox"/>	CAT SERIAL	
OBSERVACIONES			
VERIFICACIÓN SALIDA DE EQUIPOS			
CONFORME	<input type="checkbox"/>	NO CONFORME	<input type="checkbox"/> FECHA DE INSPECCIÓN: 25-8-11
RESPONSABLE INSPECCIÓN			





## INSTRUCTION SHEET

### TitraStir® Titration Stand - Assembly Instructions

The TitraStir Titration Stand is an optional accessory for Hach's Digital Titrator system. It is a single-speed magnetic stirrer with a specially designed holder for the titrator, the temperature probe, and electrodes in applications where they are used. The titration flask is placed on a white disc to provide better color definition when looking for an end point color change. In the table below, pertinent electrical and physical characteristics are given.

#### Specifications

<b>Stirring Speed:</b>	Approximately 300 rpm at 60 Hz; 250 rpm at 50 Hz
<b>Largest Stirring Magnet Size:</b>	2 inches
<b>Power Requirements:</b>	
Model 19400-00:	103 - 127 VAC, 50 - 60 Hz, 20 VA maximum
Model 19400-10:	207 - 253 VAC, 50 - 60 Hz, 20 VA maximum
<b>Operating Temperature:</b>	0 - 50° C
<b>Storage Temperature:</b>	-2 - 60° C
<b>Dimensions:</b>	
Case:	22.8 x 15.2 x 9.6 cm (9" x 6" x 3")
Rod Height:	22.6 cm (10.6")

#### Assembly

The following accessory items are included with the TitraStir Stand. Please verify that all the items are present when unpacking the shipping carton.

Description	Cat No.
Power cord.....	18010-00
Support rod assembly.....	19427-00
Washer, Bakelite.....	19022-00
Titrator/Electrode holder.....	19401-00
Glass disc.....	15137-00

Assembly of the Titration Stand is shown in the drawing. The Digital Titrator and titrator cartridge are not part of the TitraStir stand but are shown to demonstrate how they are installed. There is a slot in the side of the Titrator/Electrode holder to accommodate the delivery tube. A ½-inch wrench can be used to moderately tighten the support rod assembly in the titration stand.

## **TitraStir Titration Stand - Assembly Instructions, continued**

---

### **Warranty**

Hach warrants this product to be of high quality, to be free of material defects and to be as specified for one year from the date of shipment. Full warranty information is on the back of Hach invoices.

### **Repair Service**

Authorization must be obtained from Hach Company before sending any items for repair. Please contact the HACH Service Center serving your location.

#### **In the United States:**

Hach Company  
100 Dayton Avenue  
Ames, Iowa 50010  
(800) 227-4224 (U.S.A. only)  
Telephone: (515) 232-2533  
FAX: (515) 232-1276

#### **In Canada:**

Hach Sales & Service Canada Ltd.  
1313 Border Street, Unit 34  
Winnipeg, Manitoba  
R3H 0X4  
(800) 665-7635 (Canada only)  
Telephone: (204) 632-5598  
FAX: (204) 694-5134  
E-mail: [canada@hach.com](mailto:canada@hach.com)

#### **In Latin America, the Caribbean, the Far East, the Indian Subcontinent, Africa, Europe, or the Middle East:**

Hach Company World Headquarters  
P.O. Box 389  
Loveland, Colorado, 80539-0389  
U.S.A.  
Telephone: (970) 669-3050  
FAX: (970) 669-2932  
E-mail: [intl@hach.com](mailto:intl@hach.com)



FOR TECHNICAL ASSISTANCE, PRICE INFORMATION AND ORDERING:  
In the U.S.A. – Call toll-free 800-227-4224  
Outside the U.S.A. – Contact the HACH office or distributor serving you.  
On the Worldwide Web – [www.hach.com](http://www.hach.com); E-mail – [techhelp@hach.com](mailto:techhelp@hach.com)

HACH COMPANY  
WORLD HEADQUARTERS  
Telephone: (970) 669-3050  
FAX: (970) 669-2932



CALLE 60A No. 6-77 PBX (1) 235 1574  
 FAX: (1) 2351554- www.andialda.com  
 E-MAIL: - comercial@andialda.com  
 andialda@alt.net.co  
 BOGOTÁ D.C. - COLOMBIA

**PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN Y AJUSTE DE TURBIDÉZ**



EMPRESA: I BALB	REPORTE TECNICO #
FECHA: 01/15/10	TECNICO A CARGO: NORBEY
SOLICITA: OLA JOHANNA XIMENA ARANDA	CARGO: JEFE CONTROL DE CALIDAD
EQUIPO: TURBIDIMETRO	MARCA: HACH
MODELO: 2100N	SERIAL: 08120C024783

**DATOS TOMADOS ANTES DEL SERVICIO**

B  R  M

ESTADO FISICO	B	R	M
EQUIPO:	/		
SENSOR:	/		
LAMPARA:	/		

**OBSERVACIONES**

FUNCIONAMIENTO NORMAL

**DATOS TOMADOS DESPUÉS DEL SERVICIO**

ESTADO FISICO	B	R	M
EQUIPO:	/		
SENSOR:	/		
LAMPARA:	/		

**OBSERVACIONES:**

EL EQUIPO CUMPLE CON LAS TOLERANCIAS PERMITIDAS SE RECOMIENDA CAMBIO DE LAMPARA EN PROXIMO MANTENIMIENTO

STANDARD	VALOR	VARIACIÓN	LECTURA EQUIPO
# 1	0.1 NTU	NA	0.150
# 2	20 NTU	± 1.0 NTU	20.0
# 3	200 NTU	± 10 NTU	202
# 4	1000 NTU	± 50 NTU	1004
# 5	4000 NTU	± 200 NTU	4062

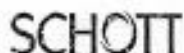
PATRÓN UTILIZADO: SET DE CALIBRACION CAT N° 26621-87

RENÉ HERNÁNDEZ A.

Asesor de Mantenimiento Técnico

Recibido

B: Bueno R: Regular M: Malo MP: Mantenimiento Preventivo MC: Mantenimiento Correctivo



**ANDIA** S.A.S  
EN EQUIPO CON LA CALIDAD



ORDEN DE SERVICIO  
No. NA  
REPORTE TECNICO

2318

TIPO DE SERVICIO: MTO. PREVENTIVO (X) MTO. CORRECTIVO ( ) GARANTIA ( ) INSTALACION ( )	
EQUIPO: TURBIDIMETRO	MARCA: HACH
MODELO: 2100N	SERIE: 08120C024783
EMPRESA: IBAL SA ESP	LAB: CONTROL DE CALIDAD
ATN: DRA. JOHANNA XIMENA ARANDA	CARGO: JEFE SECCION CONTROL DE CALIDAD
DIRECCION: CARRERA 3 # 1-04 B. LA POLA	
TELEFONO: 2811298	FAX: 2811298 CIUDAD: BAGUE
INSPECCION GENERAL: EQUIPO EN BUEN ESTADO FISICO Y NORMAL FUNCIONAMIENTO.	
PROBLEMA REPORTADO: MANTENIMIENTO PREVENTIVO, VERIFICACION Y AJUSTE DE TURBIDEZ	
SERVICIO REALIZADO: RUTINA GENERAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, LIMPIEZA EXTERNA E INTERNA, REVISION DEL SISTEMA OPTICO, VERIFICACION Y AJUSTE ELECTRONICO DE VOLTAJES PRINCIPALES DC, ALINEACION DEL SISTEMA OPTICO Y DE LA LAMPARA PARA OBTENER MÁXIMA GANANCIA DE ENERGÍA EN EL SENSOR DE LECTURA. CORRIMIENTO DEL KIT DE PATRONES DE TURBIDEZ, MARCA HACH, STABLCAL, CAT. 20021-87, LOTE A0082. PRUEBAS DE CONTROL, RESPUESTA Y ESTABILIDAD SE ANEXA PROTOCOLO DE VERIFICACION Y AJUSTE DE TURBIDEZ JUNTO CON LA COPIA DE LOS PATRONES UTILIZADOS. EL EQUIPO CUMPLE DENTRO DE LAS TOLERANCIAS PERMITIDAS Y SE ENTREGA A SATISFACCION	
RECOMENDACIONES: MANTENIMIENTO PREVENTIVO, VERIFICACION Y AJUSTE PERIODICAMENTE SE RECOMIENDA PARA EL PROXIMO MANTENIMIENTO EL CAMBIO DE LAMPARA REF. 49009-00	
REPUESTOS: NINGUNO	TECNICO:  MORBEY MARIN MORENO
	RECIBIDO POR:  NOMBRE: DRA. JOHANNA XIMENA ARANDA FECHA DE ENTREGA: 15 DE NOVIEMBRE DE 2010

CALLE 60A No. 5-77 PBX: (1) 235 1574 - FAX: (1) 235 1554 -

www.andia.co - E-MAIL: comercial@andia.co - andiasas@andia.net.co

ANDIA - GTEC - F - 023. Versión 01 - OCT. - 22 - 2008



ORDEN DE SERVICIO  
No. 12288  
REPORTE TECNICO

3222

TIPO DE SERVICIO

MTO PREVENTIVO  MTO CORRECTIVO  GARANTIA  INSTALACION  DIAGNOSTICO  CAPACITACION  CALIBRACION

DATOS DEL CLIENTE

EMPRESA IBAC SA ESP. DIRECCION Cra 3 No. 1-04  
ATENCION Ing. Jhanna Ximena Aranda CARGO Control Calidad  
TELEFONO \_\_\_\_\_ CIUDAD Tbaguá - Tolima

DATOS DEL EQUIPO

EQUIPO Turbidímetro MARCA Hach LABORATORIO \_\_\_\_\_  
MODELO Z100N SERIAL 08120C024783 CODIGO NR

SERVICIO REALIZADO

LIMPIEZA EXTERNA E INTERNA  REVISION DE FILTROS  
 LIMPIEZA DEL SISTEMA ÓPTICO  REVISION DEL ELEMENTO CALEFACTOR  
 REVISION DE LÁMPARAS  VERIFICACION Y AJUSTE DE VOLTAJES PRINCIPALES  
 LUBRICACION PIEZAS MÓVILES  VERIFICACION Y AJUSTE DE LA VARIABLE  
 REVISION DEL SISTEMA MECANICO  DESARROLLO DEL PROTOCOLO  
 REVISION DE MOTORES  ARRANQUE EQUIPO  
 REVISION DEL SISTEMA DE REFRIGERACION  
**ESTADO FINAL DEL EQUIPO**  
 REVISION DEL CIRCUITO ELECTRICO Y PROTECCIONES  CORRECTO FUNCIONAMIENTO Y A SATISFACCION  
 REVISION DEL SENSOR Turbidez  PENDIENTE CORRECTIVO  
 REVISION DE TARJETAS ELECTRONICAS  FUNCIONANDO CON DAÑO MENOR  
 FUERA DE SERVICIO

NA : NO APLICA

NR : NO REGISTRA

PATRON UTILIZADO: Set de calibracion CSE 26621-05 lote A 1076

OBSERVACIONES

Cambio de lampara, cumple con las tolerancias permitidas, se entrega a Satisfaccion

RECOMENDACIONES

Mantenimiento cada año

REPUESTOS

CANT	DESCRIPCION
<u>1</u>	<u>lampara 47089-00</u>

NINGUNO

CALIFICACION DEL SERVICIO

EXCELENTE  BUENO  REGULAR  MALO

OBS: \_\_\_\_\_

REALIZADO POR

RECIBIDO POR

NOMBRE Guillermo Moreno

NOMBRE \_\_\_\_\_

FECHA 05/12/11

PROXIMA VISITA \_\_\_\_\_

COT. No. \_\_\_\_\_ PEDIDO No. \_\_\_\_\_

CALLE 80A No. 5-77 - PBX: (1) 235 1574 - FAX: (1) 235 1554 - www.andia.co - E-MAIL: comercial@andia.co - andiasas@etb.net.co

ANDIA-GTEC - F-423. Versión 02-FEB. 23 / 2011

HACH COMPANY



An ISO 9001 Certified Company

 P.O. Box 389  
 Loveland, CO 80539  
 (970) 669-3050

### Certificate of Analysis

This is a Component of 2662105 lot 0082

Page 1

COMMODITY: StablCal® Formazin Standard 4000 NTU

COMMODITY NUMBER: 2461-02

MANUFACTURE DATE:

DATE OF ANALYSIS:

LOT NUMBER: A0077

3/18/2010

3/18/2010

TEST	SPECIFICATIONS	RESULTS
Turbidity	3840 to 4160 NTU	4093.5 NTU

The expiration date is Mar 2011

Formazin and StablCal® solutions provided by Hach are not NIST traceable because the NIST does not carry turbidity standards. However, the use of Formazin and StablCal® as used in Hach method 8195 are accepted by the EPA as a primary standard to be used in the calibration of turbidity instruments.

Certified by \_\_\_\_\_

 Scott Als  
 Analytical Services Chemist

HACH COMPANY



An ISO 9001 Certified Company

P.O. Box 389  
 Loveland, CO 80539  
 (970) 669-3050

**Certificate of Analysis**

This is a Component of 2662105 lot 0082

Page 1

COMMODITY: &lt;0.1 NTU Calibration Solution

COMMODITY NUMBER: 26597-01

MANUFACTURE DATE:

DATE OF ANALYSIS:

LOT NUMBER: A0064

3/5/2010

3/6/2010

<i>TEST</i>	<i>SPECIFICATIONS</i>	<i>RESULTS</i>
Turbidity of vials	0 to 0.08 NTU	0.031 NTU

The expiration date is Mar 2011

Formazin and StablCal® solutions provided by Hach are not NIST traceable because the NIST does not carry turbidity standards. However, the use of Formazin and StablCal® as used in Hach method 8195 are accepted by the EPA as a primary standard to be used in the calibration of turbidity instruments.

Certified by

Scott Als  
 Analytical Services Chemist

HACH COMPANY



An ISO 9001 Certified Company

 P.O. Box 389  
 Loveland, CO 80639  
 (970) 669-3050
*Certificate of Analysis*

This is a Component of 2662105 lot 0082

Page 1

COMMODITY: STABLCAL® FORMAZIN STANDARD	20 NTU	
COMMODITY NUMBER: 26601-01	MANUFACTURE DATE:	DATE OF ANALYSIS:
LOT NUMBER: A0062	3/4/2010	3/4/2010

<i>TEST</i>	<i>SPECIFICATIONS</i>	<i>RESULTS</i>
Turbidity	20 to 21 NTU	20.9 NTU

The expiration date is Mar 2011

Formazin and StablCal® solutions provided by Hach are not NIST traceable because the NIST does not carry turbidity standards. However, the use of Formazin and StablCal® as used in Hach method 8195 are accepted by the EPA as a primary standard to be used in the calibration of turbidity instruments.

Certified by \_\_\_\_\_

A handwritten signature in cursive script that reads "Scott Als".

 Scott Als  
 Analytical Services Chemist



HACH COMPANY



An ISO 9001 Certified Company

P.O.Box 389  
 Loveland, CO 80539  
 (970) 689-3050

**Certificate of Analysis**

This is a Component of 2662105 lot 0082

Page 1

COMMODITY: STABLCAL® FORMAZIN STANDARD 20 NTU  
 COMMODITY NUMBER: 26601-01 MANUFACTURE DATE: DATE OF ANALYSIS:  
 LOT NUMBER: A0071 3/15/2010 3/15/2010

<i>TEST</i>	<i>SPECIFICATIONS</i>	<i>RESULTS</i>
Turbidity	20 to 21 NTU	20.5 NTU

The expiration date is Mar 2011

Formazin and StablCal® solutions provided by Hach are not NIST traceable because the NIST does not carry turbidity standards. However, the use of Formazin and StablCal® as used in Hach method 8195 are accepted by the EPA as a primary standard to be used in the calibration of turbidity instruments.

Certified by

Scott Als  
 Analytical Services Chemist

HACH COMPANY



An ISO 9001 Certified Company

 P.O.Box 389  
 Loveland, CO 80539  
 (970) 669-3050
**Certificate of Analysis**

This is a Component of 2662105 lot 0082

Page 1

COMMODITY: STABLCAL® FORMAZIN STANDARD 200 NTU  
 COMMODITY NUMBER: 26604-01      MANUFACTURE DATE:      DATE OF ANALYSIS:  
 LOT NUMBER: A0071      3/12/2010      3/12/2010

<i>TEST</i>	<i>SPECIFICATIONS</i>	<i>RESULTS</i>
Turbidity	200 to 210 NTU	207.0 NTU

The expiration date is Mar 2011

Formazin and StablCal® solutions provided by Hach are not NIST traceable because the NIST does not carry turbidity standards. However, the use of Formazin and StablCal® as used in Hach method 8195 are accepted by the EPA as a primary standard to be used in the calibration of turbidity instruments.

Certified by

 Scott Als  
 Analytical Services Chemist

HACH COMPANY



An ISO 9001 Certified Company

 P.O.Box 389  
 Loveland, CO 80539  
 (970) 689-3050

### Certificate of Analysis

This is a Component of 2662105 lot 0082

Page 1

 COMMODITY: STABLCAL® FORMAZIN STANDARD 1000 NTU  
 COMMODITY NUMBER: 26606-01 MANUFACTURE DATE:  
 LOT NUMBER: A0070 3/15/2010

 DATE OF ANALYSIS:  
 3/15/2010

TEST	SPECIFICATIONS	RESULTS
Turbidity	1000 to 1050 NTU	1040.3 NTU

The expiration date is Mar 2011

Formazin and StablCal® solutions provided by Hach are not NIST traceable because the NIST does not carry turbidity standards. However, the use of Formazin and StablCal® as used in Hach method 8195 are accepted by the EPA as a primary standard to be used in the calibration of turbidity instruments.

Certified by \_\_\_\_\_

 Scott Als  
 Analytical Services Chemist



CALLE 60A No. 5-77 PBX: (1) 235 1574  
 FAX: (1) 235 1554- www.andia.co  
 E-MAIL: comercial@andia.co  
 andia@ob.net.co  
 BOGOTÁ D.C. - COLOMBIA



## INFORME DE CALIBRACION Report of Calibration

PAGINA 1 DE 2

CLIENTE CUSTOMER	:	EMPRESA IBAGUERENA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO - IBAL S.A. E.S.P. OFICIAL	INF #	11-00458
RT # Number	:	3222	SITIO DE MEDICION Measurement Place	ANDIA SAS
INSTRUMENTO Apparatus	:	TURBIDIMETRO	DIRECCION Address	Carrera 3 No. 1- 04
MARCA Mark	:	HACH	FECHA DE CALIBRACION Date of Calibration	05/12/11
MODELO Model	:	2100N	SOLICITANTE Apply for	ING. JOHANA XIMENA ARANDA
NUMERO DE SERIE Serial Number	:	06120C024783	CODIGO EQUIPO Equipment Code	NR

\* Los procedimientos de mantenimiento, chequeo, calibración y medición aplicados y de la disponibilidad de estándares trazables a patrones Nacionales e internacionales, permiten garantizar las mediciones realizadas en nuestro Departamento Técnico

\* Los estándares y patrones utilizados en las mediciones y ajuste de cada uno de los parámetros registrados, son trazables egun nomas Internacionales o nacionales

\* Los resultados reportados en este Informe, corresponden únicamente a el instrumento o equipo reportado.

\* Los resultados presentados cumplen con el requisito del numeral No. 5.10 (Reporte de Resultados) de la Norma NTC-ISO-IEC 17025

\* Los resultados de Incertidumbre son basados en el GUM ( The Guide to Expression of Uncertainty in Measurement.)

\* La expresión de la Incertidumbre Expandida corresponden a factor  $K=2$  dando un nivel de confianza de  $P = 95 \%$

\* Este no es válido sin la firma original y su uso es a consideración del usuario.

\* Su reproducción parcial o total solo deberá ser autorizada solo por Andia S.A.S.

  
 Firma Autorizada  
 Authorized Signature

Recibido por  
 Performed by

Departamento Técnico Andia S.A.S.





CALLE 60A No. 5-77 PBX (1) 235 1574  
 FAX: (1) 2351554- www.andia.co  
 E-MAIL: comercial@andia.co  
 andia@elb.netico  
 BOGOTÁ D.C. - COLOMBIA



**PARAMETRO DE TURBIDEZ**  
 Parameter Turbidity

PAGINA 2 DE 2

RANGO DE MEDICIÓN : 0 - 4000 NTU  
 Measurement range  
 DIVISION DE ESCALA : 0,001 NTU  
 Reading/ Legibility

<b>TOLERANCIA PERMITIDA</b> Tolerance Allowed	: ± 2% DE LA LECTURA MAS 0,01 NTU EN EL RANGO DE 0-1000 NTU, ± 5% DE LA LECTURA EN EL RANGO DE 1000-4000 NTU <b>IMPORTANTE!</b> La tolerancia es tomada de las especificaciones técnicas del instrumento
<b>METODO</b> Method	: El estado de Calibración del instrumento es por medio de un set de estándares nefelométricos patronados estables (Stabcal) en concentraciones exactas, los cuales difunden una cierta cantidad de luz emitida por una Lámpara, hacia las cámaras de contención
<b>PATRONES UTILIZADOS</b> Standards Used	: SOLUCIONES DE STABCAL CALIBRATION, CAT 26621-05 LOT A1076 MARCA HACH

**DATOS ANTES DEL SERVICIO:**

No. Informe 11-00458

Data before the service

ESTANDAR	VALOR ESTÁNDAR (NTU)	TOLERANCIA (±NTU)	LECTURA EQUIPO (NTU)	DESVIACIÓN	INCERTIDUMBRE	ESTADO
1	0,10	0,012	NA	NA	NA	NA
			NA	NA		
			NA	NA		
2	20	0,41	NA	NA	NA	NA
			NA	NA		
			NA	NA		
3	200	4,00	NA	NA	NA	NA
			NA	NA		
			NA	NA		
4	1000	50	NA	NA	NA	NA
			NA	NA		
			NA	NA		
5	4000	200	NA	NA	NA	NA
			NA	NA		
			NA	NA		

OBSERVACIONES: EL TURBIDIMETRO PERSENTA LA LAMPARA DEFECTUOSA SE PROCEDA CON EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO CORRECTIVO, CALIBRACION DE TURBIDEZ

**DATOS DESPUES DEL SERVICIO:**

Data After the service

ESTANDAR	VALOR ESTÁNDAR (NTU)	TOLERANCIA (±NTU)	LECTURA EQUIPO (NTU)	DESVIACIÓN	INCERTIDUMBRE	ESTADO
1	0,10	0,012	0,130	0,03	0,029	PASA
			0,130	0,03		
			0,130	0,03		
2	20	0,41	20,200	0,20	0,289	PASA
			20,200	0,20		
			20,200	0,20		
3	200	4,01	201,000	1,00	1,732	PASA
			201,000	1,00		
			201,000	1,00		
4	1000	50	1005,000	5,00	11,547	PASA
			1005,000	5,00		
			1005,000	5,00		
5	4000	200	3999,000	-1,00	46,188	PASA
			3999,000	-1,00		
			3999,000	-1,00		

OBSERVACIONES: EL TURBIDIMETRO CUMPLE DENTRO DE LAS TOLERANCIAS PERMITIDAS, SE ENTREGA A SATISFACCION



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No SMLVFQ.0119.2011**  
 Certificate Of Calibration

**INSTRUMENTO** : TURBIDIMETRO  
Apparatus  
**FABRICANTE** : HACH  
Manufacture  
**MODELO** : 2100 N  
Model  
**NÚMERO DE SERIE** : 08120024783  
Serial number  
**CÓDIGO INTERNO** : SIN ESPECIFICAR  
Internal Code  
**SOLICITANTE** : IBAL S.A.E.S.P.  
Customer  
**DIRECCIÓN** : IBAGUE  
Address  
**SITIO DE MEDICIÓN** : LABORATORIO CONTROL CALIDAD  
Measurement place  
**FECHA DE CALIBRACIÓN** : 2011-12-09  
Date of Checking  
**NÚMERO DE PÁGINAS** : 2  
Number of Pages

**TRAZABILIDAD: SERVIMETERS.** Asegura la trazabilidad de los patrones utilizados en estas mediciones hacia patrones nacionales o internacionales.

**FIRMA AUTORIZADA**  
Authorized signatures



**RICHARD MESIAS**  
 Asesor Técnico

Página 1 de 2

# SM<sup>®</sup> SERVIMETERS S.A.

A LA MEDIDA DE COLOMBIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No SMLVFQ.0119.2011  
Certificate Of Calibration

### CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura ambiente 24,4 °c  
Humedad Relativa 72 %

### MEDICIONES INICIALES:

Unidad utilizada (NTU)

<u>PATRON</u>	<u>INDICACION</u>	<u>ERROR</u>
< 0,1	0,2	0,1
15	16,2	1,2
100	120,0	20
750	900,0	150

### MEDICIONES FINALES:

Unidad utilizada (NTU)

<u>PATRON</u>	<u>INDICACION</u>	<u>ERROR</u>
< 0,1	0,1	0,0
15	15,1	0,1
100	105	5
750	760	10

ESTAMPILLA N° 95

### TRAZABILIDAD:

<u>PATRON</u>	<u>CERTIFICADO</u>
TURBIDEZ	334 - 338 - 339

### EVALUACIÓN DE ACEPTACIÓN

Evaluation of Acceptance

El equipo cumple con las tolerancias establecidas por el fabricante

SI

NO

Página 2 de 2



## Certificado de Calibración

CERTIFICATE OF CALIBRATION

<b>Certificado No.:</b> <i>Certificate number</i>	IN-0711561-LT-0218-13	<b>Magnitud:</b> <i>Magnitude</i>	TEMPERATURA <i>(TEMPERATURE)</i>
<b>Cliente:</b> <i>Customer</i>	EMPRESA IBAGUERENA DE ADUEDUCTO Y ALCANTARILLADO IBAL S.A. - E.S.P.		
<b>Dirección:</b> <i>Address</i>	Carrera 3 No. 1-04, Ibagué (Tolima)		
<b>Instrumento:</b> <i>Instrument</i>	Termohigrómetro	<b>Ubicación:</b> <i>Location</i>	Sin información
<b>Número de serie:</b> <i>Serial number</i>	440	<b>Modelo:</b> <i>Model</i>	SH107
<b>Fabricante:</b> <i>Manufacturer</i>	Brauo	<b>Identificación:</b> <i>Identification</i>	3237
<b>Rango de Medición / Intervalo de medición:</b> <i>Range of Measurement / Measurement Interval</i>	-30 ° C a 60 ° C	<b>División de escala:</b> <i>Division on a large scale</i>	0,1 ° C
<b>Fecha de calibración:</b> <i>Calibration date</i>	2013-02-26	<b>Fecha Sugerida de Calibración:</b> <i>Suggested Calibration Date</i>	No Aplica
<b>Sitio de Calibración:</b> <i>Calibration Place</i>	Laboratorio de Temperaturas, Industria y Metrología Ltda.		

**Número de páginas del certificado :** Dos (2)

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

El Usuario es responsable de la calibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.

*This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with prior written permission of the issuing laboratory.*

*The user is responsible for having his instruments calibrated at appropriated intervals.*

### Método utilizado (Method Used):

El instrumento descrito anteriormente fue calibrado por el método de comparación directa, el cual, consiste en colocar la parte sensible (sensor) del termómetro a calibrar en el medio isotermo junto con el termómetro patrón. La indicación del termómetro es comparada con la temperatura de referencia la cual es medida con el termómetro patrón. Siguiendo los lineamientos expuestos en la norma NT-VVS-103:1994 Thermometers, Contact, Direct, Reading Calibration y se encuentran adicionalmente descritos en el procedimiento interno PDS20.

*The instrument described above was calibrated by direct comparison method, which consists of placing the sensitive part (sensor) calibration of the thermometer in the Isothermal Environment with the standard thermometer. The indication of the thermometer is compared with the reference temperature which is measured by the standard thermometer. Following the guidelines set forth in the standard NT-VVS-103: 1994 Thermometers, Contact, Direct, Reading Calibration and are further described in the internal procedure PDS20.*

### Firmas Autorizadas

*Authorized Signatures*

**Calibrado por :**  
*Calibrated by*

**Aprobado por:**  
*Approved by*

**Fecha de emisión:**  
*Issue Date*

**Sello**  
*Seal*

Eric Pablo Ospina  
Técnico de Laboratorio

Nelson Enrique Castellano  
Director Técnico

2013-02-27  
PDS31 V.2 2012-08-15

**INDUSTRIA Y METROLOGIA LTDA.**  
NIT. 830.688.162-4  
**UNION TECNICA**  
Página 1 de 2

Certificado emitido bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025:2005 REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN  
Certificate issued under the NTC-ISO/IEC 17025:2005 GENERAL REQUIREMENTS FOR THE COMPETENCY OF TESTING AND CALIBRATION LABORATORIES





Certificado No: 04-011561-LT-0238-13  
Página 2 de 2

**Condiciones Ambientales:** **Temperatura:** 19,9 °C **Humedad Relativa:** 48,5 %RH  
*Environmental Conditions: Temperature: Relative Humidity*

**Inspección preliminar (Preliminary inspection):**

Se realizó una inspección general encontrando que el instrumento está en buenas condiciones de funcionamiento y es apto para su calibración.  
*We did a general inspection found that the instrument is in good condition and is suitable for calibration.*

**Resultados de la calibración (Calibration results):**

Temperatura de calibración <i>Temperature calibration</i>	Temperatura del Patrón comparado <i>Standard temperature corrected</i>	Lectura del termómetro <i>Thermometer Reading</i>	Error <i>Missile</i>	Corrección <i>Correction</i>		Tolerancia <i>Tolerance</i>	Incertidumbre <i>Uncertainty</i>
				+C	%		
10,0	10,6	9,1	-1,5	1,5	2,5	No Aplica	± 0,31
20,0	20,6	19,9	-0,7	0,7	1,2	No Aplica	± 0,42
40,0	39,1	36,5	-2,6	2,6	4,4	No Aplica	± 0,42

La unidad de medida de los valores reportados en la tabla es °C  
*The unit of measurement of values reported in the table is °C*

**Incertidumbre (Uncertainty):**

Los valores de incertidumbre expandida reportados en la tabla se estimaron con un nivel de confianza del 95,45 % que corresponde a un factor de cobertura igual a 2 siguiendo las recomendaciones del documento "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML (1995)" y la norma mencionada en el ítem de método de calibración.

*The expanded uncertainty values reported in the table were estimated with a confidence level of 95.45% which corresponds to a coverage factor equal to 2 following the recommendations of the document "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML (1995)" and the standard mentioned in item calibration method.*

**Trazabilidad (Traceability):**

El Laboratorio Industria y Metrología Ltda., asegura el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones utilizados en estas mediciones a través de patrones nacionales e internacionales.

*Industria y Metrología Ltda. laboratory, ensures the maintenance of the traceability of standards used in these measures through national and international standards.*

Patrón utilizado <i>Standard Used</i>	Serie <i>Serial</i>	Identificación <i>Identification</i>	Certificado No. <i>Certificate No.</i>	Calibrado por <i>Calibrated by</i>	Trazabilidad <i>Traceability</i>
Sensor de Temperatura con Indicador Digital	677106	193/296	LT-1180-12	INMET	N.I.S.T.

**Observaciones (Comments)**

- Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.  
*The results contained in this certificate refer to the time and conditions under which measurements were made.*
- El laboratorio Industria y Metrología Ltda., no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos de calibración.  
*Industria y Metrología Ltda. laboratory, is not responsible for any damages that may result from improper use of calibrated instruments.*
- Para obtener la temperatura correcta en el instrumento se debe adicionar la corrección a la indicación del instrumento.  
*To obtain the correct temperature in the instrument it must be added the correction to the instrument reading.*

FIN DEL CERTIFICADO  
*END OF CERTIFICATE*



## Certificado de Calibración

CERTIFICATE OF CALIBRATION

<b>Certificado No.:</b> <i>Certificate number</i>	IM-DF11561-LT-0217-13	<b>Magnitud:</b> <i>Magnitude</i>	TEMPERATURA <i>(TEMPERATURE)</i>
<b>Cliente:</b> <i>Customer</i>	EMPRESA IBAGUEREA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO IBAL S.A. E.S.P.		
<b>Dirección:</b> <i>Address</i>	Carrera 3 No. 1-04, Ibagué (Tolima)		
<b>Instrumento:</b> <i>Instrument</i>	Termómetro de Ambiente	<b>Ubicación:</b> <i>Location</i>	Sin información
<b>Número de serie:</b> <i>Serial number</i>	5109,2207	<b>Modelo:</b> <i>Model</i>	Sin Información
<b>Fabricante:</b> <i>Manufacturer</i>	Taylor	<b>Identificación:</b> <i>Identification</i>	Sin información
<b>Rango de Medicion / Intervalo de medición:</b> <i>Range of Measurement / Measurement Interval</i>	-40 ° C a 50 ° C	<b>División de escala:</b> <i>Division on a large scale</i>	1 ° C
<b>Fecha de calibración:</b> <i>Calibration date</i>	2013-02-26	<b>Fecha Sugerida de Calibración:</b> <i>Suggested Calibration Date</i>	No Aplica
<b>Sito de Calibración:</b> <i>Calibration Place</i>	Laboratorio de Temperatura, Industria y Metrología Ltda.		
<b>Número de páginas del certificado:</b> <i>Number of pages of this certificate.</i>	Dos (2)		

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite.  
El Usuario es responsable de la calibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.

*This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with prior written permission of the issuing laboratory.  
The user is responsible for having his instruments calibrated at appropriated intervals.*

### Método utilizado (Method Used):

El instrumento descrito anteriormente fue calibrado por el método de comparación directa, el cual, consiste en colocar la parte sensible (sensor) del termómetro a calibrar en el medio isotermo junto con el termómetro patrón. La indicación del termómetro es comparado con la temperatura de referencia la cual es medida con el termómetro patrón. Siguiendo los lineamientos expuestos en la norma NT-VVS-103:1994 Thermometers, Contact, Direct, Reading Calibration y se encuentran adicionalmente descritos en el procedimiento interno PDS20.

*The instrument described above was calibrated by direct comparison method, which consists of placing the sensitive part (sensor) calibration of the thermometer in the isothermal environment with the standard thermometer. The indication of the thermometer is compared with the reference temperature which is measured by the standard thermometer. Following the guidelines set forth in the standard NT-VVS-103: 1994 Thermometers, Contact, Direct, Reading Calibration and are further described in the internal procedure PDS20.*

### Firmas Autorizadas

*Authorized Signatures*

**Calibrado por:**

*Calibrated by*

Line María García  
Técnico de Laboratorio

**Aprobado por:**

*Approved by*

Nelson Enrique Castiblanco  
Director Técnico

**Fecha de emisión:**

*Issue Date*

2013-02-27

FDS31 V.2

2012-08-15

**Sello**

*Seal*

INDUSTRIA Y METROLOGIA LTDA.  
NIT. 830.088.162-4  
DIRECCION TECNICA  
Página 1 de 2

Certificado emitido bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025:2005 REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACION  
Certificate issued under the NTC-ISO/IEC 17025:2005 GENERAL REQUIREMENTS FOR THE COMPETENCY OF TESTING AND CALIBRATION LABORATORIES



Certificado No. IM-OP11561-LT-0217-13  
Página 2 de 2

**Condiciones Ambientales:** *Environmental Conditions*  
**Temperatura:** 19,9 °C  
*Temperature*  
**Humedad Relativa:** 48,5 %RH  
*Relative Humidity*

**Inspección preliminar (Preliminary inspection):**

Se realizó una inspección general encontrando que el instrumento está en buenas condiciones de funcionamiento y es apto para su calibración.  
*We did a general inspection finding that the instrument is in good condition and is suitable for calibration.*

**Resultados de la calibración (Calibration results):**

Temperatura de calibración <i>Temperature calibration</i>	Temperatura del Patrón comparado <i>Standard temperature compared</i>	Lectura del termómetro <i>Thermometer Reading</i>	Error <i>Model</i>	Corrección <i>Correction</i>		Tolerancia <i>Tolerance</i>	Incertidumbre <i>Uncertainty</i>
				°C	%		
37,0	36,4	37,0	0,6	-0,6	-1,2	No Aplica	± 0,72

La unidad de medida de los valores reportados en la tabla es °C  
*The unit of measurement of values reported in the table is °C*

**Incertidumbre (Uncertainty):**

Los valores de incertidumbre expandida reportados en la tabla se estimaron con un nivel de confianza del 95,45 % que corresponde a un factor de cobertura igual a 2 siguiendo las recomendaciones del documento "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, BIPM, JEC, IFCC, ISO, IUPAC, JUPAC, OIML (1995)" y la norma mencionada en el ítem de método de calibración.

*The expanded uncertainty values reported in the table were estimated with a confidence level of 95.45% which corresponds to a coverage factor equal to 2 following the recommendations of the document "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, BIPM, JEC, IFCC, ISO, IUPAC, JUPAC, OIML (1995)" and the standard mentioned in item calibration method.*

**Trazabilidad (Traceability):**

El Laboratorio Industria y Metrología Ltda., asegura el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones utilizados en estas mediciones a través de patrones nacionales e internacionales.

*Industria y Metrología Ltda. laboratory, ensures the maintenance of the traceability of standards used in these measures through national and international standards.*

Patrón utilizado <i>Standard Used</i>	Serie <i>Serial</i>	Identificación <i>Identification</i>	Certificado No. <i>Certificate No.</i>	Calibrado por: <i>Calibrated by</i>	Trazabilidad <i>Traceability</i>
Sensor de Temperatura con Indicador Digital	677106	193/296	LT-1150-12	INMET	N.I.S.T.

**Observaciones (Comments)**

- Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.  
*• The results contained in this certificate refer to the time and conditions under which measurements were made.*
- El laboratorio Industria y Metrología Ltda., no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos de calibración.  
*• Industria y Metrología Ltda. laboratory, is not responsible for any damages that may result from improper use of calibrated instruments.*
- Para obtener la temperatura correcta en el instrumento se debe adicionar la corrección a la indicación del instrumento.  
*• To obtain the correct temperature in the instrument it must be added the correction to the instrument reading.*

FIN DEL CERTIFICADO  
 END OF CERTIFICATE

# SM<sup>®</sup> SERVIMETERS S.A.

A LA MEDIDA DE COLOMBIA

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° SM.LVV. 2945. 2014

CERTIFICATE OF CALIBRATION NUMBER

INFORMACION DEL SOLICITANTE			
CLIENTE	DIRECCION	CIUDAD	TELEFONO
EMPRESA BAJUENERA DE ACUEDUCTO Y ALDANTARELLADO - BBA S.A. E.S.P. - AGUAS RESIDUALES	Carrera 3 A No. 1 - 04	Bogotá	2730000

DATOS DE LA CALIBRACION	
Método de Calibración	Trazabilidad
El método gravimétrico fue empleado en la calibración del instrumento, según Normas Técnicas Colombianas. Este método determina la masa del líquido y se divide por la densidad. Líquido de referencia: Agua Destilada a temperatura de 20 °C ± 0.5 °C	El Laboratorio de Volumetría de SERVIMETERS S.A., asegura el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de trabajo utilizados en estas mediciones con los patrones nacionales de referencia, para este caso se trabajó con: (ver cuadro de trazabilidad página 2)
Incertidumbre	
La incertidumbre de la medición reportada es la expandida, que resulta de multiplicar la incertidumbre combinada por factor de cobertura $k=2$ , con el cual se logra, para una distribución normal, un nivel de confianza de 95.45%	

Fecha de Recepción	Fecha de Verificación	Fecha de Expedición
2014-05-28	2014-05-29	2014-05-31

CONDICIONES AMBIENTALES	ACREDITACION	DECLARACION
La calibración fue realizada en el laboratorio de Volumetría de Vidrio de Servimeters S.A. El cual presentó las siguientes condiciones en el momento de la calibración:	 ACREDITACION ISO/IEC 17025:2005 11-LAC-023	Este laboratorio es supervisado por el Organismo Nacional de Acreditación (ONAC), para asegurar el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de referencia del laboratorio. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente excepto cuando se hayan obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite. Los resultados contenidos en el siguiente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados. El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.
Humedad Relativa: 54,5 %		
Temperatura Ambiente: 21,3 °C		
Presión Atmosférica: 791,9 hPa		

FIRMAS AUTORIZADAS	
Calibrado Por:	Autorizado Por:
	
DIANA MARCELA ARIAS Técnico de Laboratorio	DANIEL FELIPE ROSAS Jefe de Laboratorio

CONVENCIONES	
NO CONFORME	CONFORME
El instrumento de medición NO cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2321 : 1987	El instrumento de medición SI cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2321 : 1987
NORMA(S) DE REFERENCIA	
NTC 2321 : 1987	
RESULTADO VALIDO PARA UN (1) INSTRUMENTO	
UBICACION	LABORATORIO
EL RESULTADO DE LA CALIBRACION ES:	
CONFORME	

CARACTERISTICAS TECNICAS O DE FABRICACION DEL INSTRUMENTO				
INSTRUMENTO	SERIE	FABRICANTE/MARCA	MODELO	CAPACIDAD NOMINAL
Probeta	SMV2945	LMS	SIN ESPECIFICAR	100 (mL)
DIVISION DE ESCALA	IDENTIFICACION	CLASE DE EXACTITUD	MATERIAL	TIEMPO DE ESPERA
1 (mL)	SIN ESPECIFICAR	No Aplica	Vidrio Borosilicato	NO

2538

# SM<sup>®</sup> SERVIMETERS S.A.

A LA MEDIDA DE COLOMBIA

**CERTIFICADO DE CALIBRACION N° SM.LVV. 2945. 2014**  
 CERTIFICATE OF CALIBRATION NUMBER

RESULTADOS DE CALIBRACION					
Todos los resultados de la tabla se encuentran expresados en milímetros					
VOLUMEN DE REFERENCIA	VOLUMEN INDICADO	ERROR	ERROR MAXIMO PERMISIBLE ±	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (mL) ±	FACTOR DE COBERTURA
15,000	14,313	-0,687	1,000	0,208	2
50,000	49,827	-0,173	1,000	0,208	2
100,000	100,073	0,073	1,000	0,208	2

TRAZABILIDAD			
PATRON	Nº CERTIFICADO	FECHA DE CALIBRACION	TRAZABILIDAD
Balanza ME2355	1008	2013-02-28	DKO
TERMOMETRO AGUA VIDRIO	IM-OF12858-LT-0339-14	2014-03-01	INDUSTRIA Y METROLOGIA

OBSERVACIONES:  
 ESTAMPILLA N° 2945

FIN DEL CERTIFICADO

SERVIMETERS S.A.  
 A LA MEDIDA DE COLOMBIA

# SM<sup>®</sup> SERVIMETERS S.A.

A LA MEDIDA DE COLOMBIA

## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° SM.LVV. 2940. 2014

### CERTIFICATE OF CALIBRATION NUMBER

INFORMACION DEL SOLICITANTE			
CLIENTE	DIRECCION	CIUDAD	TELEFONO
EMPRESA IBAQUIENA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO - IBAI S.A. E.S.P. - CONTROL DE CALIDAD	Carrera 3 A No. 1 - 04	Bogotá	2758300

DATOS DE LA CALIBRACION	
Método de Calibración	Trazabilidad
El método gravimétrico fue empleado en la calibración del instrumento, según Normas Técnicas Colombianas. Este método determina la masa del líquido y la divide por la densidad. Líquido de referencia: Agua Destilada a temperatura de 20 °C ± 0,5 °C	El Laboratorio de Volumetría de SERVIMETERS S.A., asegura el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de trabajo utilizados en estas mediciones con los patrones nacionales de referencia, para este caso se trabajó con: (ver cuadro de trazabilidad página 2)
Incertidumbre La incertidumbre de la medición reportada es la expandida, que resulta de multiplicar la incertidumbre combinada por factor de cobertura k=2, con el cual se logra, para una distribución normal, un nivel de confianza de 95,45%.	

Fecha de Recepción	2014-05-28	Fecha de Verificación	2014-05-30	Fecha de Expedición	2014-05-31
--------------------	------------	-----------------------	------------	---------------------	------------

CONDICIONES AMBIENTALES	ACREDITACION	DECLARACION
La calibración fue realizada en el laboratorio de Volumetría de Vidrio de Servimeters S.A. El cual presentó las siguientes condiciones en el momento de la calibración:	 <p>ACREDITACION ISO/IEC 17025:2005 11- LAC - 823</p>	Este laboratorio es supervisado por el Organismo Nacional de Acreditación (ONAC) para asegurar el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de referencia del laboratorio. Este certificado expresa fehacientemente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente excepto cuando se hayan obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite. Los resultados contenidos en el siguiente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no es responsable de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados. El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.
Humedad Relativa: 53,3 %		
Temperatura Ambiente: 21,9 °C		
Presión Atmosférica: 751,1 hPa		

FIRMAS AUTORIZADAS	
Calibrado Por:	Autorizado Por:
	
DIANA MARCELA ARIAS Técnico de Laboratorio	DANIEL MUÑOZ ROSAS Jefe de Laboratorio

CONVENCIONES	
NO CONFORME	CONFORME
El instrumento de medición NO cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2101 : 1986	El instrumento de medición SI cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2101 : 1986
NORMA(S) DE REFERENCIA	
NTC 2101 : 1986	
RESULTADO VALIDO PARA UN (1) INSTRUMENTO	
UBICACION	LABORATORIO
EL RESULTADO DE LA CALIBRACION ES:	
CONFORME	

CARACTERISTICAS TECNICAS O DE FABRICACION DEL INSTRUMENTO				
INSTRUMENTO	SERIE	FABRICANTE/MARCA	MODELO	CAPACIDAD NOMINAL
Pipeta	SMVV2940	SILBER BRAND	ETERNA	1 (mL)
DIVISION DE ESCALA	IDENTIFICACION	CLASE DE EXACTITUD	MATERIAL	TIEMPO DE ESPERA
0,01 (mL)	SIN ESPECIFICAR	B	Vidrio Borosilicato	NO

# SM<sup>®</sup> SERVIMETERS S.A.

A LA MEDIDA DE COLOMBIA

**CERTIFICADO DE CALIBRACION N° SM.LVV. 2940. 2014**  
 CERTIFICATE OF CALIBRATION NUMBER

## RESULTADOS DE CALIBRACION

Todos los resultados de la tabla se encuentran expresados en mililitros

VOLUMEN DE REFERENCIA	VOLUMEN INDICADO	ERROR	ERROR MAXIMO PERMISIBLE ±	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (mL) ±	FACTOR DE COBERTURA
0,100	0,103	0,003	0,010	0,004	2
0,500	0,503	0,003	0,010	0,004	2
1,000	1,003	0,003	0,010	0,004	2

## TRAZABILIDAD

PATRON	N° CERTIFICADO	FECHA DE CALIBRACION	TRAZABILIDAD
Balanza MC2055	1038	2013-02-28	DKD
TERMOMETRO AGUA VIDRIO	IM-OF 12858-LT-0339-14	2014-03-21	INDUSTRIA Y METROLOGIA

OBSERVACIONES:  
 ESTAMPILLA N° 2940

FIN DEL CERTIFICADO

SERVIMETERS S.A.  
 A LA MEDIDA DE COLOMBIA

# SM<sup>®</sup> SERVIMETERS S.A.

A LA MEDIDA DE COLOMBIA

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° SM.LVV. 2942. 2014

CERTIFICATE OF CALIBRATION NUMBER

INFORMACION DEL SOLICITANTE			
CLIENTE	DIRECCION	CIUDAD	TELEFONO
EMPRESA BAGUETERA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO - S.A. S.A. E.S.P. - CONTROL DE CALIDAD	Carrera 3 A No. 1 - 04	Bogotá	2750000

DATOS DE LA CALIBRACION	
Método de Calibración	Trazabilidad
El método gravimétrico fue empleado en la calibración del instrumento, según Normas Técnicas Colombianas. Este método determina la masa del líquido y la divide por la densidad. Líquido de referencia: Agua Destilada a temperatura de 20 °C ± 0.5 °C	El Laboratorio de Volumetría de SERVIMETERS S.A. asegura el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de trabajo utilizados en estas mediciones con los patrones nacionales de referencia, pero este caso se trabajo con: (ver cuadro de trazabilidad pagina 2)
Incertidumbre	
La incertidumbre de la medición reportada es la expandida, que resulta de multiplicar la incertidumbre combinada por factor de cobertura k=2, con el cual se logra, para una distribución normal, un nivel de confianza de 95.45%	

Fecha de Recepción	Fecha de Verificación	Fecha de Expedición
2014-05-28	2014-05-29	2014-05-31

CONDICIONES AMBIENTALES	ACREDITACION	DECLARACION
La calibración fue realizada en el laboratorio de Volumetría de Vidrio de Servimeters S.A. El cual presenta las siguientes condiciones en el momento de la calibración:	 ACREDITACION ISO/IEC 17025:2005 11-LAC - 023	Este laboratorio es supervisado por el Organismo Nacional de Acreditación (ONAC) para asegurar el cumplimiento de la trazabilidad de los patrones de referencia del laboratorio. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite. Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados. El usuario es responsable de la realización de sus instrumentos a intervalos apropiados.
Humedad Relativa: 54.3 %		
Temperatura Ambiente: 21.6 °C		
Presión Atmosférica: 749.9 hPa		

FIRMAS AUTORIZADAS	
Calibrado Por:	Autorizado Por:
<i>Diana Arias.</i>	<i>[Firma]</i>
DIANA MARCELA ARIAS Técnico de Laboratorio	DANIEL FELIPE ROSAS Jefe de Laboratorio

CONVENCIONES	
NO CONFORME	CONFORME
El instrumento de medición no cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2201 : 1986	El instrumento de medición sí cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2201 : 1986
NORMA(S) DE REFERENCIA	
NTC 2201 : 1986	
RESULTADO VALIDO PARA UN (1) INSTRUMENTO	
UBICACION	LABORATORIO
EL RESULTADO DE LA CALIBRACION ES:	
CONFORME	

CARACTERISTICAS TECNICAS O DE FABRICACION DEL INSTRUMENTO				
INSTRUMENTO	SERIE	FABRICANTE/MARCA	MODELO	CAPACIDAD NOMINAL
Pipeta	SMVV2942	SILBER BRAND	ETERNA	10 (mL)
DIVISION DE ESCALA	IDENTIFICACION	CLASE DE EXACTITUD	MATERIAL	TIEMPO DE ESPERA
0,1 (mL)	SIN ESPECIFICAR	B	Vidrio Borosilicato	NO



# SM<sup>®</sup> SERVIMETERS S.A.

A LA MEDIDA DE COLOMBIA

**CERTIFICADO DE CALIBRACION N° SM.LVV. 2942. 2014**  
 CERTIFICATE OF CALIBRATION NUMBER

### RESULTADOS DE CALIBRACION

Todos los resultados de la tabla se encuentran expresados en milímetros

VOLUMEN DE REFERENCIA	VOLUMEN INDICADO	ERROR	ERROR MAXIMO PERMISIBLE ±	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (mL) ±	FACTOR DE COBERTURA
1,000	1,011	0,011	0,100	0,020	2
5,000	5,015	0,015	0,100	0,021	2
10,000	9,936	-0,064	0,100	0,022	2

### TRAZABILIDAD

PATRON	No CERTIFICADO	FECHA DE CALIBRACION	TRAZABILIDAD
Balanza ME2335	1038	2013-02-28	DKD
TERMOMETRO AGUA VIDRIO	IM-DF-12358-LT-0039-14	2014-03-01	INDUSTRIA Y METROLOGIA

OBSERVACIONES:  
 ESTAMPILLA N° 2942

FIN DEL CERTIFICADO

# SM<sup>®</sup> SERVIMETERS S.A.

A LA MEDIDA DE COLOMBIA

## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° SM.LVV. 2941. 2014

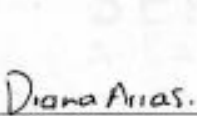

CERTIFICATE OF CALIBRATION NUMBER

INFORMACION DEL SOLICITANTE			
CLIENTE	DIRECCIÓN	CIUDAD	TELEFONO
EMPRESA BAGUERENA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO - 89% S.A. E.S.P. - CONTROL DE CALIDAD	Carrera 3 A No. 1 - 04	Bogotá	2756000

DATOS DE LA CALIBRACION	
Método de Calibración	Trazabilidad
El método gravimétrico fue empleado en la calibración del instrumento, según Normas Técnicas Colombianas. Este método determina la masa del líquido y la divide por la densidad. Líquido de referencia: Agua Destilada a temperatura de 20 °C ± 0.5 °C.	El Laboratorio de Volumetría de SERVIMETERS S.A. asegura el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de trabajo utilizados en estas mediciones con los patrones nacionales de referencia, para este caso se trabajó con: [ver cuadro de trazabilidad página 2]
<b>Incertidumbre</b> La incertidumbre de la medición reportada es la expandida, que resulta de multiplicar la incertidumbre combinada por factor de cobertura $k=2$ , con el cual se logra, para una distribución normal, un nivel de confianza de 95,45%.	

Fecha de Recepción	Fecha de Verificación	Fecha de Expedición
2014-05-28	2014-05-29	2014-05-31

CONDICIONES AMBIENTALES	ACREDITACION	DECLARACION						
La calibración fue realizada en el laboratorio de Volumetría de Vidrio de Servimeters S.A. El cual presenta las siguientes condiciones en el momento de la calibración: <table border="1"> <tr> <td>Humedad Relativa:</td> <td>55,5 %</td> </tr> <tr> <td>Temperatura Ambiente:</td> <td>21,8 °C</td> </tr> <tr> <td>Presión Atmosférica:</td> <td>749,5 hPa</td> </tr> </table>	Humedad Relativa:	55,5 %	Temperatura Ambiente:	21,8 °C	Presión Atmosférica:	749,5 hPa	 ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005 11- LAC - 023	Este laboratorio es supervisado por el Organismo Nacional de Acreditación (ONAC) para asegurar el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de referencia de laboratorio. Este certificado expresa solamente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente excepto cuando se hayan obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite. Los resultados expresados en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo otorga no se responsabiliza de los juicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados. El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.
Humedad Relativa:	55,5 %							
Temperatura Ambiente:	21,8 °C							
Presión Atmosférica:	749,5 hPa							

FIRMAS AUTORIZADAS		CONVENCIONES	
Calibrado Por:	Autorizado Por:	NO CONFORME	CONFORME
		El instrumento de medición NO cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2201 : 1986	El instrumento de medición SI cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2201 : 1986
DIANA MARCELA ARIAS Técnico de Laboratorio	DANIEL FELIPE ROSAS Jefe de Laboratorio	<b>NORMA(S) DE REFERENCIA</b> NTC 2201 : 1986 <b>RESULTADO VALIDO PARA UN (1) INSTRUMENTO</b> UBICACION LABORATORIO	
		<b>EL RESULTADO DE LA CALIBRACION ES:</b> CONFORME	

CARACTERISTICAS TECNICAS O DE FABRICACION DEL INSTRUMENTO				
INSTRUMENTO	SERIE	FABRICANTE/MARCA	MODELO	CAPACIDAD NOMINAL
Pipeta	SMV2941	SILBER BRAND	ETERNA	5 (mL)
DIVISION DE ESCALA	IDENTIFICACION	CLASE DE EXACTITUD	MATERIAL	TIEMPO DE ESPERA
0,1 (mL)	SIN ESPECIFICAR	B	Vidrio Borosilicato	NO

# SM<sup>®</sup> SERVIMETERS S.A.

A LA MEDIDA DE COLOMBIA

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° SM.LVV. 2941. 2014

CERTIFICATE OF CALIBRATION NUMBER

## RESULTADOS DE CALIBRACION

Todos los resultados de la tabla se encuentran expresados en mililitros

VOLUMEN DE REFERENCIA	VOLUMEN INDICADO	ERROR	ERROR MAXIMO PERMISIBLE ±	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (mL) ±	FACTOR DE COBERTURA
1,000	1,011	0,011	0,050	0,020	2
3,000	3,001	0,001	0,050	0,021	2
5,000	4,977	-0,023	0,050	0,021	2

## TRAZABILIDAD

PATRON	No CERTIFICADO	FECHA DE CALIBRACION	TRAZABILIDAD
Balanza ME205S	1038	2013-02-28	DKD
TERMOMETRO AGUA VIDRIO	W-CP(2958-LT)-0328-14	2014-03-01	INDUSTRIA Y METROLOGIA

### OBSERVACIONES:

ESTAMPILLA N° 2941

FIN DEL CERTIFICADO

SERVIMETERS S.A.  
A LA MEDIDA DE COLOMBIA

# SM<sup>®</sup> SERVIMETERS S.A.

A LA MEDIDA DE COLOMBIA

## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° SM.LVV. 2943. 2014

CERTIFICATE OF CALIBRATION NUMBER

INFORMACION DEL SOLICITANTE			
CLIENTE	DIRECCION	CIUDAD	TELEFONO
EMPRESA BAGUERENA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO - B.A.L. S.A. E.S.P. - CONTROL DE CALIDAD	Carrera 3 A No. 1 - 54	Bogotá	2756000

DATOS DE LA CALIBRACION	
Método de Calibración	Trazabilidad
El método gravimétrico fue empleado en la calibración del instrumento, según Normas Técnicas Colombianas. Este método determina la masa del líquido y la divide por la densidad. Líquido de referencia: Agua Destilada a temperatura de 20 °C ± 0.5 °C.	El Laboratorio de Volumetría de SERVIMETERS S.A., asegura el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de trabajo utilizados en estas mediciones con los patrones nacionales de referencia, para este caso se trabajo con: (ver cuadro de trazabilidad pagina 2)
Incertidumbre La incertidumbre de la medición reportada es la expandida, que resulta de multiplicar la incertidumbre combinada por factor de cobertura k=2, con el cual se logra, para una distribución normal, un nivel de confianza de 95,45%.	

Fecha de Recepción	2014-05-28	Fecha de Verificación	2014-06-03	Fecha de Expedición	2014-06-03
--------------------	------------	-----------------------	------------	---------------------	------------

CONDICIONES AMBIENTALES	ACREDITACION	DECLARACION
La calibración fue realizada en el laboratorio de Volumetría de Vidrio de Servimeters S.A. El cual presentó las siguientes condiciones en el momento de la calibración:	 ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005 - 15-LAC - 023	Este laboratorio es supervisado por el Organismo Nacional de Acreditación (ONAC), para asegurar el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de referencia del laboratorio. Este certificado respalda firmemente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente excepto cuando se hayan obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite. Los resultados contenidos en el siguiente certificado se refieren al método y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los patrones que puedan servirle del uso inadecuado de los instrumentos calibrados. El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos e intervalos apropiados.
Humedad Relativa: 54,0 %		
Temperatura Ambiente: 21,8 °C		
Presión Atmosférica: 751,3 hPa		

FIRMAS AUTORIZADAS		CONVENCIONES	
Calibrado Por:	Autorizado Por:	NO CONFORME	CONFORME
		El instrumento de medición NO cumple con las exigencias establecidas en la Norma Técnica Colombiana NTC 2454 :1988	El instrumento de medición SI cumple con las exigencias establecidas en la Norma Técnica Colombiana NTC 2454 :1988
DIANA MARCELA ARIAS Técnico de Laboratorio	DANIEL FELIPE ROSAS Jefe de Laboratorio	<b>NORMA(S) DE REFERENCIA</b> <b>NTC 2454 :1988</b> <b>RESULTADO VALIDO PARA UN (1) INSTRUMENTO</b> <b>UBICACION</b> LABORATORIO <b>EL RESULTADO DE LA CALIBRACION ES:</b> <b>CONFORME</b>	

CARACTERISTICAS TECNICAS O DE FABRICACION DEL INSTRUMENTO				
INSTRUMENTO	SERIE	FABRICANTE/MARCA	MODELO	CAPACIDAD NOMINAL
Matraz Erlenmeyer	SMV2043	SIMAX	SIN ESPECIFICAR	250 (mL)
DIVISION DE ESCALA	IDENTIFICACION	CLASE DE EXACTITUD	MATERIAL	TIEMPO DE ESPERA
50 (mL)	SIN ESPECIFICAR	No aplica	Vidrio Borosilicato	NO

# SM<sup>®</sup> SERVIMETERS S.A.

A LA MEDIDA DE COLOMBIA

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° SM.LVV. 2943. 2014  
 CERTIFICATE OF CALIBRATION NUMBER

RESULTADOS DE CALIBRACION					
Todos los resultados de la tabla se encuentran expresados en mililitros					
VOLUMEN DE REFERENCIA	VOLUMEN INDICADO	ERROR	ERROR MAXIMO PERMISIBLE $\pm$	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (mL) $\pm$	FACTOR DE COBERTURA
100.000	90,775	-9,222	N/A	0,858	2
200.000	187,182	-12,806	N/A	1,600	2
250.000	237,795	-12,204	N/A	2,022	2

TRAZABILIDAD			
PATRON	No CERTIFICADO	FECHA DE CALIBRACION	TRAZABILIDAD
Balanza LA3200D	1039	2013-02-28	DKD
TERMOMETRO AGUA VIDRIO	M-DF12958-LT-0339-14	2014-03-01	INDUSTRIA Y METROLOGIA

OBSERVACIONES:  
 ESTAMPILLA N° 2943

FIN DEL CERTIFICADO

SERVIMETERS S.A.  
 A LA MEDIDA DE COLOMBIA

# SM<sup>®</sup> SERVIMETERS S.A.

A LA MEDIDA DE COLOMBIA

## CERTIFICADO DE CALIBRACION N° SM.LVV. 2946. 2014

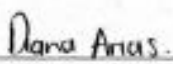

### CERTIFICATE OF CALIBRATION NUMBER

INFORMACION DEL SOLICITANTE			
CLIENTE	DIRECCION	CIUDAD	TELEFONO
EMPRESA BASQUERENA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO - BSA S.A. E.S.P. - CONTROL DE CALIDAD	Carrera 2 A No. 1 - 30	Bogotá	2750000

DATOS DE LA CALIBRACION	
Método de Calibración	Trazabilidad
El método gravimétrico fue empleado en la calibración del instrumento, según Normas Técnicas Colombianas. Este método determina la masa del líquido y la divide por la densidad. Líquido de referencia: Agua Destilada a temperatura de 20 °C ± 0,5 °C	El Laboratorio de Volumetría de SERVIMETERS S.A., asegura el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de trabajo utilizados en estas mediciones con los patrones nacionales de referencia, para este caso se trabajó con: (ver cuadro de trazabilidad página 2)
Incertidumbre La incertidumbre de la medición reportada es la expandida, que resulta de multiplicar la incertidumbre combinada por factor de cobertura $k=2$ , con el cual se logra, para una distribución normal, un nivel de confianza de 95,45%.	

Fecha de Recepción	Fecha de Verificación	Fecha de Expedición
2014-05-28	2014-05-29	2014-05-03

CONDICIONES AMBIENTALES	ACREDITACION	DECLARACION						
La calibración fue realizada en el laboratorio de Volumetría de Vidrio de Servimeters S.A. El cual presenta las siguientes condiciones en el momento de la calibración: <table border="1"> <tr> <td>Humedad Relativa:</td> <td>53,5 %</td> </tr> <tr> <td>Temperatura Ambiente:</td> <td>21,8 °C</td> </tr> <tr> <td>Presión Atmosférica:</td> <td>750,9 hPa</td> </tr> </table>	Humedad Relativa:	53,5 %	Temperatura Ambiente:	21,8 °C	Presión Atmosférica:	750,9 hPa	 ACREDITACION ISO/IEC 17025:2005 11- LAG - 023	Este laboratorio es supervisado por el Organismo Nacional de Acreditación (ONAC), para asegurar el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de referencia del laboratorio. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente sin consentimiento escrito del laboratorio que lo emite. Los resultados contenidos en el siguiente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los errores que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados. El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.
Humedad Relativa:	53,5 %							
Temperatura Ambiente:	21,8 °C							
Presión Atmosférica:	750,9 hPa							

FIRMAS AUTORIZADAS		CONVENCIONES	
Calibrado Por:	Autorizado Por:	NO CONFORME	CONFORME
		El instrumento de medición NO cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2539:1989.	El instrumento de medición SI cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2539:1989.
DIANA MARCELA ARIAS Técnico de Laboratorio	DANIEL FELIPE ROSAS Jefe de Laboratorio	NORMA(S) DE REFERENCIA NTC 2539:1989	
		RESULTADO VALIDO PARA UN (1) INSTRUMENTO	
		LABORATORIO	
		EL RESULTADO DE LA CALIBRACION ES: CONFORME	

CARACTERISTICAS TECNICAS O DE FABRICACION DEL INSTRUMENTO				
INSTRUMENTO	SERIE	FABRICANTE/MARCA	MODELO	CAPACIDAD NOMINAL
Vasos de Precipitado	SMV2346	BOECO GERMANY	SIN ESPECIFICAR	200 (ml)
DIVISION DE ESCALA	IDENTIFICACION	CLASE DE EXACTITUD	MATERIAL	TIEMPO DE ESPERA
50 (ml)	SIN ESPECIFICAR	No aplica	Vidrio Borosilicado	NO

# SM<sup>®</sup> SERVIMETERS S.A.

A LA MEDIDA DE COLOMBIA

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° SM.LVV. 2946. 2014  
 CERTIFICATE OF CALIBRATION NUMBER

### RESULTADOS DE CALIBRACION

Todos los resultados de la tabla se encuentran expresados en mililitros

VOLUMEN DE REFERENCIA	VOLUMEN INDICADO	ERROR	ERROR MAXIMO PERMISIBLE ±	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (mL) ±	FACTOR DE COBERTURA
50,000	49,017	-0,983	N/A	0,601	2
150,000	145,784	-4,216	N/A	1,271	2
200,000	193,524	-6,476	N/A	1,648	2

### TRAZABILIDAD

PATRON	No CERTIFICADO	FECHA DE CALIBRACION	TRAZABILIDAD
Balanza LA32000	1039	2013-02-28	DKD
TERMOMETRO AGUA VORIO	IM-OF12566-LT-0339-14	2014-03-01	INDUSTRIA Y METROLOGIA

OBSERVACIONES:  
 ESTAMPILLA N° 2946

FIN DEL CERTIFICADO

## ANEXO 4

Imágenes en el laboratorio de la empresa ibaguereña de acueducto y alcantarillado IBAL

E.S.P



Imagen del Erlenmeyer con su calibración.

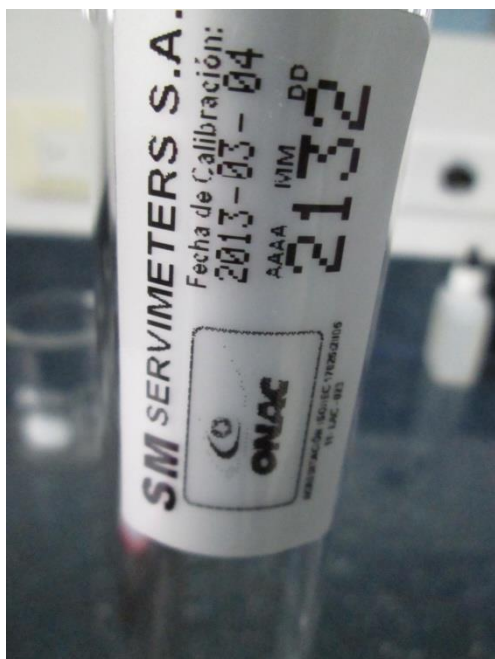


Imagen de la cristalería del laboratorio



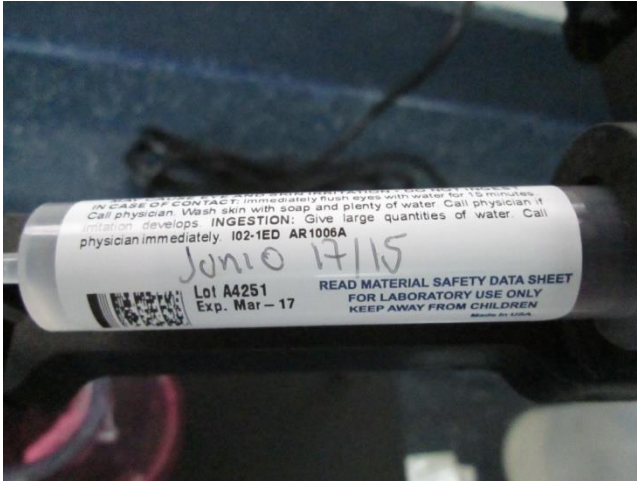


Imagen cartucho de EDTA



Imagen de resultados de dureza total



Imagen oficina de entrega de resultados



Imagen laboratorio de microbiología IBAL



Imagen laboratorio de físico-química del IBAL