Manual de procedimiento

para la Medición, Análisis y Control de la Calidad del Agua

Autores:

Carlos Andrés **Nieto Serna**

Paola Andrea **Gonzáles Escobar**

Oswaldo **Medaglia Zapata**

Yeimi Daniela **Arias Montoya**

Carlos Alberto **Osorio Hernández**

Rafael Estiven **Montiel Ángel**

Antonio José Camacho
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA

Antonio José Camacho
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA

Manual de Procedimiento

para la Medición, Análisis y Control de la Calidad del Agua

Autores:

Carlos Andrés **Nieto Serna**

Paola Andrea **Gonzáles Escobar**

Oswaldo **Medaglia Zapata**

Yeimi Daniela **Arias Montoya**

Carlos Alberto **Osorio Hernández**

Rafael Estiven **Montiel Ángel**

Manual de Procedimiento para la Medición, Análisis y Control de la Calidad del Agua

Proceso de medición, análisis y control de la calidad del agua en la planta de **potabilización sede sur**

Autores:
Carlos Andrés Nieto Serna | Paola Andrea Gonzáles Escobar | Oswaldo Medaglia Zapata | Yeimi Daniela Arias Montoya | Carlos Alberto Osorio Hernández | Rafael Estiven Montiel Ángel

Colaboradores
Diana Carolina Montilla | Augusto Arce

Grupo de Investigación **INTELIGO**

Semillero de Investigación Gestión de **Operaciones SEGESTOP**

Programa de Ingeniería **Industrial**

Facultad **de Ingenierías**

ISBN impreso: 978-958-5167-66-7
ISBN digital: 978-958-5167-67-4

Primera edición
Santiago de Cali, septiembre de 2025

© Institución Universitaria Antonio José Camacho
Biblioteca y Centro Cultural Jairo Panesso Tascón
Gestión editorial

Vhttps://www.uniajc.edu.co/
https://libros.uniajc.edu.co/index.php/editorial-uniajc/index
https://revistas.uniajc.edu.co/

El contenido del presente libro es responsabilidad exclusiva de su(s) autor(es) y en ningún momento representa el pensar de la Institución Universitaria Antonio José Camacho. No está permitida la reproducción total o parcial de este libro por cualquier medio sin el permiso previo y por escrito del editor o de los autores.

Contenido

4 Introducción

6 Marco legal

8 Objetivos

9 Alcance

10 Responsabilidades y autoridades

11 Procedimientos

18 Registros

21 Control de calidad

35 Capacitación

39 Revisiones y mejoras

41 Bibliografía

43 Anexos

Introducción

El siguiente documento presenta la estructuración de un manual de estandarización del proceso de medición y control de la calidad del agua en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) de la Institución Universitaria Antonio José Camacho (UNIAJC) sede sur, dicho manual se desarrolla a partir de la necesidad de definir un estándar de medición para los parámetros de interés en la determinación de la calidad del agua suministrada en la PTAP. Este manual tiene la finalidad de estandarizar el proceso de medición de los parámetros de interés que determinan la calidad del agua de la planta, por medio de la estructuración de diversas herramientas de control como fichas técnicas, cronogramas y un plan de medición estructurado, entre otras herramientas, para cada parámetro de interés.

Finalmente, se espera que el presente manual de estandarización del proceso de medición de los parámetros que determinan la calidad del agua de la PTAP sirva como base del funcionamiento, control y análisis de cada parámetro de interés dentro de la planta, siendo así una guía de funcionamiento tanto para la institución como para los trabajadores e involucrados en la planta de

Históricamente, la Institución Universitaria Antonio José Camacho en su sede sur, ante la falta de empresas tradicionales que proveen el servicio de distribución de agua potable en la localidad donde se encuentra ubicada, se vio en la necesidad de adquirir una planta de tratamiento de agua potable, convirtiéndose así en un punto de diversas oportunidades para elaborar proyectos que tienen como objetivo la estandarización y mejora del proceso y servicio, logrando suplir la demanda de agua (en la zona “PARQUESOFT” y la zona alameda) al brindar el servicio de agua potable en la institución. Teniendo esto como base, procede un primer proyecto que realiza una caracterización del proceso técnico operativo de la planta de tratamiento de agua y, en segunda instancia, diseña el programa de mantenimiento de la PTAP

Para garantizar la calidad del agua y una óptima medición de los parámetros que determinan esta calidad, la institución debe regirse a la normatividad expuesta en la Resolución No 2115 de 2007, la cual da las pautas relacionadas con la determinación del IRCA (índice de riesgo de la calidad del agua) e indica los diversos parámetros de interés y sus rangos aceptables para poder así determinar el impacto que tienen en la calidad del agua suministrada (Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial , 2007).

En función a la normatividad relacionada con la determinación de la calidad del agua suministrada, surge la necesidad como institución de innovar en el proceso de medición que se llevaba a cabo desde la adquisición de la PTAP, ya que los procesos de medición de los diversos parámetros de la calidad del agua eran inadecuados e inexactos para la magnitud de la población a la que se le suministra el servicio.

Por esta razón, la UNIAJC destinó un presupuesto base para la adquisición de diversos insumos, equipos y elementos destinados a la medición de los parámetros de interés y el cálculo del nivel del IRCA.

En tal sentido, a través del Semillero de Investigación en Gestión de Operaciones (SEGESTOP), adscrito al Decanato Asociado de Investigaciones de la institución, se decidió desarrollar un plan de medición o manual de medición eficiente, que determine y estructure el uso de los equipos adquiridos y los insumos necesarios para su funcionamiento. Con vista en este objetivo se desarrolló la estandarización del proceso de medición que determina las pautas a seguir para poder brindar una calidad del agua de primer nivel a la población de la institución.

Marco Legal

Para poder estructurar un manual de medición relacionado a una planta de tratamiento de agua potable, es necesario relacionar y tener en cuenta la normatividad existente, tanto en ámbito internacional como en Colombia, que se debe cumplir para el muestreo y análisis de aguas subterráneas con la calidad de agua, por medio de una matriz de requisitos legales.

Entre otros, se debe considerar la normativa internacional y, en particular, el Decreto 1575 y la Resolución 2115 del año 2007, por medio de los cuales se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.

Referentes internacionales. Normas ISO.

Norma ISO 5667-1:2018 - Agua. Toma de muestras. Parte 1: Guía general sobre los principios de toma de muestras.

Norma ISO 17025:2017 - Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

Norma ISO/IEC 17020:2012 - Evaluación de la conformidad. Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección.

Norma ISO 5667-3:2012 - Agua. Toma de muestras. Parte 3: Guía para la preservación y manejo de muestras.

Norma ISO 22000:2018 - Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos.

Referente Nacional. Normas Técnicas Colombianas NTC.

NTC-1063-1:2007 - "Medición del flujo de agua en conductos cerrados a sección llena. Medidores para agua potable fría y agua caliente. Parte 1: Especificaciones".

NTC-1063-2:2007 - "Medición del flujo de agua en conductos cerrados a sección llena. Medidores para agua potable fría y agua caliente. Parte 2: Requisitos de instalación".

NTC-1063-3:2007 - "Medición del flujo de agua en conductos cerrados a sección llena. Medidores para agua potable fría y agua caliente. Parte 3: Equipos y métodos de ensayo".

NTC-1486:2022 – "Se consideran los requisitos para la presentación de un trabajo escrito, con el fin de orientar al estudiante, docente e investigador en su elaboración".

Teniendo en cuenta las normas técnicas nacionales presentadas con anterioridad, el presente manual será estructurado a partir de la NTC-1486 de ICONTEC.

Normas ambientales colombianas:

Ley 373 de 1997 – "Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua".

Decreto 1575 de 2007 - "Por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano".

Resolución 2115 de 2007 - "Por medio de la cual se señalan las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano" IRCA (índice de riesgo de la calidad del agua).

Resolución 631 de 2015 - "Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vestimentos puntuales a cuerpos de aguas superficiales a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones".

Objetivos

El objetivo general del presente manual es diseñar un manual de estandarización del proceso de medición de los parámetros de interés que determinan la calidad del agua y su frecuencia en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) en la Institución Universitaria Antonio José Camacho sede sur.

Objetivos específicos:

- Determinar los parámetros de medición de la calidad de agua necesarios para el desarrollo de un cronograma de medición.
- Diseñar un plan de medición acorde a cada uno de los parámetros medibles en el agua suministrada.
- Construir una base de datos aplicada en un tablero de gestión o DashBoard que registre cada uno de los valores de los parámetros de interés del proceso de medición de la calidad del agua.

Alcance

El manual del proceso de medición, análisis y control de la calidad del agua de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) de la Institución Universitaria Antonio José Camacho se centrará en la estandarización del proceso de medición de los parámetros de la calidad del agua, a través de un análisis de los equipos e insumos adquiridos por la institución, así como el estado actual de la PTAP, presentando posibles recomendaciones y propuestas de mejora al proceso. En este orden de ideas, no se desarrollarán mediciones y evaluaciones del estado actual de los parámetros ni se generarán modificaciones u optimizaciones en el funcionamiento de la planta de manera directa, ya que dicho proceso queda en responsabilidad de la institución, operarios y colaboradores relacionados a la planta, los cuales tendrán la potestad de adoptar las recomendaciones, estandarizaciones y propuestas de mejora generadas en el desarrollo del manual para implementarlas y adaptarse al funcionamiento actual de la PTAP.

Responsabilidades y autoridades

Los principales responsables y entes involucrados de manera directa en el proceso de medición de la calidad del agua de la PTAP están representados en tres cargos principales, los cuales contarán con la potestad de ejercer un rol de autoridad y toma de decisiones en las operaciones de la PTAP. Los encargados definidos en orden

Jefe de Departamento de Infraestructura

Jefe de Mantenimiento

Seguridad y Salud en el Trabajo

Procedimientos

El procedimiento llevado a cabo para estructurar el plan de medición adecuado para el proceso de medición de la calidad del agua de la planta se sustentará principalmente en lo establecido en el Decreto 1575 de 2007, donde se define al IRCA (índice de riesgo de la calidad del agua) como un indicador para estimar el riesgo de incidencia de enfermedades asociadas al no cumplimiento de las normas sanitarias del agua para consumo humano.Esto lleva a una normatividad base para el desarrollo del manual de medición, análisis y control de la calidad del agua: la Resolución 2115 de 2007, en la cual se establece el procedimiento de muestreo de las fuentes de agua y el cálculo del IRCA, que consiste en ponderar el puntaje de riesgo asignado a cada una de las características físicas, químicas o microbiológicas obtenidas de los muestreos de agua.

Teniendo en cuenta lo definido en la Resolución 2115 de 2007, para el caso de la PTAP de la Institución Universitaria Antonio José Camacho, gracias a los procesos de medición y monitoreo de los parámetros que determinan la calidad del agua realizados a lo largo del tiempo, se logró identificar que existen cuatro parámetros que, según los datos analizados, aportan al incremento del IRCA en tanto su valor se encuentra en algunas oportunidades fuera del rango establecido por la Resolución 2115 de 2007.

En la Tabla 1, se observa el caso del Cloro Residual Libre (CRL) de gran influencia, debido al papel que juega desde el punto de vista microbiológico en la desinfección del agua, necesaria para garantizar la potabilidad de la misma; esto sumado al pH, el cual es un parámetro relativamente fácil de controlar con la adición de una base que garantice la permanencia del valor en el rango específico, los coliformes totales y Escherichia coli como parámetros microbiológicos que deben ser controlados en su totalidad para el consumo humano. Sin embargo,

la planta cuenta con la entrada de agua subterránea para realizar el tratamiento y, teniendo en cuenta la significancia en el IRCA, también es importante tener la medición de turbiedad, color aparente y hierro total, lo que genera un estudio específico del agua y de los suelos circundantes para tratar de plantear una opción de tratamiento particular para la PTAP.

El proceso de medición llevado a cabo para determinar la calidad del agua se hará mediante los equipos suministrados por la institución. Con base en los resultados obtenidos, se hará una comparación con los valores máximos aceptables para cada una de las características, los cuales están plasmados en la Resolución 2115 en el cuadro No. 1, el punto 2 del artículo 9 y el cuadro No. 5, donde los valores máximos para cada característica son:

Tabla 1. Valores máximos permitidos para cada parámetro de interés en el IRCA

Característica	Valor máximo permitido o intervalo permitido
Turbiedad	2 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbiedad)
Color aparente	15 UPC (Unidades de Platino Cobalto)
Cloro residual libre	0.3 – 2.0 mg/L (miligramo por litro PPM)
pH	6.5 – 9.0 pH (Potencial de Hidrógeno)
Hierro total	0.3 mg/L o PPM (partículas por millón)
Coliformes totales	Ausencia en $100cm^3$
Escherichia coli	Ausencia en $100cm^3$

Fuente: elaborado a partir de la Resolución 2115 de 2007

En caso de superar los valores máximos aceptables establecidos en la Resolución 2115 de 2007, se le asignará un puntaje de riesgo contemplado en el cuadro N°6 del capítulo 4 a cada característica física, química y microbiológica, para tomar decisiones correctivas cuando los valores se alejen de los rangos permitidos, los cuales tienen los siguientes puntajes:

Característica	Puntaje de riesgo
Turbiedad	15
Color aparente	6
Cloro residual libre	15
pH	1.5
Hierro total	1.5
Coliformes totales	15
Escherichia coli	25
Total	79

Fuente: elaborado a partir de la Resolución 2115 de 2007

Teniendo en cuenta los parámetros de interés para el proceso de medición, sus valores y puntaje de riesgo en la determinación del IRCA, es necesario definir ahora la frecuencia y el lugar de medición para cada parámetro. Para el caso de la frecuencia es necesario remitir a la normatividad definida en la Resolución 2115 de 2007, en donde en el capítulo V (Procesos básicos de control de la calidad del agua para consumo humano), en su artículo 21, se define la frecuencia y número de muestras de control de la calidad física y química del agua para consumo humano que debe ejercer la persona prestadora, de los parámetros de Turbiedad, Color aparente, pH, Cloro residual libre. Para el caso del análisis microbiológico, en el artículo 22 se definen las frecuencias y número de muestras de control para los análisis microbiológicos de coliformes totales y E. Coli que deben ejercer las personas prestadoras en la red de distribución, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Frecuencia y número de muestra para cada parámetro de interés

Población atendida por persona prestadora por municipio (Habitantes)	Características	Frecuenci a mínima	Número mínimo de muestra analizar por cada frecuencia
2.501-10.000	Turbiedad, Color aparente, pH, Cloro residual libre o residual del desinfectante usado.	Mensual	3
2.501-10.000	Análisis microbiológico (Coliformes totales, E. coli)	Mensual	3

Fuente: elaborado a partir de la Resolución 2115 de 2007

Según esta información, teniendo en cuenta que la sede sur de la UNIAJC cuenta actualmente con una población ligeramente superior a las 2.500 personas, es necesario regirse a la normatividad para definir la frecuencia de medición donde, para este caso, se tienen en cuenta los parámetros de Turbiedad, Color aparente, pH, Cloro residual libre y Hierro, se definieron 4 muestras mensuales para cumplir la normatividad.

Así, las 3 muestras mínimas requeridas para la normatividad se centrarán en los puntos de distribución del agua suministrada y la siguiente muestra se realizará en otro momento del proceso de tratamiento. Para el caso del análisis microbiológico, al igual que los otros parámetros, se definieron 4 muestras mensuales para cumplir la normatividad, donde las 3 muestras mínimas requeridas para la normatividad se centrarán en los puntos de distribución del agua suministrada y la siguiente muestra se realizará en otro momento del proceso de tratamiento.

A partir de estas frecuencias de medición, es necesario estructurar los puntos de medición necesarios para cada parámetro teniendo en cuenta las 4 mediciones mensuales a realizar para cumplir con la normatividad. Como se observa en la Figura 1, donde se detalla cada punto de medición presente a lo largo del proceso de la planta, las 3 mediciones mínimas mensuales requeridas por la normativa se realizarán en los puntos de distribución, ya que esto representa un punto crítico de control para poder evaluar la calidad del agua suministrada.

En la Figura 2 se logra observar un ejemplo de los puntos de distribución donde se podrían tomar las respectivas muestras para cada parámetro, los cuales pueden variar según el operario, ya que el punto de medición a elegir queda a criterio del mismo. Por último, la cuarta medición del mes se realizará 1 vez al mes en alguno de los demás puntos de interés definidos en cada fase del proceso de la planta, ya que estos puntos al no ser críticos a la hora de analizar la calidad del agua, existe la posibilidad de variar mensualmente su lugar de muestreo a criterio del operario, como se puede observar en la Figura 1.

Figura1. Identificación de puntos de monitoreo en el diagrama de flujo de la PTAP

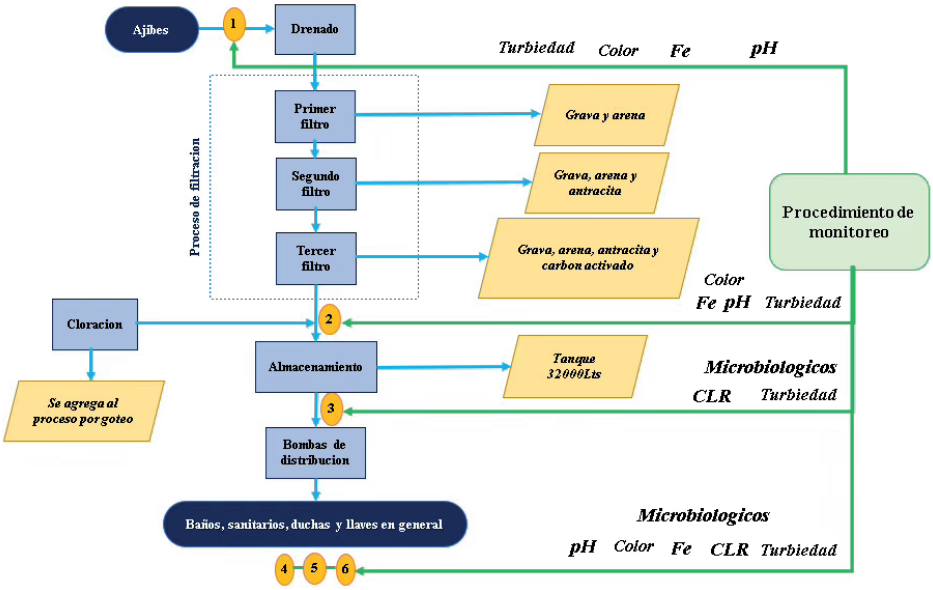
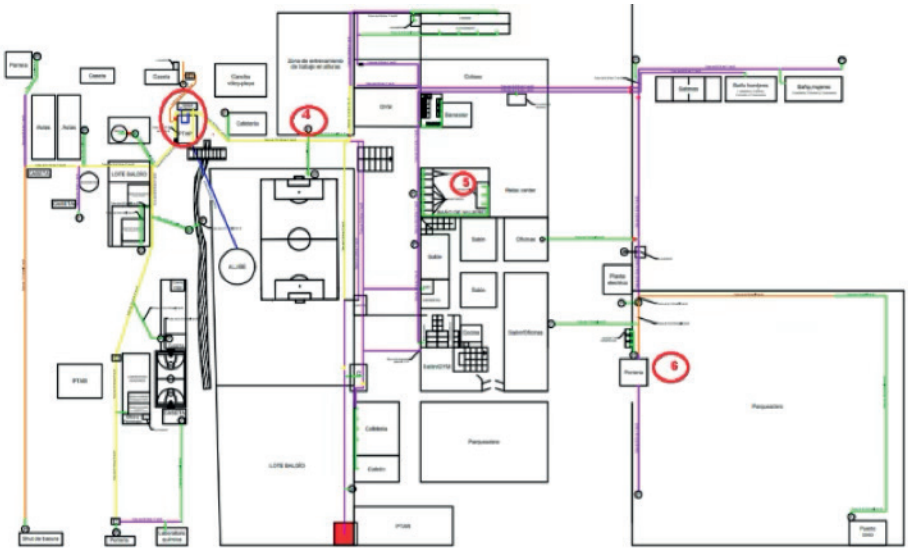


Figura 2. Puntos de muestreo en la distribución en planta de la UNIAJC



Fuente: Gómez Mina y Nieto Serna (2022)

Todo este plan de medición definido con anterioridad permitió estructurar lo que sería el cronograma de medición para cada parámetro de interés en el proceso de medición de la calidad del agua de la PTAP, cronograma que se estructuró en una proyección mensual y anual, dando a conocer los recursos necesarios y el consumo requerido de cada insumo necesario para realizar la medición de los parámetros a nivel mensual y anual, como se podrá observar en las figuras 3,4,5 y en los anexos del documento de manera más detallada[1].

Figura 3. Cronograma de medición para el parámetro de pH y CRL en la PTAP

Antonio José Camacho
UNIVERSIDAD UNIMAGDALENA

CRONOGRAMA DE MEDICION DE LOS PARAMETROS DE INTERES EN LA DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA PTAP

Actividad	Descripcion	Equipos	Referencia	Frecuencia	Recursos	Insumos	Insumos/medicion (ml, unidades)	Cantidad insumos/mes (ml, unidades)	Cantidad consumo del insumo anual (ml, unidades)	Lugar/Momento	Especificaciones del lugar	Responsable	Resultado
1	Medir pH	Medidor multiparametrico de pH "HANNA"	HI 2020-01	8 dias	· Guantes de nitrilo · Bata · Beaker de vidrio (150ml, 250ml, 400ml) muestreo · Tubo de ensayo 25ml base hexagonal (167mm alto x 21mm diametro) para calibracion · Agua destilada	Solucion de calibracion pH 4,01 (500ml) HI 7004L (Cubre 3cm electrodo x 8cm del tubo)	12	48	576	Antes de la filtración	Una vez al mes en uno de los puntos (Rotan mensualmente a criterio del operario punto no critico de medicion)	Operario calificado	**Procedimiento para la medición del PH**
						Solucion de calibracion pH 10,01 (500ml) HI 7010L (Cubre 3cm electrodo x 8cm del tubo)	12	48	576				
						Solucion de calibracion pH 7,01 (500ml) HI 7007L (Cubre 3cm electrodo x 8cm del tubo)	12	48	576	Antes de la cloración			
						Solucion de limpieza (500ml) HI 700L (Cubre 3cm electrodo x 8cm del tubo x 2 veces)	24	96	1152				
						Solución de almacenamiento 500ml HI 70300L (1cm en la tapa del bulbo del electrodo)	2	8	96	Puntos de distribucion	Se rotan los puntos de medicion a criterio del operario (Tres veces al mes como punto critico de medicion)		
2	Medir Cloro residual libre CRL	Cheker de cloro, Colorimetro medidor de CRL "HANNA"	HI 701	8 dias	· Guantes de nitrilo · Bata · Recipientes de muestreo · Recipientes para residuos	Reactivos de cloro libre (1 por medicion unidad x 25 muestras) HI 701-25	1	4	48	Despues de almacenamiento	Una vez al mes (Punto no critico de medicion)	Operario calificado	**Procedimiento para la medición del CRL**
						Conjunto de verificacion y calibracion (0,00 g 1,00ppm) HI 701-11	Reutilizable	Reutilizable	Reutilizable	Puntos de distribucion	Se rotan los puntos de medicion a criterio del operario (Tres veces al mes como punto critico de medicion)		

Figura 4. Cronograma de medición para el parámetro de Hierro y Turbiedad en la PTAP

3	Medir Hierro	Cheker de Hierro, Colorimetro medidor de Fe "HANNA"	HI 721	8 dias	· Guantes de nitrilo · Bata · Recipientes de muestreo · Recipientes para residuos	Reactivos de hierro (1 por medicion unidad x 25 muestras) HI 721-25	1	4	48	Antes del drenado	Una vez al mes en uno de los puntos (Rotan mensualmente a criterio del operario punto no critico de medicion)	Operario calificado	**Procedimiento para la medición del Fe**
						Conjunto de verificacion y calibracion (0,00 g 1,00ppm) HI 721-11	Reutilizable	Reutilizable	Reutilizable	Antes de la Cloración			
										Puntos de distribucion	Se rotan los puntos de medicion a criterio del operario (Tres veces al mes como punto critico de medicion)		
4	Medir Turbiedad	Fotometri medidor de turbiedad "MILWAUKEE"	MI-415	8 dias	· Guantes de nitrilo · Bata · Cubetas de vidrio 10 ml · Tapas de cubetas	Estandar de calibracion de turbiedad (0 FNU Botella gotero 30 ml x 1 vez al mes) MI 515-100	10	10	120	Antes del drenado	Una vez al mes en uno de los puntos (Rotan mensualmente a criterio del operario punto no critico de medicion)	Operario calificado	**Procedimiento para la medición de Turbiedad**
						Estandar de calibracion de turbiedad (10 FNU Botella gotero 30 ml x 1 vez al mes) MI 515-100	10	10	120	Antes de la cloración			
										Despues de almacenamiento			
						Estandar de calibracion de turbiedad (500 FNU Botella gotero 30 ml x 1 vez al mes) MI 515-100	10	10	120	Puntos de distribucion	Se rotan los puntos de medicion a criterio del operario (Tres veces al mes como punto critico de medicion)		

[1] En la versión digital, publicada en el portal de Libros Unicamacho, se tendrá acceso a los archivos originales de las tablas

5	Medir Color aparente	Checker de Color de agua, Colorimetro medidor de color de agua "HANNA"	HI 727	8 dias	·Guantes de nitrilo ·Bata ·Recipientes de muestreo ·Recipientes para residuos	Conjunto estandar de verificacion y calibracion (0,00 y 150 PCU) [4 727-11	Reutilizable	Reutilizable	Reutilizable	Antes del drenado Antes de la cloración Puntos de distribucion	Una vez al mes en uno de los puntos (Rotan mensualmente a criterio del operario punto no critico de medicion) Se rotan los puntos de medicion a criterio del operario (Tres veces al mes como punto critico de medicion)	Operario calificado Operario calificado Operario calificado	**Procedimiento para la medición del Color del Agua**
6	Medir Microbiologicos (Coliformes totales y Escherichia coli)	Incubadora para cultivos 37, HL "ACEQ"	IN-2010	8 dias	·Guantes de nitrilo ·Bata ·Recipientes de muestreo (Frasco tapa azul 100ml) ·Recipientes para residuos ·Pinza quirúrgica (Hemostatica de mosquito) ·Algodon ·Pipetas pasteur (Capacidad 3ml por gotero) ·Alcohol ·Mecheros	Reactivo Coliformes 100 (Readycult®, 105286 Millipore, Coliformes totales 1 unidad x medicion x 20 muestras)	1	4	48	Despues de almacenamiento	Una vez al mes (Se mide a criterio del operario punto no critico de medicion)	Operario calificado	**Procedimiento para la medición de Microbiologicos**
						Reactivo de kovac (100 ml) (KOVACS' indole reagent, 109293 Millipore) (Escherichia coli) (Fecales en caso de ser necesaria la medicion 3 gotas de la pipeta x medicion)	9	36	432	Puntos de distribucion	Se rotan los puntos de medicion a criterio del operario (Tres veces al mes como punto critico de medicion)	Operario calificado	

El plan de medición resultante en este cronograma de medición para cada parámetro de interés definido se podrá observar a detalle en el apartado de “Capacitación” del presente manual.

Registros

En esta sección se presentará de manera detallada el formato base para la realización del proceso de documentación y registro continuo por parte del operario a cada una de las mediciones realizadas en la PTAP, a partir del cronograma y plan de medición definido con anterioridad, donde dicho formato permitirá al operario encargado y calificado realizar un registro de los valores generados en cada medición para cada parámetro de interés en la determinación de la calidad del agua de la PTAP.

A partir de dicha información se generarán diversos reportes e indicadores a partir de la normatividad establecida en la Resolución 3115 de 2007, lo cual funcionará como un indicador del desempeño y de la calidad del agua suministrada por la PTAP a la comunidad de la UNIAJC sede sur. Dicho formato estará compuesto por una base de datos tipo "Dashboard", la cual contará con dos secciones específicas, una primera sección de "Captura de datos" y una segunda sección de "Reportes", como se puede observar en las figuras 7 y 8.

A continuación, se detallará el contenido y funcionamiento de la base de datos a partir de cada sección:

Figura 6. Índice de la base de datos del proceso de registro de la PTAP

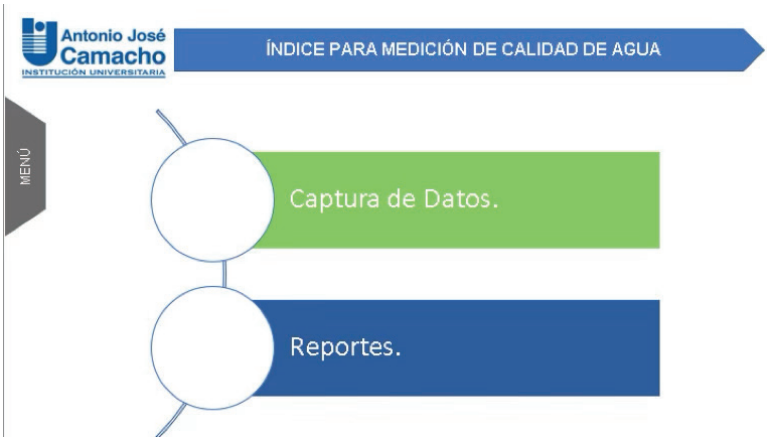


Figura 7. Sección de captura de datos de la base de datos del proceso de registro de la PTAP

Antonio José Camacho
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA

CAPTURA DE INFORMACIÓN DE VARIABLES DE MEDICIÓN DE CALIDAD DE AGUA

Mes	Día	Hora de Medición	Funcionario que realiza la medición	Variable	Punto de Medición	Estándar de Medición	Resultado de la Muestra Toma	Validación de Cumplimiento	Calificación de Riesgo x Muest
Ene	3	8:00 a.m.	Fernando	Cloro	Después de almacenamiento	El valor de la muestra tomada debe estar entre 0,3 y 2	2	Cumple los parámetros	0
Ene	10	9:15 a.m.	Julio	Cloro	Puntos de distribución	El valor de la muestra tomada debe estar entre 0,3 y 2	0,3	Cumple los parámetros	0
Ene	17	8:00 a.m.	Juan	Cloro	Después de almacenamiento	El valor de la muestra tomada debe estar entre 0,3 y 2	3	No cumple los parámetros	15
Ene	4	7:00 a.m.	Pedro	Coliformes	Después de almacenamiento	El valor de la muestra tomada debe ser 100	99	No cumple los parámetros	15
Ene	11	7:15 a.m.	Juan	Coliformes	Puntos de distribución	El valor de la muestra tomada debe ser 100	101	No cumple los parámetros	15
Ene	18	9:00 a.m.	Fernando	Coliformes	Puntos de distribución	El valor de la muestra tomada debe ser 100	1	No cumple los parámetros	15
Ene	25	2:00 p.m.	Julio	Coliformes	Después de almacenamiento	El valor de la muestra tomada debe ser 100	99	No cumple los parámetros	15
Ene	24	2:30 p.m.	Pedro	Cloro	Puntos de distribución	El valor de la muestra tomada debe estar entre 0,3 y 2	3	No cumple los parámetros	15
Ene	31	7:00 a.m.	Fernando	Cloro	Puntos de distribución	El valor de la muestra tomada debe estar entre 0,3 y 2	3	No cumple los parámetros	15
Ene	5	7:15 a.m.	Julio	Color	Antes del drenado	El valor de la muestra tomada debe ser 15	3	No cumple los parámetros	6
Ene	12	8:00 a.m.	Juan	Color	Antes de la cloración	El valor de la muestra tomada debe ser 15	3	No cumple los parámetros	6
Ene	19	8:14 a.m.	Pedro	Color	Puntos de distribución	El valor de la muestra tomada debe ser 15	22	No cumple los parámetros	6
Ene	26	9:00 a.m.	Juan	Color	Antes de la cloración	El valor de la muestra tomada debe ser 15	22	No cumple los parámetros	6
Ene	7	9:00 a.m.	Fernando	Escherichia	Después de almacenamiento	El valor de la muestra tomada debe ser 100	101	No cumple los parámetros	25

Figura 8. Sección de reportes de la base de datos del proceso de registro de la PTAP

Antonio José Camacho
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA

REPORTE DE ÍNDICE DE RIESGO DE CALIDAD DE AGUA

Mes
Ene

Variable	N° Muestras Tomadas	% IRCA x Muestra	% IRCA Mensual
Cloro	5	5,81%	9,00
Coliformes	4	9,68%	15,00
Color	4	3,87%	6,00
Escherichia	4	16,13%	25,00
Hierro	4	0,97%	1,50
pH	4	0,97%	1,50
Turbiedad	4	9,68%	15,00
Total	29		73,00

El nivel del IRCA se encuentra en riesgo ALTO: Agua no apta para consumo humano, requiere mejoramiento inmediato.

Mes	Día	Hora de Medición	Funcionario que realiza la medición	Variable	Punto de Medición	Estándar de Medición	Resultado de la Muestra Tomada	Validación de Cumplimiento	Calificación de Riesgo x Muest
Ene	3	8:00 a.m.	Fernando	Cloro	Después de al	El valor de la m	2	Cumple los parámetros	0
Ene	10	9:15 a.m.	Julio	Cloro	Puntos de dist	El valor de la m	0,3	Cumple los parámetros	0
Ene	17	8:00 a.m.	Juan	Cloro	Después de al	El valor de la m	3	No cumple los parámetro	15
Ene	4	7:00 a.m.	Pedro	Coliformes	Después de al	El valor de la m	99	No cumple los parámetro	15

Captura de datos:

En esta sección, el operario alimentará la base de datos con información de cada muestra realizada a cada parámetro de interés en la determinación de la calidad del agua, según el encargado de realizar la medición, la fecha en que lo realiza, la variable en cuestión, el punto de medición definido en el cronograma para que, posteriormente, de manera automatizada, la base de datos genere una respuesta, de acuerdo al valor ingresado de la muestra tomada para el parámetro que se esté midiendo. De esta manera, indicará acorde al rango

de aceptación de los valores de los parámetros de interés definidos en la Resolución 2115 de 2007, si el parámetro se encuentra o no dentro de los valores permitidos y subrayará con verde o rojo respectivamente. A su vez, la base de datos generará una respuesta relacionada al puntaje de riesgo para dicho parámetro medido, es decir, a partir de la información proporcionada sobre si el parámetro se encuentra dentro del rango aceptado, la base de datos le asignará a ese parámetro el puntaje de riesgo que define la normatividad y, en caso de que el valor esté dentro del rango, no asignará ningún puntaje.

Reportes:

En la segunda sección de la base de datos, a partir de la información suministrada en la sección de captura de información de las muestras realizadas, la base de datos recopilará la información suministrada mensualmente de cada muestra, de acuerdo al cronograma de medición definido con anterioridad, para poder así generar dos indicadores que facilita la normatividad del IRCA (índice de riesgo de la calidad del agua): el "IRCA por muestra" y el "IRCA mensual", que se calculan automáticamente a partir de las fórmulas definidas en la Resolución 2115 de 2007, indicadores que permiten evaluar el rendimiento general de la PTAP en cuanto a la calidad del agua suministrada:

$$IRCA\ por\ muestra\ (\%) = \frac{\sum Puntajes\ de\ riesgo\ asignado\ a\ las\ características\ no\ aceptables}{\sum Puntajes\ de\ riesgo\ asignado\ a\ todas\ las\ características\ analizadas}$$

$$IRCA\ mensual\ (\%) = \frac{\sum De\ los\ IRCAs\ obtenidos\ en\ cada\ muestra\ realizada\ en\ el\ mes}{Número\ \ total\ de\ muestras\ realizadas\ en\ el\ mes}$$

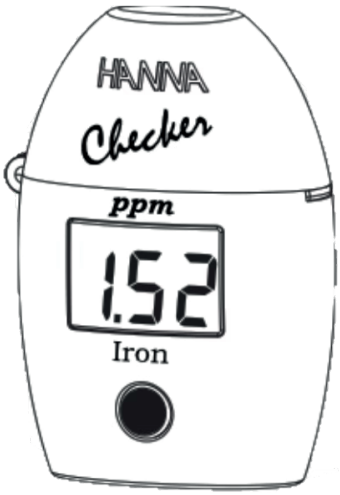
Para acceder de manera directa al archivo en formato Excel de la base de datos de registro y reportes del proceso de determinación de la calidad del agua de la PTAP, puede hacerse mediante el enlace adjunto en la sección de anexos del presente manual.

Control de calidad:

Para llevar a cabo un óptimo proceso de control de la calidad del agua en la PTAP es necesario evaluar la variabilidad y el valor presente en cuatro de los parámetros base a considerar en el agua, evaluando así su impacto y clasificación según las pautas y guías generadas por el valor del IRCA de cada parámetro según la Resolución 2115 de 2007.

Para poder realizar un proceso de análisis y controlar estos valores presentes en los parámetros a evaluar y asegurarse de que no se alejen de los límites permisibles, se contará con diversos equipos para poder llevar a cabo la medición y control de la calidad del agua por medio de una evaluación de los valores de pH, Turbiedad, Color aparente, Cloro residual libre, Hierro, donde se cuenta con los siguientes equipos y elementos para realizar dicho proceso:

Figura 9. Medidor de Hierro Marca Hanna HI-721



Fuente: Ficha técnica Hanna HI-721

Descripción: Tiene como función principal detectar y cuantificar la concentración de hierro en PPM del agua suministrada.

Características generales:

- **Equipo:** Colorímetro medidor de hierro
- **Marca:** Hanna
- **Modelo:** HI 721
- **Ubicación:** PTAP
- **Cantidad:** 1
- **Dimensiones:** 81.5 x 61 x 37.5 mm
- **Peso:** 64g
- **Batería:** 1 x 1.5V AAA

Características técnicas:

- **Rango:** 0.00 a 5.00 ppm (mg/L)
- **Resolución:** 0.01 ppm
- **Precisión:** ±0.04 ppm ±2% de la lectura
- **Desv. Típica EMC:** ±0.01 ppm
- **Fuente de luz:** Diodo emisor de luz @ 525 nm
- **Detector de luz:** Fotocélula de Silicio
- **Entorno:** o a 50°C Max 95% RH sin condensación
- **Auto-Desconexión:** Tras 3 minutos de inactividad y 2 minutos después de lectura

Accesorios:

- **HI 731318** Paño para limpieza de cubetas
- **HI 731321** Cubetas de vidrio
- **HI 731225** Tapas para cubetas
- **HI 93703-50** Solución limpiadora de cubetas, 230 mL

Reactivos y estándares:

- **HI 721-25** Reactivos para 25 pruebas (hierro) x 4 unidades
- **HI 721-11** Conjunto para verificación de calibración 0.00 y 1.00 ppm (hierro)

Partes:

- Tapa de cubeta
- Cubeta con tapa
- Porta Cubeta
- Pantalla de cristal líquido (LCD)
- Botón

Recomendaciones de usuario:

- Antes de utilizar estos productos, cerciórese de que son totalmente apropiados para la aplicación y el entorno en el que van a ser utilizados.
- El funcionamiento de estos instrumentos puede causar interferencias a otros equipos electrónicos, por lo que el operario deberá tomar las medidas oportunas para eliminar tales interferencias.
- Toda modificación realizada en el equipo por el usuario puede degradar las características de EMC de este.
- Para evitar daños o quemaduras, nunca efectúe mediciones en hornos microondas. Para su seguridad y la del instrumento nunca lo use o almacene en ambientes peligrosos.

Figura 10. Medidor de pH Multiparamétrico Edge (pH Kit)

Fuente: Ficha técnica PH HI2020

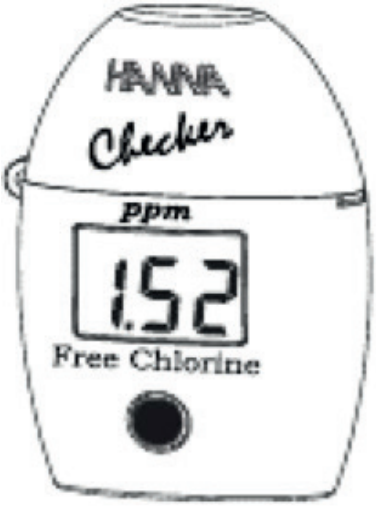
Descripción: El equipo HI 2020 es un equipo orientado y diseñado a la medición del pH.

Características generales:

- **Equipo:** Colorímetro medidor de hierro
- **Marca:** Hanna
- **Modelo:** HI 721
- **Ubicación:** PTAP
- **Cantidad:** 1
- **Dimensiones:** 81.5 x 61 x 37.5 mm
- **Peso:** 64g
- **Batería:** 1 x 1.5V AAA

Características técnicas:

- **Rango:** -2.00 a 16.00 pH
- **Resolución:** ±0.01 pH, ±0.002 pH
- **Precisión:** ±0.01 pH, ±0.002 pH
- **Ambiente:** 0-50°C Max 95% HR sin condensación
- **Calibración:** Automática hasta 3 puntos.



Fuente: Ficha técnica Hanna medidor de cloro libre

Descripción: Tiene como función principal detectar y cuantificar la concentración de cloro residual libre en PPM del agua suministrada.

Características generales

- **Equipo:** Colorímetro medidor de cloro libre
- **Marca:** Hanna
- **Modelo:** HI 701
- **Ubicación:** PTAP
- **Cantidad:** 1
- **Dimensiones:** 86 x 61 x 37.5 mm
- **Peso:** 52g
- **Batería:** 1 x 1.5V AAA

- **Registro:** Hasta 1000 registros organizados en: Registro a demanda (Max. 200 reg.), Registro en Estabilidad (Max. 200 reg.), Registro Intervalo
- **Registro PC y almacenamiento:** Micro USB y USB respectivamente

Complementos:

- Hanna HI 54710-11 Kit combinado de soluciones pH 4.01, pH 7.01, pH 10.01, HI 70300L (Solución de almacenamiento), HI 7061L (Solución de limpieza de electrodos), 5 botellas 500 mL.
- Beaker 150, 250, 500ml
- Frasco con tapa rosca azul 150ml
- Probeta con base hexagonal 25 ml (167mm alto x 21 mm

Partes:

- Pantalla Cristal Líquido (LCD)
- Teclado Táctil Capacitivo
- Enchufe conector 3 mm
- Botón ON/OFF
- Conexión Micro USB para alimentar o interfase PC
- Conexión host USB estándar para transferencia de datos a un pen drive-USB
- Electrodo de pH
- Base

Figura 11. Colorímetro medidor de cloro libre Hanna

Características técnicas:

- **Rango:** 0.00 a 5.00 ppm (mg/L)
- **Resolución:** 0.01 ppm
- **Precisión:** ±0.03 ppm ±3% de la lectura
- **Fuente de luz:** Diodo emisor de luz @ 525 nm
- **Detector de luz:** Fotocélula de Silicio
- **Entorno:** o a 50°C Max 95% RH sin condensación
- **Auto-Desconexión:** Tras 3 minutos de inactividad y 2 minutos después de lectura

Reactivos y estandares:

- **HI 701-25** Reactivos para 25 pruebas (CL2 Libre) x 4 unidades
- **HI 701-11** Conjunto para verificación de calibración 0.00 y 1.00 ppm (Cl2Libre).

Partes:

- Tapa de cubeta
- Cubeta con tapa
- Porta Cubeta
- Pantalla de cristal líquido (LCD)
- Botón

Recomendaciones de usuario:

- Antes de utilizar estos productos, cerciórese de que son totalmente apropiados para la aplicación y el entorno en el que van a ser utilizados.
- El funcionamiento de estos instrumentos puede causar interferencias a otros equipos electrónicos, por lo que el

operario deberá tomar las medidas oportunas para eliminar tales interferencias.

- Toda modificación realizada en el equipo por el usuario puede degradar las características de EMC de este.
- Para evitar daños o quemaduras, nunca efectúe mediciones en hornos microondas. Para su seguridad y la del instrumento nunca lo use o almacene en ambientes peligrosos.

Figura 12. Medidor de turbiedad Martini Instrument

Fuente: Ficha técnica medidor turbiedad Martini Instruments

Descripción: Su función es medir la turbiedad del agua en Unidad de Formación Nefelométrica FNU.

Características generales:

- **Equipo:** Medidor de turbiedad
- **Marca:** Martini Instruments
- **Modelo:** MI-415
- **Ubicación:** PTAP
- **Cantidad:** 1
- **Dimensiones:** 192 x 104 x 52 mm
- **Peso:** 380g
- **Batería:** 1 x 9V

Características técnicas:

- **Rango:** 0.00 a 50.00 FNU
- **Resolución:** 0.01 FNU y 1 FNU
- **Precisión:** ±0.5 FNU ±5% de la lectura
- **Fuente de luz:** LED infrarrojo de alta emisión
- **Detector de luz:** Fotocélula de Silicio
- **Método:** Detección de luz dispersa.
- **Entorno:** o a 50°C max 100% RH
- **Auto-Desconexión:** Tras 5 minutos de inactividad.

Reactivos y estándares:

- **MI 515-100** Estándar de calibración (0 FNU, 10 FNU, 500FNU) x 30ml

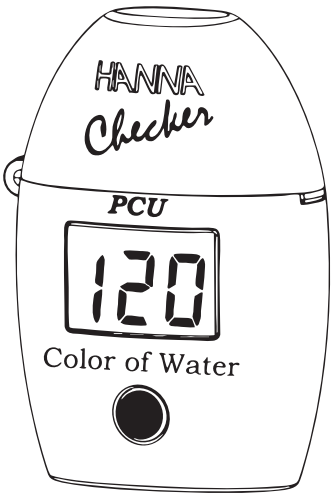
Partes:

- Cubeta de vidrio con tapa
- Porta Cubeta
- Pantalla de LED
- Botón encendido
- Botón de calibración
- Botón de fecha
- Botón de lectura

Recomendaciones de usuario:

- Se recomienda una calibración mensual.

Figura 13. Colorímetro medidor de color del agua Hanna



Fuente: Ficha técnica Hanna medidor de color aparente

Descripción: Tiene como función medir el color aparente en el agua después de eliminar la turbiedad, este dispositivo utiliza la unidad de medida UPC o Unidades de Platino Cobalto.

Características generales:

- **Equipo:** Colorímetro medidor de color de agua
- **Marca:** Hanna
- **Modelo:** HI 727
- **Ubicación:** PTAP
- **Cantidad:** 1
- **Dimensiones:** 81.5 x 61 x 37.5 mm
- **Peso:** 64g
- **Batería:** 1 x 1.5V AAA

Características técnicas:

- **Rango:** 0.00 a 500 UPC
- **Resolución:** 5 UPC
- **Precisión:** ±10 UPC ±5% de la lectura
- **Desv. típica EMC:** ±10 UPC
- **Fuente de luz:** Diodo emisor de luz (LED) @ 470 nm
- **Detector de luz:** Fotocélula de Silicio
- **Entorno:** 0 a 50°C Max 95% RH sin condensación
- **Auto-Desconexión:** Tras 10 minutos de inactividad

Reactivos y estándares:

- **HI 727-11** Estándar de verificación de color, Conjunto para verificación de calibración (0 y 150 PCU)

Partes:

- Tapa de cubeta
- Cubeta con tapa
- Porta Cubeta
- Pantalla de cristal líquido (LCD)
- Botón

Recomendaciones de usuario:

- Antes de utilizar estos productos, cerciórese de que son totalmente apropiados para la aplicación y el entorno en el que van a ser utilizados.
- El funcionamiento de estos instrumentos puede causar interferencias a otros equipos electrónicos, por lo que el operario deberá tomar las medidas oportunas para eliminar tales interferencias.

- Toda modificación realizada en el equipo por el usuario puede degradar las características de EMC de este.
- Para evitar daños o quemaduras, nunca efectúe mediciones en hornos microondas. Para su seguridad y la del instrumento nunca lo use o almacene en ambientes peligrosos.

Figura 14. Incubadora para cultivos microbiológicos ACEQ

Fuente: Ficha técnica incubadora para cultivos ACEQ

Descripción: Su función es desarrollar cultivos microbiológicos para la medición de los agentes microbiológicos presentes en una muestra (Coliformes totales y E. Coli) a temperaturas cercanas a 37° C.

Características generales:

- **Equipo:** Incubadora para cultivos microbiológicos
- **Marca:** ACEQ
- **Modelo:** IN-2010
- **Ubicación:** PTAP
- **Cantidad:** 1
- **Dimensiones:**

- Internas: 31 x 21 x 23 cm
- Externas: 32 x 27.5 x 40 cm

- **Peso:** 3kg
- **Fuente de poder:** 110 VAC 50/60Hz

Características técnicas:

- **Volumen Cámara interna:** (14Lts)
- **Tipo de calefacción:** Incubadora de convección natural
- **Rango:** Ambiente +5°C - 60°C
- **Precisión:** ± 0,1°C a 37°C
- **Uniformidad:** ± 3°C a 37°C
- **Tiempo de calentamiento a 37°C:** 6 minutos
- **Consumo de corriente:** 2 Amp

Reactivos y estándares:

- Reactivo Coliformes 100 (Readycult®, 1.01298 Millipore, Coliformes totales 1 unidad x medición x 20 muestras)
- Reactivo de Kovac (100 ml) (KOVACS' indole reagent, 1.09293 Millipore) (Escherichia coli)

  Pipetas Pasteur
- Recipientes para muestreo (Frasco rosca tapa azul 100ml)

Partes:

- Elementos calefactores (100W)
- Parilla de soporte cromada
- Panel de control digital tipo PID
- Display de alta luminosidad

- Entrada para termómetro de verificación
- Alarma de sobrecalentamiento de la temperatura máxima
- Ajuste de temperatura
- Composición en acrílico 100%
- Selle puerta en caucho tipo espuma
- Conector con polo a tierra
- Sensor Pt 100Ω protección de seguridad contra sobre-cargas

Cabe aclarar, que cada una de las fichas técnicas mostradas con anterioridad hacen parte de la versión 01 de mayo del 2023, según el formato de las fichas técnicas estructuradas en el manual y que podrán ser observadas con mayor detalle y claridad en los anexos al documento, las cuales quedan a disposición y en la posibilidad de ser modificadas según lo requerido por los operarios calificados.

Un factor fundamental a tener en cuenta a la hora de evaluar la calidad de una PTAP son las competencias del personal y operarios encargados de la planta, por lo que para contar con un proceso de medición, análisis y control de la calidad del agua es necesario contar con un perfil de cargo del operario lo suficientemente calificado, donde primeramente se recomienda la contratación de como mínimo (2) operarios, con las siguientes competencias o experiencia para poder garantizar un manejo adecuado y de calidad a los procesos relacionados a la planta.

El perfil de cargo primeramente requerirá de un personal con estudios relacionados a la ingeniería ambiental, química, industrial o un tecnólogo o técnico con experiencia relacionados o con afinidad en el contexto ambiental y sanitario, los cuales es necesario que cumplan con las siguientes competencias o que estén relacionados a las mismas:

- Conocimiento en microbiología y salud pública.
- Parámetros de calidad y fundamentos químicos de la pota-

bilización del agua.

- Fuentes de agua y sus características.
- Operaciones Unitarias de Tratamiento.
- Conceptos básicos de Operación y Mantenimiento en PTAP.
- Cambios y estabilización química.
- Sedimentación/Operación y mantenimiento de sedimentadores.
- Filtración/ Operación y mantenimiento de filtros.
- Manejo de lodos.
- Desinfección y agentes desinfectantes.
- Reacciones del cloro en el agua y demanda de cloro.
- Aspectos de normatividad relacionado a calidad de agua en sistemas de distribución y planes de seguridad del agua.
- Inspección, vigilancia y control.

Capacitación

Esta sección debe describir los requisitos de capacitación para el personal involucrado en el proceso de análisis de la calidad del agua. Así como proporcionar un plan de capacitación para operarios o colaboradores involucrados en el proceso.

Para estandarizar el proceso de medición, análisis y control de la calidad del agua en la PTAP de la UNIAJC sede sur se estandarizó el proceso de medición a través de un material videográfico de capacitación llevado a cabo en la Institución Universitaria Antonio José Camacho, donde se desarrolló una actividad de capacitación del manejo de cada uno de los equipos e insumos necesarios para poder llevar a cabo la medición de cada parámetro. Dicho material videográfico podrá ser observado, como se ve en la Figura 12, para cada operario que desee conocer sobre el proceso y la normatividad asociada al mismo, de manera introductoria a la planta de tratamiento, siendo el primer material base para dicha capacitación del personal, colaboradores e involucrados en el proceso.

Figura 15. Capacitación manejo de los equipos para la medición de la calidad del agua

Fuente: UNIAJC https://youtu.be/yqST6dqlzW4

Por otra parte, el segundo método de capacitación para todos los colaboradores e involucrados de manera directa en el proceso de la PTAP, es el plan de medición para cada parámetro de interés para la determinación de la calidad del agua suministrada en la UNIAJC. Como se comentó en el cronograma de medición, el resultado obtenido en esa estructura es un plan de medición detallado para cada parámetro en donde el operario podría observar de manera a gráfica el paso a paso relacionado al manejo de los equipos, desde su calibración hasta la toma de muestras, toma de decisiones y acciones de mejora en caso de que los valores de las muestras no cumplan con lo requerido por la normatividad. Lo anterior puede observarse en las figuras 16, 17, 18, 19, 20, y más detalladamente en los anexos del presente manual:

Figura 16. Plan de medición para el cloro residual libro (CRL)

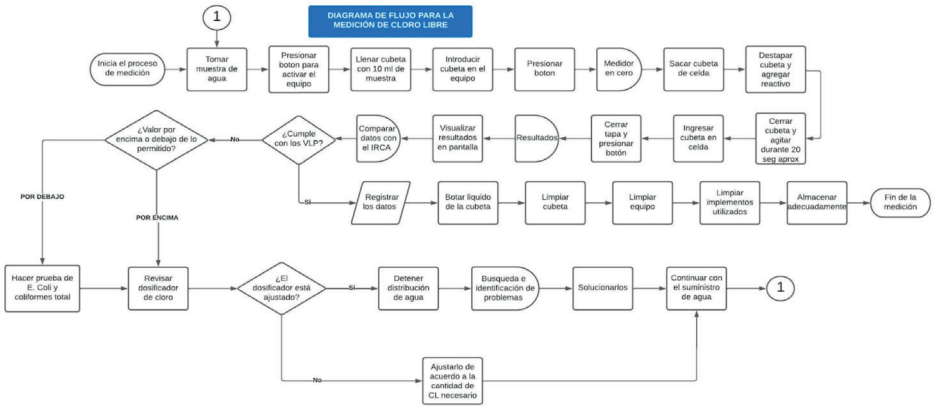


Figura 17. Plan de medición para el parámetro de Turbiedad

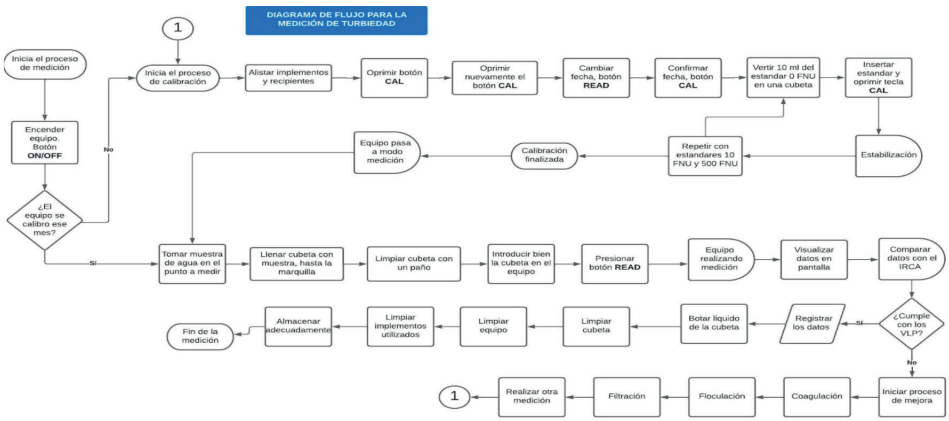


Figura 18. Plan de medición para el Color aparente

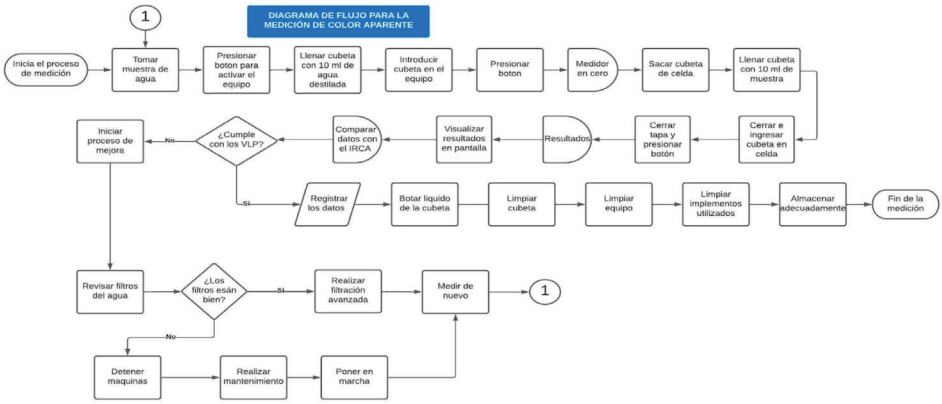


Figura 19. Plan de medición para el parámetro de pH Parte 1

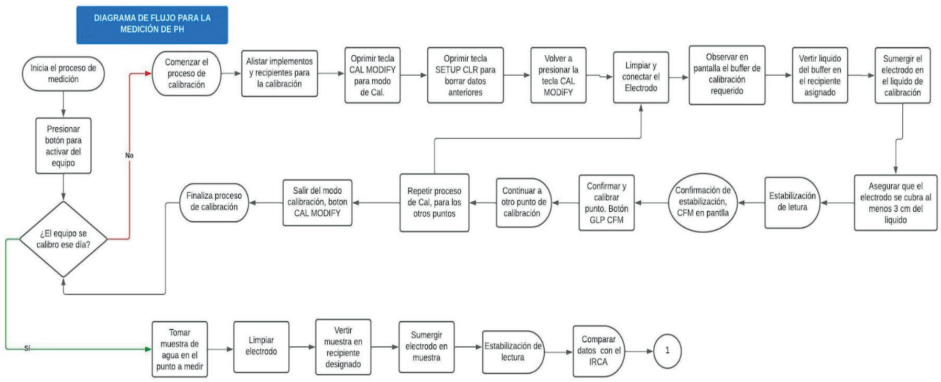


Figura 20. Plan de medición para el parámetro de pH Parte 2

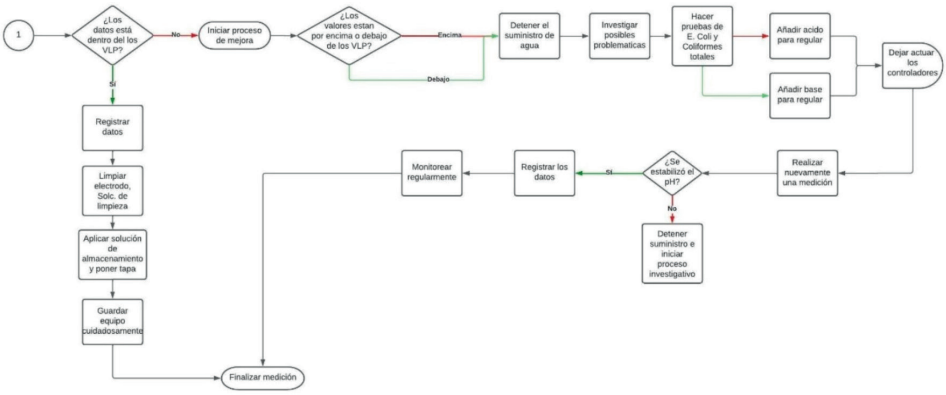


Figura 21. Plan de medición para el parámetro de Hierro

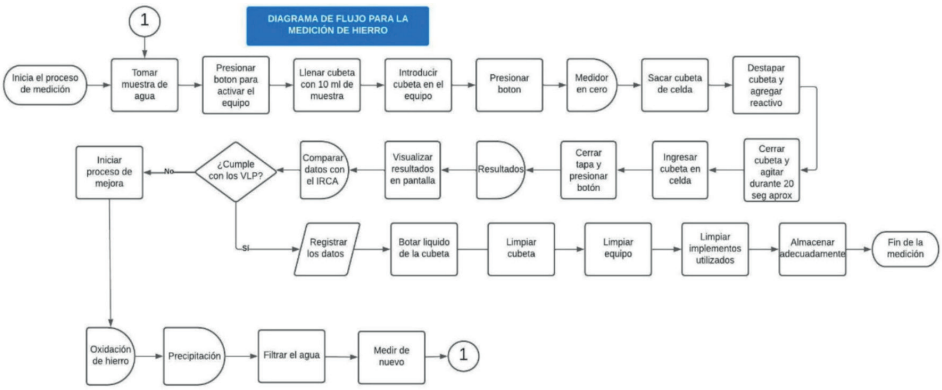
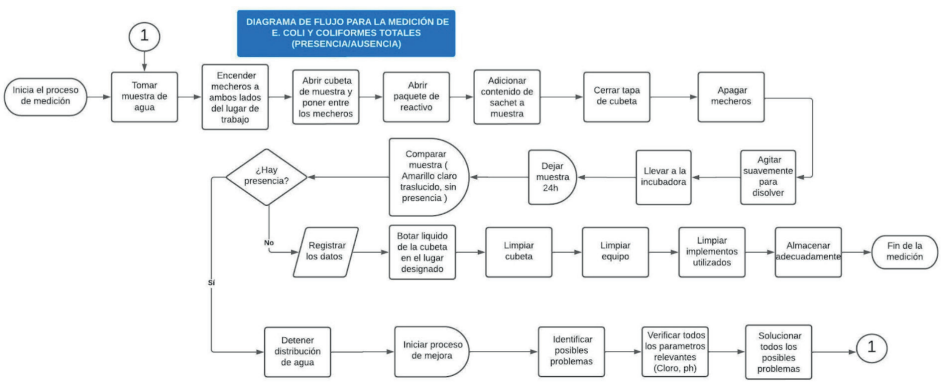


Figura 22. Plan de medición para los parámetros microbiológicos (E. Coli y Coliformes totales)



Revisiones y mejoras

En el desarrollo del manual de medición, análisis y control del proceso de medición de los parámetros de interés en la determinación de la calidad del agua de la PTAP, se logró identificar ciertos focos de mejora y aspectos que deben evaluarse y revisar su condición para posteriormente tomar decisiones. Cada revisión y aspecto de mejora presentado hace parte de las recomendaciones permitidas en el alcance del manual, donde dichas recomendaciones quedan a disposición de la institución, colaboradores y operarios relacionados e involucrados en la planta, para que de esa misma manera, según su criterio y potestad, logren evaluar las recomendaciones propuestas y generar acciones a partir de las mismas. Desde este punto de vista, algunas de la recomendaciones y revisiones propuestas para la continuidad y sostenibilidad del manual, con el fin de que sea idóneo para el proceso de medición, fueron:

- La presencia y contratación del personal adecuado y calificado para realizar el proceso de medición, con las respectivas competencias afines al desarrollo de la PTAP.

- La adquisición de los recursos y elementos adecuados para la medición evitando desperdicios y sobrecostos en los insumos. Esto va enfocado en la adquisición de recursos más eficientes para los procesos de calibración de los equipos principalmente, donde lo ideal sería contar con recipientes de bajo volumen y poca longitud para hacer el menor uso de los insumos no reutilizables

- Contar con un óptimo número de estándares de medición y calibración (insumos) de los distintos equipos. Este aspecto hace referencia a poder contar con un buen inven-

tario de insumos no reutilizables para poder así tener disponibilidad de estos en el momento que se requieran.

- Evaluar la adquisición de distintas presentaciones de los insumos de medición que permitan un mayor uso que se transforma en menores sobrecostos en adquisiciones. En esta recomendación se hace referencia a lograr adquirir presentaciones más idóneas y rentables de cada insumo, ya que para ciertos insumos el gasto de producto ciertamente es mayor, por lo que lo ideal sería contar con presentaciones de mayor volumen y tamaño para evitar sobrecostos en adquisición de estos.

Bibliografía

ACEQ. (s.f.). Incubadora para Cultivos IN-2010 De 14 Lts. ACEQ Laboratorios accesorios y equipos. https://aceqlaboratorios.-com.co/producto/equipos-para-labora-torio/incubadora/incubadora-para-cultivos-in-2010-de-14-lts/

Gómez Mina, P. A., & Nieto Serna, C. A. (2022). Diseño de un programa de mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable de la Institución Universitaria Antonio José Camacho sede sur. (Trabajo de grado). Institucion Universitaria Antonio Jose Camacho, Santiago de Cali. https://reposito-rio.uniajc.edu.co/handle/uniajc/1053

Hanna Instruments. (s.f.). HI 2020 Medidor multiparametro edge (Kit de pH). Hanna Colombia. https://www.hannacolom-bia.com/productos/producto/hi-2020-me-didor-multiparametro-edger-kit-de-ph

Hanna Instruments. (s.f.). HI 701 Colorimetro para Cloro Libre. Hanna Colombia. https://www.hannacolombia.com/produc-tos/producto/hi-701-colorimetro-para-cloro-libre

Hanna Instruments. (s.f.). HI 721 Colorimetro para hierro. Hanna Colombia. http://www.hannacolombia.com/produc-tos/producto/hi-721-colorimetro-para-hierro

Hanna Instruments. (s.f.). HI 727 Colorimetro de Color de Agua. Hanna Colombia. https://www.hannacolombia.com/produc-tos/producto/hi-727-colorimetro-de-color-de-agua

Instituto Colombiano de Normas Tecnicas y Certificacion [ICONTEC]. (2022). Norma tecnica Colombiana NTC-1486 (Octava ed.). ICONTEC. https://tienda.icontec.org/gp-ntc-docu-mentacion-presenta-cion-de-trabajos-academicos-y-referencias-bibliograficas-ntc1486-2022.html

Jaramillo Moreno, A. F., Caycedo Saa, M. A., & Nieto Serna, C.

A. (2021). Propuesta de caracterizacion del proceso tecnico-operativo de la planta de tratamiento de agua de la Institucion Universitaria Antonio Jose Camacho Sede Sur. (Trabajo de grado). Institucion Universitaria

Antonio Jose Camacho, Santiago de Cali. https://repositorio.uniajc.edu.co/handle/uniajc/586

Martini Instruments. (s.f.). Martini Instruments MI 415 User Manual. ManualSlib. https://www.manualslib.com/manual/1470029/Martini-Instruments-Mi-415.html#manual

Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (22 de junio de 2007). Resolucion N°. 2115. https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2115-2007

Anexos

Dentro de los anexos del manual de estandarización del proceso de medición de la calidad del agua de la PTAP se encuentran, en primer lugar, los formatos estándar de estructuración del cronograma de medición y las fichas técnicas de los equipos, editables en formato Excel, sumado a la primera versión de las fichas técnicas de los equipos de medición. Por último, se presenta el anexo de la base de datos o DashBoard de registro de la información de los parámetros medidos y los indicadores que se generen, el cual quedará a disposición del operario para su respectivo uso. Cada uno de estos anexos contará con un enlace de acceso a los archivos modificables en formato Excel para poder observarlos y editarlos, según se requiera.

A estos anexos mostrados con anterioridad, se agrega el acceso online a cada uno de los planes de medición desarrollados para cada parámetro de medición, con el respectivo paso a paso definido, para que los colaboradores u operarios involucrados en el proceso de la planta puedan observar con mayor detenimiento los diagramas de cada parámetro en el siguiente enlace:

https://profesoresuniajcedu-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/rmontiel_estudiante_uniajc_edu_co/EiAQb3UUJ3FBrHvrqNa9DkMBDZX2Y3GBAcj_QDNVIHEL0A?e=L1fOsA

Anexo 1. Formato de estructuración del cronograma de medición

CRONOGRAMA DE MEDICION DE LOS PARAMETROS DE INTERES EN LA DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA PTAP

Actividad	Descripcion	Equipos	Referencia	Frecuencia	Recursos	Insumos	Insumos/medicion (ml, unidades)	Cantidad insumos/mes (ml, unidades)	Cantidad consumo del insumo anual (ml, unidades)	Lugar/Momento	Especificaciones del lugar	Responsable	Resultado
1													
2													
3													
4													
5													
6													

Anexo 2. Formato de estructuración de las fichas técnicas de los equipos

	FICHA TECNICA EQUIPOS DE MEDICION	Máquina		Ubicación	
		Marca		Cantidad	
		Modelo		Código de inventario	
		Serie			
		Version		Fecha	

Descripción

Características generales		
Peso	Bateria	Dimensiones

Características técnicas:	Foto de la máquina - equipo
Partes:	

Instrucciones de uso:
Instrucciones de calibración:
Recomendaciones a los usuarios:

Link de referencias

Anexo 3. Formato de ficha técnica del equipo medidor de hierro

Antonio José Camacho	FICHA TECNICA EQUIPOS DE MEDICION	**Máquina**	COLORIMETRO MEDIDOR DE HIERRO	**Ubicación**	PTAP
		Marca	Hanna	**Cantidad**	1
		Modelo	HI 721	**Código de inventario**	
		Serie			
		Version	1	**Fecha**	4/05/2023

Descripción

Tiene como función principal detectar y cuantificar la concentracion de hierro en PPM del agua suministrada.

ACCESORIOS

Reactivos y estándares	Accesorios
·HI 721-25 Reactivos para 25 pruebas (hierro) ·HI 721-11 Conjunto para verificación de calibracion 0.00 y 1.00 ppm (hierro)	·HI 731318 Paño para limpieza de cubetas ·HI 731321 Cubetas de vidrio ·HI 731225 Tapas para cubetas ·HI 93703-50 Solución limpiadora de cubetas, 230 mL

Características generales

Peso	Pila	Dimensiones
64 g	1 x 1.5V AAA	81.5 x 61 x 37.5 mm

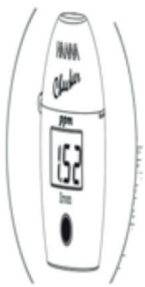
Características técnicas:

·Rango: 0.00 a 5.00 ppm (mg/L)
·Resolución: 0.01 ppm
·Precisión: ±0.04 ppm ±2% de la lectura
·Desv. Típica EMC: ±0.01 ppm
·Fuente de luz: Diodo emisor de luz @ 525 nm
·Detector de luz: Fotocélula de Silicio
·Entorno: 0 a 50°C max 95% RH sin condensación
·Auto-Desconexión: Tras 3 minutos de inactividad y 2 minutos despues de lectura

Partes:

·Tapa de cubeta
·Cubeta con tapa
·Porta Cubeta
·Pantalla de cristal liquido
·Botón

Foto de la máquina - equipo



Anexo 3. Formato de ficha técnica del equipo medidor de pH

Antonio José Camacho	FICHA TECNICA EQUIPOS DE MEDICION	**Máquin**	MEDIDOR DE PH MULTIPARAMETRO Edge (PhKIT)	**Ubicación**	PTAP
		Marca	Hanna	**Cantidad**	1
		Modelo	HI 2020-01	**Código de inventario**	
		Serie			
		Versior	1	**Fecha**	4/05/2023

Descripción

El HI 2020, es un equipo orientado a la medición del pH.

Características generales

Peso	Fuente de poder	Dimensiones
250g	Adaptador 5 VCC	202 x 140 x 12 mm

Características técnicas y complementos:

·Rango: -2.00 a 16.00 pH
·Resolución: ±0.01 pH, ±0.002 pH
·Precisión: ±0.01 pH, ±0.002 pH
·Ambiente: 0-50°C max 95% HR sin condensación
·Calibración: Automática hasta 3 puntos.
·Registro: Hasta 1000 registros organizados en: Registro a demanda (Max. 200 reg), Registro en Estabilidad (Max. 200 reg), Registro Intervalo
·Interfase PC y Almacentamiento: Micro USB y USB respectivamente

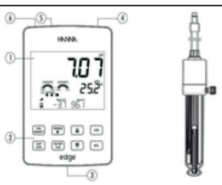
Complementos:
·Soluciones de calibración: Kit pH 4.01, 7,01 y 10.01 50ml (HI 7004L, HI 7007L, HI 7010L)
·Solución de almacenamiento **HI 70300L (500ML)**
· **Solucion de limpieza 500ml HI 7061L**

Foto de la máquina - equipo

Partes:

1. Pantalla Cristal Liquido (LCD)
2. Teclado Tactil Capacitivo
3. Enchufe conector 3 mm
4. Botón ON/OFF
5. Conexión Micro USB para alimentar o interfase PC
6. Conexión host USB estándar para transferencia de datos a un pen drive-USB

Otras partes:B19
Electrodo de pH
Base



Anexo 4. Formato de ficha técnica del equipo medidor de Turbiedad

Antonio José Camacho	FICHA TECNICA EQUIPOS DE MEDICION	**Máquina**	MEDIDOR DE TURBIEDAD	**Ubicación**	PTAP
		Marca	MARTINI INSTRUMENTS	**Cantidad**	1
		Modelo	MI-415	**Código de inventario**	
		Serie			
		Version	1	**Fecha**	4/05/2023

Descripción

Su función es medir la turbiedad del agua en Unidad de Formacina Nefelometrica **FNU**.

Características generales

Peso	Batería	Dimensiones
380 g	1x9 Voltios	192 x 104 x 52 mm

Características técnicas:

·Rango: 0.00 a 50.00 FNU
·Resolución: 0.01 FNU y 1 FNU
·Precisión: ±0.5 FNU ±5% de la lectura
·Fuente de luz: LED infrarrojo de alta emisión
·Detector de luz: Fotocélula de Silicio
·Método: Detección de luz dispersa.
·Entorno: o a 50°C max 100% RH
·Auto-Desconexión: Tras 5 minutos de inactividad

Partes:

· Cubeta de vidrio con tapa 10ml
·Porta Cubeta
·Pantalla de LED
·Botón encendido
· Botón de calibración
·Botón de fecha
·Botón de lectura
· Estandar de calibracion (0 FNU, 10 FNU, 500 FNU x 30ml) **MI 515-100**

Foto de la máquina – equipo

Anexo 5. Formato de ficha técnica del equipo medidor de Color Aparente

Antonio José Camacho	**FICHA TECNICA EQUIPOS DE MEDICION**	**Máquina**	COLORIMETRO MEDIDOR DE COLOR DE AGUA	**Ubicación**	PTAP
		Marca	Hanna	**Cantidad**	1
		Modelo	HI-727	**Código de inventario**	
		Serie			
		Version	1	**Fecha**	4/05/2023

Descripción

Tiene como función medir el color aparente en el agua despues de elimarse la turbiedad, este dispositivo utiliza la unidad de medida UPC o **Unidades de Platino Cobalto**

Características generales

Peso	Batería	Dimensiones
64 g	1 x 1.5V AAA	81.5 x 61 x 37.5 mm

Características técnicas:

·Rango: 0.00 a 500 UPC
·Resolución: 5 UPC
·Precisión: ±10 UPC ±5% de la lectura
·Desv. Tipica EMC: ±10 UPC
·Fuente de luz: Diodo emisor de luz (LED) @ 470 nm
·Detector de luz: Fotocélula de Silicio
·Entorno: 0 a 50°C max 95% RH sin condensación
·Auto-Desconexión: Tras 10 minutos de inactividad

Partes:

·Tapa de cubeta
·Cubeta con tapa
·Porta Cubeta
·Pantalla de cristal liquido (LCD)
·Botón
·Estandar de calibracion de color aparente (0,00 PCU, 150 PCU) HI 727-11

Foto de la máquina - equipo

Anexo 6. Formato de ficha técnica del equipo medidor de Cloro residual libre

Antonio José Camacho INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA	**FICHA TECNICA EQUIPOS DE MEDICION**	**Máquina**	COLORIMETRO MEDIDOR DE CLORO	**Ubicación**	PTAP
		Marca	Hanna	**Cantidad**	1
		Modelo	HI-701	**Código de inventario**	
		Serie			
		Version	1	**Fecha**	4/05/2023

Descripción

Tiene como función principal detectar y cuantificar la concentracion de cloro en PPM del agua suministrada.

Características generales

Peso	Batería	Dimensiones
52 g	1 x 1.5V AAA	86 x 61 x 37.5 mm

Características técnicas:

·Rango: 0.00 a 2.50 ppm
·Resolución: 0.01 ppm
·Precisión: ±0.03 ppm ±3% de la lectura
·Fuente de luz: Diodo emisor de luz @ 525 nm
·Detector de luz: Fotocélula de Silicio
·Entorno: o a 50°C max 95% RH sin condensación
·Auto-Desconexión: Tras 3 minutos de inactividad y 2 minutos despues de lectura

Complementos:
·HI 701-25 Reactivos para 25 pruebas (CL2 Libre) x 4 unidades
·HI 701-11 Conjunto para verificación de calibración 0.00 y 1.00 ppm (Cl2Libre).

Partes:

·Tapa de cubeta
·Cubeta con tapa
·Porta Cubeta
·Pantalla de cristal liquido (LCD)
·Botón

Foto de la máquina - equipo

Anexo 7. Formato de ficha técnica del equipo de análisis microbiológico

Antonio José Camacho INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA	**FICHA TECNICA EQUIPOS DE MEDICION**	**Máquina**	INCUBADORA PARA CULTIVOS	**Ubicación**	PTAP
		Marca	ACEQ	**Cantidad**	1
		Modelo	IN-2010	**Código de inventario**	
		Serie			
		Version	1	**Fecha**	4/05/2023

Descripción

Su funcion es desarrollar cultivos microbiologicos para la medicion de los agentes microbiologicos presentes en una muestra

Características generales

Peso	**Fuente de poder**	**Dimensiones**	
		Internas	Externas
3kg	110 VAC 50/60Hz	31 x 21 x 23 cm	32 x 27.5 x 40 cm

Características técnicas:

- Volumen camara interna (14Lts)
- Tipo de calefaccion: Incubadora de convección natural
- Rango: Ambiente +5°C - 60°C
- Precision: ±0,1°C a 37°C
- Uniformidad: ± 3°C a 37°C
- Tiempo de calentamiento a 37°C: 6 minutos
- Consumo de corriente: 2 Amp

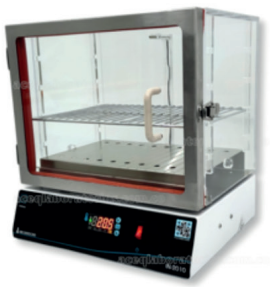
Partes:

- Elementos calefactores (100W)
- Parilla de soporte cromada
- Panel de control digital tipo PID
- Display de alta luminosidad
- Entrada para termometro de verificacion
- Alarma de sobrecalentamiento de la temperatura maxima
- Ajuste de temperatura
- Composicion en acrilico 100%
- Selle puerta en caucho tipo espuma
- Conector con polo a tierra
- Sensor Pt 100Ω proteccion de seguridad contra sobrecargas

Complementos:

- Reactivo Coliformes 100 (Readycult® , 1.01298 Millipore, Coliformes totales 1 unidad x medicion x 20 muestras)
- Reactivo de kovac (100 ml) (KOVACS' indole reagent, 1.09293 Millipore) (Escherichia coli)

Foto de la máquina - equipo



Este libro presenta el desarrollo de un manual técnico que estandariza el proceso de medición y control de la calidad del agua en la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de una institución universitaria del sur de Cali. Surge como respuesta a la necesidad institucional de garantizar agua potable de alta calidad, en una zona donde no existen proveedores tradicionales del servicio.

El manual propone herramientas prácticas como fichas técnicas, cronogramas y planes de medición estructurados para cada parámetro de interés, alineados con la Resolución 2115 de 2007, que regula el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA). A través del Semillero de Investigación SEGESTOP, se diseñó un sistema eficiente que optimiza el uso de equipos e insumos adquiridos para este fin.

Más allá de ser una guía operativa, este documento representa un avance significativo en la gestión del recurso hídrico institucional, ofreciendo una base sólida para el análisis, control y mejora continua del servicio. Es una herramienta clave para técnicos, investigadores y personal operativo, comprometidos con la calidad del agua y la sostenibilidad.

Antonio José Camacho
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA

ISBN: 978-958-5167-66-7
9 789585 167667