

MANUAL DE MONITOREO, SEGUIMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA
SUBTERRÁNEA EN DOS ESCUELAS ECOEFICIENTES DE PUERTO RICO, META

Realizado por: BRAYAM STIVEN TORO TORRES

ANA MARÍA PARRADO REYES

Director: ING. RUBÉN DARÍO CELY VELÁSQUEZ

Codirector: ING. VÍCTOR ANDRÉS TOBAR SÁNCHEZ

Apoyo: corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial la macarena –
CORMACARENA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, SEDE VILLAVICENCIO

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

VILLAVICENCIO, META

2018

Tabla de Contenido

	Pág.
1. Presentación.....	5
2. Introducción.....	6
3. Objetivos.....	8
3.1. Objetivo general	8
3.2. Objetivos específicos.....	8
4. Alcance y responsables.....	9
5. Glosario	10
6. Descripción de la zona de estudio	14
7. Logística del monitoreo, seguimiento y control	18
7.1. Disponibilidad de recursos	18
7.2. Personal operativo	18
7.3. Muestreo.....	19
7.4. Análisis organoléptico.....	19
7.5. Análisis fisicoquímicos in situ	19
7.6. Análisis microbiológico del agua subterránea	20
8. Programa de monitoreo	21
8.1. Materiales y Equipos.....	21
8.2. Procedimientos para muestreo in situ.....	21
8.3. Análisis de parámetros in situ	25
9. Análisis de resultados de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.....	33
9.1. Resultados de parámetros fisicoquímicos	33
9.2. Resultados de parámetros microbiológicos.....	33

10.	Recomendaciones	35
11.	Conclusiones	36
12.	Bibliografía	¡Error! Marcador no definido.
	Anexos	39

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Delimitación espacial de la zona de estudio. Por los autores, 2017	16
<i>Figura 2.</i> Muestreo insitu para pozos. Adaptado de politécnico Cartagena, por los autores, 2018	22
<i>Figura 3.</i> Muestreo insitu para pozos. Adaptado de politécnico Cartagena, por los autores, 2018	22

1. Presentación

Dentro del desarrollo del proyecto: Diseño metodológico para el monitoreo, seguimiento y control de calidad de agua subterránea en dos escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta. Se plasman consideraciones acerca de los diferentes estudios de calidad realizados tanto por los autores del presente como por la empresa contratista que lleva a cabo el desarrollo de todo el proyecto de escuelas ecoeficientes en el Meta, proyecto gestionado, controlado y seguido por la Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (CORMACARENA), el uso y manejo que le dan al agua subterránea que es extraída en cada una de las escuelas ecoeficientes, así mismo la formulación del diagnóstico de uso y manejo, los análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos realizados en laboratorios tanto de la Universidad Santo Tomás, sede Villavicencio como Tecnoambiental que es un laboratorio acreditado por el IDEAM, así mismo se tuvo en cuenta los análisis previos realizados por la empresa contratista con el fin de obtener una comparación de resultados.

Por tal motivo, el presente manual proyecta tener un paso a paso en los cuales se haga referencia de cómo emplear la toma de muestras de cada uno de los pozos subterráneos de manera que haya reducción de errores técnicos frente a los resultados arrojados por la técnica empleada de análisis de parámetros in situ. Por otro lado tener en cuenta un paso a paso del funcionamiento y modo de uso del medidor multiparámetrico Hanna HI 9829 para obtener los resultados de diferentes parámetros de calidad de las muestras de agua tomadas para cada escuela ecoeficiente. Finalmente se debe tener en cuenta el control de las mediciones, resultados y análisis de los parámetros que se pueden medir a partir del instrumento anteriormente mencionado con el fin de cumplir con lo establecido en la resolución 2115 de 2007 para las condiciones de calidad que debe tener el agua para su debido consumo humano.

2. Introducción

El agua subterránea es un recurso que abarca un gran espacio del planeta Tierra en comparación a las demás fuentes de agua continental como los ríos, lagos, quebradas, entre otros. Este recurso al encontrarse en el subsuelo cuenta con grandes reservorios conocidos como acuíferos que están en muchas ocasiones ocultos e inaccesibles y en contraste a las demás fuentes de abastecimiento de agua continental tienen cambios de cantidad y calidad ya que sus procesos de formación son muy lentos debido a que se presentan precisamente debajo de la superficie terrestre y son grandes extensiones de terreno. Para esto se necesitan series de estudios muy detallados de diversas redes de monitoreo, seguimiento y control de las aguas subterráneas alrededor del mundo. (IDEAM, 2015)

Este recurso no se considera completamente puro debido a las interacciones que se presentan en el subsuelo, es decir, a medida que va realizando su proceso de infiltración desde la superficie hasta los reservorios va disolviendo o absorbiendo los minerales o posibles sustancias presentes en la tierra, que a medida del tiempo van evolucionando junto al proceso de formación de los acuíferos hasta tal punto que se convierten en aguas subterráneas contaminadas por efectos naturales de la Tierra. Una de las dificultades que presenta la hidrogeología, ciencia que estudia el ciclo de las aguas superficiales y subterráneas, se basa principalmente en la identificación de las condiciones del agua, de tal modo que se pueda definir si la calidad del agua es natural o ha sido afectada en cierta medida por actividad antrópica. (Collazo, 2015)

La formulación de un manual para el monitoreo, seguimiento y control de la calidad de agua subterránea debe ilustrar procesos, procedimientos generales y específicos, materiales, pautas o normas a seguir, con el fin de promover un cumplimiento riguroso de lo establecido dentro de la Resolución 2115 de 2007 para la calidad que debe tener el agua para consumo humano. Específicamente en este caso en el que se extrae agua subterránea para el suministro de dos escuelas ecoeficientes se debe formular con el fin de mantener condiciones estables de salud para los estudiantes, docentes y demás personal que conforman las instalaciones.

Con la presente propuesta se busca generar conocimiento acerca del comportamiento hidrogeológico de cada uno de los pozos o cuerpos de agua de los que se extrae el agua que consumen y usan dentro de las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta. De esta manera, se podrá obtener un reconocimiento continuo de las condiciones en las que se encuentra el recurso, con el fin de analizar cómo influyen las condiciones naturales de la tierra sobre la calidad del agua, promover análisis, conclusiones acerca de los períodos en los que más fluctúa la calidad, las variaciones, entre otros aspectos se irán mencionando a lo largo del documento.

Una gestión eficiente del recurso hídrico debe siempre considerar la premisa “no se puede manejar algo que no se conoce”, y más en el caso de las aguas subterráneas ya que no se tiene mucha información acerca de todos los acuíferos existentes en Colombia, se tienen datos que alrededor del 74,5% del territorio nacional cuenta con provincias hidrogeológicas, es decir, con reservorios o acuíferos. Así mismo en un enfoque más local, en los Llanos Orientales se tiene 41,5% del total de los acuíferos de Colombia, lo que significa que es una zona rica en recurso hídrico subterráneo y no existen medidas de aprovechamiento, monitoreo y/o seguimiento para controlar la calidad de este recurso. (Rodríguez, Vargas, Jaramillo, Piñeros, & Cañas, 2010)

A Continuación, se presentarán los aspectos que se deben tener en cuenta en la logística, la estrategia de desarrollo, parámetros a analizar, los materiales, equipos, metodología y procedimientos para los diferentes monitoreo, seguimientos y controles de la calidad del agua subterránea extraída en las dos escuelas de Puerto Rico, Meta.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Revisar detalladamente los procedimientos y procesos para el monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea de dos escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta.

3.2. Objetivos específicos

- Especificar los parámetros de calidad del agua que se medirán en cada uno de los pozos subterráneos de las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta.
- Realizar descripción de los pasos primordiales para la logística del muestreo del agua subterránea de las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta.
- Describir el proceso de análisis de los parámetros de calidad para el agua subterránea de las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta.
- Explicar detalladamente el funcionamiento y el modo de empleo del medidor multiparámetro Hanna HI 9829 para el análisis de calidad de agua subterránea en las dos escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta.

4. Alcance y Responsables

Para el desarrollo del presente manual se deben entender las condiciones con las que debe cumplir, ya que es un manual que contiene el paso a paso de lo que se va a realizar dentro de cada una de las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta en base al cumplimiento de un eficaz, constante y seguro monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea que es extraída y utilizada para el consumo humano dentro de las instalaciones de dichos centros educativos. El procedimiento debe cumplir con una serie de toma de muestras de agua con el fin de realizar el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, teniendo en cuenta los períodos en los que se quieran llevar a cabo los estudios de calidad, principalmente en los meses en los que se presentan los picos de sequía y lluvia.

Este procedimiento se realizará a partir de personal que reciba una apropiada capacitación tanto del proceso de toma de muestras como del modo de empleo del medidor multiparámetro Hanna HI 9829, capacitación que estará integrada dentro del presente manual. Este Manual quedará en manos tanto de la Universidad Santo Tomás, sede Villavicencio como producto del trabajo de grado para optar por el título de ingenieros ambientales, así mismo los autores del presente otorgarán una copia a la Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial la Macarena – CORMACARENA.

Los profesionales que queden a cargo de la responsabilidad del muestreo, análisis, monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea en cada una de las escuelas ecoeficientes serán responsables de realizar las verificaciones normativas y técnicas que están establecidas en la resolución 2115 de 2007 y el libro titulado en inglés: Standard Methods for the examination of water and Wastewater que en español traduce Métodos Estándares para el examen de agua y aguas residuales, documentos que regulan los valores máximos permisibles que debe de tener el agua en razón a unos parámetros de calidad para el debido consumo humano y las técnicas, procesos y medidas que se deben de tener en cuenta en el momento de la toma de muestras y almacenaje de estas, respectivamente.

5. Glosario

Acuífero: Unidad de roca o sedimento, capaz de almacenar y transmitir agua en cantidades significativas. (Constitución Política de Colombia, 2004)

Tipos de acuíferos:

Acuífero Libre: Son aquellos en los que el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable, la liberación del agua se da a partir del momento en el que el acuífero se satura y el agua busca salir por los poros de la superficie terrestre. (Ordoñez Gálvez, 2011)

Acuífero confinado: Son aquellos que se encuentran cubiertos por una capa impermeable confinante, es decir, una capa más permeable. También conocidos como acuíferos cautivos. (Ordoñez Gálvez, 2011)

Agua continental: Las aguas continentales son aquellas que se localizan en los continentes y que han perdido su salinidad mediante evaporación, pues al pasar al estado gaseoso de ellas se desprende cualquier sustancia sólida, purificándose de manera natural. (Portal educativo , 2012)

Acuíferos semiconfinados: Se les considera así a aquellos acuíferos que tienen la condición especial de su techo y/o paredes no son totalmente impermeables y de este modo la circulación vertical del agua es más común. (Ordoñez Gálvez, 2011)

Agua Subterránea: Es aquella parte del agua existente bajo la superficie terrestre que se puede ser extraída mediante perforaciones, túneles o de manera natural cuando fluye hacia la

superficie a través de manantiales o filtraciones a las cuencas superficiales. (Ordoñez Gálvez, 2011)

Análisis Organoléptico: Un **análisis organoléptico** es una valoración cualitativa que se realiza sobre una muestra (principalmente de alimento o bebida) basada exclusivamente en la valoración de los sentidos (vista, gusto, olfato, etc.). (Consumoteca , 2018)

Agua para el consumo humano: Aquélla que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos al ser humano. (infojardin , 2017)

Conductividad: La conductividad eléctrica refleja la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, y está directamente relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua. Por lo tanto, la conductividad eléctrica está relacionada con TDS. (SMART, 2017)

Control de la calidad del agua: El control de calidad del agua consiste en un conjunto de actividades permanentes que tienen como resultado garantizar que el agua para consumo humano cumpla con los requisitos que establece la norma vigente de Calidad de Agua para Consumo Humano. El control de calidad es esencialmente un proceso estratégico de evaluación y control. (monografias, 2016)

Ecoeficiente: habla de ecología y de eficiencia, lo que nos remite a la idea de sostenibilidad aplicada al cuidado o respeto del entorno ambiental en sentido amplio. (Ecologia verde , 2018)

Electrobombas: Maquina hidráulica rotativa, accionada eléctricamente, que se utiliza en sistemas de riego, pozos, entre otros. (Universo jus, 2017)

Hidrogeología: La hidrogeología es una rama de las ciencias geológicas, que estudia fundamentalmente la relación e interacción entre agua – roca en todo aquello relacionado con sus condicionamientos geológicos, el origen y la génesis de las aguas subterráneas, la difusión y circulación de las mismas, las formas de yacimiento y ocurrencia, sus propiedades fisicoquímicas naturales, su captación, regulación, régimen, reservas, aprovechamiento y protección para su uso por las generaciones futuras. (hidrogeologia , 2018)

IDEAM: El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (**IDEAM**) es una entidad del gobierno de Colombia dependiente del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (IDEAM, 2018)

Monitoreo de la calidad del agua: el monitoreo de la calidad del agua tienen que ver con la necesidad de verificar si la calidad del recurso cumple con las condiciones para los usos requeridos, con la determinación de las tendencias de la calidad del ambiente acuático y como éste se ve afectado por el vertido de contaminantes originados por actividades humanas. (ism, 2017)

Paneles solares: Los paneles solares fotovoltaicos contienen un conjunto de células solares que convierten la luz solar en electricidad. (Energía solar, 2018)

pH: Es un parámetro utilizado para medir el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia, lo que resulta de suma importancia en muchos procesos químicos y biológicos. (iquimicas, 2016)

Potencial de óxido reducción Sondas: El potencial redox es una medida de la actividad de los electrones. Está relacionado con el pH y con el contenido de oxígeno. (ciencia y biología, 2016)

Purgar recipientes: Acción de purificación o de limpieza de los recipientes en el momento de tomar las muestra para dichos análisis. (Definicion de, 2018)

Seguimiento de la calidad del agua: El seguimiento son una herramienta básica para la gestión de las aguas, y deben proporcionar la información necesaria para evaluar la efectividad de las medidas adoptadas y el grado de cumplimiento de los objetivos marcados. (gobierno de españa , 2016)

Sólidos suspendidos: Son aquellos que son visibles y flotan en las aguas residuales entre superficie y fondo. Pueden ser removidos por medios físicos o mecánicos a través de procesos de filtración o de sedimentación. (Aguamarket, 2017)

Sólidos totales disueltos: Concentración de partículas que son retenidas en un medio filtrante de microfibra de vidrio, con un diámetro de poro de 1.5 micrómetros o su equivalente. (Aguamarket, 2017)

TDS: TDS - Total de Sólidos Disueltos - la cantidad total de sólidos disueltos en el agua, principalmente de las sales minerales. (SMART, 2017)

Temperatura: La temperatura nos permite conocer el nivel de energía térmica con que cuenta un cuerpo. Las partículas que poseen los cuerpos se mueven a una determinada velocidad, por lo que cada una cuenta con una determinada energía cinética. (Fisicalab, 2018)

Turbidez: La turbidez es un término que hace referencia a una medida, la cual nos indica el grado de falta de transparencia de un líquido, debido en gran medida, a la presencia de partículas que se encuentren en suspensión en dicho líquido. (La guia , 2018)

6. Descripción de la Zona de Estudio

Dentro de la jurisdicción del municipio de Puerto Rico, Meta se encuentran la vereda La Rivera y Barranco Colorado, las cuales cuentan con una escuela ecoeficiente dentro de sus dominios, proyectos liderados por CORMACARENA y la empresa contratista AlecopGroup Colombia, asociación formada con el fin de beneficiar a la población dentro de cada una de las veredas como así mismo de las comunidades aledañas, principalmente a niños y jóvenes.

La vereda La Rivera se encuentra ubicada entre las coordenadas 2°49'18''N y 73°06'57''W a 536 msnm en el municipio de Puerto Rico, Meta. Las rutas de acceso de este lugar presentan malas condiciones, puesto que son vías destapadas y un terreno ondulado en su totalidad, desde el casco urbano del pueblo se debe movilizar hasta un pequeño muelle en el que se encuentran planchones y estos transportan hasta el lugar que lleva a dicha vereda, el trayecto comprende aproximadamente de 2 horas ya sea en un carro de línea o expresos de motocicletas hasta el lugar, deben ser medios de transportes en buenas condiciones y capaces de soportar las condiciones del terreno.

En esta vereda se encuentra ubicada la escuela ecoeficiente Las Palmas que cuenta con 120 estudiantes, con bachillerato académico hasta el grado noveno y los grados 3° 4° y 5° de primaria. Se consideran escuelas ecoeficiente ya que por motivos de ubicación no cuentan con una red de suministro de electricidad y agua. Por ende, CORMACARENA y AlecopGroup decidieron desarrollar un proyecto que implementa el uso de energía solar que por medio de paneles solares captan la luz y es transformada a energía eléctrica la cual funciona como suministro para dichas instalaciones, así mismo hacen uso de esta energía para hacer la captación del agua subterránea del pozo que se encuentra allí. Específicamente este pozo subterráneo es el objeto de estudio para el presente manual, el pozo presenta 3 pulgadas de diámetro y 15 metros de profundidad, el agua es extraída por una motobomba de bajo flujo para controlar el paso de sedimentos a través de la manguera.

La vereda Barranco Colorado se encuentra ubicada entre las coordenadas 2°49'24.3"N y 73°06'58.5"W a 814 msnm en el municipio de Puerto Rico, Meta. A Diferencia de la vereda La Rivera esta cuenta con una ruta alterna, por la cual se debe de movilizar en transporte acuático,

es decir, se debe de pagar expreso en canoas o pequeños botes que posean motor, el viaje como expreso tiene un alto valor de ida y vuelta, pero también durante unos días específicos se realizan expresos para el público en general, canoas que hacen viajes de personas, encomiendas, principalmente los días domingo. El transporte dura aproximadamente una hora u hora y media hasta la vereda. Al igual presenta ruta de acceso terrestre, un terreno en pésimas condiciones, ya que presenta altibajos, zonas con barro, entre otras dificultades. Es un viaje que aproximadamente dura entre 2 horas y 3 horas, solo se hacen expresos en moto o en algunas ocasiones salen uno o dos carros semanalmente como transporte interno de veredas.

En esta vereda se encuentra la escuela ecoeficiente La Primavera que cuenta con 177 estudiantes, sus instalaciones son mucho mayores a las del centro educativo Las Palmas, por este motivo poseen todos los grados de bachillerato. Cuentan con más paneles solares ya que sus instalaciones son más extensas y de esta manera el panel que suministra la energía para el pozo subterráneo cuenta siempre con buen almacenaje y mantenimiento. El pozo subterráneo es de 3 pulgadas de diámetro y 15 metros de profundidad, así mismo este pozo cuenta con una motobomba alimentada de energía eléctrica suministrada por un panel solar. Este pozo presenta una característica singular, debido a que, en el momento de extraer el recurso, sale con presencia de partículas de tierra, con turbiedad y tarda entre 5 y 10 minutos en estabilizarse su condición.



Figura 1. Delimitación espacial de la zona de estudio. Por Brayan Toro, Ana Parrado, 2017.

En la figura 1 se muestra la delimitación espacial mediante el software ArcGis de las zonas de estudio, vereda la Rivera en las coordenadas $2^{\circ}49'18''N$ y $73^{\circ}06'57''W$ a 536 msnm y vereda Barranco Colorado, en las coordenadas $2^{\circ}49'24.3''N$ y $73^{\circ}06'58.5''W$ a 814 msnm.

Internado Las Palmas Vereda La Rivera Puerto Rico, Meta. Delimitado a la derecha de la *figura 1* en el cuadro blanco que a su vez se puede observar dentro del cuadro rojo que especifica la zona en donde queda ubicada la vereda La Rivera.

Internado Primavera Vereda Barranco Colorado Puerto Rico, Meta. Delimitado a la izquierda de *figura 1* en el cuadro rojo que se puede observar dentro del cuadro amarillo que especifica la zona en donde queda ubicada la vereda Barranco Colorado.

7. Logística del monitoreo, seguimiento y control

Dentro de este paso existen consideraciones importantes basadas principalmente en: Disponibilidad de recursos tanto financieros como equipos y materiales, el personal operativo, la cantidad, manejo y toma de muestras a analizar, modo de empleo y la capacidad de analizar parámetros del agua del Medidor Multiparámetro Hanna HI 9829, análisis organoléptico, aplicación de la cadena de custodia para las muestras que serán sometidas a análisis microbiológicos en laboratorio y finalmente la interpretación de los resultados arrojados por el medidor, el análisis organoléptico hecho por el personal y lo obtenido en los laboratorios microbiológicos para de este modo darle el cumplimiento a los parámetros máximos permisibles en el agua para el consumo humano según lo establecido en la Resolución 2115 de 2007.

7.1. Disponibilidad de recursos

Para el desarrollo de este manual se debe de disponer recurso financiero por parte de CORMACARENA con el fin de suministrar las capacitaciones pertinentes al personal que se hará cargo del proceso de monitoreo, así como compra del medidor, recipientes para las muestras, cavas, gel refrigerante para mantener las condiciones del agua, demás materiales que se necesitan durante el proceso.

7.2. Personal operativo

Se debe hacer una selección rigurosa del personal profesional para cada una de las escuelas ecoeficientes el cual cuente con la debida capacitación para la toma de muestras, uso del medidor multiparámetro, interpretación de resultados, y aplicabilidad de la resolución 2115 de 2007 con el fin de hacer reportes e informes acerca de las condiciones de calidad en las que se encuentra el agua que es extraída en cada una de las instalaciones.

7.3.Muestreo

En esta etapa se debe de tener en cuenta un plan de muestreo diseñado según las necesidades de cada una de las escuelas ecoeficientes, es decir, según las condiciones y características que presente el pozo subterráneo. El plan de muestreo deberá contener la cantidad de muestras que se tomarán, los períodos de tiempo que comprenderá entre una muestra y otra, así mismo la frecuencia diaria con la que se realizará, todo esto mediante formatos establecidos que conlleven toda la información pertinente para el proceso de muestreo.

7.4.Análisis organoléptico

Este análisis se realizará a partir de una muestra obtenida del pozo subterráneo ubicado en cada una de las escuelas ecoeficientes, se realizará a partir de lo captado por los sentidos sensoriales. Se tendrá en cuenta el sabor, olor y el color que presente la muestra tomada, los resultados serán expuestos en los formatos del plan de muestreo.

7.5.Análisis fisicoquímicos in situ

Se tendrá en cuenta el uso del medidor multiparámetro Hanna HI 9829 el cual realiza la medición de los siguientes parámetros: pH, potencial de óxido reducción, conductividad, turbidez, temperatura, iones de amonio, nitratos, cloruro, oxígeno disuelto, resistividad, y sólidos totales disueltos. Es un equipo de alta confiabilidad, lo cual permitirá monitorear si existen cambios en las condiciones de calidad y permitir un constante seguimiento y control de esta. Los resultados serán analizados y comparados con los valores máximos permisibles en agua para consumo humano que están establecidos en la resolución 2115 de 2007.

7.6. Análisis microbiológico del agua subterránea

Para esta etapa se realizará el uso un laboratorio certificado por el IDEAM, o en su caso, si la empresa contratista se compromete a realizar los debidos análisis microbiológicos de las muestras recogidas en cada uno de los pozos subterráneos de las escuelas ecoeficientes. Las muestras tendrán que cumplir con las condiciones establecidas en el Standard Methods for the examination of water and Wastewater. La preservación, temperatura, recipientes de ámbar, todas las especificaciones de las muestras de agua que están en este documento mencionado. Principalmente el análisis debe contener, análisis de *Escherichia Coli*, *Salmonella* y *Shigella*, entre otros microorganismos que el laboratorio realice con el fin de cumplir las condiciones máximas permisibles para el consumo humano.

8. Programa de Monitoreo

8.1.Materiales y Equipos

La preparación de los materiales y equipos son importantes, debido a que de estos dependen un exitoso proceso de monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea que es aprovechada dentro de cada una de las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta. De este modo a continuación se hará descripción de los equipos y materiales que serán utilizados para llevar a cabo el desarrollo del presente manual de monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea en las dos escuelas de Puerto Rico, Meta:

El principal equipo que se utilizará para la medición de parámetros in situ será la sonda multipárametros HI 9829 de la reconocida industria Hanna Instruments. Se deberá hacer la adecuada preparación de cada una de las sondas para llevar a cabo la medición de los diferentes parámetros, para esto se necesita la guía de instrucciones que suministra dicho equipo, y que en este manual se encontrará dentro del (Anexo A) con el fin que se lea y sigan instrucciones para cumplir de manera exitosa la medición de parámetros in situ que se van a realizar.

8.2.Procedimientos para Muestreo in situ

Para realizar un buen muestro se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a. Objetivo del muestreo
- b. Plan de muestreo
- c. Tipo de muestreo: simple, compuesto e integrado
- d. Parámetros a medir: indicadores físicos y químicos; indicadores microbiológicos.
- e. Época a muestrear: lluvias, transición, seca
- f. Listado de verificación de materiales
- g. Formatos de campo y cadena de custodia
- h. Plan de seguridad

i. Registros fotográficos



Figura 2. Muestreo in situ para pozos. Adaptado de politécnico Cartagena. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 3. Muestreo in situ para pozos. Adaptado de politécnico Cartagena. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

La relevancia que tienen los anteriores ítems, se basa principalmente en el éxito o el fracaso que se puede alcanzar si se realiza de la manera adecuada el cumplimiento de cada uno de ellos, se deben determinar de manera concisa los objetivos ya que estos serán el eje principal para asegurar un óptimo monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea que es extraída en las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta o en su defecto este recurso en el momento que sea aprovechado.

Una previa formulación de un plan de muestreo al desarrollo de la medición de los parámetros in situ permitirá la determinación de la cantidad de muestras que se tomarán, el orden de medición que se llevará, así mismo como la identificación del tipo de muestreo que se va a realizar, la mayor parte de veces se realiza un muestreo simple, puesto que se deben de tomar muestras en un solo punto, y según lo determinado, solo de la parte superficial del cuerpo de agua y/o del fondo del mismo. De esta manera también se identifican y se describen los puntos de muestreo.

Se debe tener consideración de la época en la que se va a realizar el muestreo, ya que esta determinará un cambio en los análisis; si se encuentra en la temporada pico de lluvias, las condiciones del cuerpo de agua van a ser diferentes así mismo si se encuentra en temporada de sequía. Tener siempre presente los diferentes materiales y equipos que se van a usar a lo largo de la actividad, para esto la mejor alternativa es contar con una lista de todo lo que se utiliza y de este modo hacer verificación de contar con todo antes de desarrollar la práctica.

Los formatos de campo que estarán en el presente manual, serán bases para el diseño de otros formatos que se adapten de mejor manera a las necesidades del personal encargado de tomar las muestras y analizarlas. Siempre y cuando cumplan con el diligenciamiento de los formatos para completar el protocolo establecido por el Standard Methods for the examination of water and Wastewater que traduce Métodos estándares para la examinación del agua y agua residual, esta obra establece todo lo reglamentario para cumplir con el procedimiento de análisis de muestras de agua para su calidad.

La seguridad siempre es importante a nivel general, en este caso es de vital importancia formular un plan de seguridad con el fin de asegurar un trabajo de alta calidad y resultados exitosos para que a la hora de analizarlos se facilite su comprensión, de esta manera poder

generar un buen monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea que es aprovechada dentro de las dos escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta.

Es importante considerar las etapas en todo proceso de muestreo con la finalidad de que la muestra sea lo más efectiva y así asegurar la integridad desde su recolección hasta el reporte de los resultados, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La determinación de los puntos de muestreo en los pozos de las dos escuelas ecoeficientes, es decir tomar las muestras a distintas profundidades, asegurando que la muestra sea representativa desde diferentes puntos de contaminación para el pozo. Para este caso en específico de las dos escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta, los pozos subterráneos allí ubicados serán los puntos de muestreo en profundidad.
- El recipiente muestreador se deberá enjuagar dos o tres veces con el agua que se va a recoger (a menos de que el recipiente tenga preservante), teniendo en cuenta que, para la mayoría de los análisis orgánicos, proceso conocido con el nombre de purga de recipientes. El llenado de los recipientes es completo, para los microbiológicos se dejará un espacio para aireación y mezcla.
- Para prevenir confusiones en la identificación de las muestras los recipientes se rotulan con anterioridad al muestreo y con la etiqueta correspondiente. Se debe de hacer con un marcador permanente, preferiblemente sobre cinta de enmascarar que no se vaya a despegar del recipiente, con el fin de evitar confusiones.
- Mantenga las cavas en las cuales se van a transportar las muestras debidamente protegidas del sol y la lluvia, así mismo los equipos y materiales de muestreo para evitar su deterioro.
- Las cavas se deben marcar con los datos de destinatarios para ser llevadas a los laboratorios acreditados, que van a ser los encargados de dichos análisis.
- Las cavas deberán tener una temperatura de refrigeración alrededor de los 4 °C, disponiendo para ello de hielo o gel refrigerante como agente directo para la conservación de las muestras, los recipientes deberán estar colocados en forma ordenada con el fin de evitar daños y se debe de contar con un termómetro con el fin de monitorear la temperatura dentro de la cava.

- Para el procedimiento de análisis de calidad de las muestras en los laboratorios, según los parámetros que se vayan a analizar se tienen estipulados unos tiempos en los que las muestras pueden estar en refrigeración y que conserven sus características, para esto es necesario contar con recipientes con preservantes, los laboratorios acreditados tienen sus respectivos recipientes para asegurar unos resultados confiables.

El muestreo a realizar por razones justas debe de ser manual, ya que no existe una sistematización que permita realizar todos estos procedimientos de manera automática y lo que presenta como ventaja el muestreo manual es que permite al encargado tomar las muestras de manera correcta y observar los cambios en las características del agua en cuanto a color, olor, sabor, presencia de sólidos suspendidos, etc.

Luego de la toma de muestras, estas deberán ser refrigeradas bajo una temperatura entre los 0 y 4 °C, lo ideal es mantener bajo esta temperatura por medio de bolsas de gel refrigerante, así mismo estar constantemente monitoreando dicha temperatura para asegurar las condiciones de la muestra, esto a partir del uso de un termómetro. Los preservantes vendrán en cada uno de los recipientes en los que se tomará la muestra, cada laboratorio entrega estos recipientes con lo necesario para poder obtener un análisis satisfactorio de las muestras.

Así mismo se tendrán que diligenciar formatos suministrados por la entidad o laboratorio que se hará a cargo de los análisis físicos, químicos y microbiológicos que se realizarán a las muestras de agua tomadas. Formatos que contendrán: Fecha de toma de muestras, tipo de muestra, hora de toma de muestra, parámetro a analizar, condición y tipo del cuerpo de agua, persona a cargo de la muestra, entre otros datos que varían según la entidad o laboratorio que los formuló.

8.3. Análisis de parámetros in situ

Estos análisis se realizarán a partir del uso del medidor anteriormente mencionado, el cual es el medidor multipárametros Hanna HI 9829 el cual cuenta con un manual por parte de los fabricantes que deberá de ser leído y luego de esto empleado del modo recomendado, con el fin de obtener los resultados necesarios para realizar los análisis de calidad del agua subterránea

captada en las escuelas ecoeficientes y de esta manera cumplir con el debido monitoreo constante de dichas condiciones.

Las muestras deberán ser tomadas minuciosamente mediante el uso de electrobombas que son alimentadas por energía solar captada por los paneles solares instalados en estos centros educativos. Se deberán tener en cuenta las siguientes cosas para cada uno de los centros educativos, ya que presentan diferentes características los pozos:

Escuela Ecoeficiente las Palmas Ubicado en la Vereda la Rivera, Puerto Rico – Meta:

Durante el proceso de estudio para la realización del documento titulado “Diseño metodológico para el monitoreo, seguimiento y control de calidad del agua subterránea en dos escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta” se encontraron inconsistencias en la presente escuela mencionada ya que por falta de mantenimiento al panel solar que alimenta la electrobomba encargada de la extracción del agua directamente del pozo subterráneo, no se tiene la energía suficiente para llevar a cabo dicha actividad, de este modo, para tener acceso a este recurso procedieron a realizar la captación de un cuerpo de agua cercano a las instalaciones, cuerpo de agua proveniente de un yacimiento rocoso dentro de la zona boscosa. Por esta razón si el panel continúa averiado, se deberá proceder a realizar el análisis in situ y toma de muestras directamente del cuerpo de agua anteriormente mencionado, siguiendo las siguientes medidas:

1. Realizar al pie de la letra las recomendaciones que se encuentran dentro del manual del medidor multipárametros Hanna HI 9829, el cual contiene las condiciones para la debida calibración de las sondas que llevan a cabo el análisis, es importante considerar que hay diferentes sondas que pueden medir los parámetros fisicoquímicos que se requieren para obtener un buen resultado de la calidad en la que se encuentra el agua que se está analizando.
2. Luego de la calibración se procederá a realizar los análisis in situ, principalmente se medirán: pH, potencial de óxido reducción, conductividad, turbidez, temperatura, iones de amonio, nitratos, oxígeno disuelto, resistividad, y sólidos totales disueltos. El conocimiento de los resultados arrojados de estos parámetros analizados permitirá

comparar con lo establecido en la resolución 2115 de 2007 en la cual estipulan los valores máximos permisibles de calidad de agua subterránea para el consumo humano y concluir si el agua se encuentra en condiciones para el consumo dentro de la escuela.

3. El equipo portátil se usará luego de su debida calibración como lo anteriormente dicho, de este modo que al ser instaladas cada una de las sondas, se introducirán dentro del cuerpo de agua, se efectuará la debida medición y deberán ser constatados cada uno de los resultados en una agenda y los diferentes formatos para la toma de muestras y resultados que fueron formulados y se encuentran dentro del (Anexos A, B, C, D y E) Luego de cada medición las sondas deberán de ser lavadas con agua destilada con el fin de calibrar la sonda que sea utilizada.

4. Durante cada medición se deberá hacer un registro fotográfico para obtener evidencias del proceso de monitoreo de la calidad del agua subterránea que es captada para el consumo humano dentro de las instalaciones de la escuela ecoeficiente. En ese orden de ideas poder formular un informe en el que se demuestren tanto los resultados tomados in situ, como los que se obtengan del laboratorio para tener constancia ante la entidad CORMACARENA en futuras supervisiones de cumplimiento de calidad.

5. La toma de muestras, deberá de realizarse de manera minuciosa, empezando por los recipientes que contendrán cada una de las muestras, recipientes que contienen los diferentes preservantes necesarios para que las muestras de agua conserven las condiciones de calidad desde el momento que son extraídas de su estado natural, estos son suministrados por el laboratorio contratado para el debido proceso de análisis físicos, químicos y microbiológicos de dichas muestras captadas.

6. El personal encargado de las muestras deberá cumplir con lo necesario para asegurar su integridad a la hora de toma de muestras, para esto se encontrará en el (Anexo F) Un listado de los posibles materiales que se recomiendan usar para la seguridad.

7. Los recipientes contienen preservantes y se encuentran esterilizados, por esta razón no es necesario realizar el proceso de purga, se tomará la muestra original y el duplicado con el fin de garantizar la representatividad del proceso de toma de muestras. El recipiente debe de ingresarse al cuerpo de agua en este caso con su tapa, deberá de ser abierto de manera parcial, con el fin de permitir el ingreso de una muestra de agua, es

importante considerar que los recipientes deberán ser de 100 ml para algunos parámetros y para otros de 1000 ml, estos se deben llenar en su totalidad y ser cerrados dentro del cuerpo de agua, luego de ser extraída, la muestra tendrá que ser almacenada en las cavas con el hielo o gel refrigerante necesario para conservar las condiciones de las muestras. Así con cada una de las muestras que sean necesarias tomar según lo estipulado por el laboratorio o la necesidad de la escuela para el monitoreo de la calidad del agua que es consumida.

8. Dentro del (Anexo G) Se encontrará el tipo de material que debe ser el recipiente, el tiempo máximo permitido para realizar el análisis de los diferentes parámetros en laboratorio. Las cavas de almacenamiento deben contener el suficiente hielo o gel refrigerante para conservar las muestras entre una temperatura de 0 y 4 °C. Los recipientes luego de llenados con la muestra deberán ser rotulados, para esto se debe de contar con cinta de enmascarar y un marcador permanente, esto con el fin de reconocer el tipo de muestra que se tomó, el método analítico al que va destinada la muestra, código de campo (se encuentra dentro de los formatos entregados por el laboratorio), fecha de toma de la muestra y número de muestra.

De lo contrario si el panel está en funcionamiento se tendrá que realizar la recolección de muestras, análisis in situ y organolépticos a partir del agua subterránea extraída por la electrobomba que es alimentada de energía eléctrica suministrada por el panel. En ese orden de ideas se deberán seguir los siguientes ítems:

1. La electrobomba debe de encenderse de manera que cumpla con la función de la extracción, por motivos de fuerza de succión que ejerce la electrobomba se generan movimiento de partículas dentro del agua presente en el pozo subterráneo. De este modo es importante permitir la estabilización de las condiciones del agua subterránea porque en su estado natural las partículas se encuentran en reposo ya que son partículas de tierra, lodo y rocas.

Luego de esto es importante contar con un recipiente, se debe de purgar con la misma agua y luego de esto, inmediatamente llenado el recipiente se llevará a cabo el proceso de análisis in situ por medio del medidor multipárametros.

2. Para cada parámetro que se quiere analizar es importante el uso adecuado de la sonda que indica el manual de los fabricantes del equipo, y de este modo obtener los resultados que se deberán analizar dentro de un informe con el fin de llevar a cabo un monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea que se extrae dentro de la escuela ecoeficiente.

3. Durante cada medición se deberá hacer un registro fotográfico para obtener evidencias del proceso de monitoreo de la calidad del agua subterránea que es captada para el consumo humano dentro de las instalaciones de la escuela ecoeficiente. En ese orden de ideas poder formular un informe en el que se demuestren tanto los resultados tomados in situ, como los que se obtengan del laboratorio para tener constancia ante la entidad CORMACARENA en futuras supervisiones de cumplimiento de calidad.

4. La toma de muestras, deberá de realizarse de manera minuciosa, empezando por los recipientes que contendrán cada una de las muestras, recipientes que contienen los diferentes preservantes necesarios para que las muestras de agua conserven las condiciones de calidad desde el momento que son extraídas de su estado natural, estos son suministrados por el laboratorio contratado para el debido proceso de análisis físicos, químicos y microbiológicos de dichas muestras captadas.

5. El personal encargado de las muestras deberá cumplir con lo necesario para asegurar su integridad a la hora de toma de muestras, para esto se encontrará en el (Anexo F) Un listado de los posibles materiales que se recomiendan usar para la seguridad.

6. Los recipientes contienen preservantes y se encuentran esterilizados, por esta razón no es necesario realizar el proceso de purga, se tomará la muestra original y el duplicado con el fin de garantizar la representatividad del proceso de toma de muestras. Las muestras se obtendrán del agua proveniente de las mangueras que vienen directamente del pozo subterráneo del que se abastecen, de este modo que se abrirá el recipiente, se procederá a llenar los recipientes e inmediatamente que no queden burbujas de oxígeno dentro de la muestra se cerrarán y se almacenarán en las respectivas cavas con su hielo o gel refrigerante para conservar las condiciones de las muestras entre los 0 y los 4 °C.

7. Al igual que en el anterior caso se debe de cumplir con la debida rotulación de las muestras, el cumplimiento de los formatos diligenciados y el registro fotográfico.

Escuela Ecoeficiente La Primavera ubicada en la Vereda Barranco Colorado de Puerto Rico, Meta

Dentro de las instalaciones de esta escuela ecoeficiente todo se encuentra en normal funcionamiento, al contar con mayor población y ninguna fuente hídrica cercana de la que se puedan abastecer en caso de fallo del panel solar que alimenta la electrobomba o un fallo de la misma. De este modo, la extracción y aprovechamiento de este recurso es constante y se requiere de un monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea que es extraída, en este orden de ideas, este manual cumple con el objetivo que buscan los autores y para esto se formulan los siguientes pasos para llevar a cabo el monitoreo de las condiciones de calidad del agua subterránea de esta escuela ecoeficiente.

1. La electrobomba deberá estar encendida previamente, que por motivos explicados dentro del proyecto formulado titulado como “Diseño metodológico para el monitoreo, seguimiento y control de calidad del agua subterránea en dos escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta” se encontró que, en el momento de extracción inmediata del recurso, sale con

turbiedad, partículas de tierra y roca. Por ese motivo se debe dejar salir agua y recolectar para usarla en los baños de las instalaciones.

2. Luego de la estabilización de las condiciones del agua, se procederá a realizar el análisis in situ a partir del equipo medidor multipárametros Hanna HI 9829, el cual contiene una serie de sondas que deben de ser calibradas, esterilizadas con agua destilada y puestas cada una en las muestras de agua para así llevar a cabo el procedimiento de análisis in situ. Cada sonda contiene su respectivo capítulo dentro del manual de los fabricantes, en el que explican detalladamente el proceso de calibración, medición y uso de la sonda para hallar los resultados. De este modo que se necesitarán 5 muestras en las cuales se aplicará el análisis a partir del uso de este equipo.

3. Las muestras deberán ser tomadas en recipientes esterilizados y purgados previamente con el mismo recurso que contendrá la muestra. Las muestras se tomarán en recipientes de vidrio de 1000 ml que tengan una abertura amplia con el fin que se pueda ingresar la sonda y así a cada muestra realizar el análisis.

4. Al tomar cada uno de los análisis según las indicaciones presentes en el manual de uso del equipo multipárametros se proseguirá a realizar el diligenciamiento de los formatos que contendrán los resultados, formato que se encuentra en el (Anexo H) y a partir de estos formatos se podrán realizar los debidos análisis de calidad, diagnósticos y finalmente formular el informe que conlleve registro fotográfico, resultados, análisis de resultados y conclusiones del trabajo realizado en campo.

5. Durante cada medición se deberá hacer un registro fotográfico para obtener evidencias del proceso de monitoreo de la calidad del agua subterránea que es captada para el consumo humano dentro de las instalaciones de la escuela ecoeficiente. En ese orden de ideas poder formular un informe en el que se demuestren tanto los resultados tomados in situ, como los que se obtengan del laboratorio para tener constancia ante la entidad CORMACARENA en futuras supervisiones de cumplimiento de calidad.

6. La toma de muestras, deberá de realizarse de manera minuciosa, empezando por los recipientes que contendrán cada una de las muestras, recipientes que contienen los diferentes preservantes necesarios para que las muestras de agua conserven las condiciones de calidad desde el momento que son extraídas de su estado natural, estos son suministrados por el laboratorio contratado para el debido proceso de análisis físicos, químicos y microbiológicos de dichas muestras captadas.

7. El personal encargado de las muestras deberá cumplir con lo necesario para asegurar su integridad a la hora de toma de muestras, para esto se encontrará en el (Anexo F) Un listado de los posibles materiales que se recomiendan usar para la seguridad.

8. Los recipientes contienen preservantes y se encuentran esterilizados, por esta razón no es necesario realizar el proceso de purga, se tomará la muestra original y el duplicado con el fin de garantizar la representatividad del proceso de toma de muestras. Las muestras se obtendrán del agua proveniente de las mangueras que vienen directamente del pozo subterráneo del que se abastecen, de este modo que se abrirá el recipiente, se procederá a llenar los recipientes e inmediatamente que no queden burbujas de oxígeno dentro de la muestra se cerrarán y se almacenarán en las respectivas cavas con su hielo o gel refrigerante para conservar las condiciones de las muestras entre los 0 y los 4 °C.

9. Al igual que en el anterior caso se debe de cumplir con la debida rotulación de las muestras, el cumplimiento de los formatos diligenciados y el registro fotográfico.

10. Análisis de Resultados de Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos

10.1. Resultados de Parámetros Fisicoquímicos

Estos resultados se deberán presentar en una tabla, de modo que contenga el parámetro analizado, el resultado y una columna que contenga lo establecido por la resolución 2115 de 2007, la cual estipula los valores máximos permisibles de calidad que debe presentar el agua para el consumo humano. Dentro del (Anexo I). Se encontrará un formato establecido para la forma de formular los resultados del informe que se realice y a partir de esto analizar dichas condiciones de calidad en las que se encuentra el recurso, de modo que el análisis permita identificar los posibles causantes de dichos resultados, es decir, buscar los influyentes en esos cambios, ya que en muchas ocasiones según la temporada en la que se encuentre la zona, la calidad del agua varía, en temporada pico de lluvias el agua tendrá condiciones diferentes a cuando hay temporada pico de sequías, por esto es importante conocer los resultados de ambos períodos y realizar una comparación, así mismo conocer las condiciones del acuífero y el suelo.

Finalmente, a partir de estos análisis se podrá concluir si el agua es apta para el consumo humano, así mismo servirá como base para un constante seguimiento y control de la calidad del agua subterránea que es extraída a diario dentro de las instalaciones de cada una de las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta.

10.2. Resultados de parámetros microbiológicos

Estos resultados serán suministrados por los laboratorios a cargo de las pruebas, principalmente los encargados de realizar dichos análisis son laboratorios acreditados contratados por la empresa contratista AlecopGroup Colombia, que realiza todo el proceso de pruebas en laboratorio, entrega de resultados y análisis de calidad. Pero si la empresa contratista no se hace cargo ni la entidad a cargo que es CORMACARENA, deberá acudir

a la contratación de los servicios de los laboratorios acreditados por el IDEAM, como Tecnoambiental en la ciudad de Villavicencio, esta empresa prestadora de servicio suministra los debidos recipientes con los preservantes, recipientes de vidrio ámbar que permite conservar los microorganismos presentes en el recurso. Los resultados serán analizados a partir de la resolución 2115 de 2007, la cual estipula los valores máximos permisibles de microorganismos para el consumo humano.

Se debe realizar una tabla de resultados que contendrá: Microorganismo analizado, resultado y valor máximo permisible por la resolución 2115 de 2007. De este modo según los microorganismos presentes en el agua, se podrá analizar que puede estar generando la contaminación si los valores de los resultados son considerables, puesto que la presencia de microorganismos en el agua conlleva a contraer enfermedades, infecciones y entre otras afectaciones en la salud de los seres humanos, en este caso para los habitantes de las escuelas ecoeficientes. Muchas veces la contaminación recae en la degradación del subsuelo o contacto con heces de animales. Así mismo se podrá llegar a la conclusión si el agua es apta para el consumo humano o no.

Recomendaciones

Este manual se encuentra sujeto a modificaciones por parte de la entidad CORMACARENA de modo que las aplicaciones de las técnicas acá propuestas se ajusten al modo operandi que se maneja dentro de dicha organización.

Los resultados pueden variar según la aplicación de las técnicas de muestreo, los recipientes y los niveles de seguridad que maneje el personal encargado del monitoreo dentro de cada una de las instalaciones de las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta.

Es importante llevar un arduo proceso de monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea en estas dos escuelas ecoeficientes porque los que están realizando el aprovechamiento del recurso son niños, individuos más vulnerables que los demás por sus organismos tan delicados, por esto se recomienda llevar a cabo dicho seguimiento cada dos o tres meses con el fin de evaluar las condiciones de calidad según las temporadas picos en las que se encuentre la zona de estudio y de este modo tomar medidas frente los resultados arrojados.

Si en llegado momento se llegase a presentar una alta contaminación en los pozos subterráneos se deberá acudir a la suspensión del uso de este recurso subterráneo ya que no se puede comprometer la seguridad integral de ninguna de las personas dentro de la escuela ecoeficiente. Inmediatamente realizar un estudio a los terrenos aledaños, si algún tipo de cultivo u actividad está generando dicha contaminación y así mismo promover planes de mitigación o solución a posibles eventualidades que se presenten.

Conclusiones

Debido a que los estudios hidrogeológicos en el país y por consiguiente en el municipio no abarcan más del 15 % del total de áreas con posibilidad de explotación y captación de aguas subterráneas, con unas reservas anuales estimadas totales de 40.879 km³, que equivalen a cerca de 70 veces el total de las aguas superficiales del país, es de vital importancia la elaboración de este manual con el fin de realizar de manera correcta el monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea en las dos escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta.

Los parámetros de calidad del agua subterránea fueron elegidos de acuerdo al uso que se establezca para el agua captada, se tomaron muestras para analizar en cada pozo de las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta. Las muestras fueron tomadas en distintos puntos y por otro lado se tuvo en cuenta las temporadas de sequías y lluvias como se estipuló en el presente manual con el fin de que los análisis tuvieran alta confiabilidad.

Para realizar un plan de muestreo, monitoreo seguimiento y control de la calidad de la agua subterránea, se debe establecer una buena logística con el fin de tener un orden y buen manejo de los elementos empleados a la hora de cualquier análisis de calidad.

Es importante elegir un buen medidor multiparámetro con el fin de obtener resultados de calidad a la hora de realizar los análisis in situ de cada uno de los parámetros. Por esta razón en el presente manual, se explica detalladamente el manejo y el funcionamiento para el medidor Hanna HI 9829, el cual es sugerido para realizar los muestreos en los pozos de las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta.

Es fundamental tomar conciencia de la importancia de cambiar las costumbres y la forma en la cual se hace uso del agua, la comunidad institucional de las dos escuelas ecoeficientes requieren contar con sistemas de abastecimiento de agua y así mismo el correcto monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua, que les garantice que sea apta para el consumo humano y de la misma manera proteger su salud.

Referencias Bibliográficas

- Aguamarket. (2017). solidos suspendidos . Obtenido de <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=2735&termino=s%F3lidos+suspendidos%2C+ss>
- ciencia y biología. (2016). Obtenido de <https://cienciaybiologia.com/el-potencial-redox/>
- Collazo, P. (2015). Programa de monitoreo de cantidad y calidad de agua - Monitoreo en acuíferos. Bogotá D.C.
- Constitución Política de Colombia. (2004). Decreto 155 de 2004. Bogotá.
- Consumoteca . (2018). Obtenido de <https://www.consumoteca.com/>
- Definicion de. (2018). Obtenido de <https://definicion.de/purgar/>
- Ecología verde . (2018). Ecología verde . Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-ecoficiencia-261.html>
- Energía solar. (2018). Obtenido de <https://solar-energia.net/definiciones/panel-solar.html>
- Fisicalab. (2018). Obtenido de <https://www.fisicalab.com/apartado/temperatura#contenidos>
- gobierno de españa . (2016). programas de seguimiento . Obtenido de <https://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/default.aspx>
- hidrogeología . (2018). Obtenido de <http://hidrogeologia.materias.gl.fcen.uba.ar/>
- IDEAM. (2015). Sistema de información de recurso hídrico - SIRH. Obtenido de Red Básica Nacional de monitoreo de Aguas Subterráneas - RBASUB: <http://capacitacion.sirh.ideam.gov.co/homeSIRH/HOME/RBSUB/RBASUB.pdf>
- IDEAM. (2018). ministerio de ambiente . Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/entidad/acerca-entidad>
- infojardin . (2017). Obtenido de <http://www.infojardin.net/glosario/agua-freatica/agua-para-consumo-humano.htm>

- iquimicas. (2016). quimica general . Obtenido de <https://iquimicas.com/definicion-ph-calcularlo/>
- ism. (2017). Instituto superior del medio ambiente. Obtenido de <http://www.ismedioambiente.com/agenda/monitoreo-de-la-calidad-del-agua>
- La guía . (2018). Obtenido de <https://quimica.laguia2000.com/propiedades/turbidez>
- monografias. (2016). control de calidad de aguas potbles . Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos82/control-calidad-aguas-potables/control-calidad-aguas-potables.shtml>
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). Cartilla técnica - Aguas subterráneas y acuíferos. Lima.
- Portal educativo . (2012). Obtenido de <https://www.portaleducativo.net/sexta-basico/753/aguas-dulces-o-continentales>
- Rodríguez, C., Vargas, N. O., Jaramillo, O., Piñeros, A., & Cañas, H. (2010). Capítulo 4 - Oferta y uso de agua subterránea en Colombia. En C. Rodríguez, N. O. Vargas, O. Jaramillo, A. Piñeros, & H. Cañas, Estudio Nacional del Agua (págs. 112-168). Bogotá D.C: IDEAM.
- SMART. (2017). Fertilizer management . Obtenido de <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/electrical-conductivity>
- Universo jus. (2017). Obtenido de <http://universojus.com/definicion/electrobomba>

Anexos

Anexo A. Guía de instrucciones de la sonda multipárametros HI 9829

HI 9829 Medidor multiparámetro Con GPS, sonda de registro y medición de turbidez e ISE opcional.

DESCRIPCIÓN GENERAL

HI 9829 es un sistema multiparámetro portátil de registro que mide hasta 14 parámetros distintos de calidad del agua (medidos siete y calculados otros siete). La sonda multisensor inteligente con microprocesador permite medir numerosos parámetros indicativos de la calidad del agua, como el pH, el potencial redox, la turbidez, el oxígeno disuelto, la conductividad, los cloruros, los nitratos, el amonio y la temperatura, con registro de datos. El sistema es fácil de configuración y utilizar.

Características destacadas del sistema HI 9829:

- Medidor y sonda de alta resistencia
- Facilidad de uso
- Mide hasta 16 parámetros y muestra hasta 12
- Seguimiento de los lugares de medición con GPS (opcional)
- Protección impermeable (IP67 para el medidor e IP68 para la sonda)
- Fast Tracker™—T.I.S. (*Tag ID System*) exclusivo
- LCD gráfico con luz de fondo
- Barómetro integrado para compensar la concentración de O.D. (oxígeno disuelto)
- Función de calibración rápida
- Verificación de medidas que permite eliminar las lecturas erróneas

- Reconocimiento automático de sondas y sensores
- Registro a demanda o registro automático (hasta 45.000 muestras) del medidor para todos los parámetros
- Pantalla gráfica de datos registrados

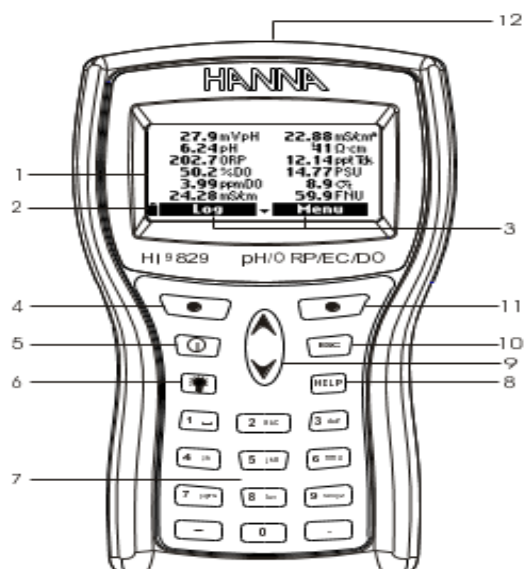
Puerto USB para conexión a PC

- Alcance automático para las lecturas de CE, ISE y turbidez
- Función "Buenas Prácticas de Laboratorio": guarda automáticamente las cinco

Últimas calibraciones

- Sensores reemplazables in situ con tapones con código de colores
- El medidor puede alimentarse con pilas alcalinas o pilas recargables
- Capacidad de carga rápida

DESCRIPCIÓN DE LA PANTALLA Y EL TECLADO



1. LCD gráfico

2. Indicador de nivel de pila

3. Funciones de "tecla-función" (*softkey*)
4. Tecla-función izquierda: función definida en la pantalla
5. Tecla de encendido y apagado: apaga y enciende el medidor
6. Tecla de luz: apaga y enciende la luz de fondo
7. Teclado alfanumérico: sirve para introducir códigos alfanuméricos
8. Tecla AYUDA: muestra información sobre la pantalla actual
9. Teclas de flecha: permiten desplazar las opciones o mensajes mostrados
10. Tecla ESC: regresa a la pantalla anterior
11. Tecla-función derecha: función definida en la pantalla
12. Lector de etiquetas

INSTALACIÓN DE SENSORES Y SONDA

- Antes de proceder con la instalación, engrase las juntas tórica del sensor con el lubricante incluido.
- Las sondas HI 76x9829 cuentan con tres conectores para sensor identificados con triángulos de colores:
- Conector 1 (rojo): para el sensor de pH / redox, pH, amonio, cloruro o nitrato
- Conector 2 (blanco): Para el sensor de oxígeno disuelto
- Conector 3: (azul): Para el sensor de CE o CE / turbidez
- Coloque la clavija del conector hacia el centro de la sonda, asegurándose de asentarla correctamente (no debe moverse libremente) antes de apretar las roscas de cierre.
- Para proteger los sensores, atornille el protector de sondas en el cuerpo de la sonda.
- Antes de conectar la sonda de registro HI 7629829 al medidor, desenrosque la tapa de las pilas e inserte cuatro pilas A4 para el registro autónomo.

- Con el medidor apagado, conecte la sonda al puerto DIN en la cara inferior del medidor. Alinee las varillas y la clavija, presione el enchufe para insertarlo en el puerto y apriete la rosca.
- Encienda el medidor pulsando la tecla de encendido y apagado. El medidor reconocerá automáticamente la sonda y los sensores instalados y los identificará en la pantalla de estado de la sonda. Pulse <Medición> para ver la pantalla de medición.

El medidor HI 9829 cuenta con tres modos operativos: medición, registro y configuración.

Pulsando los números 1 a 7 del teclado, puede configurar la pantalla de medición para que muestre una sola medida o hasta 12 medidas simultáneas. Utilice las teclas de flecha para desplazarse por las mediciones no visibles. Ver apartado 5.3 para más información. Si el sistema no se ha calibrado, las unidades de medición parpadean; también el valor de medición parpadea cuando la lectura está fuera de rango.

Pulse <Registro> para ver el menú de registro. Tiene la posibilidad de registrar una sola muestra en el medidor, iniciar un registro de intervalo en el medidor o iniciar un registro de intervalo en la sonda de registro (HI 7629829).

Pulse <Menú> para entrar en el modo de configuración. Desde aquí puede configurar los parámetros que desea medir, calibrar los sensores, modificar los ajustes del sistema, acceder al menú del GPS y consultar el estado del medidor y la sonda.

Especificaciones

SISTEMA TEMPERATURA	
Rango	de -5,00 a 55,00 °C; de 23,00 a 131,00 °F; de 268,15 a 328,15 K
Resolución	0.01 °C; 0.01 °F; 0.01 K
Precisión	± 0,15 °C; ± 0,27 °F; ± 0,15 K
Calibración	Automática a 1 punto personalizado
pH/mV	
Rango	de 0,00 a 14,00 pH; ± 600,0 mV
Resolución	0.01 pH; 0.1 mV
Precisión	± 0.02 pH; ± 0.5 mV
Calibración	Automático en 1, 2 o 3 puntos con reconocimiento automático de tampones estándar (pH 4,01, 6,86, 7,01, 9,18, 10,01) y un tampón de usuario
POTENCIAL REDOX	
Rango	± 2000.0 mV
Resolución	0.1 mV
Precisión	± 1.0 mV
Calibración	Automática a 1 punto personalizado (mV relativo)
OXÍGENO DISUELTO	
Rango	de 0,0 a 500,0 % de 0,00 a 50,00 ppm (mg/L)
Resolución	0,1 % 0,01 ppm (mg/L)
Precisión	de 0,0 a 300,0 %: ± 1,5 % de la lectura o ± 1.0 % (el que sea más alto); de 300,0 a 500,0 %: ± 3 % de la lectura de 0,00 a 30,00 ppm (mg/L): ± 1,5 % de la lectura o ± 0,10 ppm (mg/L) (el que sea más alto); de 30,00 ppm (mg/L) a 50,00 ppm (mg/L): ± 3 % de la lectura
Calibración	Automática a 1 o 2 puntos a 0, 100 % o 1 punto personalizado
SALINIDAD	
Rango	de 0.00 a 70.00 PSU
Resolución	0.01 PSU
Precisión	± 2% de la lectura o ± 0,01 PSU (el que sea mayor)
Calibración	Basada en la calibración de conductividad
DENSIDAD SIGMA DE AGUA DE MAR	
Rango	de 0.0 a 50.0 s.s.s. -15
Resolución	0.1 s.s.s. -15
Precisión	± 1 s.s.s. -15
Calibración	Basada en la conductividad o la calibración de la salinidad
TURBIDEZ	
Rango	de 0,0 a 99,9 de 0,0 a 1000 FNU
Resolución	0,1 FNU de 0,0 a 99,9 0,1 FNU de 100 a 1000 FNU
Precisión	± 0,3 FNU o ± 2 % de la lectura (la que sea mayor)
Calibración	Automática en 1, 2 o 3 puntos a 0, 20 y 200 FNU, o personalizada
ISE	
Nitrógeno-amonio	
Rango	de 0,02 a 200,0 ppm Am (como NH ₄ ⁺ -N)
Resolución	de 0,01 ppm a 1 ppm de 0,1 ppm a 200,0 ppm
Precisión	± 5 % de la lectura o 2 ppm
Calibración	1 o 2 punto, 10 ppm y 100 ppm
Cloruro	
Rango	entre 0,6 y 200,0 ppm Cl (en forma de Cl ⁻)
Resolución	de 0,01 ppm a 1 ppm de 0,1 ppm a 200,0 ppm
Precisión	± 5 % de la lectura o 2 ppm
Calibración	1 o 2 punto, 10 ppm y 100 ppm
CONDUCTIVIDAD	
Rango	entre 0 y 200 mS/cm (CE absoluta hasta 400 mS/cm)
Resolución	Manual 1 µS/cm; 0,001 mS/cm; 0,01 mS/cm; 0,1 mS/cm; 1 mS/cm Automática 1 µS/cm de 0 a 9999 µS/cm 0,01 mS/cm de 10,00 a 99,99 mS/cm 0,1 mS/cm de 100,0 a 400,0 mS/cm 0,001 mS/cm de 0,000 a 9,999 mS/cm 0,01 mS/cm de 10,00 a 99,99 mS/cm
Precisión	± 1 % de la lectura o ± 0,1 µS/cm (el que sea mayor)
Calibración	Punto único automático, con 6 soluciones patrón (84 µS/cm, 1413 µS/cm, 5,00 mS/cm, 12,88 mS/cm, 80,0 mS/cm, 111,8 mS/cm) o punto personalizado
RESISTIVIDAD	
Rango	de 0 a 999999 (dependiendo de la configuración de medición) W·cm; de 0 a 10000 MW·cm kW·cm
Resolución	Dependiendo de la lectura de resistividad
Calibración	Basada en la conductividad o la calibración de la salinidad
TDS (sólidos totales disueltos)	
Rango	de 0 a 400000 ppm (mg/L); (el valor máximo depende del factor de TDS)
Resolución	Manual 1 ppm (mg/L); 0,001 ppt (g/L); 0,01 ppt (g/L); 0,1 ppt (g/L); 1 ppt (g/L)
Automática	1 ppm (mg/L) de 0 a 9999 ppm (mg/L) 0,01 ppt (g/L) de 10,00 a 99,99 ppt (g/L) 0,1 ppt (g/L) de 100,0 a 400,0 ppt (g/L) 0,001 ppt (g/L) de 0,000 a 9,999 ppt (g/L) 0,01 ppt (g/L) de 10,00 a 100,0 ppt (g/L)
Automática ppt (g/L)	
Precisión	± 1 % de la lectura o ± 1 ppm (mg/L) (el que sea mayor)
Calibración	Basada en la conductividad o la calibración de la salinidad
Nitrógeno-nitrato	
Rango	de 0,62 a 200,0 ppm Ni (como NO ₃ ⁻ -N)
Resolución	de 0,01 ppm a 1 ppm de 0,1 ppm a 200 ppm
Precisión	± 5 % de la lectura o 2 ppm
Calibración	1 o 2 punto, 10 ppm y 100 ppm
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	
Rango	de 450 a 850 mm Hg; de 17,72 a 33,46 en Hg; de 600,0 a 1133,2 mbar; de 8,702 a 16,436 psi; de 0,5921 a 1,1184 atm; de 60,00 a 113,32 kPa
Resolución	0,1 mm Hg; 0,01 en Hg; 0,1 mbar 0,001 psi; 0,0001 atm; 0,01 kPa
Precisión	± 3 mm Hg en torno a ± 15 °C de la temperatura de calibración
Calibración	Automática a 1 punto personalizado
ESPECIFICACIONES DEL MEDIDOR	
Compensación de temperatura	Automático de -5 a 55 °C (de 23 a 131 °F)
Memoria de registro	44.000 registros (registro continuo o registro a solicitud de todos los parámetros)
Intervalo de registro	entre 1 segundo y 3 horas
Comunicación con PC	USB (con el software HI 929829)
Protección impermeable	IP67
Condiciones de medida	entre 0 y 50 °C (32 -122 °F); HR 100 %
Tipo de pilas	Cuatro pilas recargables de 1,2 V, NiMH también cuatro pilas alcalinas de 1,5 V tamaño C
Duración de la pila	Ver más abajo
Peso y dimensiones	221 x 115 x 55 mm (8.7 x 4.5 x 2.2") / 750 g (26.5 oz.)
GPS	Receptor de 12 canales con una precisión de 10 metros (30 ft)

Figura 2. Especificaciones para la configuración del medidor multiparámetro. Adaptado de manual de instrucciones de la HI 9829 medidor multiparámetro, 2018.

Descripción de los sensores de la sonda

El sensor combinado de pH HI 7609829-0 incorpora una membrana de vidrio sensible al pH y una referencia de plata/cloruro de plata con unión doble con electrolito gel.

El sensor combinado pH/redox HI 7609829-1 incorpora una membrana de vidrio sensible para el pH, un sensor de platino para medir el redox y una referencia de plata/ cloruro de plata con unión doble con electrolito gel.



Sensor galvánico de oxígeno disuelto (O.D.) HI 7609829-2.

La fina membrana permeable al gas aísla los elementos del sensor de la solución de medida pero permite el paso del oxígeno. El oxígeno que atraviesa la membrana se reduce en el cátodo y crea una corriente desde la que se determina la concentración de oxígeno. El sensor de O.D. cumple con los métodos de la norma 4500-AG, EPA 360.1.



Sensor de conductividad de 4 electrodos HI 7609829-3. El sensor es inmune a la polarización o a los revestimientos de superficie.



Sensor combinado CE/Turbidez HI 7609829-4. Incluye, en una sola pieza, un sensor de conductividad de 4 electrodos y un sensor de turbidez que cumple con las normas ISO 7027. El sensor de turbidez emplea una técnica óptica que mide las partículas en suspensión del agua.



HI 7609829-10: El electrodo de ion selectivo de amonio

(ISE) es un sensor combinado de membrana líquida utilizado para detectar el nitrógeno-amonio libre en muestras de agua dulce. El sensor emplea una membrana polimérica elaborada de ionóforo de amonio en un cabezal de PVC y un electrodo de referencia de plata/cloruro de plata con unión doble con electrolito gel. Este sensor se utiliza en lugar del sensor de pH de la sonda.



HI 7609829-11: El ISE de cloruros es un sensor combinado de membrana en estado sólido utilizado para detectar iones de cloruro libre en muestras de agua dulce. El sensor utiliza un pellet de cloruro de plata alojado en un cabezal de PEI y un electrodo de referencia de plata/cloruro de plata con unión doble con electrolito gel. Este sensor se utiliza en lugar del sensor de pH de la sonda.

HI 7609829-12: El ISE de nitrato es un sensor combinado de membrana líquida que detecta el nitrógeno-nitrato en muestras de agua dulce. El sensor emplea una membrana polimérica de ionóforo nitrato en el interior de un cabezal de PVC y un electrodo de referencia de plata/cloruro de plata con unión doble con electrolito gel. Este sensor se utiliza en lugar del sensor de pH de la sonda.

Preparación y activación de los sensores

Preparación de pH

Quite el tapón de embalaje del sensor de pH. Si el tapón no contiene líquido, vierta HI 70300 en su interior, vuelva a colocarlo en el sensor y déjelo remojar durante al menos media hora antes del uso. Si no dispone de HI 70300, puede sustituirlo por un tampón de pH 4,01.

Activación del sensor de potencial redox

Para que las mediciones del redox sean lo más precisas posibles, es necesario que la superficie del sensor esté limpia y lisa. Aplicando un tratamiento previo pueden obtenerse respuestas más rápidas.

El tratamiento previo del sensor viene determinado por los valores de pH y el potencial redox de la muestra. La tabla de abajo le orientará sobre cuál es el mejor tratamiento en cada caso.

En primer lugar localice el pH de la muestra. Si el potencial redox (mV) supera los valores de la tabla de abajo, se necesitará un tratamiento oxidante previo. Si el valor es inferior, se necesitará un tratamiento reductor previo.

Preparación del sensor de CE y CE/Turbidez

No es necesario hidratar ni remojar los sensores de CE y CE/Turbidez antes de utilizarlos. Con ayuda del pequeño cepillo incluido en el kit de mantenimiento de la sonda, limpie y desprenda cualquier detrito antes de empezar.

Preparación del sensor de amonio

Quite el tapón de embalaje e inspeccione el sensor. Compruebe que no se hayan formado bolsas de aire cerca de la unión cerámica durante la entrega. Sostenga el sensor por el conector y agítelo (como si fuera un termómetro de mercurio). Acondicione el sensor empapándolo en una pequeña cantidad de patrón **HI 9829-10** de 10 ppm $\text{NH}_4^+\text{-N}$ durante al menos media hora.

Preparación del sensor de cloruro

Quite el tapón de embalaje e inspeccione el sensor. Compruebe que no se hayan formado bolsas de aire cerca de la unión cerámica durante la entrega. Sostenga el sensor por el conector y agítelo (como si fuera un termómetro de mercurio). Acondicione el sensor empapándolo en una pequeña cantidad de patrón **HI 9829-12** de 10 ppm Cl^- durante al menos media hora.

Preparación del sensor de nitrato

Quite el tapón de embalaje e inspeccione el sensor. Compruebe que no se hayan formado bolsas de aire cerca de la unión cerámica durante la entrega. Sostenga el sensor por el conector y agítelo (como si fuera un termómetro de mercurio). Acondicione el sensor empapándolo en una pequeña cantidad de patrón **HI 9829-14** de 10 ppm NO⁻-N durante al menos media hora.

Instalación de los sensores

La sonda HI 76x9829 admite tres sensores distintos: Conector 1: pH, pH/redox o ISE (amonio, cloruro, nitrato), Conector 2: O.D., Conector 3: CE o CE/Turbidez.

Para facilitar la instalación, los sensores cuentan con tapones coloreados y los puertos se identifican con triángulos coloreados.

Nota El sensor CE/Turbidez equipado con un conector de 9 pines no cuenta con tapón coloreado. Siempre se instala en el puerto con los tres triángulos azules.

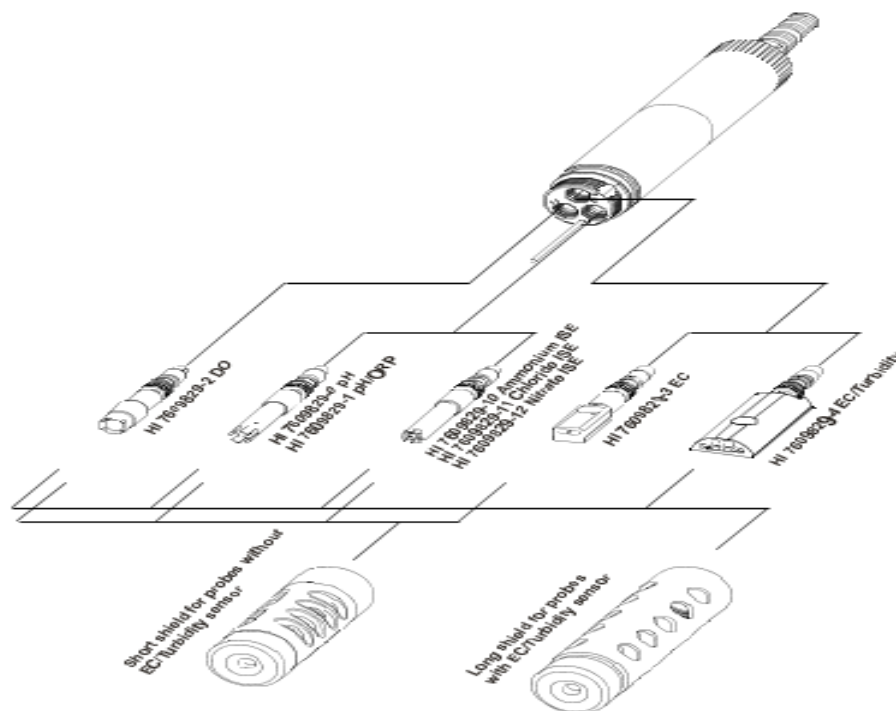


Figura 3. Instalación de sensores a la sonda. Adaptado de manual instructivo, por los autores, 2018.

Para una correcta instalación:

Engrase la junta tórica del sensor con el lubricante incluido en el kit de mantenimiento de la sonda. NO UTILICE otras grasas ni lubricantes ya que podrían hinchar la junta tórica.

Inserte el sensor en la apertura del color adecuado mientras posiciona la clavija del conector hacia el centro de la sonda. Asegúrese de asentar el conector correctamente (no debe moverse libremente) antes de apretar la rosca de cierre con los dedos.

Siga apretando la rosca de cierre con la herramienta del kit de mantenimiento hasta que el sensor quede firmemente fijado contra el cuerpo de la sonda.

Para proteger los sensores, atornille el protector de sondas en el cuerpo de la sonda.

Con el medidor apagado, conecte la sonda al puerto DIN en la cara inferior del medidor. Alinee los pines y la clavija, y presione el enchufe para insertarlo en el puerto. Apriete el casquillo roscado y moleteado.

Encienda el medidor pulsando la tecla de encendido y apagado. El medidor reconocerá automáticamente los sensores instalados y los identificará en la pantalla de estado de la sonda. Si aparece un mensaje de error o no se reconoce el sensor, vuelva a conectar el sensor o la sonda e inténtelo de nuevo.

Seleccionar parámetros

Utilice las teclas de flecha para desplazarse por el menú. Pulse la tecla-función derecha para habilitar o deshabilitar un parámetro determinado o la izquierda para habilitar o deshabilitar todos los parámetros. Cuando la casilla está marcada significa que el parámetro está habilitado.

En la lista solo se muestran los parámetros disponibles.

Nota: Si está habilitada la protección con contraseña, deberá introducir la contraseña para poder modificar cualquier parámetro.

Unidad de los parámetros

Unidad de temperatura

El usuario puede elegir entre las siguientes unidades de temperatura: °C, °F o K. La unidad predeterminada es °C.

Unidad de TDS

El usuario puede seleccionar entre ppm-ppt o mg/L-g/L. La unidad predeterminada es ppm-ppt.

Unidad de concentración de O.D.

El usuario puede seleccionar entre ppm o mg/L. La concentración de oxígeno disuelto se calcula utilizando el porcentaje de saturación, la conductividad y la presión atmosférica. La unidad predeterminada es ppm.

Unidad de presión

El usuario puede seleccionar una de las siguientes unidades de medición: psi, mmHg, inHg, mbar, atm, kPA. La unidad predeterminada es psi.

Calibración del pH

En el menú “Calibración”, seleccione “Calibración parámetro único” y después “pH”. La pantalla muestra dos opciones: "Calibrar pH" y “Rest. calib. De fábrica”.

Si instala un nuevo sensor de pH, ejecute “Rest.calib. De fábrica” antes de modificar la calibración ya que algunos mensajes de advertencia se basan en cambios de las calibraciones anteriores.

Al seleccionar “Rest. calib. De fábrica”, se borran todos los ajustes del usuario y se restaura la calibración de fábrica. Acto seguido el usuario debe realizar su calibración. Si selecciona “Calibrar pH”, el usuario puede realizar una nueva calibración utilizando hasta tres tampones (pH 4,01, 6,86, 7,01, 9,18, 10,01 o un tampón de usuario).

Con la calibración triunfo se sobrescriben todos los datos antiguos, mientras que con la calibración unipunto o bipunto, el medidor utilizará los datos de la calibración anterior.

Preparación

Vierta pequeñas cantidades de las soluciones de tampón elegidas en vasos limpios. Para evitar la contaminación cruzada, utilice dos vasos para cada solución tampón: el primero para enjuagar el sensor y el segundo para la calibración.

Procedimiento

Se muestra el valor de pH medido junto con la temperatura y el valor de tampón en el segundo nivel.

Si es necesario, pulse la tecla-función <Punto cal.> y utilice las flechas de flecha para seleccionar el tampón correcto.

- Sumerja el sensor de pH en la primera solución tampón de enjuague y remueva con suavidad.
- Sumerja el sensor de pH y la sonda de temperatura en el tampón seleccionado y remueva con suavidad. Se muestra la temperatura, el valor de tampón de pH y el mensaje "No listo".
- Una vez estabilizada la lectura, el temporizador iniciará la cuenta atrás hasta que se muestre el mensaje "Listo".
- Pulse <Confirmar> para aceptar el punto de calibración.

Calibración del potencial redox

La opción "Calibrar redox" permite al usuario realizar una calibración personalizada de un solo punto (mV relativo) o restaurar la calibración de fábrica.

El potencial redox (reducción-oxidación) se expresa en mV (milivoltios) y es la tensión resultante de la diferencia de potencial entre el sensor redox de platino y el electrodo de plata/cloruro de plata utilizado como referencia. Aunque los valores redox pueden cambiar con la temperatura no se compensan con ella (por ejemplo, si cambia el potencial del electrodo de referencia, cambia también el equilibrio de la muestra). Es importante indicar los valores de redox junto con el electrodo de referencia utilizado y la temperatura.

La superficie inerte de platino redox sirve de zona de intercambio de electrones con la muestra (o la solución patrón) y su superficie. Aunque el intercambio de electrones suele ser muy rápido en soluciones equilibradas y constantes (como es el caso de las soluciones patrón), puede ser más lento en muestras de agua natural. Si bien normalmente no es obligatorio calibrar los sensores redox nuevos, haciéndolo se establece una base que puede utilizarse como referencia comparativa para validaciones futuras.

La calibración sirve para compensar los cambios debidos a la contaminación de la superficie de platino y la deriva del electrodo de referencia.

También es posible realizar una calibración de mV relativo para eliminar la tensión atribuible al electrodo de Ag/AgCl usado como referencia (para ver el potencial redox comparado con un SHE [electrodo estándar de hidrógeno]). Realmente se trata de una corrección aritmética que solo es correcta a la temperatura estándar. Por ejemplo, el HI 7022L marca 470 mV a 20°C tomando como referencia Ag/AgCl. Si en cambio se toma como referencia un SHE, el redox sería 675 mV. (Se sumarían 205 mV al valor observado).

Calibración del oxígeno disuelto

La exactitud de las mediciones de oxígeno disuelto depende en gran medida de la limpieza de la membrana y la técnica de calibración. Los revestimientos aceitosos y los contaminantes biológicos son la principal causa de deriva de la calibración en los sensores de oxígeno disuelto. Por desgracia, los cepillos y otras herramientas de limpieza pueden dañar la membrana. El mejor mantenimiento es sustituir periódicamente la membrana y el electrolito.

Aunque puede ser más fácil calibrar el sensor de O.D. antes de la medición, se aconseja hacerlo en el mismo lugar de trabajo: si el lugar de la calibración y el lugar de la medición tienen distintas altitudes o presiones bariométricas, se producirán errores de medición. Esta advertencia es especialmente importante con las sondas de registro autónomas.

Calibración de la conductividad

La calibración de conductividad sirve para ajustar las variaciones en factores de la célula utilizando una solución patrón de conductividad conocida. Los revestimientos aceitosos y los contaminantes biológicos son la principal causa de deriva de la calibración en los sensores de

conductividad. Este tipo de suciedad cambia la geometría de la célula aparente, lo que resulta en una deriva de la constante de la célula. Antes de calibrar la conductividad, compruebe que el sensor de CE no esté sucio ni obstruido. Los electrodos de CE se encuentran alojados en dos pequeños canales en la cara inferior del sensor de conductividad. Límpielos con ayuda del pequeño cepillo incluido en el kit de mantenimiento de la sonda. Aclare con agua. Puede utilizar un detergente suave para eliminar las capas grasientas. Aclare siempre con agua después de la limpieza.

Calibración de la turbidez

En el menú "Calibración", seleccione "Calibración de cada parám. Individual" y después "Calibrar turbidez". La pantalla muestra dos opciones: "Calibrar turbidez" y "Rest. calib. de fábrica".

El sensor de turbidez de HANNA cumple con la norma ISO 7027 que especifica el ángulo entre la luz emitida y la detectada, y la longitud de onda de la fuente de luz. Para obtener mejores resultados, realice una calibración de tres puntos a 0,0, 20,0, y 200,0 FNU. Aunque esta calibración se basa en el patrón formacina, el inconveniente de este tipo de patrón es que debe prepararse todos los días. De ahí que resulte más práctico utilizar un patrón secundario basado en un polímero sintético. Para más información sobre las soluciones de calibración de HANNA.

Calibración de la temperatura

La sonda viene calibrada de fábrica para leer la temperatura. El usuario puede realizar una calibración de temperatura de un punto o restaurar la calibración de fábrica. Para este procedimiento se necesita un instrumento de medición de temperatura que sirva de referencia.

Seleccione "Temperatura" del menú "Calibración".

Seleccione "Calibrar temperatura".

Introduzca la sonda en un baño isotérmico con el instrumento de referencia y espere a que la sonda alcance un equilibrio térmico.

Con ayuda del teclado, escriba la temperatura conocida y pulse <Aceptar> para confirmar.

El medidor de estabilidad iniciará la cuenta atrás y al final se muestran los mensajes "Listo" y <Confirmar>.

Pulse <Confirmar> para guardar el punto de calibración.

Configurar la sonda

La sonda puede etiquetarse con un código de identificación: pulse <Modifica> y se abre un cuadro de texto. Con ayuda del teclado, escriba el código alfanumérico deseado y pulse <Aceptar>.

Puede contener un máximo de 14 caracteres.

8.2.2 Contraseña de la sonda

La contraseña de la sonda evita cambios no autorizados en configuración de la sonda y el borrado de los datos de registro. Si lo activa, muchos ajustes y funciones no podrán modificarse ni consultarse.

Para habilitar la contraseña:

- Resalte "Contraseña de sonda" y pulse <Modificar>.
- Escriba la contraseña deseada en el cuadro de texto y pulse <Aceptar>.

Nota Mientras escribe, los caracteres se ocultan con asteriscos ("*").

Modo de registro

El sistema HI 9829 y HI 76x9829 ofrece muchas opciones de registro que pueden combinarse según las necesidades del usuario. En las siguientes imágenes se muestran las opciones de registro disponibles.

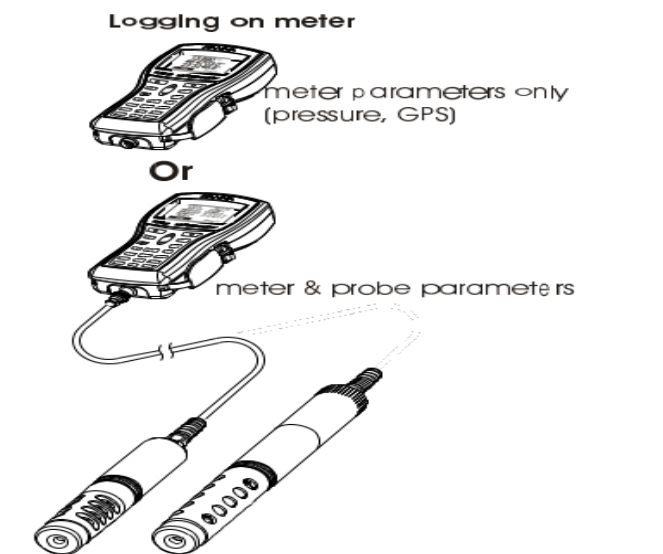


Figura 4. Usos de la sonda. Adaptado de Manual instructivo, por los autores, 2018.

Recuperación de registros

Es posible consultar todos los datos registrados mediante dos opciones de recuperación. Para poder acceder a los datos registrados en la sonda es necesario que la sonda esté conectada al medidor o a la aplicación de PC HI 929829; después seleccione la opción “Recuperar registros de sonda”. Para ver los registros de sonda descargados en el medidor y los datos registrados en el medidor, utilice la opción "Recuperar registro de medidor".

Recuperar registros de medidor

Para ver los registros guardados en el medidor, seleccione "Recuperar registros de medidor". El medidor mostrará el número de lotes disponibles. Seleccione "Lotes" para ver o eliminar lotes concretos.

Utilice las teclas de flecha para seleccionar el lote deseado y pulse <Ver>.

El medidor muestra un resumen de los datos relacionados con el lote elegido: número de muestras, espacio de memoria utilizado, hora y fecha de la primera y última lecturas.

Para ver los detalles de una muestra de cada punto, pulse <Ver>. Utilice las teclas de flecha para cambiar el número de muestra en el lote seleccionado. El número de la muestra figura en la esquina inferior derecha de la pantalla.

Pulse <Info> para ver los datos de registro de la muestra actual: hora y fecha, comentario, posición (solo para modelos con GPS) e ID de etiqueta o número de serie (si está disponible).

Pulse <Datos> para volver a la pantalla anterior o <Saltar> para seleccionar otra muestra del mismo lote. Al pulsar <Saltar>, aparece un cuadro de texto donde insertar el número de la muestra deseada.

Pulse ESC para volver al menú. Elija "Graficar" y el medidor creará una lista con todos los parámetros disponibles que pueden trazarse.

Utilice las teclas de flecha para seleccionar el parámetro deseado. Pulse <Seleccionar> para ver el gráfico.

Utilice las teclas de flecha para mover el cursor en el gráfico y resaltar una muestra. Los datos de la muestra se muestran debajo del gráfico.



HANNA Instruments S.L

Polígono industrial Azitain

Parcela 3B

20600 Eibar-Gipuzkoa

Tel.: 902 420 100

Fax: 902 420 101

Asistencia técnica

Tel.902 420 103 sat@hanna.es

Anexo B. Formato para información de la fuente de captación

Tabla 1.

Formato para información de la fuente de captación.

Información de la fuente de captación							
Departamento		Municipio		Código		Corregimiento	
Vereda				Acuífero			
Tipo de fuente							
Superficial				Subterránea			
Rio	Quebrada	Arroyo	Ciénaga	Pozo	Aljibe	Manantial	Galería
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Lago	Laguna	Lluvia	Marina	Otra. Cual?			
☐	☐	☐	☐				
Nombre de la fuente:				Observaciones de la fuente:			

Nota: formato de captación. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Anexo C. Formato para la información de la captación de la fuente

Tabla 2.

Formato para información sobre método de captación de la fuente.

Información de la captación de la fuente		
Tipo de captación	Características del sistema de abastecimiento	Coordenadas geográficas de la captación
Manguera ☐	Derivación ☐	Latitud: _____
Bocatoma ☐	Conducción ☐	Longitud: _____
Tubo ☐	Distribución ☐	Altura: (m.s.n.m) _____
Motobomba ☐	Otra, cuál? ☐ _____	
Canal ☐	Observaciones de la captación. _____ _____ _____ _____	
Otra, cuál? ☐ _____		
Esquema de localización y punto de captación: 		

Nota: formato de método de captación Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Anexo D. Formato para la información del uso del recurso

Tabla 3.

Formato para información del uso de recurso.

Información del uso del recurso			
uso domestico ☐	Número de personas permanentes: _____		Número de personas no permanentes: _____
Uso pecuario (se debe especificar) ☐	Tipo: _____		Numero: _____
Uso acuícola ☐	Numero: _____	Volumen m3: _____	Tipo: _____
Uso agrícola ☐	Área: _____	Consumo (lt/seg): _____	Cultivo: _____

Nota: formato de uso del recurso Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Anexo E. Formato para toma de muestras

Tabla 4.

Formato para información sobre toma de muestras

Formato para registro de toma de datos en un muestreo in situ						Corporación: CORMACARENA 				
Elaborado por:						Fecha:				
Entregado a:						Fecha:				
Punto de muestreo:						Dependencia:				
Nombre de institución:										
Tipo de muestra	Hora	Volumen	Caudal	pH	Conductividad	Temperatura	Oxígeno Disuelto	Color aparente	Olor	Otro, cuál?
Condiciones climáticas:						Observaciones:				
Nombre del tomador:						Nombre del transportador:				

Nota: formato toma de muestras Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Anexo F. Materiales de seguridad que debe usar el personal encargado

Tabla 5.

Formato para materiales de seguridad

Para protección y seguridad de las personas que efectúan el muestreo	
Overol o ropa de trabajo cómoda ☐	Guante de carnaza ☐
Gafas de seguridad ☐	Botas de caucho ☐
Guates de caucho ☐	Impermeable para la lluvia ☐
Guantes de látex ☐	Mascara respiratoria con filtros para ácidos y vapores orgánicos ☐

Nota: materiales de seguridad Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Tabla 6.

Formato para materiales de supervivencia en campo

Para la supervivencia en campo	
Caja de herramienta con herramientas básicas ☐	Binoculares ☐
Botiquín de primero auxilios, cuchillo ☐	Extintor (tipo B) ☐
Sombrero, bloqueador solar, agua para beber ☐	Linterna con pilas extra ☐
Repelente contra insectos ☐	Cuerda ☐
Agua suficiente ☐	Pito y luces de bengala ☐
Radio ☐	
Bayetilla roja ☐	

Nota: materiales de supervivencia en campo Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Anexo G. Requerimiento para envase, preservación y almacenamiento de las muestras

Tabla 7.

Clasificación para el almacenamiento de muestras

Determinación	Tipo de recipiente	Volumen mínimo de la muestra ml	Tiempo recomendado	Tiempo máximo
Carbono orgánico total	Vidrio	100	7 días	28 días
Cianuro total	Plástico, vidrio	500	24 horas	14 días
Cloruro	Plástico, vidrio	50	28 días	28 días
Conductividad	Plástico, vidrio	500	28 días	28 días
DBO	Plástico, vidrio	1000	6 horas	48 horas
DQO	Plástico, vidrio	100	7 días	28 días
Fenoles	Plástico, vidrio	500	28 días	28 días
Fosfato	Vidrio	100	48 horas	48 horas
Fosforo total	Vidrio enjuagado con HNO ₃ 1+1;	100	48 horas	28 días
Grasa y aceite	Vidrio boca ancha	1000	28 días	28 días
Metales, general	Plástico, vidrio	500	6 meses	6 meses

	enjuagado con HNO ₃ 1+1;			
Tabla7. (continuación)				
Metales, mercurio	Plástico, vidrio enjuagado con HNO ₃ 1+1;	500	28 días	28 días
Nitrógeno amoniacoal	Plástico, vidrio	500	7 días	28 días
Nitrato	Plástico, vidrio	100	48 horas	48 horas
Nitrito	Plástico, vidrio	100	7 días	28 días
pH	Plástico, vidrio	50	2 horas	-
Solidos	Plástico, vidrio	200	7 días	2- 7 días
Sulfato	Plástico, vidrio	100	28 días	28 días
Sulfuro	Plástico, vidrio	100	7 días	28 días
Temperatura	Plástico, vidrio	-	-	-
Turbidez	Plástico, vidrio	100	24 horas	48 horas

Nota: almacenamiento de muestras Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Anexo H. Formato para análisis y resultados de parámetros medidos

Tabla 8.

Formato para recolección de datos de muestras in situ

Formato para registro de toma de datos en un muestreo in situ					Corporación: CORMACARENA 					
Elaborado por:					Fecha:					
Entregado a:					Fecha:					
Punto de muestreo:					Dependencia:					
Nombre de institución:										
Resultado obtenido	Hora de análisis	Volumen	Caudal	pH	Conductividad	Temperatura	Oxígeno Disuelto	Color aparente	Olor	Otro, cuál?

Nota: recolección de datos Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Anexo I. Valores máximos de los datos recolectados según la norma

Tabla 8.

Formato para recolección de datos con los valores máximos permisibles por la norma.

Parámetro	Unidad	Resultado obtenido	Decreto 1594 de 1984			Resolución 2115 de 2007
			Art. 38	Art. 39	Art. 40	Valores máximos

Nota: valores máximos permisibles Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.