 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# **Diseño y construcción de un equipo para la medición de parámetros físico químicos en agua de quebradas**

Luis de Jesús Castaño Montoya

Programa Académico

Ingeniería Electromecánica

Director(es) del trabajo de grado

MSc. Juliana Valencia Aguirre

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**Mayo de 2019**

# RESUMEN

---

La Valeria es una micro cuenca ubicada en el municipio de Caldas, Departamento de Antioquia, la cual presenta problemas ambientales por los vertimientos de aguas residuales domesticas de las personas que habitan cerca de ella y los constantes deslizamientos de tierra del sector. La quebrada es el principal suministro de agua potable para esta comunidad, por tal motivo es importante hacer un control sobre los niveles de su calidad para tomar acciones correctivas que permitan prevenir su deterioro ; Con este proyecto vamos realizar la medición de cinco parámetros físico químicos que indiquen la calidad del agua de este afluente , el proceso inicia con la adecuación del montaje Mecánico sobre una pequeña bocatoma de la quebrada, posteriormente con el diseño de la lógica de programación en lenguaje C++ y la integración con equipos finales de censado, dando como resultado un equipo de medición multiparametrica , el cual va a capturar la información de las variables físico-químicas a través de sensores análogos , luego se realizara la conversión a señales digitales para transferirlas a tarjetas de ordenamiento lógico y procesarlas en controladores para finalmente enviarla a un equipo de verificación y calificación de la información en la torre de control del sistema de alerta temprana (SIATA), este equipo va ser el encargado de descartar información incoherente y presentar al público información veraz y confiable.

*Palabras clave:* calidad del agua, bocatoma, sensores, medición, parámetros físico-químicos, lenguaje de programación.

# RECONOCIMIENTOS

---

A la Docente Juliana Valencia Aguirre, asesora Metodológica, por su Apoyo, Orientación y Dirección durante el desarrollo del presente Proyecto.

Al Docente Juan Sebastián Botero Valencia, asesor metodológico, por creer en la idea del producto, por interés y guía clara durante el desarrollo del presente Proyecto.

A Todos aquellas personas que nos brindaron su apoyo durante el proceso de investigación de nuestro trabajo de Grado.

A nuestras Familias, por su apoyo incondicional.

# ACRÓNIMOS

---

PH: Medida de Acidez o alcalinidad de una solución

ORP: Potencial de Oxidación/Reducción

CE: Conductividad Eléctrica

OD: Oxígeno Disuelto

Raspberry: Computadora Personal de Tamaño de una Placa de Circuito

Arduino: Micro controlador de núcleo ARM de 32 Bit

Python: Lenguaje de Programación

C++: Lenguaje de programación

GPRS: Servicio General de paquetes vía radio

ARD: Aguas Residuales domesticas

Trama: Información que recolecta el procesador para ser transmitida a un servidor.

BNC: Conector coaxial de fácil ensamble

# TABLA DE CONTENIDO

## Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	
1.1	Objetivo general .....	
1.2	Objetivos específicos .....	
2.	MARCO TEÓRICO .....	
2.1	¿Por qué es necesario monitorear la calidad del Agua?.....	
2.2	Razones para la integración de un sistema multiparametrico de monitoreo del Agua .....	
2.3	Sensores Analógicos .....	
2.4	¿Qué es una Raspberry pi 3 Modelo B?.....	
2.5	¿Qué es un arduino DUE? .....	
3.	METODOLOGÍA .....	
3.1	Reconocimiento del sector y la Quebrada.....	
3.2	Instalaciones Mecánicas .....	
3.3	Puesta en marcha del Sistema de Medición.....	
3.4	Verificación del sistema de medición .....	
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....	
	REFERENCIAS.....	
	APÉNDICE .....	

# 1. INTRODUCCIÓN

---

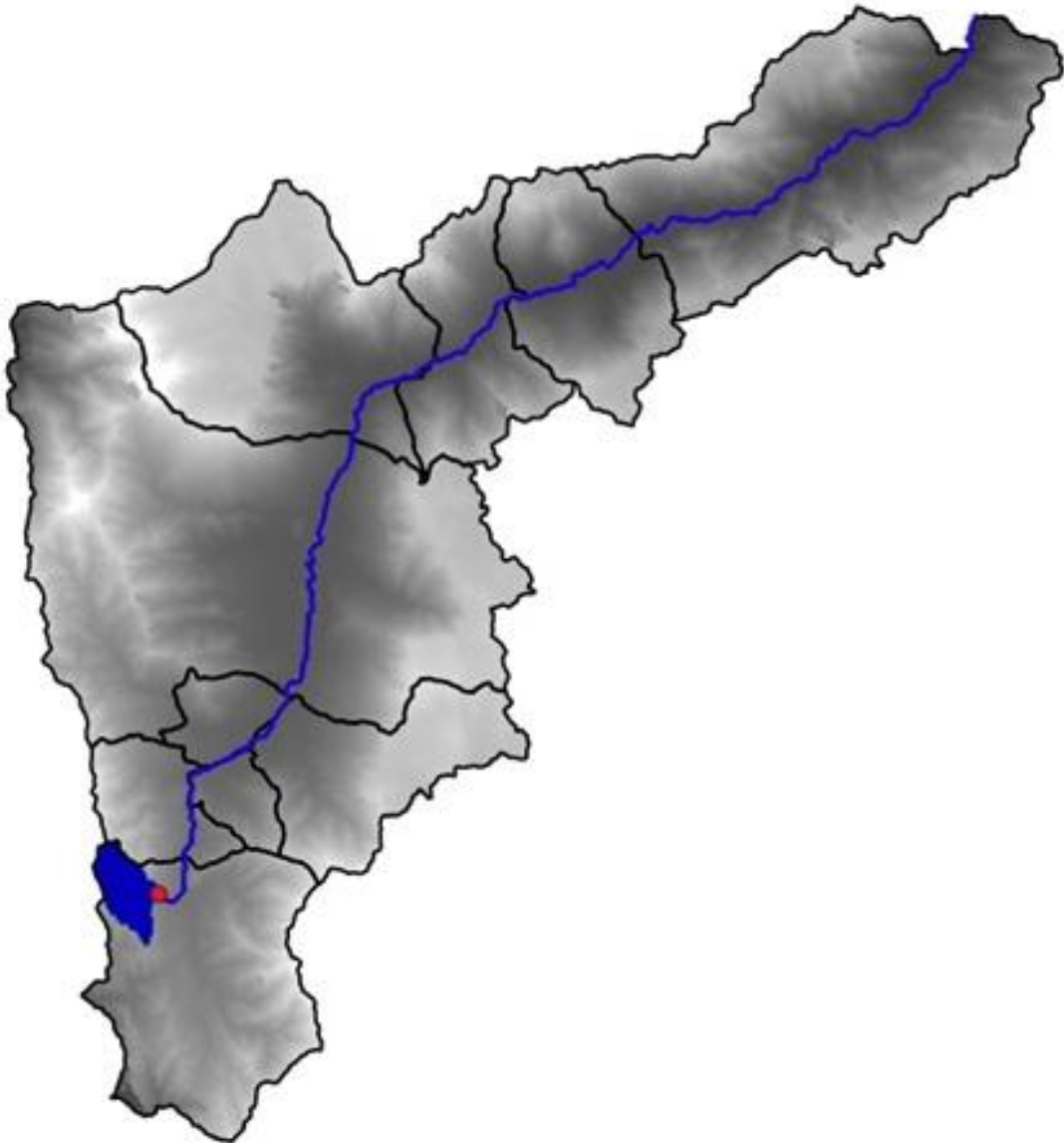
Localizada en el sur occidente del valle de aburra con un área de 11,7 Km<sup>2</sup> y una longitud de cause de 9,6 Km la quebrada la Valeria es la micro cuenca que suministra agua potable a la planta de tratamiento del municipio de Caldas.

Según informe del diagnóstico ambiental elaborado por el equipo técnico del Plan Quebradas en la micro cuenca La Valeria se tiene que: “Con respecto a vertimientos y residuos sólidos: En la zona media de la cuenca prima los vertimientos directos de agua residual proveniente de las viviendas (caserío San Fernando); en la zona media y baja se presenta gran cantidad de vertimientos de ARD directos al cauce”, se evidenciaron vertimientos de importancia ambiental que afectan de manera significativa la calidad del agua captada en los acueductos de La Valeria ubicadas en la zona media de la cuenca en cuestión. (EPM, 2016)

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos.

(ONU, 2005-2015)

En particular la Valeria es un afluente de agua vital para la comunidad del municipio de Caldas, la cual se debe monitorear debido a su problemática socio-ambiental, con el fin de garantizar acciones de prevención, corrección y mejoramiento en la utilización de este recurso. En la imagen 1 indicamos la ubicación geográfica de la quebrada la Valeria.

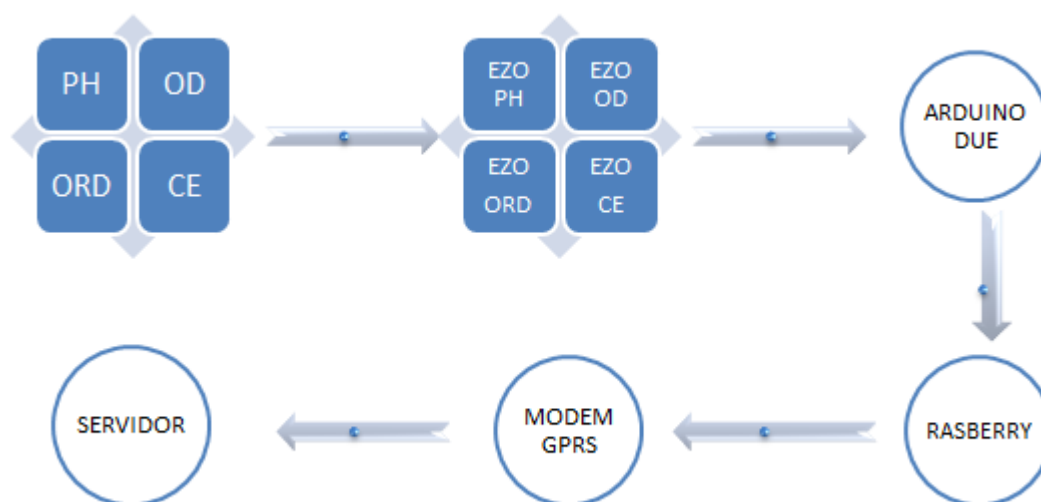


*Imagen 1. Vista Satelital quebrada la Valeria departamento Hidrología SIATA (2018)*

El proceso inicia con la medición de cinco variables físico-químicas capturadas a través de sensores análogos los cuales transmiten los datos censados a tarjetas conversoras de señal analógica a digital , estas señales son recibidas en el arduino Due, Componente que contiene las instrucciones lógicas ordenadas para luego ser procesadas por la Raspberry pi modelo B , equipo encargado de enviar la información de manera ordenada al modem de comunicación, el cual

por medio de señal GPRS transmite los datos al servidor de SIATA ; Una vez la información se encuentra en los servidores una persona califica esta información , proceso que consiste en descartar datos incoherente y presentar al público información veraz y confiable.

En la imagen 2 se muestra en un diagrama el proceso lógico de adquisición y procesamiento de datos por parte del equipo de medición multiparametrica.



*Imagen 2. Diagrama de flujo proceso adquisición y transferencia de Datos*

En el primer bloque se encuentran los sensores analógicos, el segundo bloque describe las tarjetas de conversión por cada variable; por último se indican los 3 equipos utilizados para el procesamiento de datos hasta llegar al servidor.

Teniendo en cuenta la necesidad de monitorear la calidad del recurso hídrico y la importancia de generar mecanismos que permitan alertar y tomar acciones de forma preventiva y correctiva en la quebrada se plantearon los siguientes objetivos.



## 1.1 Objetivo general

Diseñar y fabricar un equipo de medición múltiparamétrica capaz de sensar, procesar y transmitir variables físico-químico, haciendo uso de elementos finales de control, algoritmos de programación en lenguajes C++ y Python, con el fin de supervisar, alertar y tomar acciones preventivas o correctivas sobre la calidad del agua en la quebrada.

## 1.2 Objetivos específicos

- Identificar las condiciones topográficas de la bocatoma y la estructura adecuada para la instalación mecánica del equipo.
- Instalación mecánica , eléctrica y puesta en marcha del equipo
- Realizar pruebas de comunicación entre modem y Servidor
- Realizar procedimiento escrito y calibración inicial en los sensores.
- Validar funcionamiento del equipo con datos capturados por el servidor.

## 2. MARCO TEÓRICO

---

### 2.1 ¿Por qué es necesario monitorear la calidad del Agua?

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico. (ONU, 2005-2015)

La mitad de la humanidad vive en la actualidad en ciudades y dentro de dos décadas, casi el 60% de la población mundial habitará en núcleos urbanos. El crecimiento urbano es mayor en los países en desarrollo, donde las ciudades aumentan su población a medida de 5 millones de habitantes al mes. La explosión del crecimiento urbano conlleva unos desafíos sin precedentes entre los que la falta de suministro de agua y saneamiento es el más urgente y lesivo.

Dos son los principales desafíos en materia de agua que afectan a la sostenibilidad de los asentamientos urbanos: la falta de acceso a agua saludable con saneamiento y el aumento de desastres relacionados con el agua como inundaciones y sequías. Estos problemas conllevan enormes y trágicas consecuencias para la salud y el bienestar humanos, la seguridad, el medio ambiente, el crecimiento económico y el desarrollo. La falta de servicios adecuados de suministro de agua y saneamiento conduce a enfermedades como la diarrea o brotes de malaria y de cólera

Los que más sufren los desafíos que representa el agua son las poblaciones de bajos recursos de las ciudades que con frecuencia, viven en zonas suburbanas o en asentamientos irregulares en rápido proceso de expansión y donde no están cubiertas las necesidades más básicas para la vida como un agua potable saludable, un saneamiento adecuado, el acceso a servicios de salud, una vivienda duradera y segura.

Las ciudades no se pueden considerar sostenibles si no garantizan un acceso fiable al agua potable y un saneamiento adecuado. Lidar con las necesidades crecientes de los servicios de agua y saneamiento de las ciudades es una de las cuestiones prioritarias de este siglo. La gestión sostenible, eficiente y equitativa del agua en las ciudades no ha sido nunca tan importante como lo es en el panorama mundial actual (ONU, 2015)

## **2.2 Razones para la integración de un sistema multiparametrico de monitoreo del Agua**

Como lo indica (Randhawa, Sandha, & Srivastava, 2016) el enfoque tradicional de monitorear la calidad del agua ha sido a través de pruebas de laboratorio de muestras de agua recolectadas. Aunque esta técnica ofrece un rango de prueba completo que incluye parámetros biológicos, químicos y físicos, no es práctico para medir varios puntos a lo largo de un largo tramo de cuerpo de agua. Además, el muestreo basado en el laboratorio puede llevar varios días y algunos parámetros pueden mostrar menor precisión que el muestreo en sitio. En los últimos tiempos, los sensores en tiempo real para monitoreo ambiental están comenzando a ganar popularidad debido al rápido avance en la tecnología de sensores. La recopilación continua de datos de calidad del agua se puede usar para monitorear el estado de un ecosistema fluvial, establecer tendencias y determinar aspectos específicos relacionados con la detección de eventos como vertimientos de ARD, productos químicos o desbordamientos de tierra.

Muchas tecnologías convencionales de monitoreo de la calidad del agua carecen de integración, requieren constante mano de obra, tiempo y son de alto costo. Típicamente en muchos sistemas solo un parámetro como el pH se mide. Estas limitaciones técnicas y económicas plantean desafíos inminentes para mantener una alta calidad del agua en ciudades muy pobladas (gran consumo de agua y rápida degradación de la calidad del agua) y en áreas remotas

Por lo tanto, sistemas de detección integrados de bajo costo, altamente sensibles, precisos, confiables, fáciles de usar son necesarios para el monitoreo regular / continuo de múltiples

parámetros de calidad del agua en múltiples ubicaciones para garantizar la seguridad continua del agua. (Yiheng Qin, 2018)

En este trabajo se realiza un sistema integrado de medición mutiparamétrica que puede medir de manera simultánea y en tiempo real, pH, conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto y potencial de oxidación reducción, una alternativa confiable y de bajo costo que puede ser utilizada en nuestras quebradas.

## 2.3 Sensores Analógicos

### Sensor de Oxígeno disuelto

Una sonda de oxígeno disuelto galvánica consiste en una membrana de polietileno, un ánodo bañado en un electrolito y un cátodo. Las moléculas de oxígeno se desactivan a través de las sondas de la membrana a una velocidad constante (sin la membrana, la reacción sucede rápidamente).

Una vez que las moléculas de oxígeno han cruzado la membrana, se reducen al cátodo y una pequeña tensión que se produce. Si no hay moléculas de oxígeno presentes, la sonda dará una salida de 0 mV. A medida que aumenta el oxígeno, también lo hace la salida de mV de la sonda. La sonda emitirá un voltaje diferente en presencia de oxígeno. Lo único que es constante es que  $0\text{mV} = 0 \text{ Oxígeno}$ .

Esta sonda de oxígeno disuelto galvánica es un dispositivo pasivo que genera un pequeño voltaje de  $0\text{mv} - 40+ \text{mv}$  dependiendo de la saturación de oxígeno de la membrana de detección de teflón. Esta tensión puede leerse fácilmente con un multímetro o un convertidor analógico a digital. (Atlas Scientific Enviromental Robtics, 2018) , en la imagen 3 y la tabla 1 se indican las características técnicas del sensor de O.D empleado.



*Imagen 3 . Sensor de OD (Atlas Scientific, 2018)*

Nombre del equipo	Sonda Oxígeno Disuelto
Marca del equipo	Atlas Scientific
Lectura	Oxígeno Disuelto
Rango	0 – 100 mg/L
Tiempo de respuesta	~0.3 mg/L/por segundo
Max Presión	3,447 kPa (500 PSI)
Max Profundidad	343 metros (1,125 ft)
Rango de Temperatura	1 – 50 °C
Largo de Cable	1 metro
Sensor de Temperatura Interno	No
Tiempo antes de recalibración	~1 año
Expectativa de Vida	5 años +
Tiempo de mantenimiento	~18 Meses
Peso	52 gramos
Dimensiones	16.5mm x 114mm (0.5" x 4.48")
Conector BNC	Yes
Esterilización	Solo Químico
Tipo de membrana	Teflón

*Tabla 1. Especificaciones técnicas sensor OD (Atlas Scientific, 2018)*

## Sensor de Conductividad

Una sonda E.C. (conductividad eléctrica) mide la conductividad eléctrica en una solución. Se usa comúnmente en hidroponía, acuicultura y sistemas de agua dulce para monitorear Cantidad de nutrientes, sales o impurezas en el agua, dentro de la sonda de conductividad dos electrodos está colocados uno frente al otro, se aplica una tensión de CA a los electrodos que hace que los cationes se muevan hacia la parte negativa del electrodo cargado, mientras que los aniones se mueven al electrodo positivo. Cuanto más libre electrolito que contiene el líquido, mayor será la conductividad eléctrica. (Atlas Scientific Environmental Robotics, 2017) , en la tabla 2 se presentan las especificaciones técnicas del sensor de Conductividad eléctrica empleado.

Nombre del equipo	Sonda Conductividad K 1.0
Marca del equipo	Atlas Scientific
Lectura	Conductividad
Rango	5 – 200,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Tiempo de respuesta	90% in 1s
Max Presión	3,447 kPa (500 PSI)
Max Profundidad	343 metros (1,125 ft)
Rango de Temperatura	1 – 110 °C
Largo de Cable	1 meter
Sensor de Temperatura Interno	No
Tiempo antes de recalibración	N/A
Expectativa de Vida	~10 años
Tiempo de mantenimiento	~10 Meses
Peso	51 gramos
Dimensiones	12mm x 150mm (0.47" x 6")
Conector BNC	Yes
Esterilización	Solo Químico
Tipo de membrana	N/A

*Tabla 2. Especificaciones técnicas Sensor Conductividad (Atlas Scientific, 2017)*

## Sensor de PH

La sonda de pH (potencial de hidrógeno) mide la actividad de iones de hidrógeno en un líquido. Esta membrana de vidrio permite que los iones de hidrógeno líquido que se está midiendo se disuelvan en la capa externa del vidrio, mientras que los iones más grandes permanecen en la solución. La diferencia en la concentración de iones de hidrógeno (fuera de la sonda frente a la sonda) crea una corriente muy pequeña. Esta corriente es proporcional a la concentración de iones de hidrógeno en el líquido que se mide.

(Atlas Scientific Environmental Robotics , 2018) . En la imagen 4 se presenta los tipos de pH que existen.

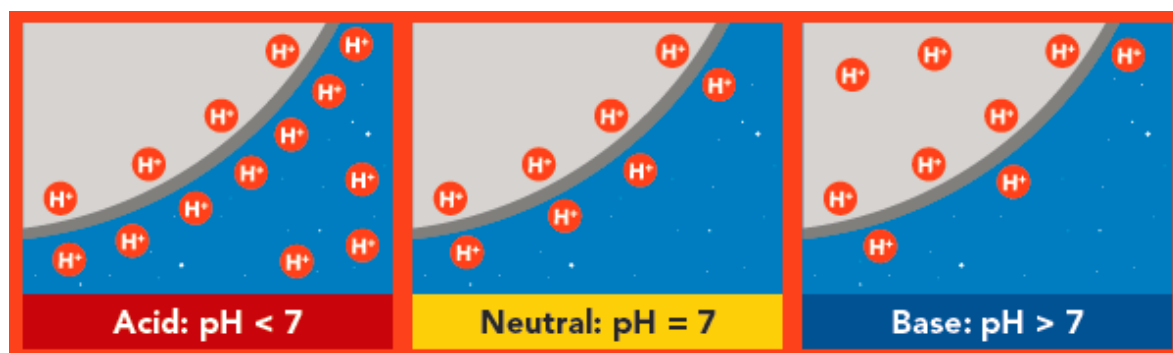


Imagen 4. Tipos de pH (Atlas Scientific, 2018)

La corriente que se genera a partir de la actividad de iones de hidrógeno es el recíproco de esa actividad y se puede predecir usando la ecuación1 indicada a continuación:

$$E = E^0 + \frac{RT}{F} \ln(\alpha_{H^+}) = E^0 - \frac{2.303 RT}{F} \text{pH}$$

Ecuación 1. Conductividad Eléctrica (Atlas Scientific, 2018)

Dónde:

R es la constante de gas ideal.

T es la temperatura en Kelvin.

F es la constante de Faraday.

Una sonda de pH es un dispositivo pasivo que puede captar tensiones que se transmiten a través de la solución que se mide, en la imagen 5 y la tabla 3 se indican las especificaciones técnicas de la sonda empleada.



*Imagen 5. Sensor de pH (Atlas Scientific, 2018)*



Nombre del equipo	Sonda PH Industrial
Marca del equipo	Atlas Scientific
Lectura	pH
Rango	0-14
Resolución	+/- 0.0001
Tiempo de respuesta	95% in 1s
Max Presión	100 PSI
Max Profundidad	60m (197 ft)
Rango de Temperatura	1 – 99 °C
Largo de Cable	3 metros
Sensor de Temperatura Interno	SI (PT1000)
Tiempo antes de recalibración	~1 año
Expectativa de Vida	~ 4 años
Tiempo de mantenimiento	N/A
Peso	250 gramos
Cuerpo material	Ryton termoplástico
Tipo de sonda temperatura	Clase A platino, RTD
Esterilización	Solo Químico

*Tabla 3. Especificaciones técnicas sensor pH (Atlas Scientific, 2018)*

### **Sensor de ORP**

ORP significa potencial de oxidación / reducción. La oxidación es la pérdida de electrones y la reducción es la ganancia de electrones. La salida de la sonda se representa en milivoltios y puede ser positivo o negativo. Al igual que una sonda de pH mide la actividad de iones de hidrógeno en un líquido; una sonda de ORP mide actividad de electrones en un líquido. Las lecturas de ORP representan cuán fuertemente son los electrones transferidos hacia o desde sustancias en un líquido.

Teniendo en cuenta que las lecturas no indica la cantidad de electrones disponibles para la transferencia. (Atlas Scientific Environmental Robotics, 2017). En la imagen 6 y la tabla 4 se presentan las especificaciones técnicas de la sonda empleada.

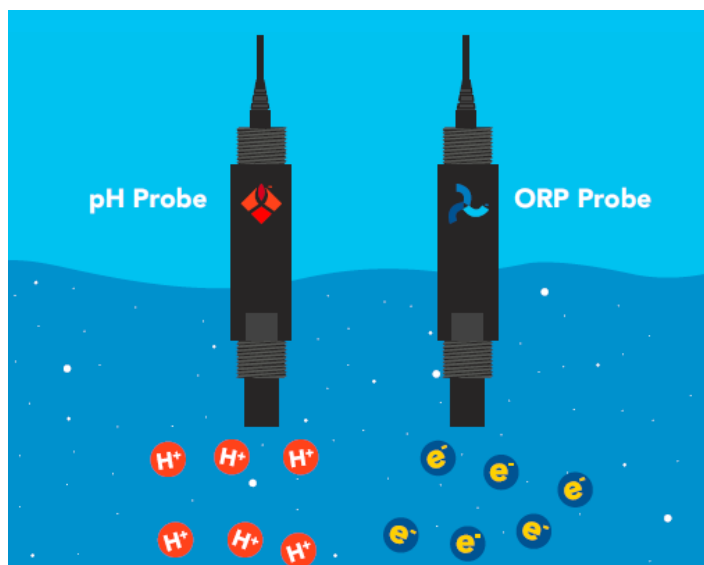


Imagen 6. Sensor de ORP (Atlas Scientific, 2017)

Nombre del equipo	Sonda de ORP (potencial de oxidacion-reduccion)
Marca del equipo	Atlas Scientific
Lectura	ORP
Rango	+/- 2000 mV
Temperatura. Exactitud	+/- (0.15 + (0.002 * t))
Tiempo de respuesta	95% in 1s
Max Presión	100 PSI
Max Profundidad	60m (197 ft)
Rango de Temperatura	1 – 99 °C
Largo de Cable	3 metros
Sensor de Temperatura Interno	SI (PT1000)
Tiempo antes de recalibración	~1 año
Expectativa de Vida	~ 4 años
Tiempo de mantenimiento	N/A
Peso	250 gramos
Cuerpo material	Ryton termoplástico
Tipo de sonda temperatura	Clase A platino, RTD
Esterilización	Solo Químico

Tabla 4. Especificaciones técnica Sensor de ORP (Atlas Scientific, 2017)

## Sensor de Temperatura

A diferencia de cualquier otro material, la correlación de platinos entre resistencia y temperatura parece estar entretejido en la estructura del universo. Es por esta razón, que el sensor de temperatura RTD de platino es el estándar industrial para la medición de temperatura; En la imagen 7 se presenta el sensor empleado para nuestra medición.



*Imagen 7. Sensor PT-1000(Atlas Scientific, 2017)*

La sonda de temperatura PT-1000 es un termómetro de resistencia. Donde PT significa Platino y 1000 es la resistencia medida de la sonda a 0°C en ohmios (1k a 0°C). Como se indica en la imagen 8 a medida que cambia la temperatura, cambia la resistencia del platino (Atlas Scientific Environmental Robotics, 2017)

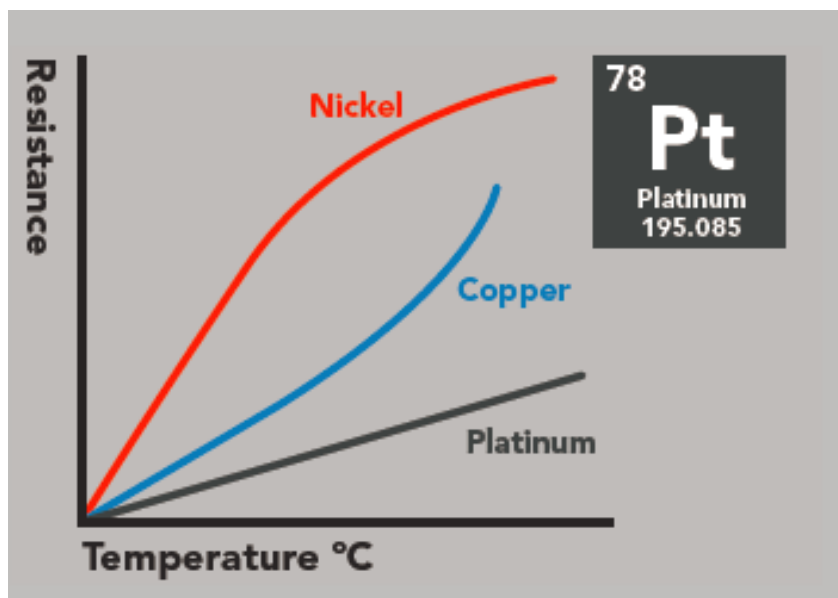


Imagen 8 . Curva Resistencia -Temperatura Platino (Atlas Scientific, 2017)

Para convertir la resistencia de la sonda a temperatura se usa la ecuación 2 indicada a continuación:

$$T = - \frac{\sqrt{(-0.00232(R) + 17.59246)} - 3.908}{0.00116}$$

Ecuación 2. Temperatura PT-1000(Atlas Scientific, 2017)

T = Grados Celsius

R = Resistencia medida a partir de la sonda de temperatura PT-1000

A continuación, se muestran las tablas 5 y 6 donde indicamos la relación de temperaturas con resistencia y la descripción técnica del sensor utilizado.

°C	Ω	°C	Ω	°C	Ω
-10	960.9	7	1027.3	24	1093.5
-9	964.8	8	1031.2	25	1097.3
-8	968.7	9	1035.1	26	1101.2
-7	972.6	10	1039	27	1105.1
-6	976.5	11	1042.9	28	1109
-5	980.4	12	1046.8	29	1112.8
-4	984.4	13	1050.7	30	1116.7
-3	988.3	14	1054.6	31	1120.6
-2	992.2	15	1058.5	32	1124.5
-1	996.1	16	1062.4	33	1128.3
0	1000	17	1066.3	34	1132.2
1	1003.9	18	1070.2	35	1136.1
2	1007.8	19	1074	36	1139.9
3	1011.7	20	1077.9	37	1143.8
4	1015.6	21	1081.8	38	1147.7
5	1019.5	22	1085.7	39	1151.5
6	1023.4	23	1089.6	40	1155.4

*Tabla 5. Temperatura - Resistencia sensor PT-1000(Atlas Scientific, 2017)*

Nombre del equipo	Sonda de temperatura
Marca del equipo	Atlas Scientific
Lectura	Temperatura
Rango	-200°C a 850°C
Tipo de Sensor	Clase A platino, RTD
Exactitud	+/- (0.15 + (0.002*t))
Tiempo de Reacción	90% in 13s
Largo de Cable	3 metros
Salida	Análoga
Largo de Cable	3 metros
Tiempo antes de recalibración	~3-5 años
Expectativa de Vida	15 años
Tiempo de mantenimiento	NA
Peso	40 gramos
Cuerpo material	304 SS
Dimensiones	6mm x 81cm (0.2" x 32")
Tipo de Conector	BCN
Esterilización	Químico /Autoclave

*Tabla6. Descripción Sensor PT-1000 (Atlas Scientific, 2017)*

## 2.4 ¿Qué es una Raspberry pi 3 Modelo B?

El Raspberry Pi 3 Modelo B es una computadora personal completa del tamaño de una pequeña placa de circuito, compuesto por un procesador Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit, 4 puertos USB, conexión HDMI, Ethernet y mucho más. Funciona con distintos sistemas operativos (Linux, Raspbian) y soporta herramientas de software libre como KOffice, Python, GNU IceCat, etc.

El Raspberry Pi 3 Modelo B es la tercera generación de Raspberry Pi, salió al mercado para reemplazar al modelo 2 B en febrero del 2016. Gracias a su procesador, soporta el rango completo de distribuciones ARM GNU/Linux, incluyendo Snappy Ubuntu Core, así tan bien como Microsoft Windows 10. Permite un uso flexible, Juegos, Multimedia, Trabajo, Educación, Proyectos, etc. (Raspberry pi Foundation, 2018). En la imagen 9 y tabla 7 podemos referenciar el equipo y su descripción técnica utilizado en el proyecto.



*Imagen 9. Raspberry pi 3 modelo B*

Nombre del equipo	Raspberry pi 3 modelo B
Procesador	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GH
Memoria	1GB LPDDR2 SDRA
Conectividad	2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BL Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300Mbps) 4 × USB 2.0 ports
Accesos	Encabezado GPIO de 40 pines
Video y sonido	1 puerto HDMI tamaño completo 1 puerto de visualización MIPI CSI Salida estéreo de 4 polos y puerto de video compuesto.
Multimedia	H.264, MPEG-4 decode (1080p30); H.264 encode (1080p30); OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics
Soporte de salida SD	Formato Micro SD para cargar el sistema operativo y el almacenamiento de datos
Alimentación eléctrica	5V/2.5A vía micro conector USB 5V/DC vía pines GPIO Puerto Ethernet
Temperatura de Operación	0–50°C
Vida de Producción	La Raspberry Pi 3 Modelo B + permanecerá en producción hasta al menos enero de 2023

*Tabla 7. Especificaciones técnicas Raspberry pi3 modelo B (Raspberry pi ,2018)*

## 2.5 ¿Qué es un arduino due?

El arduino due es un sistema electrónico basado en la CPU Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3. Es una placa basada en un micro controlador de núcleo ARM de 32 bits, el cual cuenta con 54 pines digitales de entrada y salida donde 12 de estos pines pueden ser utilizados como salidas PWM (este tipo de salidas permiten generar salidas analógicas desde pines digitales), 12 entradas analógicas, 4 puertos seriales de hardware, una conexión que me permite el paso de digital a analógico. Un conector de alimentación, un conector de SPI, un conector JTAG, un pulsador de reset y un pulsador de borrado. A diferencia de la mayoría de las placas Arduino, la placa Arduino Due funciona a 3.3 Voltios. La tensión máxima que los pines de E / S pueden tolerar es 3.3 Voltios.

La placa contiene todo lo necesario para apoyar el micro controlador; basta con conectarlo a un ordenador con un cable micro-USB o alimentarlo con un adaptador de Corriente alterna a

Corriente continua o una batería para empezar. El Due es compatible con todos los escudos de Arduino que funcionan a 3,3 Voltios y cumplan con el esquema de patillaje y con el estándar 1.0 del arduino. (Arduino, 2018). En la tabla 8 y la imagen 10 se presenta la descripción técnica y el equipo utilizado.

Micro controlador	AT91SAM3X8E
Tensión de funcionamiento	3.3V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-16V
E / S digitales prendedores	54 (de los cuales 12 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	12
Pines de salida analógicas	2 (DAC)
Corriente total de salida de CC en todas las líneas de E / S	130 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	800 mA
Corriente DC 5V para el Pin	800 mA
Memoria flash	512 KB
SRAM	96 KB (dos bancos: 64KB y 32KB)
Velocidad de reloj	84 MHz
Longitud	101.52 mm
Anchura	53,3 mm
Peso	36 g

*Tabla 8. Especificaciones técnicas Arduino Due (Arduino 2018)*



*Imagen 10.Arduino DUE (Arduino 2018)*



## **Beneficios de la central de ARM**

- Un núcleo de 32 bits, que permite operaciones en 4 bytes de datos de ancho con un único reloj de la CPU.
- Reloj de la CPU a 84Mhz.
- 96 Kbyte de RAM.
- 512 Kbyte de memoria flash para el código.
- Un controlador de DMA, que puede aliviar la CPU de hacer las tareas intensivas de memoria.

## **Comunicación**

El Arduino Due tiene una serie de instalaciones para la comunicación con un ordenador, otro Arduino u otros micros controladores, y diferentes dispositivos, como los teléfonos, tabletas, cámaras y así sucesivamente, en nuestro caso se usa para establecer la comunicación con los sensores que monitorean variables físicas y químicas en ríos y quebradas. El SAM3X proporciona un transmisor-receptor asíncrono universal el cual controla los puertos y dispositivos serie.

El puerto de programación está conectado a un ATmega16U2, que proporciona un puerto COM virtual de software en un ordenador conectado (Para reconocer el dispositivo, las máquinas de Windows necesitarán un archivo, pero las máquinas OSX y Linux reconocerán la placa como un puerto COM de forma automática). Los pines RX0 y TX0 proporcionan comunicación serial a USB para la programación de la placa a través del micro controlador ATmega16U2. El software de Arduino incluye un monitor serie que permite a los datos de texto simples ser enviados hacia y desde la placa. Los LEDs RX y TX de la placa parpadean cuando se están transmitiendo datos a través de la conexión USB y ATmega16U2 al ordenador (pero no para la comunicación serie en los pines 0 y 1). (Arduino Corporation, 2018)

## 3. METODOLOGÍA

---

### 3.1 Reconocimiento del sector y la Quebrada

Iniciamos con una visita de campo para el reconocimiento del sector y el terreno. La quebrada la Valeria está ubicada en la ladera occidental del valle de aburra en el municipio de Caldas, en esta visita realizamos una caminata a borde de la quebrada desde el caserío San Fernando hasta el punto el puente. Las condiciones geográficas del sector son adversas, el sector es propenso a pequeños derrumbes y deslizamientos de tierra, lo cual ocasiona contaminación en la quebrada, la comunidad cercana (caserío San Fernando) también puede llegar a afectar de forma negativa el afluente si el manejo de sus desechos no es el adecuado. En la imagen 11 podemos observar las viviendas del caserío San Fernando.



*Imagen 11. Comunidad Aledaña a la Quebrada la Valeria (Propia)*

El objeto de nuestro recorrido era encontrar las condiciones óptimas para el montaje mecánico del sistema de medición, para esto era necesario encontrar un punto de la quebrada donde el

flujo del agua fuera constante y uniforme, con el fin de proteger la sondas y garantizar que las lecturas no fueran perturbadas por fuertes corrientes de agua, en la Imagen 12 podemos observar la geografía del lugar de instalación.



*Imagen 12. Punto de instalación equipo de medición (propia)*

### **3.2 Instalaciones Mecánicas**

La adecuación mecánica consiste de 3 estructuras. La primera fue el refuerzo de un muro ya existente de contención y la bocatoma, el cual resguardaría el equipo de aumentos de velocidad en el agua y desbordamientos de material, la segunda estructura consistió en anclar un riel ranurado de referencia Mecano de 1,5 metros de longitud por 2,5 mm de espesor al piso de la bocatoma, en el cual posicionamos los Sensores analógicos; por último fue ubicado en la pared del muro un tablero para la instalación de nuestra electrónica, en la imagen 13 y 14 resaltado con un círculo y líneas de color rojo se presentan las adecuaciones mecánicas realizadas.



*Imagen 13. Instalación mecánica Equipo de Medición (Propia)*



*Imagen 14. Instalación mecánica sensores Análogos*

### 3.3 Puesta en marcha del Sistema de Medición

La puesta en marcha del equipo de medición se dio en dos etapas, la número uno se inició con el ensamble de los equipos electrónicos en la caja de paso instalada en la bocatoma, mediante una placa de fijación se ensamblaron las tarjetas de conversión digital referencia EZO, receptoras de los cables provenientes de los sensores análogos de pH, CE, ORP, Temperatura y OD; paralelo a esta tarjeta se instaló el arduino due y el Modem de comunicación GPRS; sobrepuesta a la Tarjeta EZO se monta el Procesador Raspberry y se procede con el cableado de cada uno de los elementos de la siguiente forma; El circuito se alimenta a 24 VDC con una fuente de voltaje regulable, a las tarjetas EZO les llega la entrada con cable BNC y nos da una salida por puerto USB al Arduino due, Este a su vez se cablea con el Procesador Raspberry mediante cable USB, el procesador Raspberry tiene comunicación con el Modem por cable USB y Mediante Cinta Ribbon a la fuente de voltaje, el procesador raspberry nos queda con un Puerto Ethernet disponible para la interacción directa mediante una computadora portátil a la información recolectada y el proceso lógico; En la imagen 15 se muestra el ensamble mecánico y eléctrico del equipo.

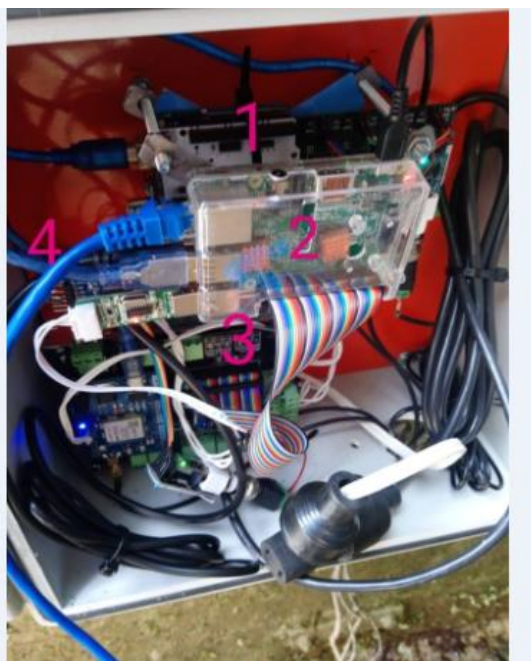


Imagen 15. Ensamble Electrónico Equipo de Medición (propio)

## Resumen de Equipos:

1. Tarjetas conversión digital marca EZO de pH, CE,ORP, Temperatura , OD
2. Procesador Raspberry Pi
3. Modem de comunicación GPRS
4. Arduino due.

Posteriormente enlazamos el Modem de comunicación enfora vía Sim Card con el operador de telecomunicaciones y el servidor.

La segunda parte consistió en calibrar y ajustar cada uno de los sensores de medición analógica, cada sensor tiene un principio de operación diferente y basados en este generamos un protocolo para su puesta en marcha, a continuación describimos los pasos seguidos para cada sensor.

### **Calibración sensor pH**

1. Adquirir 3 muestra buffer con concentraciones de 4,7,10 de pH ; Con esto se garantiza una alta precisión en todo el rango de pH
2. Limpiar con cepillo de cerdas suaves y agua des ionizada el bulbo del sensor
3. Conectarse al dispositivo a través de la raspberry y dejarlo en modo de lectura continua, por defecto se encuentra en este modo.
4. El primer punto de calibración se realiza en el punto medio (7 pH) , se toma la muestra buffer y se disuelve en un pequeño recipiente estándar que trae , se introduce el sensor, se ajusta el recipiente dando vueltas al lado de las manecillas del reloj , se deja el equipo leyendo datos por un periodo de 2 minutos, una vez la lecturas sean estables en el rango de 7 se le da al comando "cal,mid,7" , de este modo se finaliza la calibración en el punto medio.

5. Limpiar la sonda con agua des ionizada para remover trazas del buffer anterior
6. El segundo punto de calibración se realiza en el punto bajo (4 pH), realizamos el mismo procedimiento descrito en el numeral 4, una vez la lecturas sean estables en el rango de 4 se le da al comando “cal, low, 4”, de este modo se finaliza la calibración en el punto bajo.
7. Limpiar la sonda con agua des ionizada para remover trazas del buffer anterior
8. El tercer punto de calibración se realiza en el punto alto 10 pH; realizamos el mismo procedimiento del numeral 4, una vez la lecturas sean estables en el rango de 10 se le da al comando “cal, high, 10”, de este modo se finaliza la calibración en el punto alto.

A continuación en las imágenes 16, 17 se ilustra el proceso descrito



*Imagen 16. Muestras Buffer de pH y limpieza de bulbo (propia)*



*Imagen 17. Calibración de sensor con Buffer de 4, 7, 10 pH (propia)*

### **Ajuste Sensor OD**

1. A diferencia del Sensor de pH el sensor de OD solo requiere ser activado siguiendo los siguientes pasos.
2. Adquirir Solución de OD marca Atlas
3. Retirar la tapa de la membrana de la sonda girando al lado opuesto de las manecillas del reloj y espere hasta que se desborde la solución de OD que se encuentra en la sonda
4. Tome 2 ml de solución nueva de OD con ayuda de una aguja y jeringa e inyecte por uno de los orificios de la sonda hasta que observe que la solución sale por los orificios, termine colocando la tapa de la membrana del sensor. En las imagen 18 se ilustra el proceso descrito



*Imagen 18. Ajuste sensor OD (propia)*



### Calibración sensor de ORP

1. Adquirir solución de calibración ORP de 225mv
2. Remover tapa de la membrana del sensor y con cepillo de cerdas suaves y ácido clorhídrico limpiar bulbo del sensor
3. Conectarse al dispositivo a través de la raspberry y dejarlo en modo de lectura continua, por defecto se encuentra en este modo.
4. Insertar sensor de ORP directamente en la solución de calibración de 225mv
5. Esperar un periodo de 0-60 segundos que se estabilice las lecturas
6. Una vez las lecturas se estabilicen en el rango de 225 dar al comando "cal, 225", de esta forma finalizara la calibración.

A continuación en la imagen 19 se ilustra el proceso descrito.



*Imagen 19. Calibración sensor ORP (propia)*

## Calibración Sensor de CE

1. Adquirir 2 soluciones de CE con especificaciones de  $1,413 \mu\text{S}$  y  $84 \mu\text{S}$
2. Conectarse al dispositivo a través de la raspberry y dejarlo en modo de lectura continua, por defecto se encuentra en este modo.
3. Limpiar con cepillo de cerdas suaves el área de conducción, es necesario remover burbujas de aire que se encuentren en las dos placas de grafito y posibles incrustaciones.
4. Realizar calibración en seco , dar al comando "cal,Dry"
5. Sumergir el sensor en un recipiente con solución de  $1,413 \mu\text{S}$  , esperar un periodo de 2 minutos que los valores se estabilicen y terminar dando al comando "cal ,low ,1413"
6. Sumergir el sensor en un recipiente con solución de  $84 \mu\text{S}$  , esperar un periodo de 2 minutos que los valores se estabilicen y terminar dando al comando "cal,high ,12880"

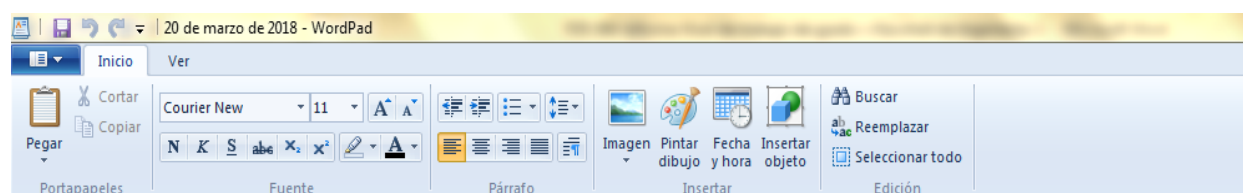
A continuación en la imagen 20 se ilustra el proceso descrito.



*Imagen 20. Calibración sensor CE (propia)*

### 3.4 Verificación del sistema de medición

Para verificar del correcto funcionamiento de nuestro equipo, capturamos los datos arrojados por las sondas en un periodo de tiempo de 4 meses (marzo, abril, junio, julio de 2018). Nuestro proceso consistió en recopilar las tramas que llegaban al procesador para determinar con ayuda de medidas estadísticas la buena lectura de los sensores y la comunicación con el servidor, en la imagen 21 ilustramos una de las tramas de datos recolectadas en el periodo de tiempo indicado.



Estacion de Servicio	Fecha Hora	Parametro 1	Parametro 2	Parametro 3	Parametro 4
CalidadAgua	20/03/2018 10:12:00	CE 2397	DO 7,74 PH 3,28 ORP 135,13 T 24,86		
CalidadAgua	20/03/2018 10:13:00	CE 2393,57	DO 5,81 PH 3,28 ORP 189,05 T 24,87		
CalidadAgua	20/03/2018 10:14:00	CE 2393,27	DO 3,83 PH 3,28 ORP 189,71 T 24,87		
CalidadAgua	20/03/2018 10:15:00	CE 2392,67	DO 3,56 PH 3,28 ORP 189,86 T 24,87		
CalidadAgua	20/03/2018 10:16:00	CE 2393,4	DO 6,23 PH 3,28 ORP 189,86 T 24,88		
CalidadAgua	20/03/2018 10:17:00	CE 2393	DO 9,2 PH 3,28 ORP 189,9 T 24,89		
CalidadAgua	20/03/2018 10:18:00	CE 2391,93	DO 12,03 PH 3,27 ORP 189,96 T 24,91		
CalidadAgua	20/03/2018 10:19:00	CE 2390,2	DO 15,23 PH 3,28 ORP 190,02 T 24,92		
CalidadAgua	20/03/2018 10:20:00	CE 2390	DO 17,66 PH 3,28 ORP 189,84 T 24,94		
CalidadAgua	20/03/2018 10:21:00	CE 2389,38	DO 15,75 PH 3,28 ORP 190,54 T 24,95		
CalidadAgua	20/03/2018 10:22:00	CE 2388,8	DO 13,59 PH 3,28 ORP 189,82 T 24,96		
CalidadAgua	20/03/2018 10:23:00	CE 2387,67	DO 11,07 PH 3,28 ORP 189,76 T 24,98		
CalidadAgua	20/03/2018 10:24:00	CE 2386,33	DO 8,54 PH 3,28 ORP 189,88 T 24,99		
CalidadAgua	20/03/2018 10:25:00	CE 2385,07	DO 5,73 PH 3,27 ORP 189,77 T 25		
CalidadAgua	20/03/2018 10:26:00	CE 2385,6	DO 3,84 PH 3,27 ORP 189,63 T 25,01		
CalidadAgua	20/03/2018 10:27:00	CE 2385	DO 3,74 PH 3,28 ORP 189,76 T 25,02		
CalidadAgua	20/03/2018 10:28:00	CE 2384,67	DO 6,23 PH 3,27 ORP 189,78 T 25,03		
CalidadAgua	20/03/2018 10:29:00	CE 2384,6	DO 8,62 PH 3,27 ORP 189,62 T 25,04		
CalidadAgua	20/03/2018 10:30:00	CE 2384,8	DO 11,1 PH 3,27 ORP 189,71 T 25,05		
CalidadAgua	20/03/2018 10:31:00	CE 2384,6	DO 13,82 PH 3,27 ORP 189,71 T 25,06		
CalidadAgua	20/03/2018 10:32:00	CE 2385,33	DO 16,57 PH 3,27 ORP 189,54 T 25,07		
CalidadAgua	20/03/2018 10:33:00	CE 2386,33	DO 17,66 PH 3,27 ORP 189,48 T 25,08		
CalidadAgua	20/03/2018 10:34:00	CE 2386,33	DO 15,54 PH 3,27 ORP 189,67 T 25,09		
CalidadAgua	20/03/2018 10:35:00	CE 2386,47	DO 13 PH 3,27 ORP 189,54 T 25,09		
CalidadAgua	20/03/2018 10:36:00	CE 2385,73	DO 10,42 PH 3,27 ORP 189,51 T 25,1		
CalidadAgua	20/03/2018 10:37:00	CE 2386,33	DO 7,35 PH 3,27 ORP 189,32 T 25,11		
CalidadAgua	20/03/2018 10:38:00	CE 2386,13	DO 4,43 PH 3,27 ORP 189,46 T 25,12		
CalidadAgua	20/03/2018 10:39:00	CE 2385,6	DO 3,41 PH 3,27 ORP 189,36 T 25,12		
CalidadAgua	20/03/2018 10:40:00	CE 2385,07	DO 4,73 PH 3,27 ORP 189,38 T 25,13		
CalidadAgua	20/03/2018 10:41:00	CE 2384,47	DO 7,14 PH 3,27 ORP 189,38 T 25,14		
CalidadAgua	20/03/2018 10:42:00	CE 2384,6	DO 10,14 PH 3,27 ORP 189,44 T 25,15		

Imagen 21. Trama de Datos arrojada por la estación de medición

En total fueron 63 días donde se recopilaron tramas de datos, los cuales están divididos de la siguiente manera.

Marzo: 7 días de tramas recopiladas, la trama se tomó cada minuto dándonos un aproximado de 828 datos al día y un total de 7452, información con la que calculamos los promedios de las variables censadas por día.

Abril: 16 días de tramas recopiladas, la trama se tomó cada minuto dándonos un aproximado de 1300 datos al día y un total de 20800, información con la que calculamos los promedios de las variables censadas por día.

Junio: 16 días de tramas recopiladas, la trama se tomó cada minuto dándonos un aproximado de 1440 datos al día y un total de 23040, información con la que calculamos los promedios de las variables censadas por día.

Julio: 22 días de tramas recopiladas, la trama se tomó cada minuto dándonos un aproximado de 1441 datos al día y un total de 31702, información con la que calculamos los promedios de las variables censadas por día.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

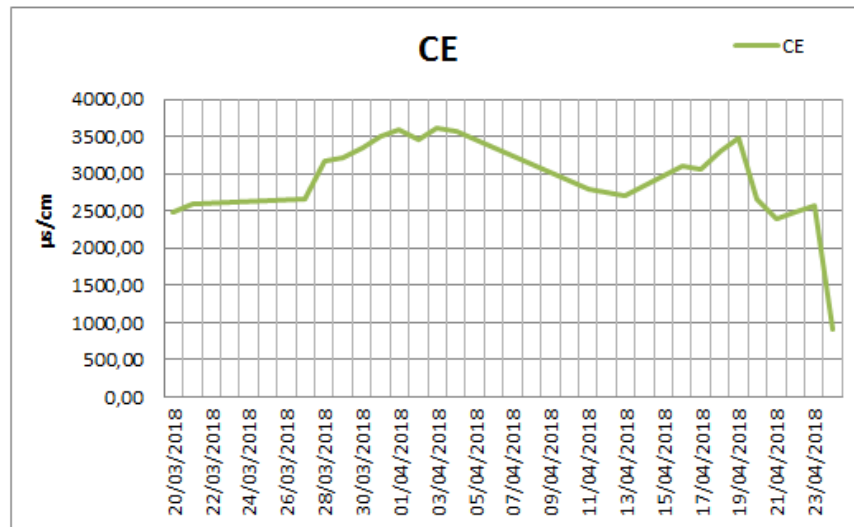
Nuestro proyecto finaliza con su respectiva validación, después de la integración de los equipos de sensado, adecuaciones mecánicas, algoritmos de control y comunicación con el servidor, en la tabla número 9 se muestra un promedio acumulado con los resultados de las mediciones obtenidas en la sección 3.4. Como proceso final describimos e ilustramos los resultados de cada una de las variables, siendo este el esperado para el proyecto.

Mes	Conductividad eléctrica	Oxígeno disuelto	Potencial de Hidrogeno	Potencial oxidación-reducción	Temperatura
Marzo	2993,93 $\mu\text{s/cm}$	13,74 mg/l	3,18 pH	201,6 mV	23,18 °C
Abril	2904,76 $\mu\text{s/cm}$	15,41 mg/l	2,99 pH	215,7 mV	22,8 °C
Junio	0 $\mu\text{s/cm}$	8,85 mg/l	9,12 pH	281,8 mV	16,83 °C
Julio	0 $\mu\text{s/cm}$	8,00 mg/l	11,78 pH	181,7 mV	16,97 °C

*Tabla 9 Promedio acumulado de datos obtenidos por el equipo de medición*

### **Conductividad eléctrica**

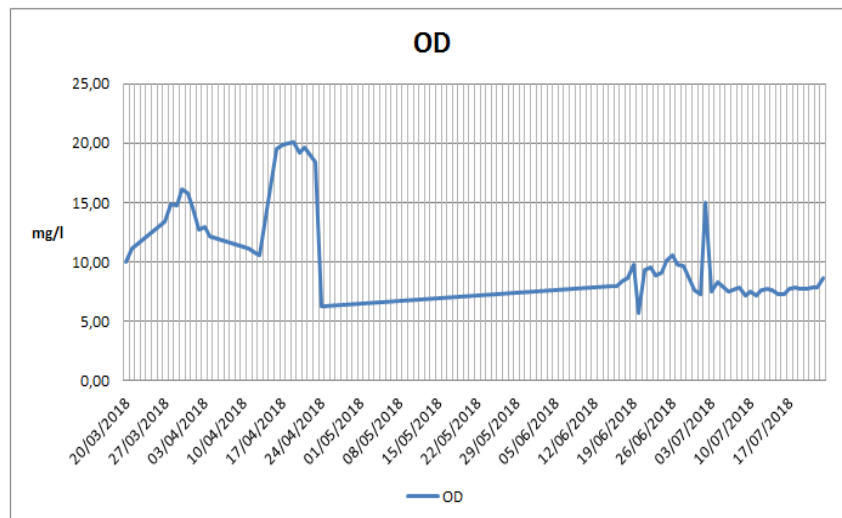
Los Sensores, tarjetas de conversión digital y sistema de control trabajaron de forma correcta en los dos primeros meses, los dos meses posterior el equipo arrojo datos en cero, lo cual diagnosticamos como una avería en el sensor de medición análoga, en la imagen 22 ilustramos el comportamiento de la variable en el periodo de medición.



*Imagen 22. Comportamiento de la variable CE*

### Oxígeno Disuelto

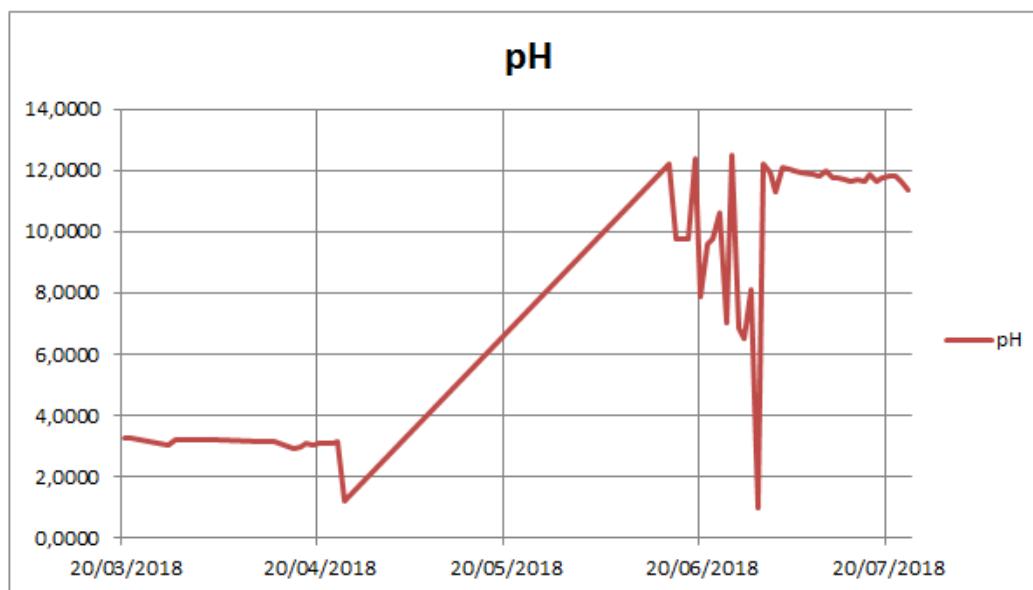
Los sensores, tarjetas de conversión digital y sistema de control trabajaron de forma correcta en los 4 meses de monitoreo, en la imagen 23 ilustramos el comportamiento de la variable en el periodo de medición.



*Imagen 23. Comportamiento de la variable OD*

### Potencial de Hidrogeno (pH)

Los sensores, tarjetas y sistema de control trabajaron de forma correcta en los 4 meses de monitoreo, En la imagen 24 ilustramos el comportamiento de la variable en el periodo de medición.



*Imagen 24. Comportamiento de la variable pH*

### Potencial de oxidación reducción

Los sensores, tarjetas de conversión digital y sistema de control trabajaron de forma correcta en los 4 meses de monitoreo, en la imagen 25 ilustramos el comportamiento de la variable en el periodo de medición.

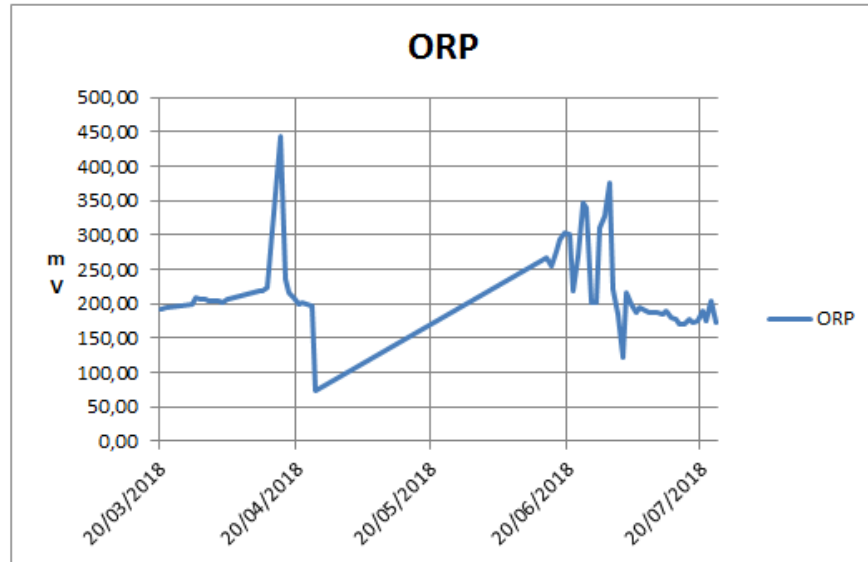


Imagen 25. Comportamiento de la variable ORP

### Temperatura

Los sensores, tarjetas de conversión digital y sistema de control trabajaron de forma correcta en los 4 meses de monitoreo. Se tuvieron dos días con pérdida de señal que ocasionaron lecturas incoherentes los días 21 de marzo, 3 y 4 de abril los cuales se reflejan en la gráfica. En la imagen 26 ilustramos el comportamiento de la variable en el periodo de medición.

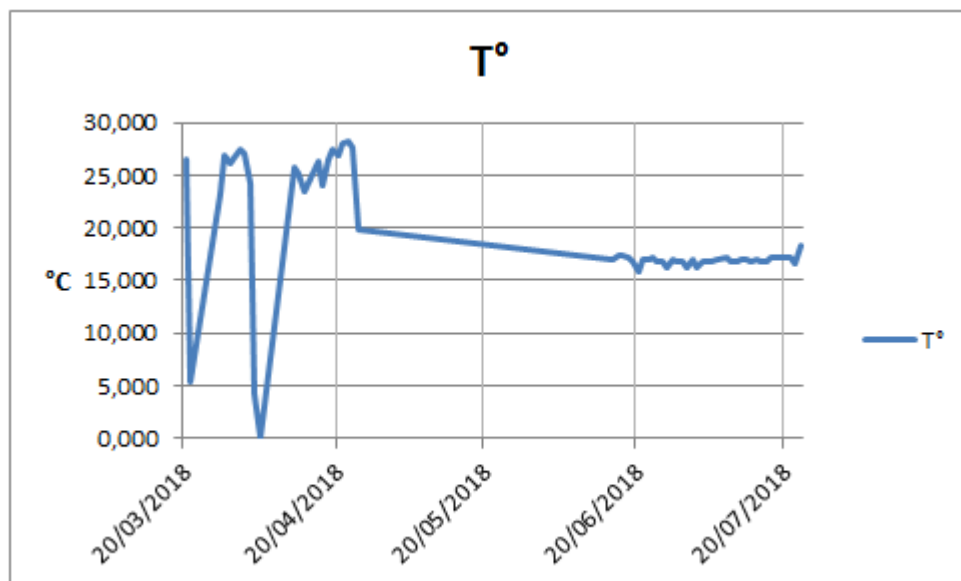


Imagen 26. Comportamiento variable temperatura



## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

- Se diseñó y fabricó un equipo de medición multiparamétrica con la capacidad de sensar, procesar y transmitir a un servidor las variables de conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, potencial de oxidación – reducción, pH y temperatura, haciendo uso de lenguajes de programación e integración entre dispositivos de diferentes fabricantes, siendo esto una fortaleza para el proyecto; tomamos la versatilidad que ofrece cada componente y uniendo estas cualidades en un solo equipo, con el cual logramos capturar información sobre el estado físico químico del agua en la quebrada.
- El recorrido de campo permitió escoger una ubicación óptima para la instalación del equipo de medición, lo cual demuestra la importancia de conocer el lugar y las condiciones que lo rodean.
- Las adecuaciones mecánicas lograron mantener el equipo anclado a pesar de las corrientes fuertes y objetos en suspensión que fluyen por la quebrada, no obstante partículas de menor tamaño pudieron ingresar y generar problemas en los sensores, específicamente el de conductividad eléctrica. Por su parte las adecuaciones eléctricas fueron exitosas, se logró la alimentación correcta de voltaje (24vdc) en el dispositivo, la distribución de los componentes fue óptima permitiendo una disipación de calor estable en el tablero de control.
- La comunicación entre Modem y el servidor se logró de manera eficaz, los resultados nos demostraron el buen funcionamiento del componente; cabe anotar que las condiciones topográficas del sector dificultan y en ocasiones puntuales se generan pérdida de señal para el servicio de envío de paquetes de datos vía radio.

- La calibración de los sensores y la elaboración de un procedimiento escrito con la puesta en marcha de cada variables otorga la importancia de tener documentados los procesos y protocolos, con el fin de optimizar tiempos de ejecución y solución de problemas.
- Se cumplió a Satisfacción el funcionamiento del equipo, la recopilación de datos en el servidor se dio de manera clara, las tramas enviadas desde el equipo llegaron con la información capturada por el procesador

### **Recomendaciones**

Es recomendable la instalación de una malla filtrantes alrededor de los sensores de medición, el proyecto nos deja un sensor averiado por golpes de pequeñas partículas, por lo general este tipo de afluentes arrastran constantemente materiales que perturban en buen funcionamiento de los sensores.

El envío de datos por medio de GPRS es relativamente bueno pero por la topografía del lugar no genera una confiabilidad del 100%. Tuvimos problemas con pérdidas de señal, se recomienda explorar tecnología más eficiente para el envío de información en sector cubiertos por montañas.

### **Trabajo Futuro**

Como trabajo futuro para este proyecto, está realizar el comparativo del análisis de propiedades físico químicas en un laboratorio certificado por entes regulatorios nacionales y verificar la similitud con los datos obtenidos por el equipo, junto a una mejora del sistema, llevándolo a ser compacto y portátil, que facilite la instalación del equipo medidor en puntos diferentes según sea la necesidad del usuario.



## REFERENCIAS

---

- Arduino Corporation. (21 de 09 de 2018). *Arduino Corporation*. Obtenido de Arduino: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)
- Atlas Scientific Enviromental Robtics. (25 de 01 de 2018). *atlas-scientific*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2018, de atlas-scientific: [www.atlas-scientific.com](http://www.atlas-scientific.com)
- Atlas Scientific Environmental Robotics . (3 de 01 de 2018). *Atlas Scientific*. Obtenido de Atlas Scientific: [www.Atlas Scientific.com](http://www.Atlas Scientific.com)
- Atlas Scientific Environmental Robotics. (11 de 6 de 2017). *Atlas Scientific* . Obtenido de Atlas Scientific : [www.Atlas Scientific .com](http://www.Atlas Scientific .com)
- Atlas Scientific Environmental Robotics. (11 de 8 de 2017). *Atlas Scientific* . Obtenido de Atlas Scientific : [www.Atlasscientific.com](http://www.Atlasscientific.com)
- EPM. (2016). *Informe Supervisión y Monitoreo, Cuenca La Valeria que Abastece la Planta de Potabilización de Caldas de Empresas Públicas de Medellín E.S.P.* Medellín.
- ONU. (2005-2015). *Naciones unidas Calidad del agua*. Recuperado el 10 de ENERO de 2019, de Naciones unidas Calidad del agua: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- ONU, N. U. (2015). *Naciones unidas/Agua para la vida*. Obtenido de Naciones unidas/Agua para la vida: [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water\\_cities.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_cities.shtml)
- Randhawa, S., Sandha, S. S., & Srivastava, B. (2016). A multi-sensor process for in-situ monitoring of water pollution in rivers or lakes for. *Conferencia Internacional IEEE 2016 sobre Ciencia e Ingeniería Computacional (CSE) y Conferencia Internacional IEEE sobre Computación Ubicada y Integrada (EUC) y 15º Simposio Internacional sobre Computación Distribuida y Aplicaciones para Ingeniería de Ne* (págs. 1-3). Paris,Francia: IEEE.
- Rasberry pi Foundation . (21 de 09 de 2018). *rasberrypi.org*. Obtenido de rasberrypi.org: [www.rasberrypi.org](http://www.rasberrypi.org)
- Wiranto, G., Maulana, Y. Y., Hermida, I. D., Syamsu, I., & Mahmudin, D. (2015). *IEEE*. Recuperado el 12 de 4 de 2019, de IEEE: [www.IEEE.com](http://www.IEEE.com)
- Yiheng Qin, A. U.-X.-H. (Febrero de 2018). *sciencedirect*. Recuperado el 6 de Febrero de 2019, de sciencedirect: <https://www-sciencedirect-com.itm.elogim.com:2443/science/article/pii/S0925400517314028?via%3Dihub>

## TABLA DE IMÁGENES

<i>Imagen 1. Vista Satelital quebrada la Valeria departamento Hidrología SIATA (2018)</i> .....	7
<i>Imagen 2. Diagrama de flujo proceso adquisición y transferencia de Datos</i> .....	8
<i>Imagen 3. Sensor de OD (Atlas Scientific, 2018)</i> .....	13
<i>Imagen 4. Tipos de pH (Atlas Scientific, 2018)</i> .....	15
<i>Imagen 5. Sensor de pH (Atlas Scientific, 2018)</i> .....	16
<i>Imagen 6. Sensor de ORP (Atlas Scientific, 2017)</i> .....	18
<i>Imagen 7. Sensor PT-1000(Atlas Scientifi, 2017)</i> .....	19
<i>Imagen 8. Curva Resistencia -Temperatura Platino (Atlas Scientific, 2017)</i> .....	20
<i>Imagen 9. Rasberry pi 3 modelo B</i> .....	22
<i>Imagen 10.Arduino DUE (Arduino 2018)</i> .....	24
<i>Imagen 11.Comunidad Aledaña a la Quebrada la Valeria (Propia)</i> .....	26
<i>Imagen 12. Punto de instalación equipo de medición (propia)</i> .....	27
<i>Imagen 13. Instalación mecánica Equipo de Medición (Propia)</i> .....	28
<i>Imagen 14. Instalación mecánica sensores Análogos</i> .....	28
<i>Imagen 15. Ensamble Electrónico Equipo de Medición (propio)</i> .....	29
<i>Imagen 16. Muestras Buffer de pH y limpieza de bulbo (propia)</i> .....	31
<i>Imagen 17. Calibración de sensor con Buffer de 4, 7, 10 pH (propia)</i> .....	32
<i>Imagen 18. Ajuste sensor OD (propia)</i> .....	32
<i>Imagen 19. Calibración sensor ORP (propia)</i> .....	33
<i>Imagen 20. Calibración sensor CE (propia)</i> .....	34
<i>Imagen 21. Trama de Datos arrojada por la estación de medición</i> .....	35
<i>Imagen 22. Comportamiento de la variable CE</i> .....	38
<i>Imagen 23. Comportamiento de la variable OD</i> .....	38
<i>Imagen 24. Comportamiento de la variable pH</i> .....	39
<i>Imagen 25. Comportamiento de la variable ORP</i> .....	40
<i>Imagen 26. Comportamiento Variable °T</i> .....	40
<i>Tabla 1. Especificaciones técnicas sensor OD (Atlas Scientific, 2018)</i> .....	13
<i>Tabla 2. Especificaciones técnicas Sensor Conductividad (Atlas Scientific, 2017)</i> .....	14
<i>Tabla 3. Especificaciones técnicas sensor pH (Atlas Scientific, 2018)</i> .....	17
<i>Tabla 4. Especificaciones técnica Sensor de ORP (Atlas Scientific, 2017)</i> .....	18
<i>Tabla 5. Temperatura - Resistencia sensor PT-1000(Atlas Scientific, 2017)</i> .....	21
<i>Tabla6. Descripción Sensor PT-1000 (Atlas Scientific, 2017)</i> .....	21
<i>Tabla 7. Especificaciones técnicas Rasberry pi3 modelo B (Rasberry pi ,2018)</i> .....	23
<i>Tabla 8. Especificaciones técnicas Arduino Due (Arduino 2018)</i> .....	24
<i>Tabla 9 Tabulación de datos obtenidos por el equipo de medición</i> .....	37

<i>Ecuación 1. Conductividad Eléctrica (Atlas Scientific, 2018)</i> .....	15
<i>Ecuación 2. Temperatura PT-1000(Atlas Scientific, 2017)</i> .....	20



# APÉNDICE

---

*Anexo 1. Datasheet sensor de DO Atlas Scientific*

*Anexo 2. Datasheet sensor de pH Atlas Scientific*

*Anexo 3. Datasheet sensor de CE Atlas Scientific*

*Anexo 4. Datasheet sensor de ORP Atlas Scientific*

*Anexo 5. Datasheet sensor de Pt. 1000 Atlas Scientific*

*Anexo 6. Datasheet circuito DO\_EZO Atlas Scientific*

*Anexo 7. Datasheet circuito CE\_EZO Atlas Scientific*

*Anexo 8. Datasheet circuito RTD\_EZO Atlas Scientific*

*Anexo 9. Datasheet circuito ORP\_EZO Atlas Scientific*

*Anexo 10. Datasheet circuito Ph\_EZO Atlas Scientific*

*Anexo 11. Manual modem de comunicación enfora*

*Anexo 12. Tabla de Datos arrojados por el equipo de medición*

FIRMA ESTUDIANTES José Caetano

FIRMA ASESOR Juliana Valencia A.

FECHA ENTREGA: 17/07/2019

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO\_\_\_      ACEPTADO\_\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_