

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE  
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE  
CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA**

**Cristhian de Jesús Pomares Hernández  
Estudiante de Ingeniería Electrónica**

**Sergio Luis Sánchez Barrios  
Estudiante de Ingeniería Electrónica**

**Director:  
PHD John Aexander Taborda Giraldo**



**Universidad del Magdalena  
Facultad de Ingeniería  
Programa de ingeniería Electrónica  
Santa Marta, Colombia  
Octubre 2014**

## **Tabla de contenido**

1. Presentación. ....	7
2. Planteamiento del problema. ....	9
2.1. Preguntas Problema. ....	9
3. Estado del Arte. ....	10
4. Marco teórico. ....	11
5. Justificación. ....	17
6. Objetivos. ....	19
5.1 Objetivo general. ....	19
5.2 Objetivos específicos. ....	19
7. Diseño metodológico. ....	20
8. Alcances y limitaciones. ....	22
9. Desarrollo del trabajo. ....	23
10. Resultados y discusiones. ....	52
11. Conclusiones. ....	56
12. Recomendaciones. ....	57
13. Presupuesto. ....	57
14. Referencias. ....	61
15. Anexos. ....	63

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA**

*Dedicado a:*

*Mis padres: Higia Hele Hernandez Donado, Hera Hilda Hernandez Donado y Hugo Alberto Pomares Melo por ser mi ayuda y apoyo incondicional en todo momento.*

*Mi hermano: Hugo Alberto Pomares Hernández corregirme a pesar de mi terquedad.*

*Familiares: que de una u otra manera han participado en mi formación integral y académica.*

*Si no fuera por ustedes, nada de esto sería posible...*

Cristhian De Jesus Pomares Hernandez

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis gratos afectos al ingeniero John Taborda Giraldo lo por ser director de mi tesis y guía de trabajo.

Al Ing Carlos Roles Algarin por ser profesor, amigo e inspiración para la realización de este proyecto.

A mis tios: Beatriz Hernandez Donado y Alfonso Campuzano Rhenals y su hijos Anelena cristina Campuzano Hernandez y Manuel Campuzano Hernandez a todos espero servirles de ejemplo, inspiración y orgullo.

A mis amigos y compañeros en mi carrera universitaria y que aún se mantienen: Kevin Cortés Araujo, Carlos Andres Buenaño, Raul Noguera Cortés, Billy trigos y a aquellos que tuvieron un corto paso por mi carrera universitaria, gracias por el aporte que han realizado y siguen realizando en mi vida.

A mis amigos de infancia que han construido en mí ese valor de amistad: Steven Gutiérrez Carazo, Jesús Pernet Gomez, Andrea Charris y eyisel Peña. No cabe duda que su participación ha enriquecido el trabajo realizado. GRACIAS TOTALES.

Cristhian De Jesus Pomares Hernandez



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA**

*Dedicado a:*

*Mis padres Efrén y Delfi, por su comprensión y apoyo constante en todo momento.*

*Ustedes mis viejos lo son todo.*

Sergio Luis Sánchez Barrios

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis más gratos agradecimientos a los docentes que me formaron durante la carrera, especialmente al ingeniero John Tabora por confiar en mi capacidad como estudiante y brindarme oportunidades de terminar la carrera de manera satisfactoria.

Agradezco a mis padres por brindarme la oportunidad de estudiar, que con su esfuerzo pudieron brindarme educación, a mis amigos y demás personas que siempre me apoyaron y creyeron en mí.

Sergio Luis Sánchez Barrios

## 1. Presentación.

Para los seres vivos el recurso más importante para su supervivencia y estabilidad social es el agua, recurso tan indispensable que se usa desde su consumo hasta para la producción de las grandes industria, este último hace que los niveles de contaminación del agua sean aún cada vez mayores, afectando al medio ambiente.

Los puertos, debido al uso de los espacios costeros u como consecuencia de las actividades inherentes a su función, están alterando las condiciones naturales de la calidad de aguas, sedimentos y suelos. Las zonas portuarias generalmente compartidas con otro tipo de actividades como la pesca, la recreación, entre otras, son receptores de descarga de los sistemas de tratamiento de agua residual de efluentes industriales, efluentes domésticos, o aguas de escorrentía, bien sea por emisiones puntuales o difusas (Luz A. Quintero *et al.*, 2010). Según esto, si las aguas puede que no estén en peligro de contaminación, puede que tengan un cambio drástico tanto como para poderse utilizar de la misma forma por las personas como para que las especies que vivan en ese ecosistema puedan seguir estando ahí.

Pese a que Colombia es un país que posee una riqueza enorme en fuentes hídricas, posicionándose en el tercer puesto de los países con más agua del mundo Según un estudio publicado por Global Water Partnership (GWP) y sexto puesto país con mayor oferta hídrica en el mundo, el Ministerio de Medio Ambiente calcula que la mitad de los recursos hídricos tienen problemas de calidad. Se estima que la industria, el sector agropecuario y las aguas domésticas generan 9 mil toneladas de materia orgánica contaminante de los acuíferos (Beleño, 2011).

Sin embargo hay organismos encargados en regular la utilización de este recurso, por lo tanto necesitan de maneras eficientes y fiables. Con el fin de facilitar la interpretación de los datos físicos, químicos y biológicos, cada vez más agencias medioambientales, Universidades e institutos recurren a los índices de calidad y contaminación del agua (ICA e ICO), los cuales mediante una expresión matemática que representa todos los parámetros valorados permiten evaluar el recurso hídrico. La elaboración y aplicación de cualquier indicador es específica para cada región o fuente en particular; pero su construcción básicamente consta de tres pasos fundamentales: la selección de las variables, la determinación de los subíndices para cada parámetro y la elección de la fórmula de agregación. Los variables que más se tienen en cuenta en este proceso son: pH, oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), una forma de nitrógeno, fosfatos y sólidos totales (ST). Por lo tanto su uso no puede ser generalizado ya que se podría terminar realizando juicios subjetivos, además bajo un solo indicador no se puede evaluar la dinámica de un sistema, por lo que es importante también el estudio de cada variable individualmente (Ruiz, Carvajal, & Escobar, 2007).

En la actualidad hay muchos parámetros para medir la calidad del agua, analizar las especies que podrían existir en ese ecosistema, uso que le podría dar la humanidad, etc. Asimismo se puede decir que para conocer el grado de calidad de las aguas, independientemente del posible uso al que vayan a ser destinadas, se



## **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA**

parte de la toma de muestras para la obtención de una serie de parámetros e indicadores. Estos datos, analizados y procesados, posteriormente se convierten en un valor numérico, que permite obtener una serie de índices que determinan el estado general de las aguas en función de unos rangos de calidades establecidos. Estos índices se pueden clasificar fundamentalmente en dos tipos: físicoquímicos y biológicos

Todos los parámetros que se necesiten para la medición de la calidad del agua ahora pueden medirse sin mucha dificultad con lo avanzada que está la tecnología; ya existen dispositivos con los cuales se obtienen todos esos valores sin la necesidad de tener un sensor por parámetro y ayudar a dar un criterio correcto del estado del agua.

La tecnología de hardware y software libre son amigos de este tipo de procesos, debido a que gracia a esto se lograría hacer en lugares donde una persona normalmente no podría; por eso existen prototipos de vehículos no tripulados que si lo pueden y que cualquier persona podría utilizar.



## 2. Planteamiento del problema.

En la actualidad uno de los grandes problemas que abarcan el ámbito social moderno es la contaminación ambiental. Es un hecho que, desde los problemas de salud hasta el calentamiento global son efectos secundarios de las malas decisiones de los hombres por la manera como tratan el medio donde viven. No es un secreto para los habitantes de la región el impacto que causa el mal estado de los humedales u otros entornos fluviales debido a agentes externos.

En La Universidad del Magdalena se encuentra un humedal artificial como lo es El Lago, el cual alberga peces y demás clase de animales y sobre todo hace parte del entorno de los estudiantes de dicha institución. Es de gran importancia mantener en buen estado y libre de contaminación para mantener un ambiente más agradable y así mejorar la calidad de vida de la fauna que alberga en El Lago.

Actualmente la visualización de parámetros físico-químicos en la región no se lleva a cabo de una manera eficiente y se realiza de una manera muy complicada, teniendo que ir el encargado de tomarlas al punto exacto de la medida, sin importar qué tan inaccesible esté llegar a ese lugar. Estas mediciones son importantes para estar al tanto de la calidad de los recursos hídricos que se encuentran en nuestra región y es necesario para tomar las medidas necesarias para tener un ambiente saludable.

La Universidad del Magdalena necesita un método para obtener resultados fiables y de calidad de las condiciones físicas y químicas del estado de las aguas de El Lago, ya que sus alrededores se encuentran comprometidos por el estado del agua de este medio Hídrico, el cual genera malos olores y problemas estéticos a la comunidad universitaria y sobre todo causando un impacto ambiental afectando los individuos que viven en él y a sus alrededores.

### 2.1. Preguntas Problema.

¿Cómo realizar un monitoreo de parámetros físico-químicos en tiempo real al lago de la Universidad del Magdalena para conocer la fiabilidad del estado del agua?



### 3. Estado del Arte.

Para el diseño y la implementación de este proyecto de grado, es necesario hacer una revisión de proyectos similares que se han realizado anteriormente con respecto al mismo campo de estudio. Estos proyectos cubren necesidades y campos de trabajo diferentes pero tienen el mismo fin en común, que es poder mejorar la calidad de un recurso el cual es necesario para el hombre.

A continuación se presentaran algunos proyectos realizados para entornos y metas distintas.

- **Uso de los parámetros fisicoquímicos de las aguas fluviales como indicadores de influencias naturales y antrópicas.** (Instituto de Ciencias de la Tierra. Universidad Central de Venezuela) J. L. Mogollon, A. Ramirez, B. Garcia y C. Bifano.

Se determinaron los valores promedios de los parámetros: pH, temperatura (T), conductividad (L) y oxígeno disuelto (OD), en base a mediciones realizadas in situ en aguas fluviales de la Cuenca del río Tuy, entre los años 1979 y 1990, durante las épocas de lluvia y sequía, y se compararon con resultados previos de otras cuencas del Norte de Venezuela. Los períodos de lluvia y sequía, en las zonas prístinas, no ejercen mayor influencia sobre los valores de los parámetros analizados, de forma contraria a lo encontrado en las áreas altamente intervenidas. En las cuencas consideradas la conductividad promedio es función de la litología; sin embargo, a nivel de subunidades sólo el análisis químico de las aguas diferencia las litologías predominantes; de hecho en la cuenca del Tuy el área prístina con mayor escorrentía y vegetación de selva tropical, mostró valores de conductividad menores que las áreas de baja escorrentía y sabana. La influencia humana produce incrementos promedios de 3,9 en L y 0,5 en O.D., que son atenuados durante el periodo de lluvia. La capacidad de auto purificación del sistema se consideró relativamente alta, producto de procesos de dilución, intercambios catiónicos y reacciones ácido-base, que requieren tiempos de horas a meses. Sobre la base de las similitudes ambientales y de los valores de los parámetros, se consideró a la cuenca del Tuy representativa de las del Caribe Venezolano [1]

- **Monitoreo de Agua Subterránea en Tiempo Real (Perth, Australia) Schlumberger WATER SERVICES. 2007.**

El proyecto de monitoreo en tiempo real del Monte Gnamangara permitirá la cuantificación del uso del agua subterránea, los impactos localizados de la extracción y los patrones de uso del agua. La información colectada será usada también para identificar y desarrollar estrategias de conservación del agua por estación. [2].



- **Desarrollo de Prototipo de Sistema de Monitoreo en Tiempo Real del Nivel de Agua en Ríos Usando Instrumentación Virtual.** (Departamento de Física, Universidad nacional de Colombia) J.S. Oyola, C.A. Arredondo y G. Gordillo.2008.

Se desarrolló e implementó un prototipo de sistema de medición y monitoreo del nivel de agua que opera autónomamente. El sistema incluye un sensor ultrasónico de nivel y un sistema de medición y adquisición de datos desarrollados con instrumentación virtual. Las pruebas realizadas a nivel de laboratorio indicaron que el sistema de monitoreo desarrollado es altamente confiable y permite hacer medidas con una precisión de  $\pm 0.5 \%$  del rango y una resolución de 1.5 mm. Como el prototipo desarrollado incluye facilidades para activar una alarma sonora cuando un río sobrepase un nivel definido con precisión como de riesgo, el desarrollo realizado en este trabajo podría ser usado para implementar en el futuro sistemas que alerten oportunamente a población que vive en zonas de alto riesgo de inundaciones. [3].

## 4. Marco teórico y conceptual.

En este trabajo de proyecto grado se deben tener en cuenta ciertas temáticas sobre variantes de las propiedades del agua y otras variantes adicionales. Se tratarán fundamentos teóricos que servirán para referenciar al lector de manera breve y consistente para un mejor entendimiento de este documento.

### **Calidad del agua**

Para contextualizar en el este proyecto de grado, se debe enfocarnos principalmente en la temática de la medición de la calidad del agua, ya que es la temática principal de problema a el cual se busca obtener una solución u optimización.

El agua es esencial para el mantenimiento de todos los procesos biológicos, la calidad de vida de una sociedad y el sostenimiento de las actividades económicas. La calidad del agua está definida por su composición química y por sus características físicas, adquiridas a través de procesos naturales y antropogénicos que limitan o perjudican su uso [4].

Se puede decir de manera concreta que la calidad del agua está firmemente ligada a ciertas características, las cuales serían las químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua. Las características físicas tratar serían las siguientes:

Se tomaron algunos factores a medir debido a que afectan la producción orgánica del mar, a continuación se explica cómo afectan estos a la calidad del agua y a las



especies que viven en ella pero primero se describe cómo funciona este ciclo de nutrición orgánica.

La síntesis de compuestos orgánicos a partir de los constituyentes inorgánicos del agua de mar debida a la actividad de los seres vivos se denomina producción. Se lleva a cabo enteramente gracias a la actividad fotosintética de las plantas marinas, aun cuando hay trazas de materia orgánica formada por quimio síntesis. La materia prima son, el agua, el dióxido de carbono y otras sustancias diversas. Las plantas que contienen clorofila son capaces de combinar estas sustancias simples para sintetizar moléculas orgánicas complejas utilizando la energía lumínica. Este proceso se denomina *producción primaria bruta*. Los productos de síntesis más importantes son los principios inmediatos de los alimentos, es decir, proteínas, carbohidratos y grasas.

Parte del material orgánico sintetizado por las plantas es devuelto al estado inorgánico por ellas mismas mediante el proceso de respiración. El resto, denominado *producción primaria neta*, se incorpora en su mayoría a la planta como tejido nuevo. Es de gran importancia como fuente de alimentación para los animales herbívoros. En consecuencia, de la producción primaria neta depende, directa o indirectamente, la población animal del mar.

El consumo de plantas por los animales herbívoros tiene como fin la formación de tejido animal, esta es la *producción secundaria*, que a su vez sirve de alimento a los animales carnívoros de primer orden (*producción terciaria*).

Algunos factores que regulan la producción son como la luz que ayuda al proceso de fotosíntesis de las plantas, la cual es directamente proporcional a la intensidad lumínica. Esta también afecta a la **Temperatura**, la cual incrementa la fotosíntesis cuando se eleva hasta llegar a un máximo y entonces disminuye bruscamente si la temperatura sigue aumentando. Las diferentes especies están adaptadas a distintos rangos de temperatura y, probablemente, la fotosíntesis es llevada a cabo con la misma eficacia por el fitoplancton de latitudes altas en aguas frías y por las especies nativas de los trópicos en aguas más calientes.

Las variaciones estacionales de la tasa de producción en las latitudes templadas están relacionadas con cambios de temperatura e iluminación. Además de su efecto directo en la velocidad de fotosíntesis, la temperatura también influye indirectamente sobre la producción a través de sus acciones sobre el movimiento y mezclas de las aguas y, consecuentemente, sobre la disponibilidad de nutrientes donde aún penetra la luz del sol.

Otra variable a considerar es el **Oxígeno Disuelto (DO por sus siglas en inglés)** que llamamos afecta a la producción, pero este factor a la vez se ve influenciado por la temperatura ya que al subir por razones externas, como la contaminación por efluentes descargados en las bahías o estuarios reduce la solubilidad del oxígeno; la oxigenación puede disminuir aún más al aumentar el consumo de oxígeno por los animales y las bacterias y reducir la mezcla vertical debido a la



estratificación térmica. La consecuencia puede ser que las capas inferiores se desoxigenen y ensucien.

Debido a que gracias a esta podemos tener claro la pureza del agua se tomó la **Conductividad** puesto que un agua pura es un buen conductor de la electricidad. El agua destilada ordinaria en equilibrio con dióxido de carbono en el aire tiene una conductividad aproximadamente de  $10 \times 10^{-6} \text{ W}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$  (20 dS/m). Debido a que la corriente eléctrica se transporta por medio de iones en solución, la conductividad aumenta cuando aumenta la concentración de iones. De tal manera, que la conductividad cuando el agua disuelve compuestos iónicos.

Conductividad en distintos tipos de aguas:

Agua Ultra Pura  $5.5 \cdot 10^{-6} \text{ S/cm}$

Agua potable 0.005 – 0.05 S/cm

Agua del mar 5 S/cm

Por último se decidió por tomar el análisis más común que los científicos le hacen al agua para saber su calidad, que es el de pH. PH quiere decir "potencial de hidrógeno" y los niveles son distintos en los diferentes tipos de agua. Para los peces y otros organismos acuáticos es importante que se mantenga el pH de los arroyos. Mantenerlo en el agua potable es importante para que los caños no se corroan. Actualmente, en todo el mundo hay preocupación por los efectos dañinos del ácido en el agua de la lluvia. Por lo tanto, entender cómo el pH afecta las fuentes del agua es un área de estudio importante.

### **Cómo afecta el pH al agua potable.**

La Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos recomienda que el agua potable tenga un pH de entre 6.5 a 8.5. El agua dura, o el agua con un pH alto contienen una gran concentración de minerales disueltos. Aunque es sana para el cuerpo, los minerales como el calcio pueden causar problemas con su posicionamiento en superficies de cerámica y por su gusto agrio. Los depósitos minerales en las bañeras y los dispositivos del hogar pueden dejar residuos en escamas. El agua suave, o con bajo pH, tiende a llevar grandes concentraciones de metales como el manganeso y hierro. Estos metales pueden ser potenciales corrosivos de los caños en las casas antiguas.

### **Importancia del pH en los arroyos y los lagos.**

Mantener un pH balanceado en el agua es crítico para la vida acuática sana. Los peces y otros organismos dependen de la alta calidad del agua con la cantidad justa de oxígeno disuelto y sus nutrientes. Un alto o bajo pH puede romper el balance de los químicos del agua y movilizar a los contaminantes, causando condiciones tóxicas. Los organismos acuáticos pueden experimentar problemas haciendo que las poblaciones declinen. Por esa razón, generalmente los científicos de la calidad del agua, la analizan para determinar la salud de los arroyos, los lagos, los ríos y el agua del suelo.



### **Sistemas de comunicaciones de datos**

El sistema mundial de comunicaciones terrestres actual, nos permite utilizar una cantidad considerable de métodos para el envío y recepción de datos de un lugar a otro sin importar la distancia o el lugar. Una de estas técnicas es la telemetría, la cual consta de mediciones de magnitudes físicas a distancia para ser enviadas a un operador o un equipo computacional. Cabe resaltar que esta técnica es usada en procesos de monitoreo, especialmente aquellos que son en tiempo real como en el caso de este proyecto de grado. En la telemetría se utilizan sensores, radios de comunicaciones, sistemas de ahorros de energía, microprocesadores, etc.

La telemetría en su campo de acción consta de 3 etapas principales, en las cuales paso a paso realiza el proceso de la transmisión, estas etapas son adquisición, intermediación y visualización.

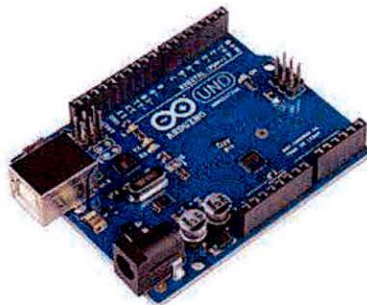
**-Adquisición:** esta etapa está ligada a los instrumentos o dispositivos que adquieren los valores de las variables medidas.

**-Intermediación:** Un algoritmo se encarga de organizar los datos obtenidos y de controlar los dispositivos de adquisición de los datos.

**-Visualización:** Mediante un software que permita una interfaz gráfica, se observan las variables medidas en la etapa de adquisición y esta pueda ser vista en cualquier parte del mundo.

**Arduino uno:** es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un micro controlador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

El hardware consiste en una placa con un micro controlador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Los micro controladores más usados son, el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, y Atmega8 por su sencillez y bajo coste que permiten el desarrollo de múltiples diseños. Por otro lado el software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring y el cargador de arranque que es ejecutado en la placa. Se programa en el ordenador para que la placa controle los componentes electrónicos [5].



**Figura 1.** Aduino 1

**Fuente:** [https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Arduino\\_Uno\\_-\\_R3.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Arduino_Uno_-_R3.jpg)  
(Fecha de actualización: 21 de enero de 2013, 00:26)



**Software Código abierto:** El software de código abierto es aquel distribuido bajo una licencia que permite su uso, modificación y redistribución. Como su nombre lo indica, el requisito principal para que una aplicación sea considerada bajo esta categoría es que el código fuente se encuentre disponible. Esto permite estudiar el funcionamiento del programa y efectuar modificaciones con el fin de mejorarlo y/o adaptarlo a algún propósito específico [6].

**Processing:** es un lenguaje de programación y entorno de desarrollo integrado de código abierto basado en Java, de fácil utilización, y que sirve como medio para la enseñanza y producción de proyectos multimedia e interactivos de diseño digital [7].

**Sensores:** Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc [8].

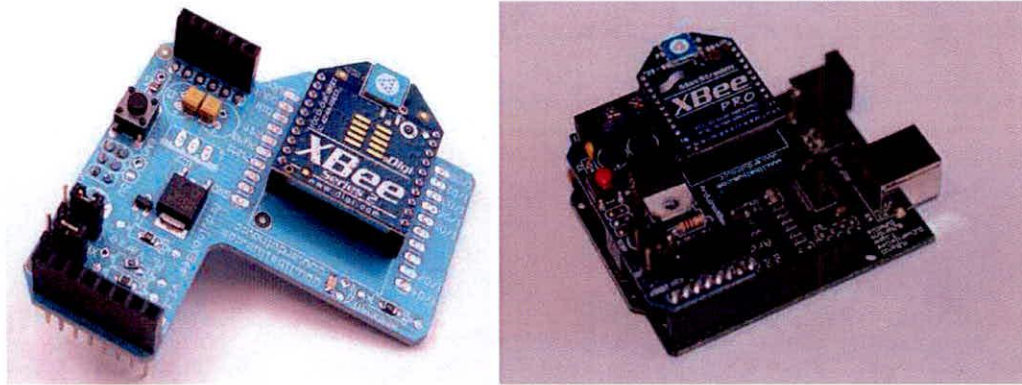
**Interfaz gráfica:** La interfaz gráfica es un software que facilita la comunicación entre un programa y el usuario de este. Diciéndolo de otra manera, la interfaz gráfica es la parte del programa que ves en la pantalla (iconos, botones, etc.) [9].

**Monitoreo:** es el proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información para hacer seguimiento al progreso de un programa en pos de la consecución de sus objetivos, y para guiar las decisiones de gestión. El monitoreo generalmente se dirige a los procesos en lo que respecta a cómo, cuándo y dónde tienen lugar las actividades, quién las ejecuta y a cuántas personas o entidades beneficia [10].

**XBee:** De acuerdo a Digi, los módulos XBee son soluciones integradas que brindan un medio inalámbrico para la interconexión y comunicación entre dispositivos. Estos módulos utilizan el protocolo de red llamado IEEE 802.15.4 para crear redes FAST POINT-TO-MULTIPOINT (punto a multipunto); o para redes PEER-TO-PEER (punto a punto). Fueron diseñados para aplicaciones que requieren de un alto tráfico de datos, baja latencia y una sincronización de comunicación predecible. Por lo que básicamente XBee es propiedad de Digi basado en el protocolo Zigbee. En términos simples, los XBee son módulos inalámbricos fáciles de usar [11].

**Shield para arduino:** Un **shield** es una placa impresa que se pueden conectar en la parte superior de la **placa Arduino** para ampliar sus capacidades, pudiendo ser apilada una encima de la otra como se muestra en la Figura 2.





**Figura 2.** Shield Xbee para arduino.

**Fuente:**

[http://store.curiousinventor.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/a/r/arduino\\_xbee\\_1.jpg](http://store.curiousinventor.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/a/r/arduino_xbee_1.jpg)

(Fecha de actualización: 22 de agosto de 2015)

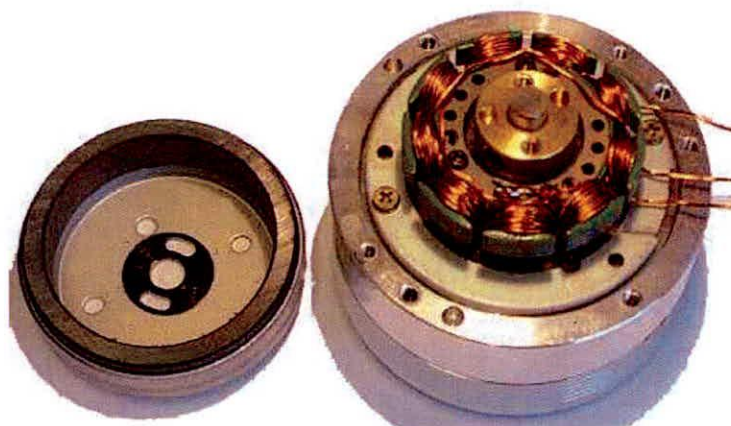
Es posible apilar varias shields aunque la imagen superior ya es un caso extremo no recomendable.

Las shields suelen ser diseños bastante simples y en general de código abierto, el diseño suelen ser publicados libremente. Podemos encontrar shields un poco más sofisticadas, incluyendo una unidad de medida inercial con una estructura en seis giroscopios DOF para su uso como parte de un piloto automático en un avión modelo [12].

**Motor brushless:** La palabra brushless se puede traducir como "sin escobillas", las escobillas son los elementos que hacen contacto en el colector de un motor común. En los motores de DC más pequeños, son de una aleación de cobre y en motores más grandes son de un compuesto a base de carbón.

Estos motores carecen de colector y escobillas o carbones. Entonces ¿cómo funcionan? Es simple, en vez de funcionar en DC funcionan en AC, la mayoría se alimentan con una señal trifásica, esta señal idealmente debería ser sinusoidal, pero en la práctica son pulsos, haciendo que la señal sea un continuo pulsante o bien una continua con mucho componente de AC sin embargo se los clasifica como de DC porque al igual que los motores comunes tienen imanes permanentes [13].





**Figura 3.** Parte interna de un motor brushless

**Fuente:** [http://blog.bricogeek.com/img\\_cms/1712-rc-brushless-motor.jpg](http://blog.bricogeek.com/img_cms/1712-rc-brushless-motor.jpg)

**Servomotor:** Un servomotor (también llamado servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. Un servomotor es un motor eléctrico que puede ser controlado tanto en velocidad como en posición [14].

## 5. Justificación.

El índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM) es un indicador de estado que facilita la interpretación de las condiciones naturales y el impacto antropogénico de las actividades humanas sobre el recurso hídrico marino en una escala de cinco categorías de calidad definidas entre 0 y 100. El ICAM permite resumir la información de ocho variables (oxígeno disuelto, pH, nitratos, ortofosfatos, sólidos suspendidos, hidrocarburos disueltos y dispersos, y coliformes termotolerantes), integradas con ponderaciones en una ecuación de promedio geométrico ponderado. Estas variables representan según sus valores de aceptación o rechazo una calidad o condición del agua en función de los valores de referencias de normas nacionales o internacionales para la preservación de la flora y fauna (Vivas-Aguas, Obando, *et al.*, 2014).

Conociendo la importancia y en lo que afectaría el entorno una fuente hídrica en estado de contaminación, la mejor manera es prevenir tomando muestras periódicamente y así poder prevenir algún problema ambiental, de una manera mucho más práctica y barata que la que se usa tradicionalmente usando aparatos de medición demasiado costosos.

## **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA**

Tomando a nuestra región en cuenta, es importante estar atento a las fuentes hídricas que se encuentran en las zonas pobladas, en este caso la comunidad universitaria de la Universidad del Magdalena, esta cuenta con un cuerpo de agua que está en el centro de la zona universitaria, la cual está habitada por una diversidad de población, entre animales, plantas y las personas que se encuentran a su alrededor.

Valorar los parámetros físico-químicos de El Lago de la Universidad del Magdalena, es de suma importancia para la preservación del buen ambiente, y así evitar que se generen malos olores u otros agentes contaminantes, usando un sistema de monitoreo móvil que mida diferentes características que especifiquen la calidad del agua, que tenga las características de aparatos de medición de gran precisión y que los datos de las propiedades físico-químicas puedan ser visualizadas en tiempo real y que este aparato pueda contribuir en la investigación en la región para que sea usado u operado por investigadores o estudiantes de carreras afines con el medio ambiente.

## 6. Objetivos.

### 6.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo de parámetros físico-químicos en tiempo real con tecnologías de código abierto para El Lago de la Universidad del Magdalena de la ciudad de santa marta.

### 6.2 Objetivos específicos

- construir un prototipo de barco basado en protei (open sailing drones) para recorrer El Lago de la Universidad del Magdalena.
- Instrumentar el prototipo de barco con sensores y actuadores que permitan realizar el monitoreo de parámetros físico-químicos como conductividad, pH y temperatura.
- Implementar un sistema de telemetría que permita el envío de datos en tiempo real.
- Desarrollar una interfaz gráfica que permita visualizar en tiempo real los registros de los parámetros físico-químicos de El Lago de la Universidad del Magdalena.



## 7. Diseño metodológico.

A continuación se presenta la metodología del proyecto, el cual constituye el soporte del presente proyecto:

Se construyó un dispositivo capaz de medir variables físico-químicas, las cuales son enviadas y visualizadas en un dispositivo computacional. Este dispositivo se controla de manera inalámbrica con el computador, haciendo más exitosa las mediciones en sitios de difícil acceso. Como el sitio a explorar se trata de un cuerpo de agua bastante grande, la manera más común de movilizarse en él es por medio de vehículos acuáticos, sean estos en nuestro caso un “**SCOUTBOTS**” o “**PROTEI**”, el cual se maneja a control remoto. El software **processing** es usado para la creación de una interfaz gráfica que permita visualizar los datos obtenidos en el monitoreo y ver siempre los valores físico-químicos actuales en El Lago.

Este proyecto de investigación se enfatizó en la comunicación en tiempo real y la medición de las variables físico-químicas actuales de El Lago a fin de obtener un diagnóstico de las condiciones ambientales del cuerpo de agua. Para la realización y la construcción de este proyecto de grado se utilizan los siguientes instrumentos o herramientas.

1-Herramientas informáticas de programación de código abierto como Arduino y Processing para Arduino.

2-Herramientas varias para diseño de vehículos de modelismo, impresora 3D, ferretería y materiales reciclables. Se apoyó en protei, como se muestra en la Figura 4.



**Figura 4.** Prototipo de barco.

**Fuente:** <https://sites.google.com/a/opensa1>  
(Fecha de actualización: 22 de agosto de 2015)

Este barco es una herramienta indispensable y necesaria para este trabajo, sobre todo por su bajo costo, bajo costo de energía y las posibilidades de diseños que se pueden hacer.



3-Herramientas de hardware para pruebas físicas del dispositivo de medición móvil, estas herramientas de hardware incluyen la electrónica introducida en el prototipo de vehículo acuático y los instrumentos de medición requeridos para la obtención exitosa de los datos medidos. El aspecto clave en este punto es la comunicación por la cual se hace la transmisión de los datos, esta herramienta clave se trata de un dispositivo que se conecta a Arduino, permitiendo hacer la conexión inalámbrica, este dispositivo tiene un costo mayor a otros de su clase pero se estaría implementando un dispositivo de mejor calidad, características y una mejor respuesta a la hora del envío de datos, este dispositivo se llama “**Módulo XBee 2.4GHz Serie 2 1.25mW**”, el cual se puede observar en la Figura 5.



**Figura 5.** Chip XBee.

**FUENTE:** <http://5hertz.com/tutoriales/wp-content/uploads/2014/01/xbec.jpg>  
(Fecha de actualización: 22 de agosto de 2015)

## **Diseño**

El diseño de este proyecto, consta de un desarrollo en 7 fases en la cual se construye, se instrumenta y se programa lo necesario para tener un prototipo capacitado para la navegación, la corrosión del agua, la toma de datos y la comunicación telemétrica.

## **Fases a seguir para el desarrollo**

**7.1 Fase 1 documentación:** En esta fase se realiza una ardua búsqueda sobre información referente a calidad del agua, parámetros ambientales, procesos fisicoquímicos. También información de cómo construir botes de modelismo de manera casera.

**7.2 Fase 2 construcción:** En esta fase se construye un barco basado en los protei, también se tiene en cuenta la corrosión del agua para seleccionar los

materiales correctos al momento de la construcción del mismo, se le implementa un motor brushless para ponerlo en marcha, servomotor para darle dirección y el micro controlador con el XBee para controlarlo desde el computador.

**7.3 Fase 3 Prueba1:** en esta fase se prueba la estabilidad y cómo se comporta el bote en el agua, se mira que no tenga fugas y que el equipo a instrumentar se mantenga siempre en buen estado y no sufra daño por la humedad.

**7.4 Fase 4 Instrumentación:** en esta fase es instrumenta en vehículo acuático con los sensores y los dispositivos necesarios para realizar las mediciones de manera eficiente y el sistema de comunicación para el envío de los datos.

**7.5 Fase 5 Prueba2:** se realizan pruebas para ver en una computadora los datos obtenidos por el vehículo acuático y se obtendrán valores para evaluar y estipular un criterio en el análisis propio de los resultados de la información obtenida.

**7.6 Fase 6 Interfaz Gráfica:** en esta fase se utiliza un software de código abierto, processing, para obtener los datos medidos y se puedan ser visualizados para así dar un diagnóstico de las condiciones de El Lago.

**7.7 Fase 7 Redacción de informe final:** se redacta un informe con medidas correspondientes en los tiempos de prueba, así como un estudio estadísticos de los valores obtenidos para obtener un valor medio de un conjunto de datos y estipular patrones de niveles de contaminación y que método se puede recurrir para mejorar la calidad del cuerpo de agua.

## 8. Alcances y limitaciones.

El proyecto se centra en el diseño y la implementación para el monitoreo de parámetros físico-químicos de distintas partes de El Lago de la Universidad del Magdalena en tiempo real, para lo cual se implementó por medio de un prototipo de barco que pueda ser manipulado por motor que se dirigirá inalámbricamente por transmisión que cubrirá el tamaño de El Lago.

Este prototipo lleva incorporada unas sondas que toma los datos del agua y los transmite a una computadora central que se encuentra al alcance de la persona que controla el barco para que esta, por medio de una interfaz gráfica, pueda manipular el barco, ver los datos de los sensores y guardarlos en la computadora.

Las limitaciones que puede llegar a tener este proyecto son dependiendo del tipo de ambiente en que se encuentre puesto que probablemente las condiciones de otro entorno, que no sea un sistema hídrico llano y tranquilo cambiarían drásticamente por condiciones como el viento, oleaje, corriente, etc. A demás se limita a tomar medidas solo en la superficie del agua.



## 9. Desarrollo del trabajo.

A continuación se presenta el desarrollo para llevar a cabo este proyecto. Se empieza a hablar con base a las etapas que se encuentran en el **diseño metodológico**. Debido a que la **Fase 1 y Fase 6** se ven plasmadas en el marco teórico y al final en la realización de este documento, se hará énfasis en las etapas que hicieron posible la construcción de este dispositivo.

### 9.1 Fase 2 Y 3

En esta fase se realizó el cuerpo base de todo el proyecto, el cual es un sistema móvil para tomar mediciones en puntos alejados sin necesidad de movernos.

Viendo el enfoque ecológico de este trabajo, lo asociamos a la comunidad protei que trabaja día a día para mejorar las condiciones ambientales de mares y cuerpos de agua con sus prototipos en hardware y software libre, con el uso de la impresión 3D.

En esta etapa se verificó el lugar que sería nuestro caso de estudio, siendo este El Lago de la Universidad del Magdalena. Se observaron diferentes tipos de barcos para la impresión enfocados a protei, los cuales son modelos o prototipos de barcos usados para monitorear agentes contaminantes en los mares. La idea es llevar a cabo un prototipo de barco para cualquier sitio en el cual se necesite realizar mediciones, con referente a esto, se basó en los modelos más sencillos de protei; teniendo en cuenta que estos exploradores acuáticos están hechos con materiales reciclados para su contribución al medio ambiente, la impresión 3D es una de las tecnologías más usadas al momento de hacer partes que no se consiguen, por el ejemplo en las diferentes clases de modelismos para gente aficionada desde drones hasta vehículos terrestres, teniendo la facilidad de poder usar una impresora 3D, investigando los diferentes tipos de materias primas, las cuales están a nuestro acceso son el PLA y el ABS, se escogió el PLA, o bien llamado poli láctico ácido el cual tiene propiedades semejantes al de las botellas de gaseosas y es un termoplástico biodegradable siendo amigable con el medio ambiente.

Se observó cuáles fenómenos externos podrían causar daños o problemas en el prototipo de nuestro barco, por ejemplo, si el barco fuera un barco de vela hay que considerar que se cuenta con la presencia del viento, si hay viento cuál sería su dirección y sobre todo su velocidad, la cual podría desestabilizar el barco y hacer que se hunda en el agua, y en el caso que no se cuente con viento, cómo moverse. Todo este análisis llevó a usar un modelo más común, que se adapte siempre a un lugar independientemente de las condiciones del viento.

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

Para la construcción del barco se utilizó un portal web llamado thingiverse, el cual cuenta con varios diseños de personas que desarrollan modelos 3D, en esta página web se pueden encontrar modelos desde tipos estéticos hasta ingenieriles. En este sitio se buscó un modelo, el cual es parte fundamental del vehículo acuático. El modelo se tomó como una guía, tal como se ve en la Figura 6.



**Figura 6.** Modelo base sacado del portal web thingiverse,  
<http://www.thingiverse.com/thing:274054>

En la fase de impresión del cuerpo del barco, se usó una impresora 3D de hardware y software libre modelo Prusa i3, la cual es una maquina tipo cartesiana que, por medio de un cabezal llamado extrusor, deposita en manera capaz un termoplástico el cual adquiere la forma de un objeto solido anteriormente cargado por un software de computadora, el software usado para el control de la prusa se llama repetier host, el cual es un programa totalmente de open software, el cual permite controlar la maquina manualmente y permite cargar los modelos 3D que se descarga de la página de thingiverse para poder imprimirlos



# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

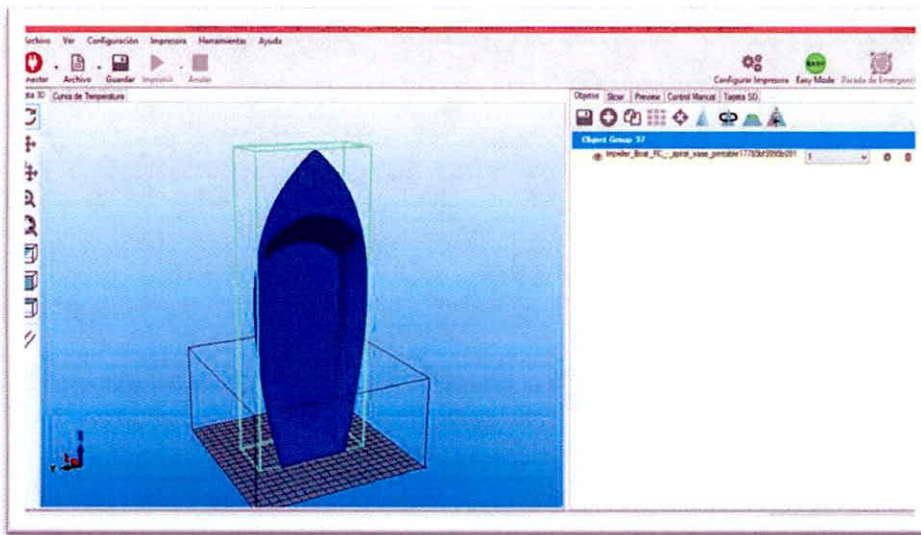


Figura 7. Modelo de la base del barco en el software repetier host, para impresoras 3D Rep Rap.

## Uso del Repetier Host:

Repetier host es el software usado para poder imprimir los modelos de impresión 3D. Este software sirve para definir la calidad de la pieza en su totalidad, crea el slicer del modelo que es lenguaje que entiende la impresora 3D y monitorea el estado de la impresora.

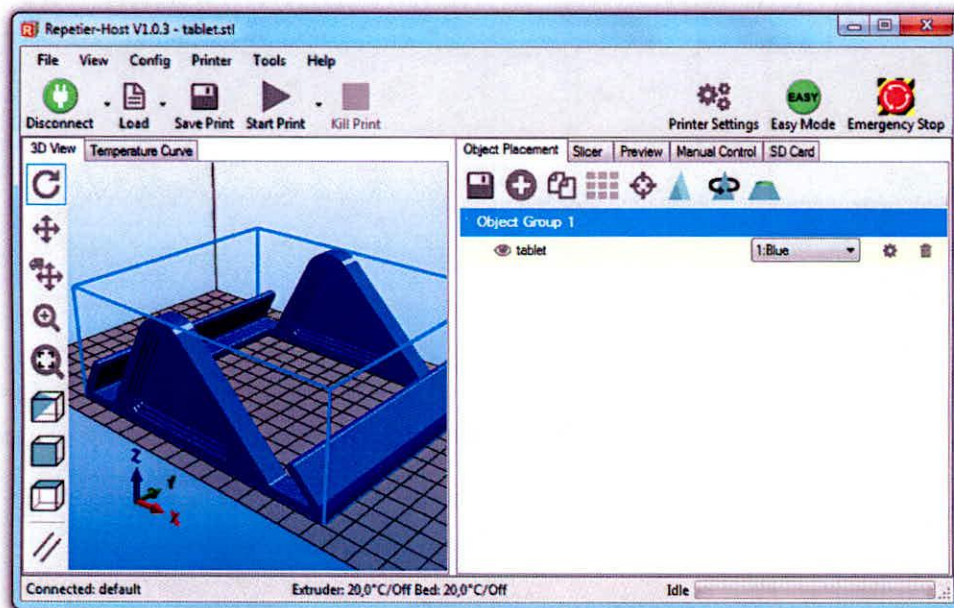


Figura 8. Entorno de trabajo de Repetier, en el cual se pueden adjuntar los modelos 3D. En este entorno se pueden seleccionar la cantidad de objetos deseados para imprimir, también se pueden rotar y escalar los objetos según sea la necesidad.

### Slice with Slic3r:

Es una herramienta que ayudó de manera considerable para la modificación de diferentes perfiles a la hora de la impresión, como la configuración de impresión que consiste en modificar valores de velocidad, qué tipo y porcentaje de relleno lleva el objeto, la cantidad de soportes, el número de perímetros y números de capas, configuración de filamentos, la temperatura en las cuales el filamento termoplástico se funde para tener una mejor calidad de impresión y la refrigeración de las capas de impresión, las configuraciones de la impresora, en las cuales se anota el diámetro de la boquilla del nozzle, la retracción, etc.

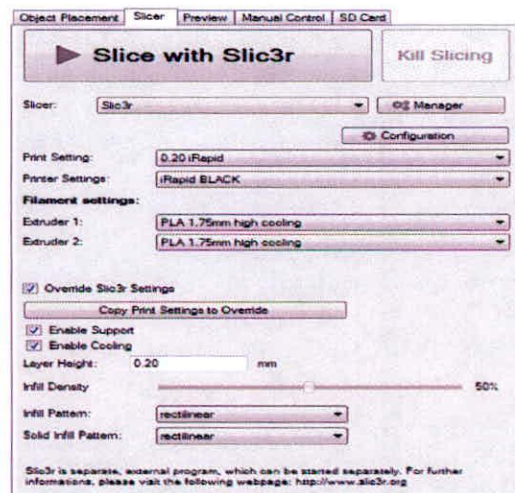


Figura 9. Ventana de configuración de perfiles y slicer.

El control manual de la impresora 3D permite calibrar la máquina para tener una calidad de impresión aceptable, también se utiliza para probar si la máquina está funcionando en óptimas condiciones, podemos mover manualmente el cabezal en los ejes X, Y y Z libremente en unidades de milímetros, también se puede controlar la fuente de poder, los motores paso a paso pueden ser desactivados, se puede aumentar o disminuir la velocidad de impresión, el control del flujo de aire de los ventiladores, la temperatura de la cama caliente y la del nozzle.

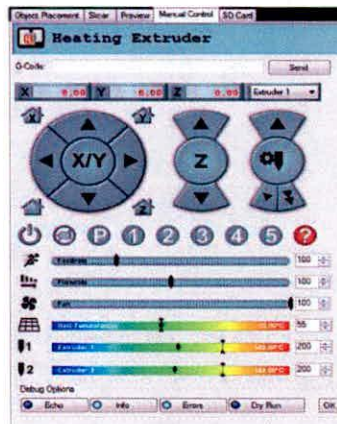


Figura 10. Interfaz de Control manual del Repetier Host.



## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

Para la impresión de nuestro modelo 3D se imprimieron 3 partes del barco, ya que el tamaño aproximado era 60 cm y la impresora solo tiene la capacidad de imprimir piezas de 20 x 20 x 20 cm. Según lo anterior la máquina fue calibrada para imprimir PLA (ácido poliláctico).

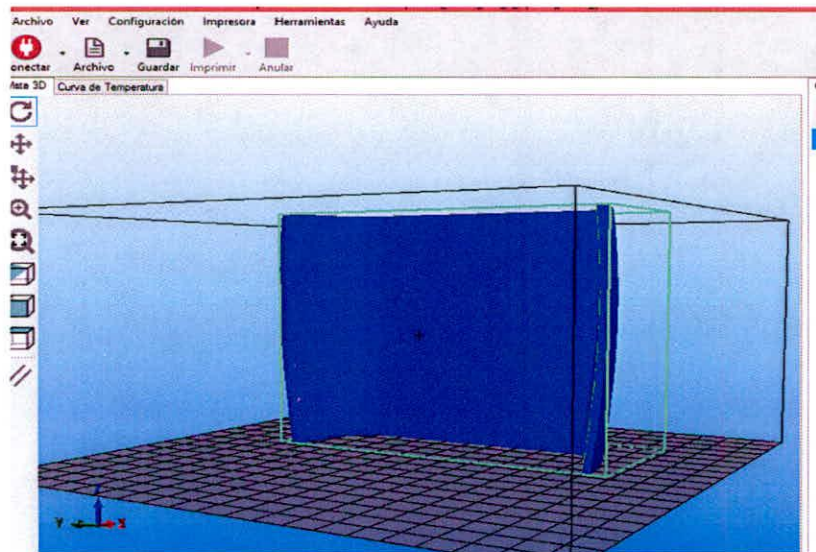
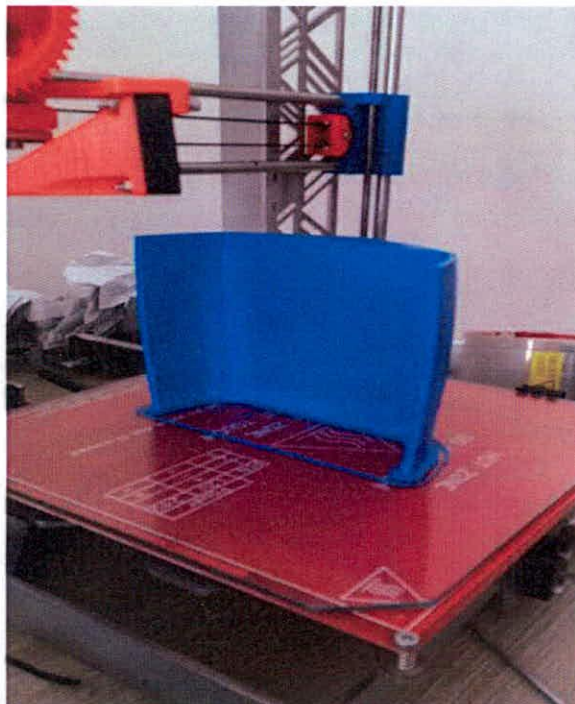


Figura 11. Modelo 3D del Barco en Repetier.

Cabe destacar que el tiempo de impresión de las 3 piezas tardó un aproximado de 20 horas, teniendo en cuenta el tiempo de la impresión 3D es lento dependiendo la calidad y el relleno de la pieza, en este caso las piezas tienen una resolución de 300 Micras, y la pieza contiene un relleno tipo panel de abeja al 15%, el cual debe permitir que el barco permanezca a flote y no se sumerja completamente, luego de tener las tres piezas se procede a pegarse, ya sea con súper glue u otro pegante comercial, luego se procede a verificar y a distribuir el espacio para colocar los sensores y otros dispositivos electrónicos de control del barco para tener una estabilidad en el peso y todo quede en una buena posición donde el agua no pueda alcanzarlos y dañarlo, como el barco está descubierto en la parte superior se hace una tapa en acrílico, con un agujero en el cual irá un tubo de PVC donde irán las sondas de los sensores, esta tapa protegerá a los componentes internos del medio externo.



**Figura 12.** Máquina imprimiendo parte del barco.



**Figura 13.** Pieza terminada en impresión 3D.

### **Sistema de Control del Barco.**

El sistema de control, el cual permite el envío y recepción de datos puede usarse con diferentes tarjetas electrónicas, estos pueden ser Pic, raspberry Pi, y cualquiera de la variedad de los Arduino, para la necesidad del proyecto el Arduino uno se acomoda a la necesidad costo beneficio, algunas características considerables para usar Arduino son:



- El Arduino permite tener una cantidad de puertos necesarios para adquisición de datos, con un total de 5 entradas análogas.
- Arduino permite tener comunicación serial con el software libre Processing.
- Tiene la velocidad necesaria para en el envío y la recepción de datos.
- Es software libre, y muestra un entorno sencillo de programar.
- Cuenta con una serie de librería que nos facilitan su uso.

Arduino es un entorno para desarrollar sistemas autónomos o puede ser controlado por un software, este dispositivo puede adquirir señales del entorno a través de sus entradas digitales y análogas, puedo controlar diferentes tipos de actuadores, desde motores, luces, etc. El software de Arduino es multiplataforma, funciona para Mac, Linux y Windows. El micro controlador de la placa es un Atmega238, el cual es de bajo coste y permite el desarrollo de muchos diseños.

### **Entradas y Salidas**

El dispositivo Arduino consta con 14 entradas digitales que se pueden configurar como entradas o salidas, para una tensión de operación de 5 voltios. Cada pin de Arduino puede proporcionar máximo una corriente 40 ma. También cuenta con 6 puertos capaces de generar señales PWM. Los pines 0 y 1 del Arduino son usados para la comunicación serial, si estos pines son usados para una función diferente se interrumpirá la comunicación USB. Arduino se puede comunicar con diferentes lenguajes de programación por lo cual se pueden realizar aplicaciones con una diversidad de software por medio de la comunicación serial, por ejemplo: Processing, python, java, visual basic, etc.

### **Funciones Básicas y Operadores**

#### **Sintaxis básica**

- Delimitadores: ;, {}
- Comentarios: //, /\* \*/
- Cabeceras: #define, #include
- Operadores aritméticos: +, -, \*, /, %
- Asignación: =
- Operadores de comparación: ==, !=, <, >, <=, >=
- Operadores Booleanos: &&, ||, !
- Operadores de acceso a punteros: \*, &
- Operadores de bits: &, |, ^, ~, <<, >>
- Operadores compuestos:
- Incremento y decremento de variables: ++, --
- Asignación y operación: +=, -=, \*=, /=, &=, |=

### **Estructuras de control**

- Condicionales: if, if...else, switch case

- Bucles: for, while, do. while
- Bifurcaciones y saltos: break, continue, return, goto

### **Variables**

En cuanto al tratamiento de las variables también comparte un gran parecido con el lenguaje C.

### **Constantes**

- HIGH/LOW: representan los niveles alto y bajo de las señales de entrada y salida. Los niveles altos son aquellos de 3 voltios o más.
- INPUT/OUTPUT: entrada o salida.
- false (falso): Señal que representa al cero lógico. A diferencia de las señales HIGH/LOW, su nombre se escribe en letra minúscula.
- true (verdadero): Señal cuya definición es más amplia que la de *false*. Cualquier número entero diferente de cero es "verdadero", según el álgebra de Boole, como en el caso de -200, -1 o 1. Si es cero, es "falso".

### **Comunicación por puerto serie**

Las funciones de manejo del puerto serie deben ir precedidas de la palabra "Serial" aunque no necesitan ninguna declaración en la cabecera del programa. Por esto se consideran funciones base del lenguaje. Estas son las funciones para transmisión serial:

- begin(), available(), read(), flush(), print(), println(), write()

### **Manipulación de puertos**

Los registros de puertos permiten la manipulación a más bajo nivel y de forma más rápida de los contactos de entrada/salida del microcontrolador de las placas Arduino. Los contactos eléctricos de las placas Arduino están repartidos entre los registros B(0-7), C (analógicos) y D(8-13). Mediante estas variables se observan y modifican su estado:

- DDR[B/C/D]: Data Direction Register (o dirección del registro de datos) del puerto B, C o D. Es una variable de Lectura/Escritura que sirve para especificar cuales contactos serán usados como entrada y salida.
- PORT[B/C/D]: Data Register (o registro de datos) del puerto B, C o D. Es una variable de Lectura/Escritura.
- PIN[B/C/D]: Input Pins Register (o registro de pines de entrada) del puerto B, C o D. Variable de sólo lectura.

Por ejemplo, para especificar los contactos 9 a 13 como salidas y el 8 como entrada (puesto que el puerto D usa los pines de la placa Arduino 8 al 13 digitales) bastaría utilizar la siguiente asignación:

DDRD = B11111110

Como se ha podido comprobar, el conocimiento del lenguaje C, permite la programación en Arduino debido a la similitud entre éste y el lenguaje nativo del proyecto, lo que implica el aprendizaje de algunas funciones específicas de que



dispone el lenguaje del proyecto para manejar los diferentes parámetros. Se pueden construir aplicaciones de cierta complejidad sin necesidad de muchos conceptos previos.

### **Placa Arduino Uno**

El Arduino es una placa micro controladora basada en un aTmega328p. Este contiene 14 entradas y salidas digitales, las cuales 6 pueden ser usadas como salidas de PWM, contiene 6 salidas analógicas, y posee un cristal de cuarzo de 26MHZ, una conexión USB, conexión de entrada de corriente, conectores ICSP y un botón de reinicio o reset. Esta placa contiene integrado los componentes necesarios para el funcionamiento óptimo del microcontrolador, de manera simple se conecta al computador por medio de un cable USB o se alimenta con un adaptador de ac-dc o una batería para su funcionamiento.

### **Especificaciones Técnicas**

Microcontrolador	aTmega328P
Voltaje de Operación	5v
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12v
Voltaje de entrada (límite)	6-20v
Pines E/S digitales	14 (de las cuales 6 proporcionan PWM)
Pines E/S PWM digitales	6
Pines Entradas analógicas	6
Pines E/S corriente DC	20 ma
Pin de corriente DC para 3.3V	50 ma
Memoria Flash	32 KB (ATmega328P) del cual 0.5 KB
del cual 0.5 KB es usado por el bootloader	
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocidad de reloj	16 MHZ

### **Alimentación.**

El Arduino uno puede ser alimentado por conexión vía USB y por fuentes de poder externas. La fuente de poder es seleccionada automáticamente.

La fuente de poder externa puede ser cualquier adaptador de corriente alterna a directa de pared o una batería, el adaptador puede ser conectado por un conector de 2.1 mm, el cual el pin del centro es el positivo en la entrada de la placa, también se puede conectar una batería en los pines GND y Vin para alimentar la placa.

La tarjeta puede operar con una fuente de poder externa de 6 a 20 voltios, si la energía suministrada es menor a 7v, el pin de 5v puede variar en menos de los cinco voltios que la tarjeta puede suministrar haciéndola inestable. Si usas más de 12 voltios, el regulador de voltaje se puede calentar en exceso y puede causar que la placa que dañe, el rango recomendado es de 7 a 12 voltios.



### **Los pines de alimentación son los siguientes:**

**Vin:** este es una entrada de voltaje para el Arduino cuando se usa una fuente de alimentación externa, siendo esta opuesta a los 5 voltios de la conexión USB. De este puede proporcionar voltaje, si se está usando la conexión de 2.1mm.

**5V:** este pin es una salida regulada de 5v del regulador de la placa. La placa puede suministrar voltaje mediante la entrada dc de 7 a 12V, la conexión USB, o el pin VIN de 7 a 12 V. el suministro de voltaje por los pines de 5v o 3.3v no pasan por el regulador, y pueden dañar su tarjeta.

**3V3.** Una fuente de voltaje 3.3 voltios en el regulador, la máxima corriente soportada es 50 mA.

**GND:** Pin de conexión a tierra.

### **Memoria**

El ATmega328 tiene 32 kb (con 0.5 KB ocupado por el bootloader). También tiene 2 KB de SRAM y 1 KB de EEPROM (mientras se pueda leer y escribir con la librería EEPROM).

### **Entradas y salidas**

Cada uno de los 14 pines digitales del Arduino uno puede ser usado como entradas y salidas, usando las funciones `PinMode()`, `digitalWrite` y `digitalRead`, ellos operan con 5 voltios. Cada pin puede proveer o recibir una corriente de 20 ma, para que operen en las condiciones recomendadas las resistencias internas de pull-up de 20 a 50 K ohm. 40 ma es el valor máximo de corriente, si se excede puede haber un daño permanente en el microcontrolador.

En resumen, algunos pines que tienen funciones especializadas:

**Serial:** 0 (RX) y 1 (TX). Usado para recibir (RX) y transmitir (TX) datos seriales tipos TTL. Estos pines están conectados a los pines correspondientes del ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.

**Interrupciones externas:** 2 y 3. Estos pines pueden configurarse con gatillos e interrupciones en un valor bajo, un cambio de flanco ascendente o descendente o en un cambio de valor. Ver la función `attachInterrupt()` para más detalles.

**PWM:** 3, 5, 6, 9, 10 y 11, estos pines proveen salidas PWM de 8 bits con la función `analogWrite()`.

**SPI:** 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Estos pines soportan comunicación SPI usando la librería SPI.

**LED:** Es un led incorporado controlado por el pin digital 13, cuando el pin está en estado alto el led se encuentra encendido, cuando el pin está en bajo el led se apaga.

**I2C:** El pin A4 para SDA y el pin A5 para el SCL, soportan comunicación I2C usando la librería Wire.

El Arduino uno consta con 7 entradas analógicas, etiquetadas desde A0 hasta A5, de las cuales proveen un rango de 10 bits de resolución, que por defecto se miden a partir de tierra a 5 voltios, aunque es posible cambiar el valor superior de su rango usando el pin AREF y la función `analogReference()`.



# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

## Otros pines de la placa

**AREF:** Referencia el voltaje para las entradas analógicas. Es usado con `analogReference()`.

**Reset:** poniendo esta línea en nivel bajo para resetear el microcontrolador. Es usualmente usado como botón para resetear shield cuando se bloquea la placa.

Arduino uno tiene una serie de instalaciones para la comunicación con una computadora, con otro Arduino u otro microcontrolador, el ATmega328 tiene comunicación serial UART TTL (5V), la cual está disponible en los pines digitales 0 (RX) y 1 (TX). En un ATmega16u2 la comunicación serial se da por USB y aparece como un puerto virtual para el software en el ordenador. El software de Arduino incluye un monitor serial, el cual muestra datos que están siendo enviados y recibidos por la placa. Los Leds RX y TX en la placa parpadearán cuando un dato se esté transmitiendo vía USB o Serial.

## Implementación de sistema de Comunicación.

A continuación se explica cómo se configura el sistema de comunicación por XBee con el programa **XCTU**.

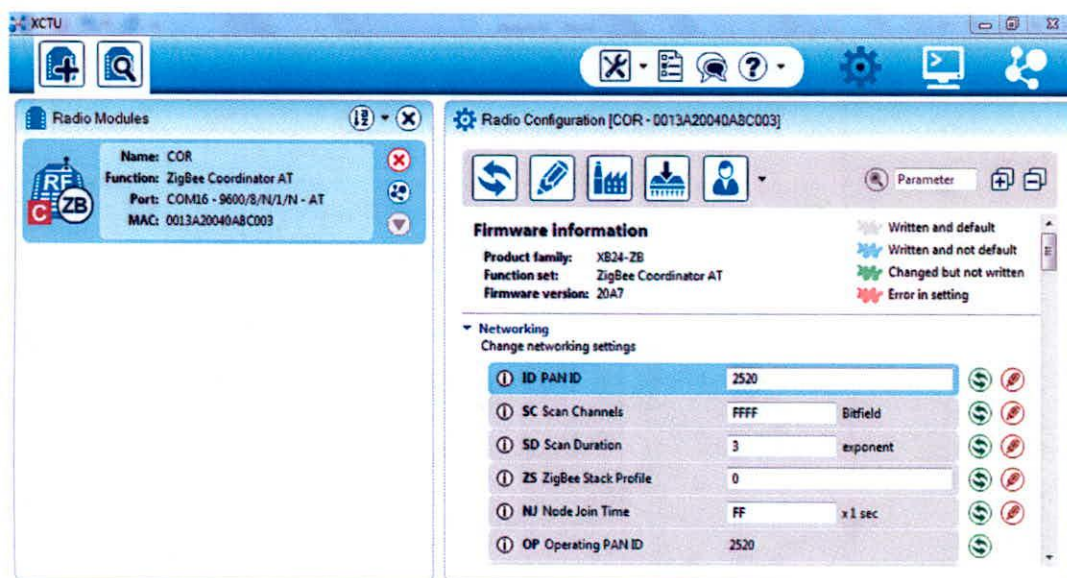


Figura 14. Plataforma **XCTU** para configuración de los XBee.

Para empezar hay que leer la configuración de fábrica del chip; para eso se debe conectar cada chip al computador por medio del **Adaptador Xbee Explorer USB** como se muestra en la Figura 15.

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

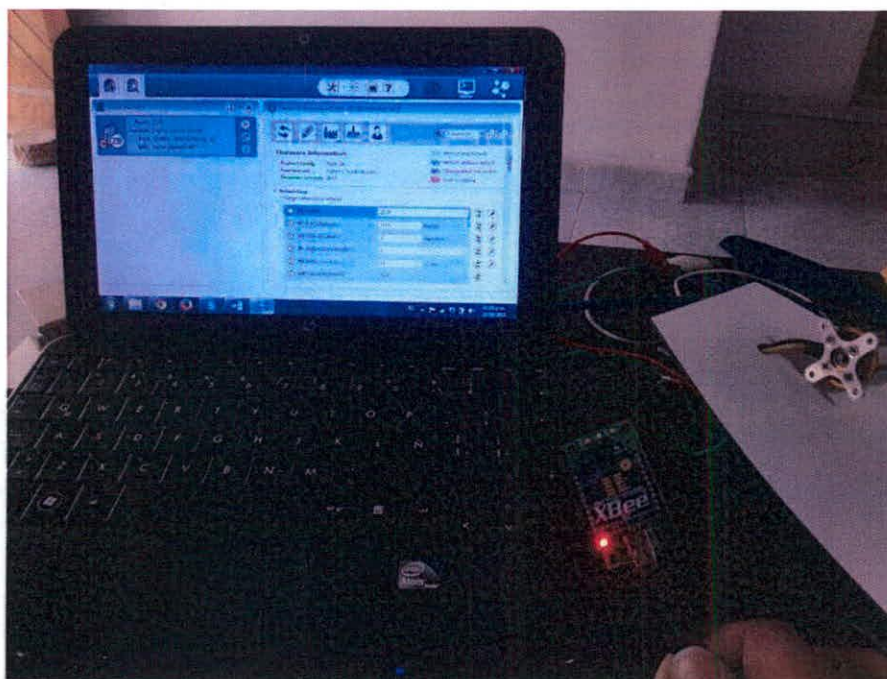


Figura 15. Xbee conectado al computador por medio del adaptador.

Después de leer los datos de la configuración de cada Xbee se procede a cambiarla para que funcione de la manera que se desea. Las **XBee S2** funciona de manera que un chip hace la labor como un coordinador y tener la posibilidad de enviar información a otros (router) por medio de una comunicación maestro-esclavo.

Tabla 1. Configuración de para la comunicación por **XBee**.

	coordinador	router
Columna1	C	R
Pan ID	2520	2520
SH	13A200	13A200
SL	40A8C003	40A8C030
DH	13A200	13A200
DL	40A8C030	40A8C003
NI	COR	ROU

Al finalizar la configuración solo falta conectarla XBee coordinador al computador y la que recibe los datos al arduino por medio de la **shield XBee para arduino**.

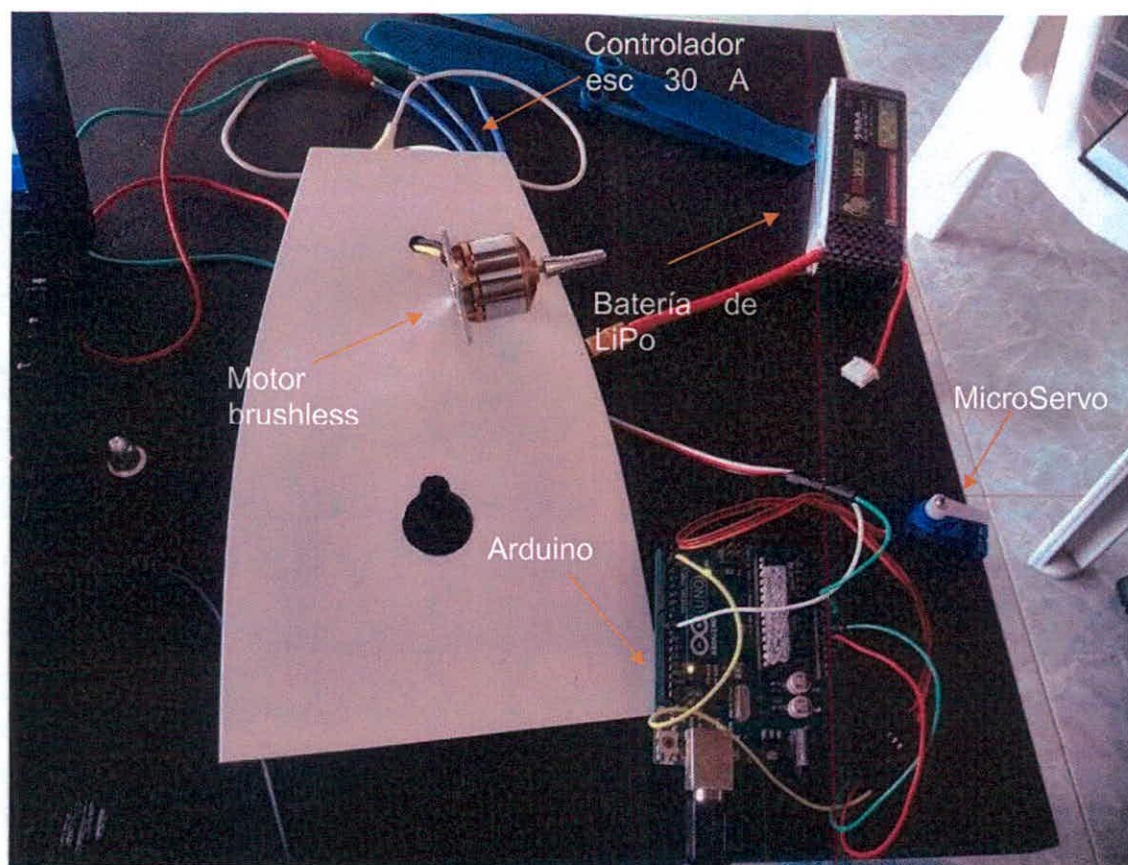


### **Control para el manejo del barco.**

A continuación se explica el método utilizado para poner en marcha al vehículo. Primero se empieza por hablar del comportamiento del motor brushless para programarlo. Este motor funciona a base de pulsos que se envían por medio de la entrada PWM del PIN 9 del arduino. Para saber cuál debe ser el periodo del pulso mínimo que recibe para poner en funcionamiento el motor se debe ver la referencia, en este caso es **A2212/6T 22000kv**. Este motor funciona con un pulso mínimo de 68  $\mu$ S y un máximo de 120  $\mu$ S así que se procede a codificar para que al momento de presionar la letra W (código ASCII para mayúscula y minúscula) aumente el ancho del pulso para que arranque el motor y aumentar la velocidad y al presionar la letra S (código ASCII para mayúscula y minúscula) para reducir la velocidad o detener el motor por completo. La letra P (código ASCII para mayúscula y minúscula) se utiliza para parar el motor sin importar en que velocidad se encuentre mientras que con la S solo para si se encuentra en la velocidad mínima.

Después de tener listo el brushless se procede con el código para el microservo, el cual funciona de la misma manera, por medio de pulsos, solo que este se utiliza para la dirección del barco. Este motor tiene un rango de movimiento entre  $0^\circ$  y  $180^\circ$  el cual es suficiente para su función de dirección. Luego de saber la manera cómo funciona se procede a codificar. Para este microservo también se debe tener en cuenta su referencia ya que depende el tipo que sea así será la manera como se mueva al pulso que le demos. Como se aprecia en el código, al motor se le colocó un pulso de 650 para un movimiento hacia el  $0^\circ$  y uno de 2550 para  $180^\circ$ . Se puede decir que para un movimiento en sus  $90^\circ$  sería restando su pulso de  $180^\circ$  Menos en  $0^\circ$  pero no es así ya que en la práctica no queda totalmente en sus  $90^\circ$  así que se le colocó un valor cercano tanteando para que quedara totalmente en un ángulo recto. En el código para el micro servo se puede apreciar en el código que se programó para que girara hacia  $0^\circ$  la letra D (código ASCII para mayúscula y minúscula) que en este caso moverá el barco a la derecha y la letra A (código ASCII para mayúscula y minúscula) para un giro hacia la izquierda. En cada giro se programa para que vuelva a los  $90^\circ$  para que el barco siga derecho cuando se deje de pulsar cualquier botón para la dirección.





**Figura 16.** Conexión de todos los elementos para poner en marcha al barco.

## 9.2 Fase 4 Y 5

La fase 4 y 5 cuenta como una de las fases más importantes del proyecto, la cual está constituida por los aparatos capaces de tomar las mediciones de los parámetros a medir, de tal manera que dependiendo de los valores adquiridos se tomaron los resultados y los análisis del lugar estudiado o sitio en el cual se realizó las mediciones correspondientes.

### Instrumentación del Vehículo Móvil.

Para la instrumentación del vehículo se usan 3 sensores, los cuales miden características específicas del agua, los cuales son pH, Conductividad y temperatura, los datos obtenidos nos ayudaran a obtener un criterio sobre la calidad del agua.

En el barco se instalan 3 sondas, las cuales procesaran los datos y serán enviados a un dispositivo que procesara esas señales y mostrara en tiempo real el valor actual de los parámetros que se están analizando.



## **Sensor de pH**

El sensor de pH electroquímico consiste en una sonda, que es sumergida en líquido y esta capaz de medir el pH de la sustancia. Su principio de funcionamiento se basa en que un vidrio sensible al pH entra en contacto con un líquido, se forma en la superficie una capa delgada de gel hidratado lo cual permite el intercambio de iones entre la superficie del vidrio y el líquido. En la superficie del vidrio se forma el denominado potencial de Nernst. Si ambas caras del vidrio están en contacto con los líquidos, puede detectarse una tensión entre los potenciales de las dos superficies. Dicha tensión guarda correlación con la diferencia en la concentración de iones  $H^+$  y, por consiguiente, con la diferencia de los valores de pH en ambos líquidos. [14]

La parte del electrodo de pH está constituida por una delgada membrana sensible al hidrógeno en forma de burbuja de cristal al final de un tubo de cristal inerte. Este tubo está lleno con un electrolito ( $KCl + AgCl$ ) y alberga un hilo conductor de Ag recubierto de AgCl, para llevar la señal eléctrica.

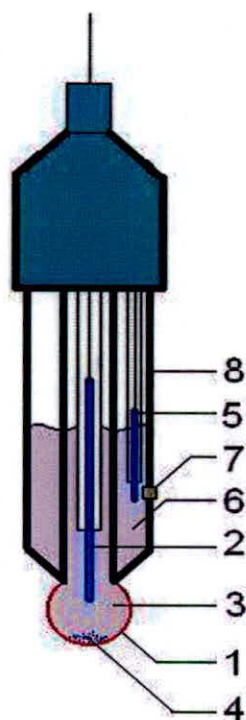
La zona del **electrodo de referencia** está formada por un tubo de cristal o de plástico que forma la carcasa de la sonda. En su interior se dispone el tubo del electrodo de pH a excepción del bulbo de cristal sensible al hidrógeno. Además, contiene otro tubo de menor diámetro de cristal o de plástico que lleva en su interior un hilo conductor de Ag recubierto de AgCl que porta un voltaje de referencia y sumergido en un electrolito ( $KCl + AgCl$ ). Este tubo termina en su extremo inferior en una junta cerámica interna (las juntas cerámicas se comportan como conductores líquidos) que lo conecta con el electrolito ( $KCl$ ) contenido en el tubo carcasa. Este último tiene otra junta cerámica externa que conecta con el líquido exterior o muestra.

En teoría, una sonda de pH proporciona a su salida una tensión inversamente proporcional al pH de la muestra, teniendo como cero el pH neutro. Es decir, para pH 7, la tensión de salida es 0 V; cuando el pH es mayor que 7, la tensión de salida es negativa y cuando el pH es menor que 7 positiva, siendo los cambios de, aproximadamente, 60 mV por grado de pH. Por ejemplo, para pH 5, la tensión de salida sería de unos 120 mV y para pH 8,5 sería de aproximadamente -90 mV. Aunque en la práctica y dependiendo de varios factores (calidad y envejecimiento de la sonda, temperatura, etc.), puede que no dé exactamente 0 V para pH 7, o que los incrementos de tensión no sean de 60 mV por grado de pH. Por todo ello, el circuito tendrá que ser calibrado periódicamente para que su medida sea fiable. [15]

## **Partes de una sonda de pH:**

Una sonda de medición de pH moderna típicamente es un electrodo combinado, el cual contiene tanto al electrodo de referencia como al electrodo de medición dentro de un mismo cuerpo. Un electrodo combinado consta de las siguientes partes:

1. La parte sensitiva del electrodo, una burbuja hecha de un vidrio específico.
2. Un electrodo interno, por lo general un electrodo de cloruro de plata o un electrodo de calomel saturado.
3. Una solución interna tamponada, por lo general a pH=7 de KCl 0,1 molar para electrodos de pH, o 0,1 molar de MeCl para un electrodo pMe.
4. Cuando se utiliza un electrodo de cloruro de plata, una pequeña cantidad de AgCl puede precipitar en el interior del electrodo de vidrio.
5. Un electrodo de referencia, por lo general del mismo tipo que el 2.
6. Una solución de referencia interna, por lo general 0,1 mol/l KCl
7. Unión con la solución estudiada, por lo general hecha de cerámica, o un capilar relleno de fibra de asbestos o fibra de cuarzo.
8. Cuerpo del electrodo, hecho de vidrio no conductor o plástico.[16]



**Figura 17.** Esquema de sonda de pH de vidrio.

**FUENTE:** [https://es.wikipedia.org/wiki/Electrodo\\_de\\_vidrio](https://es.wikipedia.org/wiki/Electrodo_de_vidrio)

(Fecha de actualización: 26 de agosto de 2015)

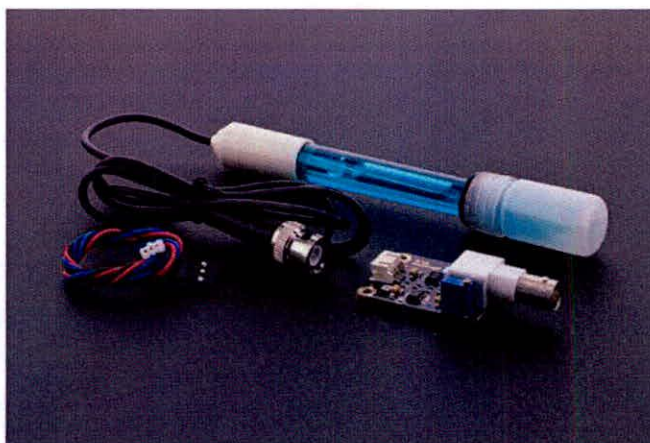
#### **Sensor de pH modelo (SKU: SEN0161).**

Este modelo de sensor consta con una sonda similar a la mencionada anteriormente, este es pH metro es completamente análogo, diseñado para Arduino y facilitar su uso y las mediciones sean prácticas y convenientes. Este sensor cuenta con conector BNC, el cual es usado en cables coaxiales permitiendo una mejor versatilidad. También cuenta con una placa en la cual se conecta la



# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

sonda para obtener los datos analógicos. Las aplicaciones de este sensor son el monitoreo de la calidad del agua Acuicultura



**Figura 18.** Sensor de pH SKU: SEN0161.

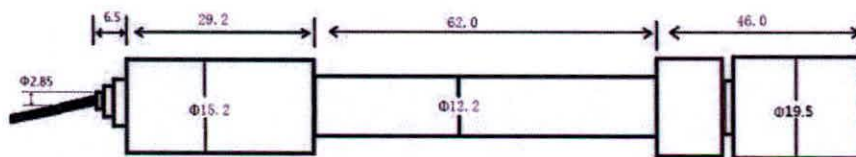
**FUENTE:**

[http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&keyword=sen0161&product\\_id=1025#.Vd4rbfl\\_Oko](http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&keyword=sen0161&product_id=1025#.Vd4rbfl_Oko)

(Fecha de actualización: 26 de agosto de 2015)

## Especificaciones del sensor

- Voltaje del módulo: 5.00 V
- Tamaño 43mmx32mm
- Rango de medición 0-14 pH
- Rango de temperatura 0-60 °C
- Exactitud  $\pm 0.1\text{pH}$  (25 °C)
- Sensor de pH con conector BNC
- Interfaz PH2.0 con conexión de 3 pines
- Potenciómetro para el ajuste de la ganancia
- Led indicador de encendido
- Cable largo desde el sensor al conector BNC: 660mm



**Figura 19.** Dimensiones de la Sonda de pH, las medidas están dadas en milímetros.

**FUENTE:**

[http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&keyword=sen0161&product\\_id=1025#.Vd4rbfl\\_Oko](http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&keyword=sen0161&product_id=1025#.Vd4rbfl_Oko)

(Fecha de actualización: 26 de agosto de 2015)

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

## Características del electrodo de pH

La salida de voltaje de la sonda de pH está dada en mili voltios, en relación a una temperatura de 25 grados centígrados

**Tabla 2.** Tabla de valores en relación al pH.

**FUENTE:**

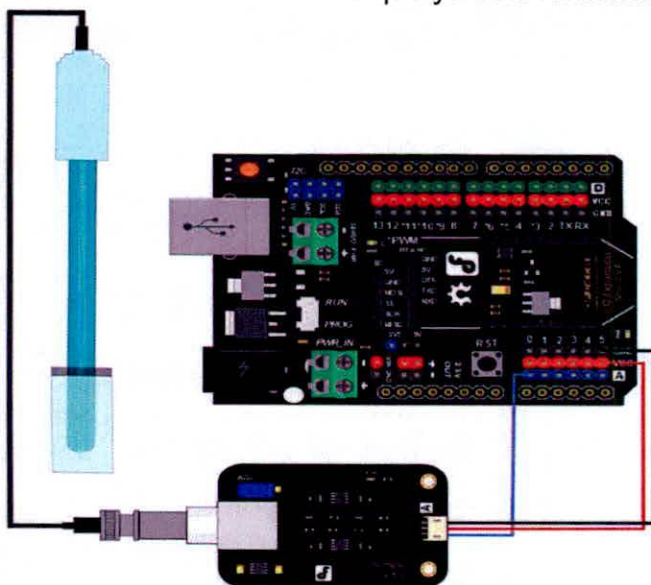
[http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&keyword=sen0161&product\\_id=1025#.Vd4rbfl\\_Oko](http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&keyword=sen0161&product_id=1025#.Vd4rbfl_Oko)

(Fecha de actualización: 26 de agosto de 2015)

VOLTAGE (mV)	pH value	VOLTAGE (mV)	pH value
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

## Uso del pH metro.

Para usar el uso correcto del sensor de pH, se debe conectar la sonda electrodo por medio del conector BNC a la placa PH2.0, conectando las salidas de la tarjeta a un pin análogo del Arduino, ya sea A0, A1 o A2, cuando la placa sea conectada al Arduino encenderá un led azul confirmando que ya está funcionando el dispositivo



**Figura 19.** Conexión recomendada para el buen funcionamiento del sensor.

**FUENTE:**

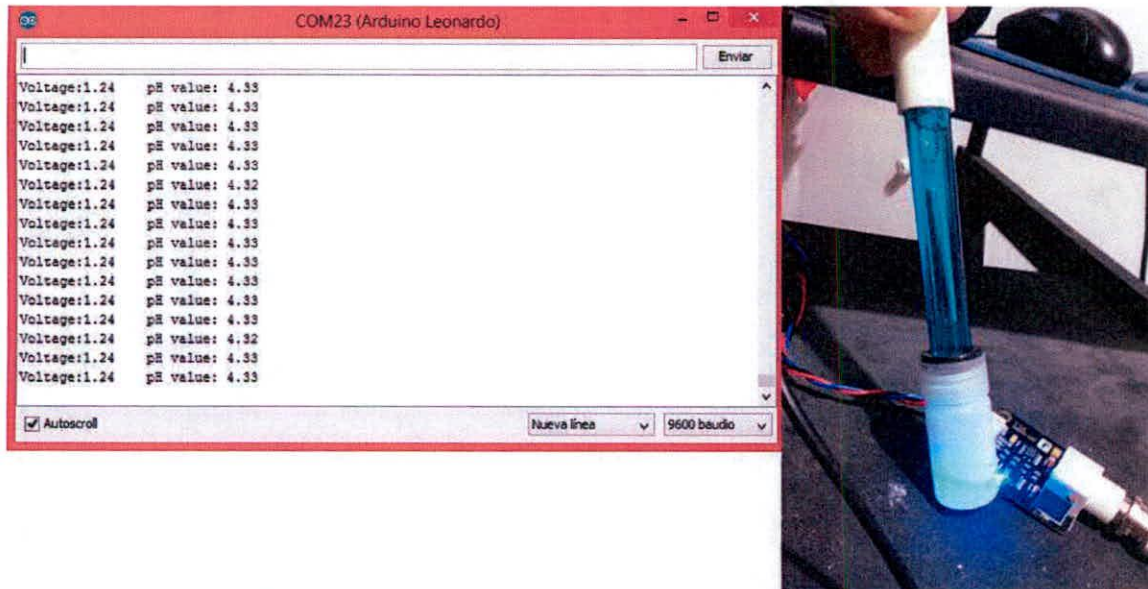
[http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&keyword=sen0161&product\\_id=1025#.Vd4rbfl\\_Oko](http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&keyword=sen0161&product_id=1025#.Vd4rbfl_Oko)

(Fecha de actualización: 26 de agosto de 2015)



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA**

Para hacer la prueba de calibración y verificar que el dispositivo está bien, se usa el siguiente código que entrega el proveedor del sensor, él se carga en el Arduino previamente. El sensor cuenta con una solución que sirve para la calibración la cual da un valor de pH 4 para su calibración.



**Figura 20.** Datos de calibración del Sensor de pH.

Con lo anterior el sensor quedo listo para su funcionamiento, siendo capaz de realizar mediciones exactas de niveles de pH.

### Sensor de Conductividad.

La sonda de conductividad se utiliza para medir la conductividad de una solución o la concentración total de iones de una muestra acuosa, siendo investigado en el campo o en el laboratorio. La conductividad es una de las pruebas ambientales más fáciles en muestras acuáticas. Aunque no nos dice los iones específicos que están presentes, si determina rápidamente la concentración total de iones en una muestra. Puede ser utilizado para realizar una extensa variedad de pruebas o planear experimentos para determinar los cambios de niveles de iones disueltos totales o la salinidad:

- Permite a los estudiantes ver cualitativamente la diferencia entre la naturaleza iónica y molecular de las sustancias en solución acuosa. Se puede incluir las diferencias en la fortaleza de ácidos y bases débiles, o el número de iones que una sustancia iónica disocia por unidad de fórmula.



## **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA**

- Use la sonda para confirmar la relación directa entre la conductividad y la concentración iónica en una solución acuosa. Las concentraciones de muestras desconocidas pueden determinarse también.
- Cambios de medida en la conductividad como resultado de la fotosíntesis en plantas acuáticas, como resultado de la disminución de la concentración de iones bicarbonato del dióxido de carbono.
- Use este sensor para la medición exacta in situ de sólidos disueltos totales (TDS) en el estudio de un arroyo o un lago.
- Monitoree el ritmo de reacción en una reacción química en el cual se disolvieron iones y la conductividad de la solución varía con el tiempo debido a que una especie iónica está siendo consumida o producida.
- Realice una valoración de conductividad para determinar cuándo cantidades estequiométricas de dos sustancias han sido combinadas.
- Utilice la sonda de conductividad para determinar el ritmo al cual una especie iónica se difunde a través de una membrana, como en los tubos de diálisis.
- Monitoriza los cambios en la conductividad o los sólidos totales disueltos en un acuario que contiene plantas acuáticas y animales. Estos cambios pudieron deberse a la fotosíntesis o la respiración.



**Figura 21.** Sonda de Conductividad A1003v1.



**Tomar mediciones con la sonda de conductividad.**

- Enjuague la punta de la sonda con agua destilada. Opcional: Seque la parte interior del electrodo si le preocupa que gotas de agua diluyan o contaminen la muestra que va a ser testada
- Inserte la punta de la sonda en la muestra para ser examinada. Importante: Asegúrese que la superficie del electrodo a lo largo de la célula está completamente sumergido en el líquido.
- Mientras agita suavemente la sonda, espere a la lectura en su ordenador, pantalla de la calculadora, o Palm hasta que se estabilice. Esto puede tomarse no más de 5 a 10 segundos. Nota: No sumerja completamente el sensor. El mango no es impermeable. [17]

**Especificaciones técnicas**

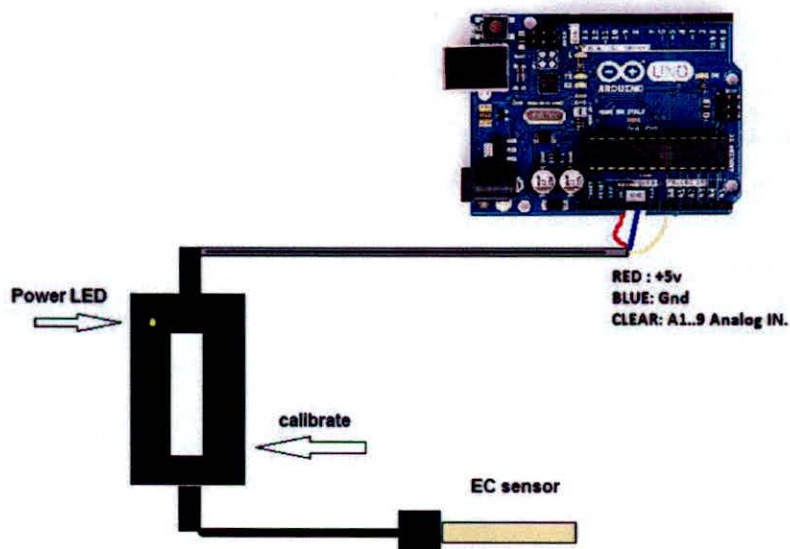
Alimentación	5V
Led indicador de encendido	
Salida	0-5V
Rango de Medición	0-5000 MicroS/cm
Rango de error	+/- 2% de escala máxima
Sensor	en línea o semisumergible

El sensor de conductividad modelo A1003v1, es un sensor diseñado para el monitoreo continuo, a parte de la sonda cuenta con un circuito que permite la conexión de la sonda y el Arduino, el cual consta con un led que muestra si el dispositivo esta encendido y un potenciómetro que permite la calibración del sensor.



**Figura 22.** Circuito para sensor de conductividad.

Este circuito permite conectarse directamente al puerto análogo del Arduino, la manera correcta de conectar el dispositivo ese puede ver en la Figura 23.



**Figura 23.** Diagrama de conexión del sensor de conductividad.

Cuando el sensor sea ingresado en el agua hay que darle tiempo para que se estabilice, para calibrarlo la mejor manera es tomar una solución a la cual se conozca su valor conductividad, y así mover el potenciómetro para establecer el limite al que se quiere medir, por ejemplo se puede hacer una calibración en el rango 1000 o 2000 US.



Para obtener el valor real de la conductividad se usó la siguiente relación, la cual el dispositivo recomienda, esto lo podemos calibrar usando un voltímetro o un programa en Arduino que permita ver el voltaje del puerto análogo. Para una escala de 0 a 5000 micro siemens tenemos los siguientes valores.

EC1----1000micro/S – 1.0v  
EC2----2000micro/S – 2.0vdc  
EC3----3000micro/S – 3.0vdc  
EC4----4000micro/S – 4.0vdc  
EC5----5000micro/S- 4.5vdc

### **Sensor de Temperatura.**

Para el monitoreo de parámetros físico químicos la medición de la temperatura es un factor importante, ya que los niveles de pH y conductividad pueden variar con referente a ellos, en el mercado actualmente se cuenta con una amplia gama de sensores. Existen 3 tipos de sensores de temperatura, los termistores, los RTD y los termopares. [18]

En este proyecto trabajaremos con un sensor de silicio, los cuales son circuitos integrados que aprovechan la variación predecible del voltaje de la unión base-emisor (VBE) de los transistores bipolares para realizar mediciones confiables y exactas de temperatura. Se caracterizan por su pequeño tamaño y son especialmente apropiados para aplicaciones de medición y control de temperatura en el rango de  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+150^{\circ}\text{C}$ . Además, no requieren de etapas de linealización, amplificación ni compensación externas debido a que incorporan en la misma pastilla sus propios circuitos de procesamiento de señales.

La mayoría de sensores de silicio proporcionan como salida un voltaje que varía linealmente con la temperatura en grados Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ), Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) o Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ). Algunos ejemplos representativos son el LM34, el LM35, el LM135 y el LM50, todos ellos de National Semiconductor y con una sensibilidad nominal de 10mV por grado. El LM50, en particular, tiene incorporado intencionalmente un offset DC de +500 mV para facilitar la medición de temperaturas negativas en sistemas de fuente sencilla. También se dispone de sensores con salida por corriente. Dos ejemplos representativos son el LM334 y el AD590, cuyas sensibilidades típicas son 1 mA/ $^{\circ}\text{K}$  y 1 $\mu\text{A}/^{\circ}\text{K}$ , respectivamente.

!La integración de circuitos de procesamiento en los sensores de temperatura de silicio elimina también, en muchos casos, la necesidad de comparadores o de convertidores A/D externos para convertir la salida análoga a un nivel lógico o un código digital. Los sensores de salida por comparador, en particular, son muy útiles para detectar condiciones de falla, impulsar calefactores o enfriadores, y otras aplicaciones de control y alarma. [19]

### Sensor de temperatura LM35

La serie LM35 es un circuito integrado, sensor de temperatura de precisión, cuya tensión de salida es linealmente proporcional a °Celsius (centígrados) de temperatura. El LM35 tiene una ventaja sobre los sensores de temperatura lineal calibrados en °Kelvin, como el que usuario no está obligado a restar una gran constante de voltaje de su producción para obtener centígrados conveniente.

El LM35 no requiere ninguna calibración externa o recorte para proporcionar una precisión típica de  $\pm 1/4$  °C a temperatura ambiente y  $\pm 3/4$  °C durante un total de  $+150$  - $55$  °C (Rango de temperatura).



Pin	Función	Descripción
1	Vcc	Alimentación (5V)
2	OUT	Salida. Devuelve lo que el sensor a captado
3	GND	Conectado a tierra.

**Figura 24.** Integrado LM35 y descripción de sus pines.

**Fuente:**

[http://www.trastejant.es/tutoriales/electronica/sensordetemperatura\\_lm35.html](http://www.trastejant.es/tutoriales/electronica/sensordetemperatura_lm35.html)  
4rbfl\_Oko

(Fecha de actualización: 26 de agosto de 2015)

### Características

- Calibrada directamente en grados Celsius (centígrados)
- Lineal  $+ 10,0$  mV / ° C factor de escala
- $0,5$  ° C exactitud regulable (a  $+25$  ° C)
- Calificación para la plena  $-55$  ° a  $+150$  ° C Rango
- Apto para aplicaciones remotas
- Bajo costo debido a la oblea-nivel de recorte
- Opera de 4 a 30 voltios
- Menos de  $60$   $\mu$ A de corriente de fuga



- Bajo nivel de calefacción, 0,08 ° C en aire
- No linealidad sólo 1/4 ° C típico
- Impedancia de salida baja, de 0,1Ω para carga de 1

### **9.3 Fase 6**

La sexta etapa representa también una de las partes más significativas del proyecto, debido a que sin esta el usuario no podría tener la capacidad de controlar e interactuar con el sistema, y así mirar cuales son los datos obtenidos según el lugar o zona en la cual se encuentre haciendo la medición. Para analizar los datos se debe tener un conocimiento previo sobre los valores normales de los parámetros del agua para definir su grado de calidad.

La adquisición de los datos se hace por medio de la instrumentación realizada anteriormente, y gracias a esto se puede observar, en tiempo real, los datos en la interfaz gráfica al mismo tiempo en que los datos sean guardados en un archivo para llevar un registro de la toda de las mediciones de los valores de los parámetros de El Lago.

#### **Software de desarrollo de la interfaz gráfica.**

Para el desarrollo de la interfaz gráfica, se tomaron varias opciones, desde java y python, pero el software que pareció más versátil y sencillo de manejar fue Processing. Esta herramienta tiene todo lo necesario para poder realizar una interfaz de usuario lo bastante sencilla para que pudiera ser entendible para cualquier persona que la use.

Hablando un poco sobre Processing se puede decir que es un entorno de programación sencillo, el cual es hecho para facilitar el desarrollo de aplicaciones orientadas a animaciones visuales e interactivas. En un principio Processing se usaba para hacer dibujos a través de código de programación. Durante la última década este software ha pasado a ser utilizado no solo para hacer dibujos, sino a hacer funciones mucho más complejas, a parte de su papel como software para dibujar. Este lenguaje fue hecho como un complemento del lenguaje Java, realizado para el trabajo de artistas y diseñadores. Processing ha evolucionado de tal manera que se ha convertido en una herramienta de diseño y creación de prototipo en diferentes áreas interdisciplinarias, usados en proyectos de instalación, gráficos en movimientos y visualización de datos complejos. [20]

El software Processing está basado en java, pero por elementos del programa Processing la programación se torna bastante sencilla, es software se puede aprender a usar de manera autónoma, incluso si usted nunca ha estado familiarizado con java, es decir se puede pensar que este programa no tiene con java.



### **Características del Lenguaje Processing**

- Gratuito y de código abierto.
- Generación de programas interactivos con salida en formatos 2D, 3D y PDF.
- Integración con OpenGL para usar aceleración 3D.
- Compatible con GNU/Linux, Mac OS X y Windows.
- Los proyectos se pueden ejecutar como applets de JAVA en la red.
- Más de 100 librerías que extienden el potencial del programa con sonido, vídeo, visión por computador y más...
- Bien documentado y varios libros disponibles. [21]

### **Procedimiento para la construcción de la interfaz gráfica**

Para la realización de la interfaz gráfica, se crearon ideas y se plasmaron sobre una hoja de papel, en la cual se dibujó un boceto que mostraba las posibles formas en cómo se distribuiría la visualización y la posición de los objetos en el GUI, algunos puntos claves para la realización de la interfaz gráfica fueron los siguientes.

- Se utilizó lenguaje de programación Processing, ya que hay buena documentación para su utilización y es un lenguaje que se puede aprender de manera autónoma en muy poco tiempo.
- El lenguaje Processing posee una cantidad de instrucciones y librerías, las cuales ayudan de manera óptima en el proceso de hacer una interfaz gráfica interactiva con el usuario.
- Processing tiene librerías con Arduino, las cuales les permite comunicarse por el puerto serial, y tanto Processing y Arduino son software libre.
- La interfaz gráfica se puede armar a nuestro antojo, haciéndose desde 0 y posicionando los objetos donde nos desee.

En el diseño se representan los sensores en una especie de círculos, los cuales podemos observar de manera llamativa los datos obtenidos por el Arduino en tiempo real, son un número de 3 círculos con los valores de las medidas en su interior y el nombre del parámetro físico químico medido en su parte superior, cabe aclarar que parte de recibir los datos en la interfaz gráfica se puede observar los controles que usan para manejar el barco, por medio de Processing se puede tener el control del barco desde la misma interfaz gráfica mientras obtenemos datos.

IDE de Processing es muy parecido al de Arduino, simplemente lo único que cambia es el botón de compilar por play, así que si ya se ha estado familiarizado con el software de Arduino, manejar Processing debería ser algo más sencillo.



# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

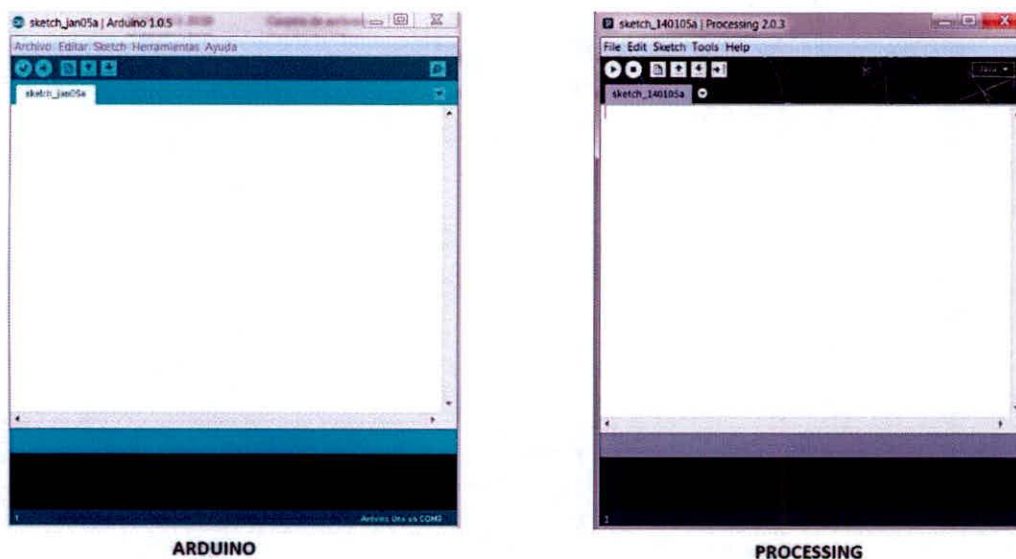
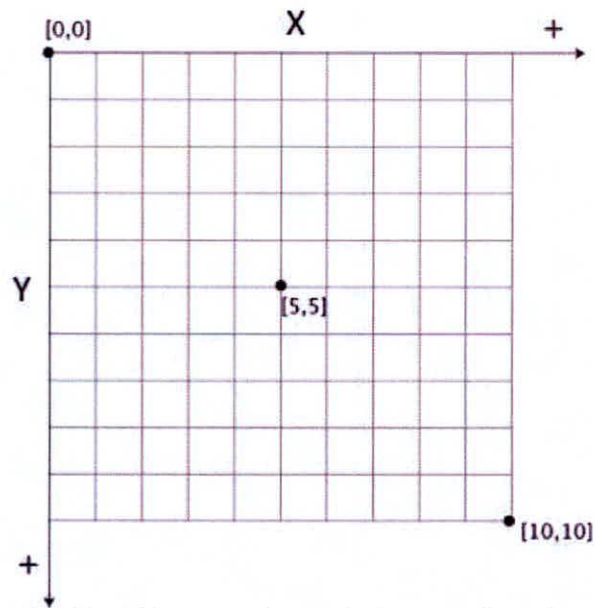


Figura 25. Comparación de interfaz Arduino y Processing.

## Sintaxis y funciones fundamentales de Processing para crear una interfaz gráfica.

Para comenzar hay que tener un cierto conocimiento básico, si antes se ha programado con Arduino es una gran ayuda, ya que la estructura es muy similar y existe muchas funciones que nos permiten realizar una cantidad variada de figuras visuales.

Para iniciar con Processing lo primero que hay que saber es que pantalla de visualización que se creó con Processing es un gráfico de píxeles, cada uno registrado con una coordenada (X, Y). El origen del gráfico está situado a la esquina izquierda arriba con las coordenadas (0, 0). Si se suma a X, se desplaza a la derecha. Si se suma a Y, se desplaza hacia abajo.



**Figura 26.** Posición cartesianas de las coordenadas X y Y.

**Algunas funciones básicas para la programación fueron las siguientes:**

**setup()** Función de arranque cuando el programa empieza. Igual que Arduino.

**-draw()** Bucle que se ejecuta cíclicamente siempre. Como el *loop()* de Arduino.

**-size(x, y);** Con esta función, Processing crea una ventana de X píxeles por Y píxeles. En esta ventana crearemos nuestro entorno gráfico.

**-background(0,0,0);** Determina el color del fondo de la ventana creada en modo RGB

**-stroke(0,0,0);** Función de trazo (bordes) que permite cambiar el color del dibujo actual en modo RGB. Cada función de dibujo llamada después de *stroke* tendrá el color de este.

**-noStroke();** Sin bordes.

**-point(x, y);** Crea un punto en la posición x, y del gráfico.

**-line(x1, y1, x2, y2);** Crea una línea. Los dos primeros valores son la primera coordenada X, Y. Los dos últimos valores son la última coordenada X, Y.

**-triangle(x1,y1,x2,y2,x3,y3);** Dibuja un polígono de tres puntas. Tiene seis valores que son las tres coordenadas de las tres puntas.

**-quad(x1,y1,x2,y2,x3,y3,x4,y4);** Dibuja un polígono de cuatro puntas. Los ocho valores son las cuatro coordenadas de las cuatro puntas.

**-rect(x, y, width, height);** Dibuja un rectángulo. Los dos primeros valores es la posición X, Y en el gráfico. Los dos últimos valores son la anchura y la altura respectivamente.

**-ellipse(x, y, width, height);** Dibuja una círculo. Los valores funcionan de la misma manera que *rect*.

**-fill(0,0,0);** Llena del color indicado la figura.

**-noFill();** Sin llenar de color.

**-text("texto",x,y);** Escribe un texto en la posición X, Y deseada.



## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

- mousePressed();** Función llamada cada vez que se aprieta el botón del ratón.
- mouseReleased();** Función llamada cada vez que el botón del ratón no está apretado.
- KeyPressed();** Función llamada cada vez que se aprieta una tecla del teclado.
- year()** Retorna el año actual del reloj del PC
- month()** Retorna el mes actual del reloj del PC
- day()** Retorna el día actual del reloj del PC
- hour()** Retorna la hora actual del reloj del PC
- minute()** Retorna el minuto actual del reloj del PC
- second()** Retorna el segundo actual del reloj del PC [22]

**#VoidSetup** !En esta parte de Processing definimos todo lo que necesitemos para hacer funcionar nuestro Sketch (los archivos en Processing llevan este nombre). Acá se puede definir el tamaño en pixeles de nuestro Sketch, un color de fondo en modo RGB y los parámetros sobre los fotogramas que queremos ocupar.

**#Void Draw** !Esta es la parte más importante del código ya que acá se genera nuestro lienzo de trabajo.

Al darle play a nuestro sketch esta parte estará en loop diciéndole a Processing qué es lo que queremos que se muestre o se haga. [23]

La interfaz gráfica según el código anterior quedaría de la siguiente manera.

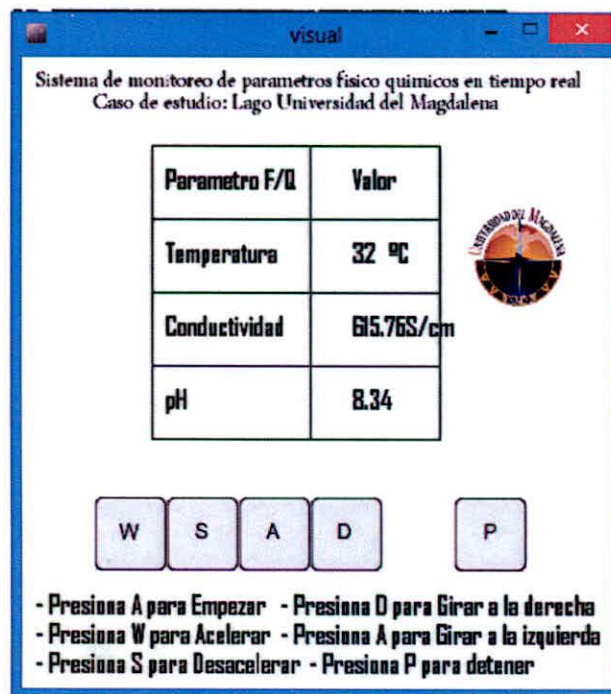


Figura 27. Interfaz de usuario creada en Processing.

En la interfaz gráfica, se puede observar que el control del vehículo está constituido por una cruceta, la cual está representada por una serie de botones, los cuales tienen una letra que son los botones a presionar en el teclado para controlar el barco, para la comodidad del usuario la letra W es para aumentar la velocidad, la letra S es para disminuir y las letras A y D son para direccionar el barco, ya sea izquierda o derecha. El barco también cuenta con un botón con la letra P, este botón es la parada de emergencia que detiene al barco automáticamente.

## 10. Resultados y discusiones.

Cuando se realizaron las pruebas finales del prototipo, se tomaron muestras en diferentes puntos de El Lago de la Universidad del Magdalena, para verificar en cuanto variaban los parámetros físicos químicos en diferentes áreas.

Para tomar y estipular criterios sobre la funcionalidad de nuestro sistema, se hizo uso de aparatos de medición de alta precisión, los cuales fueron formalmente prestados por los laboratorios de calidad de agua de la facultad de ingeniería ambiental, con los cuales se realizaron una serie de resultados para comparar la mediciones del dispositivo y así obtener el error, calibrar y aproximar las mediciones a un valor mucho más real.

**Tabla 2.** Muestras tomadas por los instrumentos del laboratorio de Ing. Ambiental

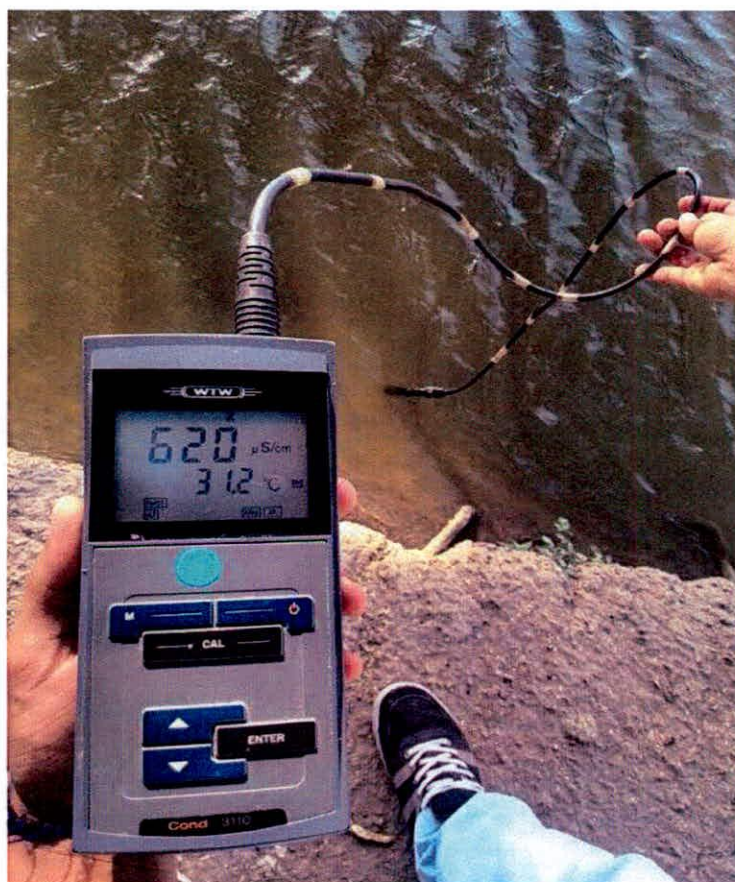
Punto	hora	pH	conductividad	Temperatura
1	5:00 Pm	8.40	617 uS/cm	31°C
2	5:15 Pm	8.32	626 uS/cm	30.9°C
3	5:23 PM	8.35	636 uS/cm	32.6°C

**Tabla 3.** Muestras tomadas por los sensores del sistema realizado.

Punto	hora	pH	conductividad	Temperatura
1	5:8 Pm	8.40	615.16 uS/cm	31.3°C
2	5:20 Pm	8.42	615 uS/cm	31.4°C
3	5:30 PM	8.40	634 uS/cm	32.5°C

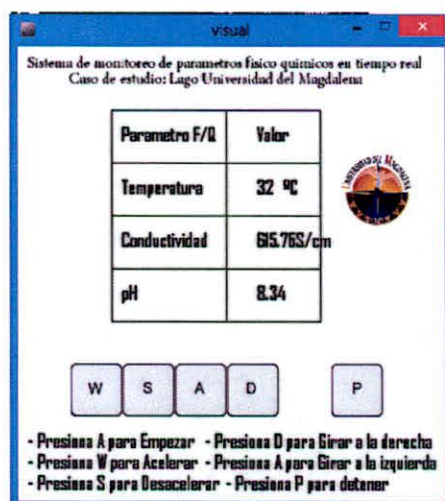


# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA



**Figura 28.** Medición con aparatos de precisión en El Lago de la Universidad.

Luego se implementó el sistema de medición móvil, con el cual se adquieren los valores físico-químicos del agua de El Lago de la Universidad y son visualizados de la manera como se muestra en la siguiente figura.



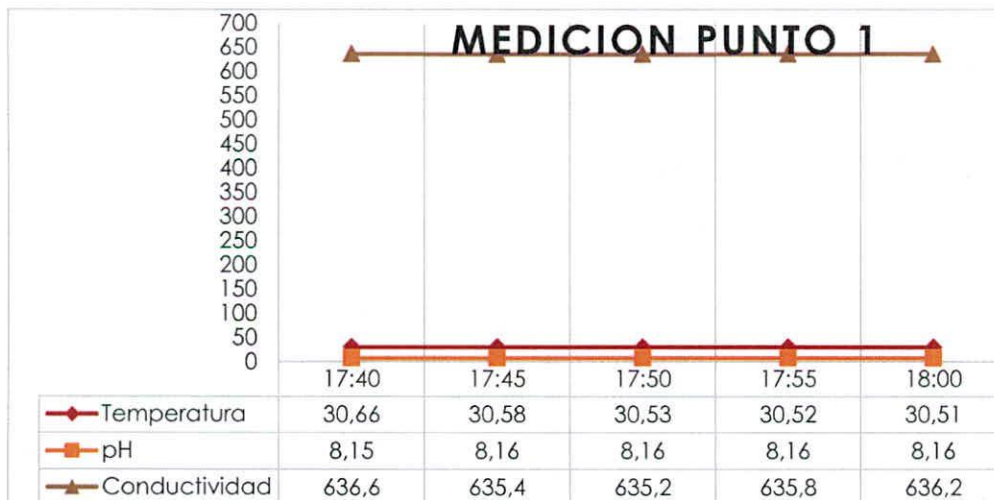
**Figura 29.** Interfaz gráfica midiendo valores físicos químicos de El Lago.

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

Los datos obtenidos no sólo se ven en tiempo real, sino que son guardados en un documento de texto, siendo un soporte o una base de datos de las tomas de las muestras en tiempos específicos. También hay que aclarar que para que las mediciones sean exactas se toma alrededor de 5 a 8 min a que los valores se estabilicen, ya que cuando nos movemos de un punto a otro en El Lago hay que esperar que los sensores obtengan el valor adecuado y dejen de cambiar de manera abrupta la señal que se está captando.

La importancia de tener una base de datos de apoyo en la medición en tiempo real sirve para hacer el estudio y poder ver como varían los parámetros de la calidad del agua en diferentes puntos de El Lago.

Según los puntos en los cuales se tomaron las mediciones se tienen las siguientes gráficas. Los ejes están definidos como valor medido asociado al eje X y el tiempo al eje Y.



**Figura 30,** Gráfica datos tomas en intervalos de tiempo punto 1

Como se puede apreciar en la figura anterior, los valores en un punto específico, el cual fue nombrado nombrado punto 1, el cual muestra que la calidad se encuentra en niveles que no sobrepasan lo normal en el rango de las mediciones de un cuerpo de agua de buena calidad.

Luego se mueve el barco hacia un punto distante al punto 1, el cual llamaremos punto 2 y se realiza las mediciones nuevamente.



# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA



**Figura 32.** Medición del punto 2

Como se puede observar los valores cambiaron con respecto a la primera gráfica, pero su cambio no es relevante, aun en un punto diferente se sigue estimando los valores de buena calidad del agua,

## 11. Conclusiones.

- Se construyó un modelo de barco gracias a tecnologías de licencia libre (arduino, processing, protei, etc.) que son una gran ayuda para la humanidad debido a que puede dejar que personas que no cuenten con un gran recurso monetario pueda desarrollar esta clase de proyectos. Para nuestro proyecto de investigación el uso de hardware y software open source fue algo significativo, ya que por medio de estas tecnologías se tuvo la capacidad de realizar un dispositivo medidor de parámetros ambientales de bajo y de fácil manejo. Se sabe que en la acuicultura o los organismos que velan por la integridad del medio ambiente siempre usan aparatos de alta fidelidad, entonces el motivo era usar las bases de la comunidad protei para crear un aparato que sea útil en los humedales de nuestra localidad. Teniendo claro todo lo anterior y gracias a la iniciativa de personas que han trabajado antes en ese campo se logró crear un sistema de medición que se asemeja demasiado a otros instrumentos de alta precisión.
- Se instrumentó el prototipo de barco con los respectivos sensores ya que en la actualidad se puede conseguir cualquier cosa que se desee en el internet, tal que no es difícil de encontrar los sensores que se escogieron, ni los motores para manejar el vehículo. Sin embargo estos fueron los más utilizados para la medición de la calidad del agua así que sensores de otro tipo no se sabría lo complicado que sería conseguirlos. Aunque para medir calidad del agua, los sensores son algo costosos pero a comparación a instrumentos que se encuentran en los laboratorios de calidad de agua, son bastante accesibles y los cuales tienen un margen el cual es bastante aceptable y no es mucho la deferencia a un valor exacto.
- Se implementó el sistema de telemetría con los dispositivos Xbee los cuales son los mejores para la comunicación de un sistema como este, ya que su sistema bidireccional permite entregar la información de los sensores al mismo tiempo que se envía la orden para controlar el barco. Y puede que sea el más ideal debido a que este ecosistema no tiene un gran área como para que cause algún problema significativo al alcance de la señal. Con esto pudimos tener un envío y recepción de datos de gran calidad y control de nuestro dispositivo con o sin línea de vista, y sobre poder tener el uso del dispositivo a algún lugar más amplio que sea diferente a nuestro caso de estudio que fue El Lago de la Universidad del Magdalena
- Gracias a Processing se desarrolló una interfaz entendible para todo público con el cual se puede codificar para que visualice los datos de enviados por los sensores hasta el control para el mando del barco. El entorno de visualización por medio de Processing fue una experiencia interactiva, fue empezar a conocer un lenguaje desde cero, con la particularidad de que este tiene cierta similitud con Arduino, el cual hizo que el desarrollo del



control y la visualización de los datos fuera óptima por la cantidad de información que se encuentra sobre este software.

- Gracias a este proyecto se pudo dar con un resultado fiable en algunos puntos de El Lago de la calidad de su agua, sin la necesidad de tener que usar un bote para introducir el medidor en el punto deseado. Con esto se pudo ver que los niveles de contaminación en El Lago de la Universidad del Magdalena son muy bajos y aptos para la supervivencia de especies acuáticas.

## 12. Recomendaciones.

- Para el desarrollo de un proyecto como este se recomienda que, si los materiales no se pueden conseguir en el país, se puedan pedir con varios meses de anticipación al tiempo que se tiene esperado terminarlo, ya que algunos pueden demorar más de 2 meses en llegar a su destino.
- Si se desea una excelente comunicación se recomienda un sistema diseñado con tecnología Xbee ya que es muy simple de usar y, aunque su costo es un poco alto, lo recompensa con su buen rendimiento.
- Algo importante para la realización de un proyecto de esta magnitud es que cualquier persona sea capaz de usarlo sin complicarse, por eso hacer una interfaz amigable con el usuario sería lo más recomendable al momento de hacerla.

## 13. Presupuesto.

A continuación se presenta el presupuesto del proyecto. Cabe aclarar que algunos de los ítems relacionados a continuación ya están cubiertos en su totalidad por la Universidad. Por ejemplo, el sueldo del profesor, el laboratorio, los computadores, las licencias de los software, etc. Por lo tanto no se necesita de un presupuesto adicional.

### 13.1 Recursos institucionales

Dentro de los recursos institucionales se relaciona todo el hardware e infraestructura que se va a necesitar en la elaboración del proyecto, se hizo uso de toda infraestructura y logística que la Universidad Del Magdalena tiene para el

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

ejercicio de la investigación: director de tesis, laboratorios, salas de computadores, software licenciado, biblioteca, etc.

Descripción de recursos institucionales.				
Ítem	cantidad	Justificación	RECURSOS APORTADOS POR:	TOTAL
			UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA	
			EFFECTIVO	
Impresora 3D	1	Para fabricación del barco y otras piezas	\$1.600.000	\$1.600.000
computador	1	Para la realización de la etapa de control. Se estima su costo de uso con base en su precio (2.262.000) y la depreciación según sus años de vida útil.	\$800.000	\$800.000
John Alexander taborda	1	Director de tesis	\$3.000.000	\$3.000.000
TOTAL				\$5.400.000

## 13.2 recursos adicionales

Se estiman los siguientes ítems adicionales los cuales será cubierto por el equipo de proyecto, y que son necesarios para la culminación exitosa del proyecto.

### 13.2.1 descripción de componentes de hardware

MATERIALES	PRECIO POR UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL
Sensor de PH	\$ 265.830	1	\$ 265.830
Sensor de Conductividad	\$ 226.586	1	\$ 226.586



# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

Batería Lippo	\$ 70.000	1	\$ 70.000
Sensor de Temperatura	\$ 10.000	1	\$ 10.000
Motor Eléctrico brushless A2212/2200 Kv 6T	\$ 41.500	1	\$ 41.500
ESC Controlador de Velocidad para Brushless 20 A	\$ 38.500	1	\$ 38.500
Servomotor	\$ 10.000	1	\$ 10.000
Xbee	\$ 100.000	2	\$ 200.000
Shield Xbee	\$ 31.000	1	\$ 31.000
Arduino Uno	\$ 27.000	1	\$ 27.000
Salva Lippo	\$ 12.000	1	\$ 12.000
Casco del Barco en impresión 3D	\$ 90.000	1	\$ 90.000
Tornillería y Carpintería	\$ 80.000	1	\$ 80.000
Adaptador Xbee Explorer USB	\$ 23.400	1	\$ 23.400
Cableado	\$ 15.000	1	\$ 15.000
Cargador de LiPo	\$ 60.000	1	\$ 60.000
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 1.200.816</b>

## 13.2.2 Insumos

MATERIALES	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
CABLES DE CONEXIONES H-H DE 10 cm	\$550	10	\$5.500

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

CABLES DE CONEXIONES M-M DE 10 cm	\$400	10	\$4.000
CONEXIONES CAÍMAN-CAÍMAN	\$ 1.500	3	\$4.500
TOTAL			\$14.000

## 13.4 Costo total del proyecto

El costo total estimado del proyecto es:

GASTOS	EFFECTIVO	ACCIÓN	TOTAL
DESCRIPCION DE COMPONENTES DE HARDWARE	\$ 1.200.816	Compra	\$ 1.200.816
INSUMOS	\$14.000	Compra	\$14.000
DESCRIPCIÓN DEL RECURSO INSTITUCIONAL	\$3.360.000		\$5.400.000
TOTAL			\$ 6.614.816



## 14. Referencias.

1. ( J. L. Mogollón, \* A. Ramírez, \* B. García \* y C. Bifano (n.d). Uso de los parámetros fisicoquímicos de las aguas fluviales como indicadores de influencias naturales y antropicas, 2014[18 de septiembre del 2014]. Disponible en <http://www.interciencia.org>)
2. (W,Sp,Aus.(2007). Monitoreo de aguas subterráneas en tiempo real, 2014 [fecha de consulta: 18 de septiembre del 2014] Disponible en [http://www.novamatrixgm.com/pdfs/case\\_studies/Monitoreo\\_de\\_Agua\\_Subterranea\\_en\\_%20%20Tiempo\\_Real\\_W\\_Sp\\_Aus.pdf](http://www.novamatrixgm.com/pdfs/case_studies/Monitoreo_de_Agua_Subterranea_en_%20%20Tiempo_Real_W_Sp_Aus.pdf), s.f.)
3. (W,Sp,Aus.(2007). Monitoreo de aguas subterráneas en tiempo real, 2014 [fecha de consulta: 18 de septiembre del 2014] Disponible en [http://www.novamatrixgm.com/pdfs/case\\_studies/Monitoreo\\_de\\_Agua\\_Subterranea\\_en\\_%20%20Tiempo\\_Real\\_W\\_Sp\\_Aus.pdf](http://www.novamatrixgm.com/pdfs/case_studies/Monitoreo_de_Agua_Subterranea_en_%20%20Tiempo_Real_W_Sp_Aus.pdf), s.f.)
4. (W,Sp,Aus.(2007). Monitoreo de aguas subterráneas en tiempo real, 2014 [fecha de consulta: 18 de septiembre del 2014] Disponible en [http://www.novamatrixgm.com/pdfs/case\\_studies/Monitoreo\\_de\\_Agua\\_Subterranea\\_en\\_%20%20Tiempo\\_Real\\_W\\_Sp\\_Aus.pdf](http://www.novamatrixgm.com/pdfs/case_studies/Monitoreo_de_Agua_Subterranea_en_%20%20Tiempo_Real_W_Sp_Aus.pdf), s.f.)
5. (Colaboradores proyecto arduino. (n.d.), Arduino [en línea], 2014[18 de septiembre del 2014]. Disponible en <https://proyectoarduino.wordpress.com/%C2%BFque-es-arduino/>, s.f.)
6. (Colaboradores de prezi. (n.d). Software de código abierto [en línea]. 2014[19 de septiembre del 2014]. Disponible en <https://prezi.com/zb7sxmosk3tz/software-de-codigo-abierto/>, s.f.)
7. (Colaboradores de Wikipedia. (n.d.). Processing [en línea]. wikipedia, la enciclopedia libre. 2014[20 de septiembre del 2014]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Processing>, s.f.)
8. (Colaboradores de Wikipedia. (n.d.). Sensor [en línea]. wikipedia, la enciclopedia libre. 2014[20 de septiembre del 2014]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>, s.f.)
9. (Colaboradores de prezi. (n.d).Interfaz gráfica [en línea]. 2014[21 de septiembre del 2014]. Disponible en <https://prezi.com/8kbae3mikvou/untitled-prezi/>, s.f.)
10. (Onu. (n.d.). ¿Cual es el monitoreo y la evaluación? [en línea]. 2014[20 de septiembre del 2014]. Disponible en <http://www.endvawnow.org/es/articles/330-cual-es-el-monitoreo-y-la-evaluacion.html>, s.f.)
11. (Xbee. (n.d.), ¿ Que es xbee ? [en línea]. 2015[12 de febrero del 2015]. Disponible en <http://xbee.cl/que-es-xbee/>, s.f.)
12. (Colabores de ayuda electronica. (n.d.). ¿Que son los arduinos shields? [en línea]. 2015 [18 de febrero del 2015]. Disponible en <http://ayudaelectronica.com/%C2%BFque-son-los-arduino-shields/>, s.f.)
13. (Colaboradores brico geek. (2010). Motores brushless en vivo [en línea]. 2015 [ 25 de febrero del 2015]. Disponible en <http://blog.bricogeek.com/noticias/modelismo/motores-brushless-en-vivo/>, s.f.)
14. (Colaboradores de Wikipedia. (n.d.). Servomotor [en línea]. wikipedia, la enciclopedia libre. 2015[20 de abril del 2015]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Servomotor>, s.f.)

15. (Anónimo. (n.d). ¿Como instalar un sistema de inyección de co2? [en línea]. 2015 [15 de mayo de 2015]. Disponible en <http://perso.wanadoo.es/jsierrao/co2.html>, s.f.)
16. (Colaboradores de wikipedia. (n.d). pH metro [en línea]. wikipedia, la enciclopedia libre. 2015 [14 de junio del 2015]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/PH-metro>, s.f.)
17. (Vernier, (2007). sonda de conductividad (en línea). 2015[10 de agosto de 2015]. disponible en <http://www.vernier-iberica.com/descargas/datos%20tecnicos/conbta.pdf>, s.f.)
18. (Anónimo. (n.d). Sensor de temperatura [en línea]. 2015 [5 de agosto del 2015]. Disponible en <http://medirtemperatura.com/sensor-temperatura.pHp>, s.f.)
19. (Profesor Roman. (2010). Sensores de temperatura de silicio [en línea]. 2015 [5 de agosto de 2015]. Disponible en <http://profesorroman.blogspot.com.co/2010/06/sensores-de-temperatura-de-silicio.html>, s.f.)
20. (Processing. (n.d). Processing overview [en línea]. 2015 [10 de agosto del 2015]. Disponible en <https://processing.org/tutorials/overview/>, s.f.)
21. (UOC, Berga. (2012). introducción a processing. 2015 [10 de agosto del 2015]. Disponible en <http://mosaic.uoc.edu/2012/04/30/introduccion-a-processing/>, s.f.)
22. (Colaboradores Diy makers. (2014). Primero pasos en Processing [en línea]. 2015 [10 agosto del 2015]. disponible en <http://diymakers.es/arduino-processing-primeros-pasos/>, s.f.)
23. (Anónimo. (n.d). La sintaxis de processing [en línea]. 2015 [10 de agosto de 2015]. disponible en <http://feedmagazine.soup.io/post/123567339/La-sintaxis-de-Processing>, s.f.)



## 15. Anexos.

**Código para mover poner en marcha los motores brushless y servo para el arranque y direccionamiento del barco:**

```
#include <Servo.h>
#define PINMOTOR 9 //pin conectado al ESC, en este caso CH_5 en
ARDUPILOT corresponde al pin 8
#define PINSERVO 2
#define MAXIMOPWM 120 // Son grados Podia llegar hasta 180,paramas
seguridad lo dejo bajo
#define MINIMOPWM 67 // por si acaso empezar con un valor inferior, mi motor
no arranca hasta 65
#define PASO 30 // Incrementos del teclado
#define PASOSERVO 500
#define CENTRO 1500
#define timeToReturn 500

const int pinSen = 0;
const int pinServo = 2;
const int pulsoMin = 650; //pulso en us para girar el servo a 0°
const int pulsoMax = 2550; //pulso en us para girar el servo a 180°
byte tec;
int valor;
int angulo;

int pulsoMotor;
int pulsoServo;
int ordenTeclado = 0;
Servo myServo; // creamos el servo como elemento en la libreria
Servo myMotor;
char recibiendoByte ;
boolean iniciado = false;
float temp;// Variable sensor de temperatura
float conduc;
float ph;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  //////////brushless////////
  myServo.attach(PINSERVO); // inicializo el ESC en el pin determinado
  myMotor.attach(PINMOTOR); // inicializo el ESC en el pin determinado
  pulsoMotor = 1000;
  pulsoServo = 1000;
```

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

```
//Serial.println(" Comienzo del test"); //
//Serial.println (" Pulsar 'A' para arrancar \n Cuando escuche el pitido de
confirmación");
while ( iniciado == false ) {
  myMotor.writeMicroseconds(1000); // Armado
  myServo.writeMicroseconds(1500);
  if (Serial.available()) {
    tec = Serial.read(); // Leemos el Byte recibido
    if (tec == 'A') { // A
      iniciado = true;
    }
  }
}
```

```
unsigned long lastUpdate = 0;
unsigned long lastControl = 0;
void loop() {
  if (millis() - lastUpdate >= 1000) {
    lastUpdate = millis();
    temp = analogRead(A0); //Lee los datos del sensor LM35
    temp = (5.0 * temp * 100) / 1023.0; //Formula para convertir a Â°C
    conduc = analogRead(A1);
    conduc = (5.0 * conduc * 1000) / 1023.0;
    ph = analogRead(A2);
    ph = (5.0 * ph * 3.495) / 1023.0;
```

```
Serial.print(temp, 0); //Enviamos los datos en forma de byte
Serial.print(",");
Serial.print(conduc, 0);
Serial.print(",");
Serial.println(ph, 2);
}
//////////brushless//////////
OrdenSubirBajar ();
delay(20);
}
```

```
int OrdenSubirBajar () {
  int orden = 0;
  // Serial.flush();// Limpiamos el Bufer de entrada (evitar efecto ametralladora)
  //delay (150);

  if (Serial.available() > 0) {
    tec = Serial.read(); // Leemos el Byte recibido
    if (tec == 'W') { // W
      pulsoMotor = pulsoMotor + PASO;
```



# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

```
    if (pulsoMotor > 2000)
        pulsoMotor = 2000;
    myMotor.writeMicroseconds(pulsoMotor);
}
if (tec == 'S') { // S o s Mayusculas o minisculas
    pulsoMotor = pulsoMotor - PASO;
    if (pulsoMotor < 1000)
        pulsoMotor = 1000;
    myMotor.writeMicroseconds(pulsoMotor);
}
if (tec == 'P') { // P o p Mayusculas o minisculas
    pulsoMotor = 1000;
    myMotor.writeMicroseconds(pulsoMotor);
}
//////////servo//////////
if (tec == 'A') {
    pulsoServo -= PASOSERVO;
    if (pulsoServo < 800)
        pulsoServo = 800;
    myServo.writeMicroseconds(pulsoServo);
    lastControl = millis();
}
else if (tec == 'D') {
    pulsoServo += PASOSERVO;
    if (pulsoServo > 2200)
        pulsoServo = 2200;
    myServo.writeMicroseconds(pulsoServo);
    lastControl = millis();
}
//////////fin servo//////////
}
if (millis() - lastControl >= timeToReturn) {
    if (pulsoServo > CENTRO) {
        pulsoServo -= 30;
        if (pulsoServo < CENTRO)
            pulsoServo = CENTRO;
        myServo.writeMicroseconds(pulsoServo);
    }
    if (pulsoServo < CENTRO) {
        pulsoServo += 30;
        if (pulsoServo > CENTRO)
            pulsoServo = CENTRO;
        myServo.writeMicroseconds(pulsoServo);
    }
}
return (orden);
//////////finbrushless//////////
```

}

**Código para utilizar el pH metro con arduino.**

```
/*
# This sample code is used to test the pH meter V1.0.
# Editor : YouYou
# Ver : 1.0
# Product: analog pH meter
# SKU : SEN0161
*/
#define SensorPin A0 //pH meter Analog output to Arduino Analog Input 0
#define Offset 0.00 //deviation compensate
#define LED 13
#define samplingInterval 20
#define printInterval 800
#define ArrayLenth 40 //times of collection
int pHArray[ArrayLenth]; //Store the average value of the sensor feedback
int pHArrayIndex=0;
void setup(void)
{
  pinMode(LED,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("pH meter experiment!"); //Test the serial monitor
}
void loop(void)
{
  static unsigned long samplingTime = millis();
  static unsigned long printTime = millis();
  static float pHValue,voltage;
  if(millis()-samplingTime > samplingInterval)
  {
    pHArray[pHArrayIndex++]=analogRead(SensorPin);
    if(pHArrayIndex==ArrayLenth)pHArrayIndex=0;
    voltage = avergearray(pHArray, ArrayLenth)*5.0/1024;
    pHValue = 3.5*voltage+Offset;
    samplingTime=millis();
  }
  if(millis() - printTime > printInterval) //Every 800 milliseconds, print a numerical,
  convert the state of the LED indicator
  {
    Serial.print("Voltage:");
    Serial.print(voltage,2);
    Serial.print(" pH value: ");
    Serial.println(pHValue,2);
    digitalWrite(LED,digitalRead(LED)^1);
  }
}
```



```
        printTime=millis();
    }
}
double avergearray(int* arr, int number){
    int i;
    int max,min;
    double avg;
    long amount=0;
    if(number<=0){
        Serial.println("Error number for the array to averaging!\n");
        return 0;
    }
    if(number<5){ //less than 5, calculated directly statistics
        for(i=0;i<number;i++){
            amount+=arr[i];
        }
        avg = amount/number;
        return avg;
    }else{
        if(arr[0]<arr[1]){
            min = arr[0];max=arr[1];
        }
        else{
            min=arr[1];max=arr[0];
        }
        for(i=2;i<number;i++){
            if(arr[i]<min){
                amount+=min;    //arr<min
                min=arr[i];
            }else {
                if(arr[i]>max){
                    amount+=max;    //arr>max
                    max=arr[i];
                }else{
                    amount+=arr[i]; //min<=arr<=max
                }
            }
        }
        avg = (double)amount/(number-2);
    }
    return avg;
}
```

<sup>1</sup> Sacado de:

([http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&keyword=sen0161&product\\_id=1025#.Vd4rbfl\\_Oko](http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&keyword=sen0161&product_id=1025#.Vd4rbfl_Oko), 2015)

En el siguiente código se puede observar cómo se desarrolló la interfaz gráfica:

```
import processing.serial.*;
```

```
Serial port;
```

```
int end = '\n'; // the number 10 is ASCII for linefeed (end of serial.println), later we  
will look for this to break up individual messages
```

```
String serial;
```

```
PrintWriter output; //Para crear el archivo de texto donde guardar los datos}
```

```
String strTemp;
```

```
String strCondu;
```

```
String strPh;
```

```
boolean status=false;
```

```
float temp;
```

```
float conduc;
```

```
float ph;
```

```
void titulo()
```

```
{
```

```
fill(0);
```

```
PFont f = loadFont("ArabicTypesetting-48.vlw");//Tipo de fuente
```



# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

```
textFont(f, 20);
text("Sistema de monitoreo de parametros fisico quimicos en tiempo real", 10, 20);
text("Caso de estudio: Lago Universidad del Magdalena", 50,35);
}

void setup()
{
  println(Serial.list()); //Visualiza los puertos serie disponibles en la consola de abajo
  port = new Serial(this, Serial.list()[0], 9600); //Abre el puerto serie COM3
  port.clear();
  serial = port.readStringUntil(end);
  serial = null;
  size(410,430);
  output = createWriter("Parametros_datos.txt");
}

void draw()
{
  serial = port.readStringUntil(end);
  if (serial != null) { //if the string is not empty, print the following

    /* Note: the split function used below is not necessary if sending only a single
    variable. However, it is useful for parsing (separating) messages when
    reading from multiple inputs in Arduino. Below is example code for an Arduino
    sketch
    */

    String[] a = split(serial, ','); //a new array (called 'a') that stores values into
    separate cells (separated by commas specified in your Arduino program)
```

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

```
if (a.length == 3) {  
    strTemp = a[0];  
    strCondu = a[1];  
    strPh = a[2];  
    temp=float(strTemp);  
    conduc=float(strCondu);  
    ph=float(strPh);  
  
    print("temp: "); //print Value1 (in cell 1 of Array - remember that arrays are zero-indexed)  
    print(temp);  
    print("  condu: "); //print Value2 value  
    print(conduc);  
    print("  ph: "); //print Value2 value  
    println(ph);  
}  
}  
background(255);  
stroke(0);  
titulo();  
  
output.print(strTemp + " °C  ");  
output.print(hour( )+":");  
output.print(minute( )+":");  
output.println(second( ));  
output.println("");  
  
output.print(strCondu + " uS  ");  
output.print(hour( )+":");
```



## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

```
output.print(minute( )+":");  
output.println(second( ));  
output.println("");
```

```
output.print(strPh + " pH  ");  
output.print(hour( )+":");  
output.print(minute( )+":");  
output.println(second( ));  
output.println("");
```

```
stroke(0);  
fill(255);  
rect(90, 60, 200, 200);  
fill(0);  
line(90,110,290,110);  
line(90,160,290,160);  
line(90,210,290,210);  
line(90,160,290,160);  
line(200,60,200,260);  
PFont f = loadFont("AgencyFB-Bold-48.vlw");//Tipo de fuente  
textFont(f, 18);  
text("Parametro F/Q", 100,90);
```

```
text("Valor", 230,90);  
text("Temperatura", 100,140);  
if(strTemp != null){  
text(strTemp, 230,140);  
}
```

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

```
else{
    text("null", 230, 140);
}

text("°C", 255, 140);
text("Conductividad", 100, 190);

if(strCondu != null){
    text(strCondu, 230, 190);
}
else{
    text("null", 230, 190);
}
text("uS/cm", 260, 190);

text("pH", 100, 240);
if(strPh != null){
    text(strPh, 230, 240);
}
else{
    text("null", 230, 240);
}

text("- Presiona A para Empezar", 10, 380);
text("- Presiona W para Acelerar", 10, 400);
text("- Presiona S para Desacelerar", 10, 420);
text("- Presiona D para Girar a la derecha", 180, 380);
text("- Presiona A para Girar a la izquierda", 180, 400);
```



# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

```
text("- Presiona P para detener",200,420);  
PImage imagen1=loadImage("w.jpg");  
image(imagen1,50,300,50,50);  
PImage imagen2=loadImage("S.jpg");  
image(imagen2,100,300,50,50);  
PImage imagen3=loadImage("A.jpg");  
image(imagen3,150,300,50,50);  
PImage imagen4=loadImage("D.jpg");  
image(imagen4,200,300,50,50);  
PImage imagen5=loadImage("Escudo1.png");  
image(imagen5,310,100,70,70);  
PImage imagen6=loadImage("P.jpg");  
image(imagen6,300,300,50,50);  
}
```

```
void keyPressed()  
{  
  
  if (key=='a' || key=='A')  
  {  
    //status=!status; //El estado del color cambia  
    port.write("A");  
    println('A');  
    PImage imagen7=loadImage("send.jpg");  
    image(imagen7,150,300,50,50);  
  }  
}
```

```
if (key=='d' || key=='D')
{
    //status=!status; //El estado del color cambia
    port.write("D");
    println('D');
    PImage imagen7=loadImage("send.jpg");
    image(imagen7,200,300,50,50);
}
if (key=='w' || key=='W')
{
    //status=!status; //El estado del color cambia
    port.write("W");
    println('W');
    PImage imagen7=loadImage("send.jpg");
    image(imagen7,50,300,50,50);
}
if (key=='s' || key=='S')
{
    //status=!status; //El estado del color cambia
    port.write("S");
    println('S');
    PImage imagen7=loadImage("send.jpg");
    image(imagen7,100,300,50,50);
}

if (key=='p' || key=='P')
{
    //status=!status; //El estado del color cambia
```



# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA

```
port.write("P");
println('P');
PImage imagen7=loadImage("send.jpg");
image(imagen7,300,300,50,50);
}
}
```

## Documentación Sensor de pH

pH composite electrode manual

### A. Purpose

The electrode is made of pH glass electrode and a silver/silver chloride reference electrode composition, the pH measuring elements which is used to measure water solution pH value.

### B. Type and main technical parameters

Electrode type	range	temperature	Zero point	Alkali deviation	PTS	Response time	Internal resistance	Repeat ability	Noise
	PH	°C	PH	mV		min	MΩ		mV
65-1	0-14	0-80	$7 \pm 1$	<15	>98	<2	<250	<0.017	
BX-5	0-14	0-80	$7x \pm 11$	<15	>98	<2	<250	<0.017	
E-201	0-14	0-80	$7 \pm 0.5$	<15	>98	<2	<250	<0.017	<0.5
E-201-C	0-14	0-80	$7x \pm 0.5$	<15	>98	<2	<250	<0.017	<0.5
95-1	0-14	0-80	$7x \pm 0.5$	<15	>98	<2	<250	<0.017	<0.5
E-900	0-14	0-80	$7x \pm 0.5$	<15	>98	<2	<250	<0.017	<0.5

### C. Precautions

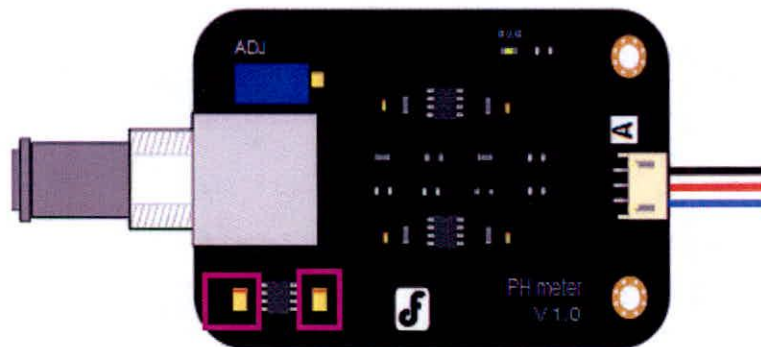
1. The electrode used for the first or long set without re-use, the electrode bulb and the sand core, immersed in the 3NKCL solution activated eight hours.

2. The electrode plug should be kept clean and dry.
3. Electrode reference solution is the 3NKCL solution.
4. Measurement should be avoided staggered pollution between solutions, so as not to affect the accuracy of measurement.
5. Electrode blub or sand core is defiled which will make PTS decline, slow response. So, it should be based on the characteristics of the pollutant, adapted to the cleaning solution, the electrode performance recovery.
6. The electrode should not be long-term immersed in acid chloride solution.
7. Electrode when in use, the ceramic sand core and liquid outlet rubber ring should be removed, in order to make salt bridge solution to maintain a certain velocity.

### **pH meter self-checking**

This part will tell you how to check whether you get a fault pH meter. note: it is only suitable for V1.

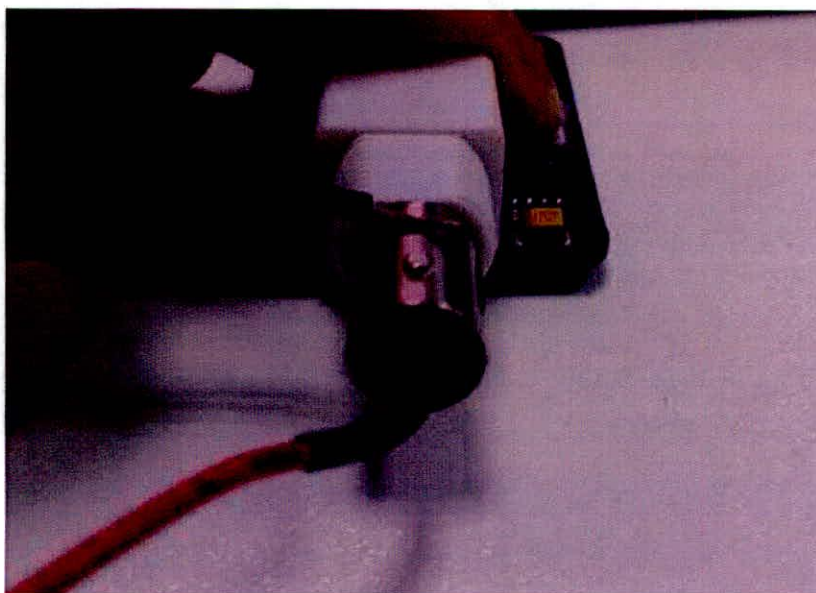
1. Make sure the power supply is standard 5.0V (Some computer can't provide enough power supply with 5V, generally it will be 4.8V or 4.9V)
2. Power the pH convert board, follow the picture and measure the voltage of two capacitances. It should be close to 5V. (purple)



3. Short current the BNC connector, like what I did in the photo. If you have a multimeter, measure its analog pin, it should be 2V. If you don't have multimeter. Connect the adapter to Arduino board, run the sample code. it should output pH:7 in the serial monitor.



# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN TIEMPO REAL CON TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO PARA EL LAGO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA DE LA CIUDAD DE SANTA MARTA



4.If everything goes well. It should work well. But don't forget to calibration.

Note:

- Please keep pH convert board clear, and leave it far away from the water. It is not a waterproof device.
- It is a chemical device, the output value will exist some delay time when you plug it in the solution. please wait 30s. waiting its stable state.
- Random value: please check the BNC connector, when the connector is not well, it will output random signal.

## Sensor de Temperatura LM35

Device Information<sup>(1)</sup>

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM35	TO-CAN (3)	4.699 mm × 4.699 mm
	TO-92 (3)	4.30 mm × 4.30 mm
	SOIC (8)	4.90 mm × 3.91 mm
	TO-220 (3)	14.986 mm × 10.16 mm

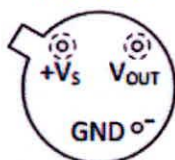
(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.





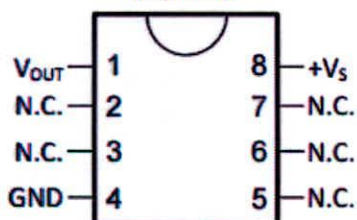
## 5 Pin Configuration and Functions

**NDV Package  
3-Pin TO-CAN  
(Top View)**



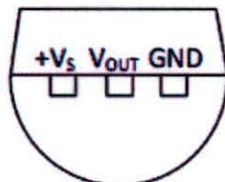
Case is connected to negative pin (GND)

**D Package  
8-PIN SOIC  
(Top View)**

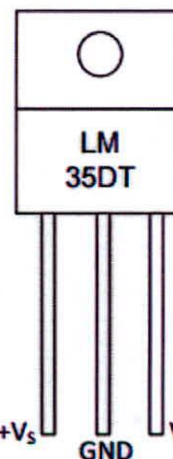


N.C. = No connection

**LP Package  
3-Pin TO-92  
(Bottom View)**



**NEB Package  
3-Pin TO-220  
(Top View)**



Tab is connected to the negative pin (GND).

**NOTE:** The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP