



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA: INGENIERÍA DE SISTEMAS  
CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Tesis previa a la obtención del título de:  
INGENIERO DE SISTEMAS  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:  
“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA MEDICIÓN  
DE CALIDAD DEL AGUA Y CONTROL DE LA OXIGENACIÓN EN FORMA  
REMOTA ORIENTADO A LA PRODUCCIÓN ACUÍCOLA”**

**AUTORES:  
DIANA ISABEL RIVERA HERRERA  
EDDY ANTONIO YEPEZ AROCA**

**DIRECTORES:  
PHD. ADIEL CASTAÑO MÉNDEZ  
MSC. DIEGO FREIRE QUIROGA**

**Guayaquil, Abril del 2015**

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, **Eddy Antonio Yépez Aroca** y **Diana Isabel Rivera Herrera**, autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Guayaquil, Abril del 2015

---

**Diana Isabel Rivera Herrera**  
**C.C. # 092237100-0**

---

**Eddy Antonio Yépez Aroca**  
**C.C. # 091287360-1**

## **DEDICATORIA**

Dedicamos el presente trabajo de titulación a todos aquellos profesionales docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, que fueron fuente de inspiración para atravesar cada nivel y llegar a ser profesionales; algunos que fueron más que docentes; amigos, otros que con sus exigencias nos desafiaron a sobrepasar límites que muchas veces nosotros no somos capaces de ver.

También queremos dedicar nuestra tesis a los alumnos de la Universidad Politécnica Salesiana para motivarlos a que den ese esfuerzo diario seguido de la constancia para sobrepasar cada nivel que representa cada ciclo estudiantil.

Diana Rivera de Yépez

Eddy Yépez Aroca

## **AGRADECIMIENTO**

Siempre agradecidos a nuestros padres y hermanos, por su apoyo incondicional.

A Nuestros familiares que de una u otra forma nos brindaron su apoyo durante nuestra carrera.

A los Ingenieros: Washington Bolaños, Ney Mendoza, Biólogos: Julio Guzmán, Ángel Moya; Profesionales de la Subsecretaría de Acuicultura que nos brindaron la apertura en todo momento para obtener los conocimientos referentes al campo acuícola parte fundamental para el desarrollo de nuestra tesis.

A todos mis compañeros de trabajo del área O&M IP-MPLS de CNT-EP por toda la paciencia y ayuda brindada.

A todos aquellos profesores de los cuales aprendimos más que una materia, a que somos capaces de aprender cualquier cosa que deseemos, lo cual se refleja en el presente trabajo.

Diana Rivera de Yépez

Eddy Yépez Aroca

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	1
Antecedentes .....	1
Introducción al cultivo de peces.....	1
Registro y Control de la calidad del agua para lograr producción óptima.....	2
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	4
<b>EL PROBLEMA</b> .....	4
1.1.Planteamiento del problema.....	4
1.1.1. Descripción de la situación problemática .....	4
1.1.2. Formulación del problema científico .....	5
1.2. Delimitación del problema.....	5
1.3. Objetivos .....	6
1.3.1. Objetivo de la Investigación.....	6
1.3.2. Objetivos específicos .....	6
1.4. Justificación.....	7
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	8
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	8
2.1. Acuicultura.....	8
2.1.2. Clasificación de la Acuicultura .....	8
2.1.3. Prácticas de Cultivo.....	10
2.1.4. Instalaciones utilizadas .....	11
2.1.5. Calidad del agua.....	12
2.1.6. Factores Químicos.....	12
2.1.7. Factores Físicos.....	13
2.1.8. Ejemplo de Parámetros de cultivo de Mojarra Roja (Tilapia Roja).....	13
2.1.9. Open Source .....	14
2.1.10. Software Libre.....	14
2.1.11. Hardware Libre .....	15
2.1.12. GPL .....	15
2.1.13. Software .....	16
2.1.14. Arquitectura de Software .....	16

2.1.15. Programación en 3 capas.....	16
2.1.16. MVC.....	19
2.1.17. Lenguaje de Programación PHP .....	19
2.1.18. Xampp.....	19
2.1.19. MySQL.....	20
2.1.20. UML.....	20
2.1.21. Prototipo.....	21
2.1.22. Arduino .....	21
2.1.23. Características de Arduino Mega 2560.....	23
2.1.24. GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles).....	27
2.1.25. GPRS.....	27
2.1.26. Red 3G. ....	28
2.1.27. Sensor.....	28
2.1.28. Sensor de Oxígeno Disuelto.....	29
2.1.29. Sensor de Oxígeno Disuelto de Atlas Scientific. ....	29
2.1.30. Circuito EZO para medición de Oxígeno Disuelto.....	30
2.1.31. Sensor de Potencial de Hidrógeno (pH).....	32
2.1.32. Sensor de temperatura. ....	35
2.2. Hipótesis.....	37
2.3. Variables e Indicadores .....	37
2.3.1. Variables Dependientes.....	38
2.3.2. Variable Independiente .....	38
2.4. Metodología .....	39
2.4.1. Métodos.....	39
2.4.2. Técnicas.....	39
2.4.3. Instrumentos de investigación y recolección de datos. ....	39
2.5. Población y Muestra.....	40
2.5.1. Población.....	40
2.5.2. Muestra.....	40
2.6. Descripción de la Propuesta.....	40
2.6.1. Beneficiarios .....	42
2.6.2. Impacto.....	42
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>43</b>
<b>ANÁLISIS DEL SISTEMA</b> .....	<b>43</b>

3.1. Levantamiento de información .....	43
3.2. Requerimientos Funcionales y No Funcionales del Prototipo .....	43
3.2.1. Requerimientos Funcionales .....	43
3.2.2. Requerimientos No Funcionales .....	49
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	50
DISEÑO DEL SISTEMA .....	50
4.1. Diseño de la Arquitectura General del Sistema .....	50
4.1.1. Diseño del Hardware.....	50
4.1.1. Diseño del Software .....	67
4.1.3. Módulos del sistema.....	68
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	75
IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL PROTOTIPO .....	75
4.2.Capas del Sistema y Comunicación entre capas .....	80
CONCLUSIONES .....	82
RECOMENDACIONES .....	83
CRONOGRAMA.....	84
PRESUPUESTO .....	85
BIBLIOGRAFÍA .....	87
ANEXOS .....	90

## ÍNDICE DE CUADROS Y/O TABLAS

Tabla 1. Características básicas de Arduino MEGA 2560.....	24
Tabla 2. Tabla de características generales del chip M10 Quectel. ....	26
Tabla 3 Especificaciones Sensor de Oxígeno Disuelto.....	30
Tabla 4. Especificaciones generales Sensor de pH (Potencial de Hidrógeno).....	34
Tabla 5. Matriz Causa – Efecto.....	37
Tabla 6. Variables Dependientes.....	38
Tabla 7. Variable Independiente. ....	38
Tabla 8. Descripción Caso de Uso para ingresar la especie a cultivar.....	45
Tabla 9. Descripción Caso de Uso para ingresar los datos de la piscina . ....	46
Tabla 10. Descripción Caso de Uso Histórico de Mediciones.....	47
Tabla 11. Descripción Caso de Uso Obtener Reporte de Histograma. ....	48
Tabla 12. Descripción Caso de Uso Obtener Reporte Activación de Bomba.....	49
Tabla 13. Detalle de Costos. ....	85
Tabla 14. Informe Presupuestario basado en el cronograma del trabajo. ....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de la concentración de oxígeno disuelto sobre los peces en un estanque.....	2
Figura 2. Medición in situ de parámetros físicos-químicos del agua.....	3
Figura 3. Estación Piscícola Cachari.....	4
Figura 4. Sistema Extensivo.....	8
Figura 5. Sistemas semi-intensivos.....	9
Figura 6. Estación Piscícola Cachari.....	10
Figura 7. Reservorios.....	11
Figura 8. Jaulas y Corrales.....	12
Figura 9. Arquitectura en 3 Capas.....	16
Figura 10 Placa de Arduino Modelo AT mega 2560.....	22
Figura 11. PINOUT de microcontrolador ATmega2560.....	22
Figura 12. Diagrama de bloques de la arquitectura AVR de Atmel.....	23
Figura 13. Vista Superior del Shield Arduino GSM.....	24
Figura 14. Esquema de Comunicación Serial entre Placa Arduino Mega 2560 y Shield GSM.....	25
Figura 15. Diagrama de bloques del chip M10 Quectel.....	26
Figura 16. Señala la estructura interna y externa de la sonda de Oxígeno disuelto..	29
Figura 17 Sensor de Oxígeno Disuelto.....	30
Figura 18. Comunicación Serial.....	31
Figura 19. Comunicación I2C.....	32
Figura 20 . Comunicación entre Sensor –circuito EZO – Arduino.....	32
Figura 21. Foto de sonda de pH (Potencia de Hidrógeno) marca Atlas Scientific. ...	33
Figura 22. Describe la comunicación entre Sensor –circuito EZO – Arduino.....	35
Figura 23. Diagrama de Bloques del sensor DS18B20.....	36
Figura 24. Describe la comunicación Sensor – Arduino.....	36
Figura 25. Esquema del funcionamiento del sistema propuesto.....	41
Figura 26. CU001.- Caso de Uso General.....	44
Figura 27. CU001.1.- Caso de Uso Administración de Información de Especie y Piscina.....	45
Figura 28. CU001.2 Caso de Uso Histórico de Mediciones.....	47
Figura 29. CU001.3 Reporte de Histograma.....	48

Figura 30. Arquitectura General del Prototipo donde se muestra la comunicación entre cada módulo. ....	51
Figura 31. Etapas del Módulo de hardware .....	52
Figura 32. Código fuente de etapa de control basada en Arduino Mega 2560 .....	53
Figura 33. Diagrama de conexión del sensor de temperatura DS18B20 marca Maxin Integrated.....	53
Figura 34. Diagrama de Conexión entre Sensor de temperatura y placa Arduino.....	54
Figura 35. Código fuente de etapa de control basada en Arduino Mega 2560. ....	54
Figura 36. Código fuente de etapa de control basada en Arduino Mega 2560. ....	54
Figura 37. Diagrama de conexión eléctrica entre Sensor de pH y Arduino.....	55
Figura 38. Código fuente de Inicialización del puerto Serial 2.....	55
Figura 39. Obtención de lectura de pH. ....	56
Figura 40. Sensor de pH conectado a la placa PCB del módulo de sensores. ....	56
Figura 41. Diagrama de conexión eléctrica entre Sensor de Oxígeno Disuelto y Arduino .....	57
Figura 42 . Código Fuente de Inicialización del puerto Serial3 del Arduino Mega 2560.....	57
Figura 43. Función para lectura de OD desde el sensor de Oxígeno Disuelto hacia el Arduino. ....	58
Figura 44. Sensor de Oxígenos Disuelto conectado a la placa PCB del módulo de sensores. ....	58
Figura 45. Histograma de Oxígeno Disuelto.....	59
Figura 46. Histograma de Oxígeno Disuelto.....	60
Figura 47. Definición del puerto de control de activación de la bomba. ....	60
Figura 48. Activación de la bomba. ....	61
Figura 49. Código Fuente que contiene la función para encendido de la bomba. ....	62
Figura 50. Contratación de plan de datos con Telefónica.....	63
Figura 51. Datos de configuración GPRS .....	63
Figura 52. Consulta del Estado del Plan de datos al 7-03-2015. ....	64
Figura 53. Definición de Variables para la Conexión GSM. ....	64
Figura 54. Definición de Variables para la Conexión GSM. ....	65
Figura 55. Shield GSM insertado en Arduino Mega 2560.....	65
Figura 56. Código Fuente donde se muestra la función que envía las mediciones a la base de datos. ....	66

Figura 57. Modelo Entidad Relación .....	67
Figura 58. Registrar Piscina. ....	69
Figura 59. Actualizar piscina .....	70
Figura 60. Registrar Especie. ....	71
Figura 61. Actualizar Especie .....	71
Figura 62. Interfaz que Muestra el último valor medido, la fecha y hora. ....	72
Figura 63. Reporte de mediciones por Rango de fecha .....	73
Figura 64. Reporte de Activación de la bomba.....	73
Figura 65. Estadística de activación de la bomba. ....	74
Figura 66. Notificación de Alertas a través de twiter.....	74
Figura 67. Prototipo .....	75
Figura 68. Detalle de módulo de hardware. ....	76
Figura 69. Estanque prototipo .....	76
Figura 70. Histograma de Oxígeno Disuelto.....	77
Figura 71. Histograma de pH .....	78
Figura 72. Histograma de Temperatura. ....	78
Figura 73. Histograma de Oxígeno Disuelto.....	79
Figura 74. Histograma de pH. ....	79
Figura 75. Capa Vista.....	80
Figura 76. Vista de la Interfaz principal de usuario. ....	81
Figura 77. Eventos en PHP. ....	81
Figura 78. Cronograma .....	84
Figura 79. Diagrama de GANTT. ....	84

## RESUMEN

El manejo apropiado de la calidad del agua de un estanque juega un papel muy importante para el éxito de las operaciones acuícolas. Cada parámetro de calidad del agua por sí solo puede afectar de manera directa a la salud del animal. La exposición de peces a niveles impropios lleva a estrés y enfermedades.

Los parámetros de calidad del agua se monitorean y calculan en base a una rutina, la cual es efectuada de manera manual con la ayuda de instrumentos de medición para conocer el estado de cada parámetro a monitorear. Los registros de las mediciones de la calidad del agua permiten a los acuicultores notar cambios y tomar decisiones de manera ágil para que las acciones correctivas puedan ser realizadas a tiempo.

Con el objetivo de optimizar el proceso de toma de mediciones se elabora un prototipo que incluye un estanque pequeño que simula un estanque de cría de peces, el mismo que tiene instalado un módulo que incluye sensores cuya función es obtener las medidas de los parámetros de calidad de agua cada cinco minutos los mismos que se pueden visualizar a través de internet en una interfaz web amigable al usuario y de manejo intuitivo. La información de cada parámetro de calidad de agua obtenida puede ser consultada en cualquier dispositivo con acceso a internet y en cualquier horario así se logra la minimización de riesgos en su producción, optimizar tiempo y recursos humanos.

**Palabras claves:** monitorear, calidad del agua, remoto, prototipo, sensores, peces, estanque.

## ABSTRACT

Proper management of water quality in a pond plays a very important role to the success of aquaculture operations. Each parameter water quality by itself can directly affect the health of the animal. Exposure of fish to inappropriate levels leads to stress and disease.

The water quality parameters are monitored and calculated based on a routine, which is done manually with the help of measuring instruments for the status of each parameter to be monitored. The water quality records allow farmers to notice changes and make decisions in an agile manner so that corrective action can be taken in time.

In order to optimize the process of taking measurements a prototype that simulates a hatchery fish pond is made, the same as a module that includes sensors installed whose function is to obtain measurements of water quality parameters every five minutes the same that can be viewed via the Internet in a user-friendly and intuitive web interface. The information for each water quality parameter obtained can be viewed on any device with internet access and at any time and minimize risks will be achieved in production, optimize time and human resources.

**Keywords:** monitoring, water quality, remote, Open Source, prototype, sensor, Shield GSM.

## INTRODUCCIÓN

### **Antecedentes**

En el Ecuador, el Gobierno Nacional, considerando la importancia que tiene la alimentación de la población, tiene como prioridad resaltar en las políticas del Buen Vivir buscar otras fuentes alternas que sustente la alimentación como los productos pesqueros. Una de las alternativas es promover el desarrollo de la actividad acuícola. (Pesca, Programas y servicios de Acuicultura, 2015).

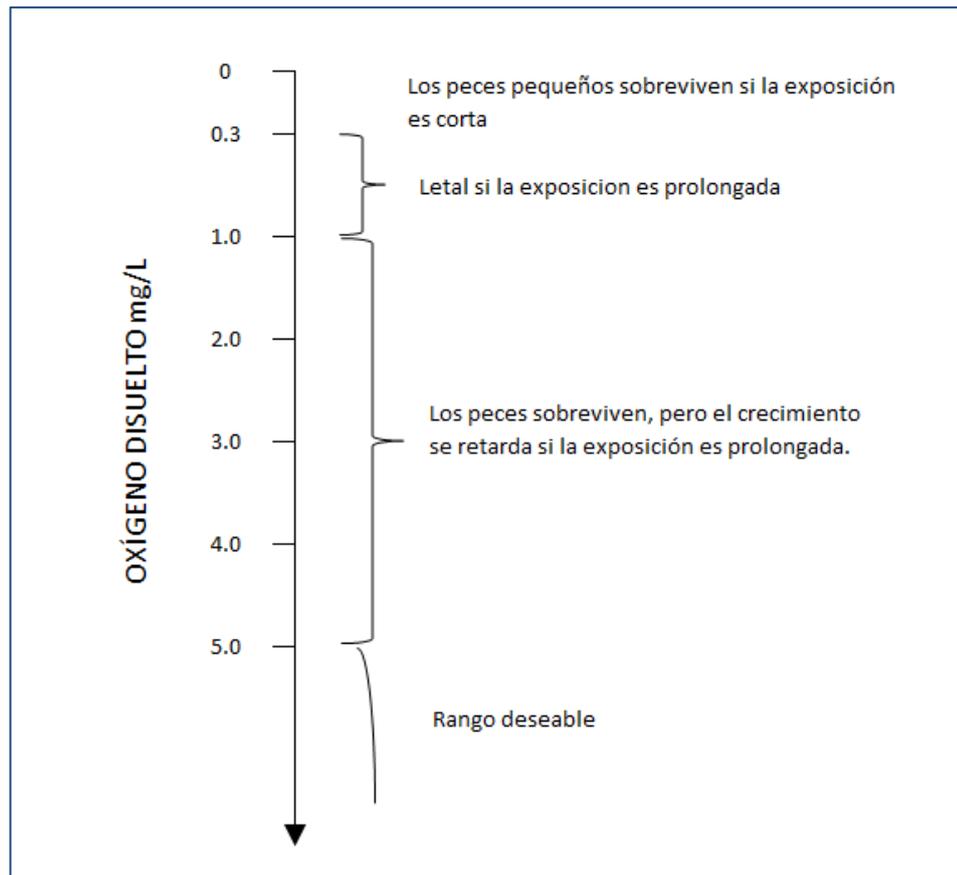
### **Introducción al cultivo de peces**

La acuicultura es un conjunto de actividades y técnicas ideadas por el hombre para el cultivo de especies acuáticas vegetales y animales. La piscicultura es una rama de la acuicultura, se refiere a la técnica sistemática del cultivo de peces. (Juan Luis Cifuentes Lemus / María del Pilar Torres-García / Marcela Frías Mondragón, 1997).

El cultivo y crianzas de peces es llevado a cabo en distintas fases como son: la fase de producción-cría y la fase de engorde. Durante el proceso de producción-cría de peces es importante analizar el ambiente que lo rodea para asegurar un adecuado crecimiento y salud. Para dicho propósito, debemos enfocarnos en la calidad del agua la cual está dada por el conjunto de propiedades físicas, químicas y su interacción con los organismos vivos. Un estanque con agua de buena calidad producirá más que un estanque con agua de mala calidad; además, es importante tener en consideración que hay diferentes factores que afectan la población de un estanque, pero sólo unos cuantos son posible de tener en cuenta, los cuales deben ser evaluados periódicamente, con el fin de aplicar los correctivos necesarios. (Rodríguez Gómez, Horacio; Anzola Escobar, Eduardo, 2001).

Todos los acuicultores tienen en cuenta la respiración de los organismos que producen según sea su interés. El nivel de oxígeno disuelto (OD) presente en un estanque de acuicultura es el parámetro más importante en la calidad del agua. Las concentraciones de **Oxígeno Disuelto** varían de acuerdo a la **Temperatura**. Si no hay una buena concentración de oxígeno disuelto los organismos pueden ser

vulnerables a enfermedades, parásitos, o morir por falta de este elemento. Además se ha comprobado que no aceptan el alimento cuando se presentan niveles bajos de oxígeno, lo cual conlleva a la pérdida de este insumo (alimento), afectando el crecimiento y la tasa de conversión alimenticia. (Rodríguez Gómez, Horacio; Anzola Escobar, Eduardo, 2001).



**Figura 1.** Efecto de la concentración de oxígeno disuelto sobre los peces en un estanque.

**Fuente:** (Boyd y Lichtkoppler, 1979).

### **Registro y Control de la calidad del agua para lograr producción óptima.**

Entre los factores físicos y químicos del agua se consideran más importantes el Oxígeno Disuelto (DO), la Temperatura y el Potencial de Hidrógeno (pH) que partir de ahora serán denominados parámetros de calidad del agua.

Actualmente se realiza la medición en los estanques de forma manual, en el sitio, ya sea a través de dispositivos digitales o a través de obtención de muestras para su

posterior análisis en laboratorio. Los datos registrados por cada dispositivo deben ser descargados a una computadora manualmente por parte del personal encargado. Los valores obtenidos son analizados con el objetivo de verificar la magnitud del parámetro a medir y ejecutar alguna acción si ésta es requerida. La consulta efectiva de la información depende de la frecuencia de medición. Los datos que se obtienen son registrados en una bitácora por cada piscina para su posterior análisis y generación de curvas estadísticas que serán útiles para tener una preparación logística durante las producciones futuras.

El control de los parámetros a medir durante el tiempo de cultivo facilita al piscicultor la toma de decisiones y así se tiene éxito en la producción. Sin embargo es importante mencionar que en el caso de tener a cargo el cultivo de peces en una granja compuesta de varias piscinas; el tomar los datos conlleva a contratar personal adicional en campo así como también emplear mayor tiempo para tener la información oportuna y tomar acciones, por lo que, si no se tiene la información a tiempo se expone la producción.



**Figura 2.** Medición in situ de parámetros físico-químicos del agua.

**Nota:** Actualmente la toma de muestras se realiza de manera manual acudiendo al sitio con los instrumentos de medición, los datos obtenidos se registran en una bitácora. **Fuente:** (Instituto Nacional de Pesca, 2015).

# CAPÍTULO 1

## EL PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del problema

#### 1.1.1. Descripción de la situación problemática

Para describir la situación problemática se toma como experiencia la visita realizada a la Estación Acuícola Cachari, ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ciudad de Babahoyo, Prov. Los Ríos, donde se observa a personal técnico efectuando la recolección de los datos en horas de la mañana y en horas de la tarde<sup>1</sup>.



**Figura 3.** Estación Piscícola Cachari.

**Nota:** La fotografía muestra las piscinas en tierra donde se cultivan peces juveniles. La estación Piscícola queda ubicada dentro de las instalaciones de la Universidad Técnica de Babahoyo.

Elaborado por: Autores.

---

<sup>1</sup> Entrevista con Blgo. Ángel Moya López (Asesor de Subsecretaría de Acuicultura, Director estación Piscícola Babahoyo)

Los parámetros de calidad del agua se obtienen de un proceso de medición que se lleva a cabo en dos turnos durante el día utilizando un Oxigenómetro<sup>2</sup> y pH-metro<sup>3</sup>.

Es importante registrar el comportamiento de los parámetros de calidad de agua con el fin de tomar las medidas de prevención y/o control. El retraso de la información puede causar inconvenientes a nivel de salud del pez o incluso la pérdida de los cultivos.

El hecho de que varias personas tengan la necesidad de acceder a la bitácora en distintos horarios, implica que la misma sea expuesta a alteraciones por deterioro, pérdida, etc.

### **1.1.2. Formulación del problema científico**

¿Cómo optimizar el proceso de la obtención de los datos de parámetros físicos y químicos del agua de estanques durante el monitoreo del cultivo de peces?

## **1.2. Delimitación del problema**

El proyecto está compuesto por partes de hardware y software. El hardware involucra la construcción de una maqueta donde se contempla la utilización de sensores de pH, Oxígeno Disuelto y Temperatura; Un módulo de control y el desarrollo de un Aplicativo web con interfaces amigables al usuario que permite interactuar con los datos. El lugar de destino del prototipo son las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil una vez que hayan sido finalizadas las etapas de diseño, desarrollo, implementación y experimentación cuyo período comprende los meses de Octubre del 2014 a Marzo del 2015.

---

<sup>2</sup> Mide el oxígeno disuelto y la temperatura en el agua.

<sup>3</sup> Mide el nivel de pH en el agua.

### **1.3.Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo de la Investigación**

Optimizar el proceso de la obtención de datos de los parámetros de calidad del agua de estanques durante el monitoreo del cultivo de peces en fase de producción mediante el desarrollo de un sistema automatizado de monitoreo.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Levantar la información necesaria relacionada al análisis de la calidad del agua durante el cultivo de peces en un estanque.
- Codificar un software que permita almacenar los valores a medir en una Base de datos obtenidos desde el estanque, y permitir el acceso a la misma las 24 horas del día.
- Diseñar e Implementar un módulo electrónico que obtenga la medición de los parámetros de la calidad del agua.
- Interconectar el módulo electrónico con el software mediante conexión inalámbrica.
- Automatizar el proceso de control de oxigenación del agua a través de la aireación de la misma.
- Automatizar el proceso manual de recolección de información de la calidad del agua que contiene el estanque de peces.

#### **1.4. Justificación**

El cultivo de peces es una actividad que ofrece desarrollo y fuente de ingresos para la sociedad. Actualmente la ciencia permite al piscicultor analizar datos que son necesarios para llevar un monitoreo y control de su producción. El análisis de los datos se enfoca en obtener la información necesaria de los factores que influyen en el crecimiento del pez y su desarrollo. Así se llevarán a estudio los resultados obtenidos los cuales son la fuente principal para la toma de decisiones. En la actualidad el análisis del resultado obtenido es realizado de forma manual, donde involucra la intervención de recurso humano y material. La interpretación del resultado obtenido sobre la calidad del agua le permite al profesional observar si la especie en producción está desarrollándose en el ambiente apropiado, si el sector de producción es óptimo y así brindar la asesoría necesaria para asegurar el buen uso de los recursos, en caso contrario se ejecutan las acciones pertinentes para que su labor sea de éxito.

Tener la información a la mano utilizando herramientas tecnológicas optimiza el tiempo que conlleva visitar cada estanque durante el día, y es de gran utilidad para tomar decisiones e incluso previsiones basadas en las estadísticas que se obtengan.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Acuicultura.**

Etimológicamente la Acuicultura es el cultivo del agua; y persigue la producción de peces y demás especies que se pueden criar en cautiverio utilizando aguas dulces, salobres o saladas. (Moscoso M. E., 2008).

#### **2.1.2. Clasificación de la Acuicultura**

La acuicultura se puede clasificar según el tipo de producción, grado de manejo y tecnología empleada en: extensiva, semi-intensiva e intensiva.

#### **Sistemas Extensivos.**

Es aquella donde la acción del hombre se limita exclusivamente a la siembra y cosecha de una o varias especies en un cuerpo determinado. Como se observa en la Figura 4: por lo general se realiza en embalses o reservorios de agua ya sean estos naturales o artificiales, sembrando los organismos a una baja densidad y permitiendo que subsistan gracias a la oferta de alimento natural que allí existe. (Rodríguez Gómez, Horacio; Anzola Escobar, Eduardo, 2001).



**Figura 4.** Sistema Extensivo.

**Fuente: (Blog de Acuicultura y Pesca Continental Argentina, 2011).**

## Sistemas Semi-extensivos

Es aquella donde la labor del hombre va más allá de la siembra y la recolección de organismos. Se emplean densidades de siembra más altas que en el cultivo extensivo, contribuyendo a obtener mayores producciones. (Fundamentos de Acuicultura Continental, autores: Horacio Rodríguez Gómez, Piedad Victoria Daza, Mauricio Carrillo Ávila, Bogotá Diciembre 2001, pág. 12).



**Figura 5.** Sistemas semi-intensivos.

**Nota:** Se implementan jaulas por lo general dentro del Océano. **Fuente:** (Acuicultura, 2012).

### 2.1.2.3. Sistemas Intensivos

Se realiza empleando mayores densidades de siembra, infraestructura adecuada (estanques, jaulas flotantes, etc.); requiere más alta tecnología como el manejo de agua, de sistemas de aireación y en algunos casos el empleo de oxígeno líquido, biofiltros, entre otros. Necesita una mejor planificación puesto que se invierten mayores recursos, pero a su vez se obtienen mayores producciones y por lo tanto aumenta la rentabilidad. Básicamente es la acuicultura que se realiza con fines comerciales para lo cual se requiere la tecnificación del proceso. (Rodríguez Gómez, Horacio; Anzola Escobar, Eduardo, 2001).



**Figura 6.** Estación Piscícola Cachari.

**Nota:** Ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ciudad de Babahoyo, Prov. Los Ríos. Primer Laboratorio de Piscicultura tropical para el abastecimiento de alevines de especie. Elaborado por: Autores.

### **2.1.3. Prácticas de Cultivo**

#### **2.1.3.1. Monocultivo.**

Establece el cultivo de una sola especie dentro del estanque durante todo el proceso de crianza. (Rodríguez Gómez, Horacio; Anzola Escobar, Eduardo, 2001).

#### **2.1.3.2. Policultivo.**

Se fundamenta en el cultivo de dos o más especies dentro del mismo estanque con lo que se aprovecha de mejor manera recursos como alimentos, espacio, etc., mejorando de este modo la producción general. Se debe considerar que las especies introducidas deben mantener una relación simbiótica entre ellas. (Rodríguez Gómez, Horacio; Anzola Escobar, Eduardo, 2001).

## 2.1.4. Instalaciones utilizadas

### 2.1.4.1. Estanques

Es un entorno cerrado. Los estanques son los entornos más utilizados en acuicultura con referencia a los sistemas intensivos. Los mismos pueden ser construidos en tierra, recubiertos con geomembrana<sup>4</sup> o en cemento. Su construcción va de acuerdo al tipo de cultivo y al entorno climático. (Rodríguez Gómez, Horacio; Anzola Escobar, Eduardo, 2001).



**Figura 7.** Reservorios.

**Nota:** Entrega de primer laboratorio para la producción e investigación acuícola.

**Fuente:** (Andes, 2012).

### 2.1.4.2. Jaulas y Corrales

Son estructuras flotantes construidas e instaladas en grandes cuerpos de agua, como pueden ser océanos, lagos, etc. Con el fin de controlar y manejar las especies que se cultivan.

---

<sup>4</sup> Geomembrana.- Elemento que permite recubrir un estanque con el objetivo de evitar las filtraciones de agua.



**Figura 8.** Jaulas y Corrales

**Nota:** Se observa sistemas suspendidos de cultivo de especies marinas en este caso la ostra.

**Fuente:** (Agencia de Noticias Andes sección Economía, 2013).

### **2.1.5. Calidad del agua**

La calidad del agua es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especie biótica o cualquier necesidad humana o propósito.

### **2.1.6. Factores Químicos**

#### **Potencial de Hidrógeno (pH).**

El término pH es utilizado universalmente para determinar si una solución es ácida o básica. La escala de pH contiene una serie de números que varían de 0 a 14. Los valores inferiores a 7 y próximos a 14 determinan aumento de basicidad de una solución, los valores inferiores a 7 y próximos a cero indican aumento de acidez, cuando el valor es 7 indica neutralidad.

#### **Oxígeno Disuelto (DO).**

Los niveles de oxígeno disuelto típicamente pueden variar de 7 y 12 partes por millón (ppm o mg/l). A veces se expresan en términos de Porcentaje de Saturación. Los niveles bajos de DO pueden encontrarse en áreas donde el material

orgánico (vertidos de depuradoras, granjas, plantas muertas y materia animal) está en descomposición. Las bacterias requieren oxígeno para descomponer desechos orgánicos y, por lo tanto, disminuyen el oxígeno del agua.

El Oxígeno Disuelto (DO) se refiere a la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua. Es un indicador de cómo está contaminada el agua o de lo bien que puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir.

### **2.1.7. Factores Físicos**

#### **Temperatura.**

La temperatura es una variable física que interviene en forma importante en la calidad del agua. Afecta al desarrollo de organismos presentes en el agua. A mayor temperatura en un período constante el oxígeno Disuelto del agua del estanque baja provocando estrés en la especie de cultivo lo cual no es recomendable ya que el animal deja de alimentarse.

### **2.1.8. Ejemplo de Parámetros de cultivo de Mojarra Roja (Tilapia Roja)**

Temperatura del agua: 22 – 26°C, fuera de la cual decae la actividad metabólica de los peces.

Oxígeno Disuelto: mayor a 4 ppm. En la noche los niveles de oxígeno disuelto pueden descender a menos de 2ppm. razón por la cual los peces reducen el metabolismo.

pH: 5 – 9 siendo ideal 7.5. Valores fuera de este rango causa disminución en la reproducción y el crecimiento. (Castillo, 2004).

#### **Alimentación:**

Para estimar la cantidad de alimento a suministrar diariamente a un estanque se debe tomar en cuenta la temperatura del agua, biomasa total por estanque.

### **2.1.9. Open Source**

Es una expresión de la lengua inglesa que pertenece al ámbito de la informática. Aunque pueda traducirse como “fuente abierta”, suele emplearse en el idioma español directamente en su versión original.

Se califica como open source, a los programas que permiten el acceso a su código de programación, lo que facilita su modificación por parte de otros programadores ajenos a la creación de los originales del software en cuestión.

Es importante distinguir entre el software open source, que dispone de la mencionada característica de presentar su código abierto, y el software libre (que puede descargarse y distribuirse de manera gratuita). Existe software libre que no brinda acceso al código (y que, por lo tanto, no puede considerarse como open source), y programas open source que se distribuyen de manera comercial o que requieren de una autorización para ser modificados.

Pese a que ambas nociones suelen confundirse, por lo general la idea de open source está vinculada a una filosofía de trabajo conjunto sobre los programas informáticos. Cuando se brinda acceso al código fuente, la comunidad de programadores puede hacer sus aportes para solucionar eventuales fallos, incrementar la usabilidad y mejorar el programa a nivel general. (Definicion.de, 2015).

### **2.1.10. Software Libre**

#### **¿Por qué Software Libre?**

Es la tendencia del futuro. Software aprovechable, reutilizable, mejorable, públicamente disponible. Es una tecnología 100% legal, existe soporte técnico accesible y comunitario.

#### **¿Qué es Software libre?**

Es el software que respeta la libertad de los usuarios y la comunidad. En grandes líneas, significa que los usuarios tienen la libertad para ejecutar, copiar, distribuir,

estudiar, modificar y mejorar el software. Es decir, el «software libre» es una cuestión de libertad, no de precio. Para entender el concepto, piense en «libre» como en «libre expresión», no como en «barra libre». (Free Software Foundation, 2014).

### **Ventajas**

Ahorro de costos, independiente respecto a empresas suministradoras, posibilidad de hacer adaptaciones a la medida del propósito. Total independencia de un proveedor. El usuario puede administrar libremente su crecimiento y operación con total autonomía. Facilidad para personalizar el software de acuerdo a las necesidades del usuario.

### **Desventajas**

Interfaces gráficas poco amigables. Además generalmente no se brinda soporte y buena documentación. Para su configuración se requieren conocimientos previos de funcionamiento del sistema operativo.

#### **2.1.11. Hardware Libre**

De acuerdo a la asociación de Hardware de fuentes abiertas (OSHWA por sus siglas en inglés: Open Source Hardware Association / Hardware Libre) es aquel hardware cuya disponibilidad de diseño es de acceso público con el objeto de que cualquier persona se sienta en la libertad de analizar, modificar, distribuir o crear nuevos diseños a partir del diseño original, dicha definición se deriva del concepto de Software Libre. (OSHWA (Open Source Hardware Association)).

#### **2.1.12. GPL**

La Licencia Pública General GNU (GNU General Public License GPL) es la licencia que acompaña los paquetes distribuidos por el Proyecto GNU, más una gran variedad de software que incluye el núcleo del sistema operativo Linux. La formulación de GPL es tal que en vez de limitar la distribución del software que protege, llega hasta impedir que este software sea integrado en software propietario. La GPL se basa en

la legislación internacional de copyright, lo que debe garantizar cobertura legal para el software licenciado con GPL.

### 2.1.13. Software

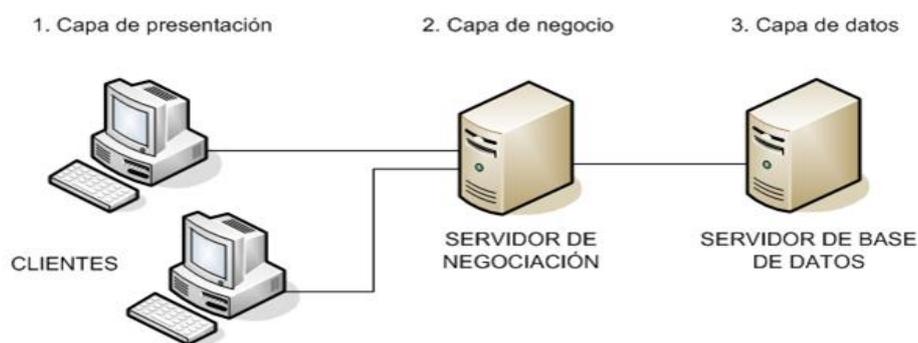
En un producto que construyen los programadores que se ejecutan en un computador de cualquier tamaño y arquitectura.

### 2.1.14. Arquitectura de Software

Construir un programa teniendo en cuenta las necesidades del cliente y requerimientos. Definir la estructura que compone el sistema, diseño y evolución. Es lo primero que se define antes de programar o desarrollar el software.

### 2.1.15. Programación en 3 capas

El momento de construir un software como producto empresarial o comercial, se llevan a cabo varias técnicas de manera que el desarrollo se haga en forma ordenada y así asegurar un producto final de calidad y además realizar posteriores mejoras. (Granados, J. Vargas Del Valle R. & Maltés).



**Figura 9.** Arquitectura en 3 Capas

**Nota:** Sirve de ayuda para entender gráficamente el concepto de Arquitectura en 3 capas.

**Fuente:** (Ing. William Fernando, 2006).

Siguiendo el modelo, el desarrollador se asegura avanzar en la programación del proyecto de una forma ordenada, lo cual beneficia en cuanto a reducción de costos

por tiempo, debido a que se podrá avanzar de manera más segura en el desarrollo, al ser dividida la aplicación general en varios módulos y capas que pueden ser tratados de manera independiente y hasta en forma paralela.

Las principales capas que siempre deben estar en este modelo son:

### **Capa de presentación o frontera:**

La presentación del programa ante el usuario, debe manejar interfaces que cumplan con el objetivo principal de este componente, el cual es facilitar al usuario la interacción con la aplicación. Para esto se utilizan patrones predefinidos para cada tipo de aplicación y para cada necesidad del usuario. La interfaz debe ser amigable y fácil de utilizar, ya que el usuario final es el que se va a encargar de utilizar el sistema y de dar retroalimentación al equipo de desarrollo en caso de que haya algo que mejorar.

La capa de presentación o frontera se comunica únicamente con la capa de reglas de negocio o control.

### **Capa de lógica de negocio o control:**

Es llamada capa de reglas de negocio porque en esta se definen todas las reglas que se deben cumplir para una correcta ejecución del programa.

Es aquí donde se encuentra toda la lógica del programa, así como las estructuras de datos y objetos encargados para la manipulación de los datos existentes, así como el procesamiento de la información ingresada o solicitada por el usuario en la capa de presentación.

Representa el corazón de la aplicación ya que se comunica con todas las demás capas para poder llevar a cabo las tareas. Por ejemplo, mediante la capa de presentación obtiene la información ingresada por el usuario, y despliega los resultados. Si la aplicación se comunica con otros sistemas que actúan en conjunto, lo hace mediante

esta capa. También se comunica con la capa de datos para obtener información existente o ingresar nuevos datos.

Recibe los datos que ingresó el usuario del sistema mediante la capa de presentación, luego los procesa y crea objetos según lo que se necesite hacer con estos datos; esta acción se denomina encapsulamiento.

### **Capa de datos**

Es la encargada de realizar transacciones con bases de datos y con otros sistemas para obtener o ingresar información al sistema.

El manejo de los datos debe realizarse de forma tal que haya consistencia en los mismos, de tal forma los datos que se ingresan así como los que se extraen de las bases de datos, deben ser consistentes y precisos.

Es en esta capa donde se definen las consultas a realizar en la base de datos, tanto las consultas simples como las consultas complejas para la generación de reportes más específicos.

Esta capa envía la información directamente a la capa de reglas de negocio para que sea procesada e ingresada en objetos según se necesite, esta acción se denomina encapsulamiento.

### **Ventajas**

Al implementar este modelo de programación, se asegura un trabajo de forma ordenada y separada, debido a que sigue el principio de “divide y vencerás”.

Cada capa está dividida según su funcionalidad cuando se quiere modificar el sistema basta con cambiar un objeto o conjunto de objetos de una capa. Esto se llama modularidad.

### 2.1.16. MVC

Modelo Vista Controlador:

**Modelo:** Es la Representación de la información con la cual el sistema opera, por lo tanto gestiona todos los accesos a dicha información, tanto consultas como actualizaciones. Componente encargado del acceso a datos. (Cake Software Foundation, 2014).

**Vista:** Presenta el 'modelo' (información y lógica de negocio) en un formato adecuado para interactuar (usualmente la interfaz de usuario) por tanto requiere de dicho 'modelo' la información que debe representar como salida. Define la interfaz de usuario HTML, CSS realizadas en el navegador.

**Controlador:** Responde a eventos (usualmente acciones del usuario) e invoca peticiones al 'modelo' cuando se hace alguna solicitud sobre la información (por ejemplo, editar un documento o un registro en una base de datos). Hace de intermediario entre la 'vista' y el 'modelo' Responde a eventos y modifica la vista y el modelo. (Programación Web, 2015).

### 2.1.17. Lenguaje de Programación PHP

PHP (acrónimo de Hypertext Preprocesador) es un lenguaje de código abierto interpretado, de alto nivel, embebido en páginas HTML y ejecutado en el servidor. Este lenguaje se caracteriza porque sólo es interpretado pero no compilado, y es embebido en el código HTML lo que le da un alto rendimiento y potencia. Es un lenguaje con una sintaxis similar al Lenguaje C. (Uceda).

### 2.1.18. Xampp

Es un servidor independiente de plataforma de software libre, fácil de instalar y usar que consiste principalmente en la base de datos MySQL el servidor web Apache y los intérpretes para lenguajes de script: PHP y Perl. El nombre proviene del acrónimo

de X (para cualquiera de los diferentes sistemas operativos: Windows, Linux, etc.) Apache, MySQL, PHP, Perl. (Apache, 2015).

El programa está liberado bajo la licencia GNU y actúa como un servidor web libre, fácil de usar y capaz de interpretar páginas dinámicas. Actualmente XAMPP está disponible para Microsoft Windows, GNU/Linux, Solaris y Mac OS X.

### **2.1.19. MySQL**

Es un sistema de administración de base de datos relacionales rápido, sólido y flexible. Es ideal para cualquier solución que implique almacenar datos, teniendo la posibilidad de realizar múltiples y rápidas consultas. MySQL ofrece la ventaja de tener licencia pública, permitiendo no solo la utilización del programa, sino también la consulta y modificación de su código fuente. (Cobo, Gómez, Pérez, & Rocha, 2005).

### **2.1.20. UML**

Lenguaje Unificado de Modelaje, es un lenguaje estándar orientado a objetos que utiliza notaciones gráficas y diagramas visuales integrales para modelar un sistema antes de su desarrollo. Es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema de software.

Hay cuatro elementos que interactúan en un diagrama de casos de uso: el sistema, los casos de uso, los actores y las relaciones.

Un caso de uso debe:

- Describir una tarea del negocio que sirva a una meta de negocio
- Tener un nivel apropiado del detalle
- Ser bastante sencillo como que un desarrollador lo elabore en un único lanzamiento

Situaciones que pueden darse:

- Un actor se comunica con un caso de uso (si se trata de un actor primario la comunicación la iniciará el actor, en cambio si es secundario, el sistema será el que inicie la comunicación).
- Un caso de uso extiende otro caso de uso.
- Un caso de uso utiliza otro caso de uso.

### **2.1.21. Prototipo**

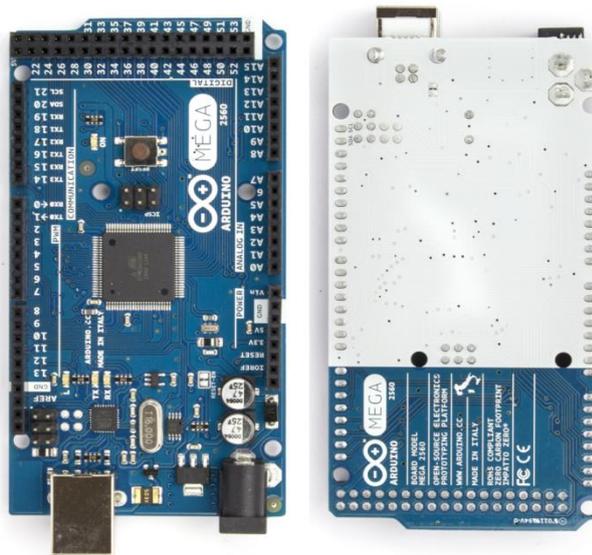
Es una representación limitada de un producto, permite al usuario probarlo en situaciones reales o explorar su uso. Es el primer modelo del producto a crearse el cual posee ciertos elementos del producto final, dicho modelo se diseña y se construye con rapidez y con un bajo costo, esto con el objetivo de explorar las ideas preliminares del proyecto. EL prototipo permitirá observar los posibles limitantes que se presentan en el producto final permitiendo de este modo explorar y experimentar con distintas versiones hasta tener un producto final totalmente refinado. (Lacalle, 2015)

### **2.1.22. Arduino**

Arduino es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software y hardware flexibles y fáciles de usar. Arduino puede tomar información del entorno a través de sus pines de entrada de toda una gama de sensores y puede afectar aquello que le rodea controlando luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing). Los proyectos hechos con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectar a un ordenador, si bien tienen la posibilidad de hacerlo y comunicar con diferentes tipos de software (p.ej. Flash, Processing, MaxMSP). (Arduino, 2015).

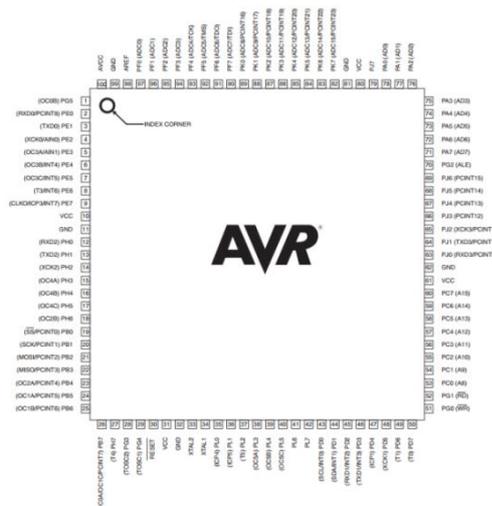
Las tarjetas electrónicas Arduino MEGA 2560 se encuentran construidas en base a un microcontrolador de la marca ATMEL de origen Estadounidense denominada

ATmega2560 el cual es un dispositivo C-MOS de bajo consumo y de 8 bits el cual se basa en la arquitectura AVR enhanced RISC, el microcontrolador ATmega2560 permite la ejecución de instrucciones de gran alcance en un solo ciclo de reloj y la optimización del consumo de energía en relación a la gran velocidad de procesamiento que posee.



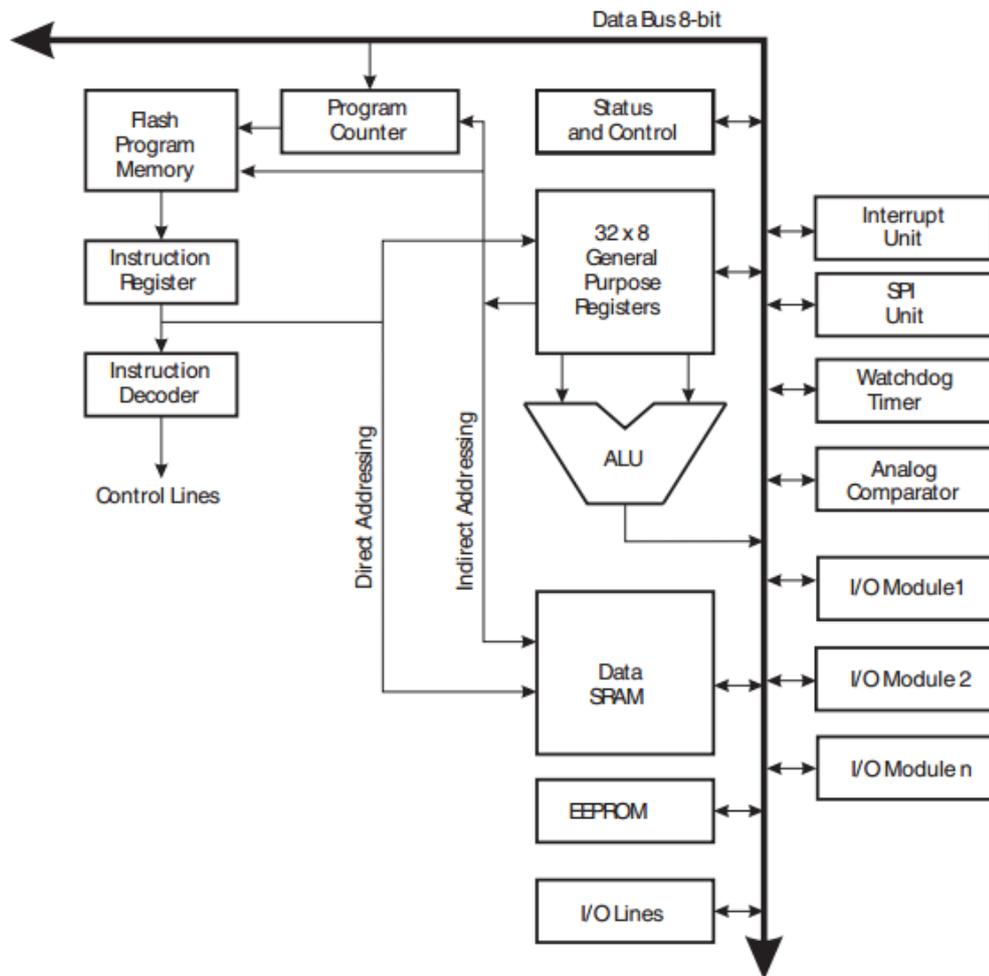
**Figura 10** Placa de Arduino Modelo AT mega 2560.

**Nota:** Utilizada conjunto con Shield de Arduino GSM con el fin de comunicar el módulo de sensores y transmitir la información obtenida a través de la red GSM. **Fuente:** (Arduino, 2015).



**Figura 11.** PINOUT de microcontrolador ATmega2560.

**Nota:** Describe las conexiones del microcontrolador. **Fuente:** (Atmel, 2014)



**Figura 12.** Diagrama de bloques de la arquitectura AVR de Atmel.

**Fuente:** (Atmel, 2014).

### 2.1.23. Características de Arduino Mega 2560.

Entre las características de la presente tarjeta electrónica se encuentra que: posee una mayor capacidad de memoria en comparación a sus modelos antecesoras siendo esta de 256KB, posee 54 pines que pueden ser usados como entradas o salidas digitales y 15 de estos pines poseen características que permiten usar la funcionalidad PWM, además un grupo específico de pines puede ser utilizada para comunicación serial con periféricos externos (Serial 0 pin 0 y 1 Rx/Tx; Serial 1: 19 y 18 Rx/Tx; Serial 2: 17 y 16 Rx/Tx; Serial 3: 15 y 14 Rx/Tx.), también poseen 16 entradas analógicas con una resolución de 10bits.

**Tabla 1.** Características básicas de Arduino MEGA 2560.

Microcontrolador	ATmega2560
Voltaje de Operación	5V
Voltaje de entrada recomendado	7-12V
Límite de voltaje de entrada	6-20V
Entradas/Salidas Digitales	54 (de las cuales 15 proveen salida PWM)
Entradas Analógicas	16
Corriente DC por pin de entrada/salida	40 mA
Corriente DC para el pin de 3.3v	50 mA
Capacidad de memoria flash	256 KB de los cuales 8 KB son usados por el bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz

**Nota:** Muestra los rangos de operación del Arduino MEGA 2560.

**Fuente:** (Arduino, 2015).



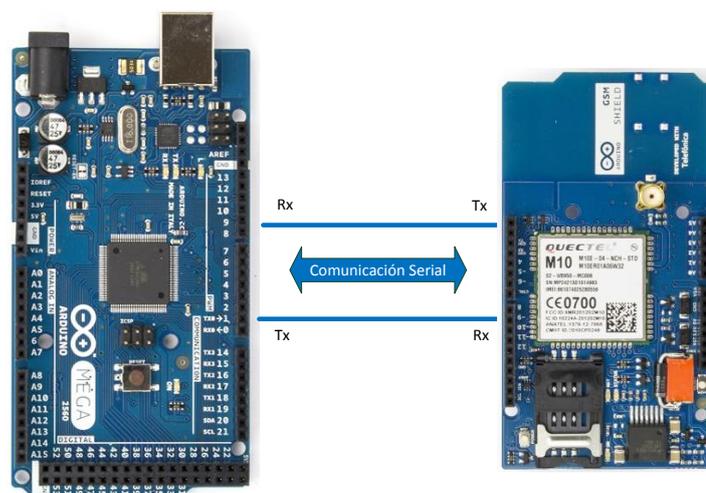
**Figura 13.** Vista Superior del Shield Arduino GSM.

**Nota:** Arduino GSM Shield basado en radio modem M10 de Quetel.

**Fuente:** (Arduino, 2015).

El Shield Arduino GSM es un módem GSM. Desde la perspectiva del operador móvil, el Shield Arduino GSM se parece a un teléfono móvil. Desde la perspectiva de Arduino, el Shield Arduino GSM se parece a un módem.

El shield GSM de Arduino permite que la placa electrónica de dicho fabricante pueda mantener una conexión hacia internet a través de la red GPRS de un proveedor de servicio celular, así como también realizar llamadas telefónicas y el envío de mensajes de texto, el shield GSM de Arduino utiliza un chip radio modem M10 de la compañía Quectel.



**Figura 14.** Esquema de Comunicación Serial entre Placa Arduino Mega 2560 y Shield GSM.

Elaborado por: Autores

El funcionamiento entre el chip M10 y el Arduino se realiza a través de una conexión serial (RS232) a través de la cual se envían comandos AT para el funcionamiento general, sin embargo Arduino creo una librería llamada GSM Library la cual permite una gran cantidad de métodos de comunicación entre la placa Arduino y el chip M10 de Quectel y facilita la implementación de diversas aplicaciones sin tener necesidad de conocer a fondo los comandos AT del chip M10.

El chip M10 es un radio modem tipo quad-band GSM/GPRS el cual trabajo en las frecuencias GSM850MHz, GSM900MHz, DCS1800MHz y PCS1900MHz, además soporta los protocolos de comunicación TCP y UDP así como también el protocolo HTTP a través de una conexión GPRS.

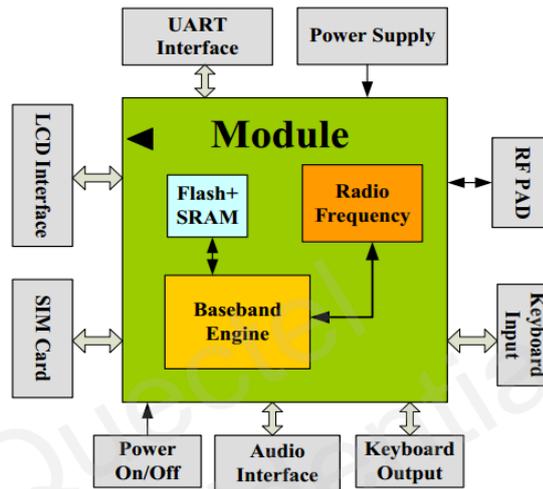


Figura 15. Diagrama de bloques del chip M10 Quectel

Fuente: (Arduino, 2015).

Tabla 2. Tabla de características generales del chip M10 Quectel.

Feature	Implementation
Power supply	Single supply voltage 3.4V – 4.5V
Power saving	Typical power consumption in SLEEP mode to 1.1 mA@ DRX=5 0.7 mA@ DRX=9
Frequency bands	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Quad-band: GSM850, GSM900, DCS1800, PCS1900.</li> <li>● The module can search these frequency bands automatically</li> <li>● The frequency bands can be set by AT command.</li> <li>● Compliant to GSM Phase 2/2+</li> </ul>
GSM class	Small MS
Transmitting power	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Class 4 (2W) at GSM850 and GSM900</li> <li>● Class 1 (1W) at DCS1800 and PCS1900</li> </ul>
GPRS connectivity	<ul style="list-style-type: none"> <li>● GPRS multi-slot class 12 (default)</li> <li>● GPRS multi-slot class 1~12 (configurable)</li> <li>● GPRS mobile station class B</li> </ul>
Temperature range	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Normal operation: -35°C ~ +80°C</li> <li>● Restricted operation: -45°C ~ -35°C and +80°C ~ +85°C <sup>1)</sup></li> <li>● Storage temperature: -45°C ~ +90°C</li> </ul>
DATA GPRS:	<ul style="list-style-type: none"> <li>● GPRS data downlink transfer: max. 85.6 kbps</li> <li>● GPRS data uplink transfer: max. 85.6 kbps</li> <li>● Coding scheme: CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4</li> <li>● Support the protocols PAP (Password Authentication Protocol) usually used for PPP connections</li> <li>● Internet service protocols TCP/UDP/FTP/HTTP/MMS</li> </ul>
CSD:	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CSD transmission rates: 2.4, 4.8, 9.6, 14.4 kbps non-transparent</li> <li>● Unstructured Supplementary Services Data (USSD) support</li> </ul>
SMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>● MT, MO, CB, Text and PDU mode</li> <li>● SMS storage: SIM card</li> </ul>
FAX	Group 3 Class 1 and Class 2
SIM interface	Support SIM card: 1.8V, 3V
Antenna interface	Connected via 50 Ohm antenna pad

Audio features	Speech codec modes: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Half Rate (ETS 06.20)</li> <li>● Full Rate (ETS 06.10)</li> <li>● Enhanced Full Rate (ETS 06.50 / 06.60 / 06.80)</li> <li>● Adaptive Multi-Rate (AMR)</li> <li>● Echo Cancellation</li> <li>● Echo Suppression</li> <li>● Noise Reduction</li> </ul>
Serial interface	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Serial Port: Seven lines on serial port interface</li> <li>● Use for AT command, GPRS data and CSD data</li> <li>● Multiplexing function</li> <li>● Support autobauding from 4800 bps to 115200 bps</li> <li>● Debug Port: Two lines on second serial port interface DBG_TXD and DBG_RXD</li> <li>● Debug Port only used for software debugging</li> </ul>
Phonebook management	Support phonebook types: SM, FD, LD, RC, ON, MC
SIM Application Toolkit	Support SAT class 3, GSM 11.14 Release 99
Real time clock	Implemented
Alarm function	Programmable via AT command
Physical characteristics	Size: 29±0.15 x 29±0.15 x 3.6±0.3mm Weight: 6g
Firmware upgrade	Firmware upgrade over Serial Port

**Fuente:** (Arduino, 2015).

#### 2.1.24. GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles)

Es un estándar internacional para los teléfonos móviles. También se refiere a veces como 2G, ya que es una red celular de segunda generación

Entre otras cosas, GSM soporta llamadas salientes y entrantes de voz, sistema Mensaje simple (SMS o mensajes de texto), y la comunicación de datos (a través de GPRS) (Texto citado de <http://arduino.cc>).

#### 2.1.25. GPRS

Es una tecnología de conmutación de paquetes que significa General Packet Radio Service. Se puede proporcionar velocidades de datos idealizadas entre 56 a 114 kbit por segundo.

Una serie de tecnologías como SMS depende de GPRS para funcionar. Con el Shield GSM, también es posible aprovechar la comunicación de datos para acceder a Internet. Al igual que en las bibliotecas de Ethernet y WiFi, la biblioteca GSM permite al Arduino actuar como cliente o servidor, usando el protocolo de capa de aplicación HTTP para enviar y recibir páginas web.

Para acceder a una red, debe tener una suscripción con un operador de teléfono móvil (ya sea de prepago o contrato), un dispositivo compatible con GSM como el Shield GSM o un teléfono móvil, y un (SIM) Subscriber Identity Module. El operador de red proporciona la tarjeta SIM, que contiene información como el número de móvil, y puede almacenar cantidades limitadas de contactos y mensajes SMS.

#### **2.1.26. Red 3G.**

Son redes móviles de tercera generación definidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones. El estándar UMTS se encuentra gestionado por la organización 3GPP (Spain, 1996-2014).

#### **2.1.27. Sensor.**

Se denomina sensor a un “sistema de medida” formado por el conjunto, transductor, sensor y acondicionador de señal, y que permite la medición de valores de características físicas, químicas, mecánicas, etc. Para tal objetivo adapta la señal obtenida desde un transductor que suele ser en el orden de los milivoltios a valores más comprensibles según el objetivo del sistema general a implementarse.

Se denomina transductor, en general, a todo dispositivo que convierte una señal de una forma física en una señal correspondiente pero de otra forma física distinta. Es, por tanto, un dispositivo que convierte un tipo de energía en otro. Esto significa que la señal de entrada es siempre una energía o potencia, pero al medir una de las componentes de la señal suele ser tan pequeña que puede despreciarse, y se interpreta que se mide solo la otra componente.

Un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que es función de la variable medida.

Sensor y transductor se emplean a veces como sinónimos, pero sensor sugiere un significado más extenso: la ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas

directamente por los sentidos. Transductor, en cambio, sugiere que la señal de entrada y la de salida no deben ser homogéneas. (Areny, 2003).

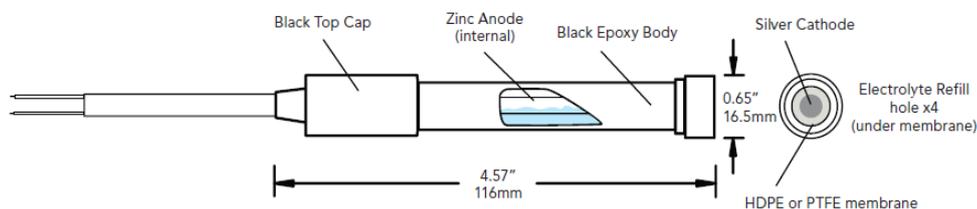
### 2.1.28. Sensor de Oxígeno Disuelto.

El sensor de Oxígeno disuelto mide la saturación de Oxígeno dentro de un cuerpo de agua con el cual se puede determinar la calidad de la misma, el sensor es un elemento pasivo que genera una pequeña cantidad de voltaje dependiendo del grado de saturación de oxígeno que se presente en la membrana sensible del cual consta.

### 2.1.29. Sensor de Oxígeno Disuelto de Atlas Scientific.

El sensor de Oxígeno Disuelto de Atlas Scientific permite una rápida solución para diseños de bajo costo sin que se sacrifique la operatividad del diseño, además de ser un sistema embebido ya que el sensor consta de una sonda de Oxígeno Disuelto de membrana HDPE y un circuito que se encarga de la adaptación de la señal analógica proveniente de la sonda y la entrega al sistema general que se encargara de monitorear dichas mediciones, para el presente caso la placa electrónica programable Arduino MEGA 2560.

La sonda consta de un tubo con una varilla de zinc (ánodo) sumergido en un electrolito. El elemento de detección es la membrana de HDPE comprimida contra un disco de plata (cátodo).



**Figura 16.** Señala la estructura interna y externa de la sonda de Oxígeno disuelto.

**Fuente:** (atlas-scientific, 2015)



**Figura 17** Sensor de Oxígeno Disuelto.

**Fuente:** Elaborada por Autores.

Entre las especificaciones generales del Sensor de Oxígeno Disuelto se encuentran:

**Tabla 3** Especificaciones Sensor de Oxígeno Disuelto.

Rango	0-20 mg/L
Material del Cuerpo	Epoxy and Noryl
Temperatura Máxima	50 Degrees C
Presión	690 kPa (100PSI)
Dimensiones	16.5mm X 116mm (0.65" X 4.57")
Tipo de Conector	BNC

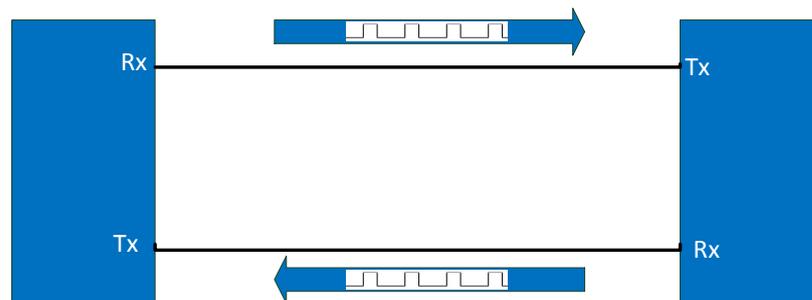
Elaborado por: Autores.

### 2.1.30. Circuito EZO para medición de Oxígeno Disuelto.

El circuito para medición de Oxígeno Disuelto de Atlas Scientific brinda una gran estabilidad y precisión durante la medición de dicho valor al trabajar en conjunto con la sonda de la misma marca, facilitando el diseño del prototipo al no tener que efectuar la conversión de la señal analógica entregada por la sonda a un valor digital y aumentar una posible carga en el procesamiento de la placa electrónica Arduino.

El circuito EZO para medición de Oxígeno Disuelto soporta dos modos de comunicación a través de los cuales puede entregar los datos del valor medido hacia el microcontrolador encargado de procesar esta información, los modos son los siguientes:

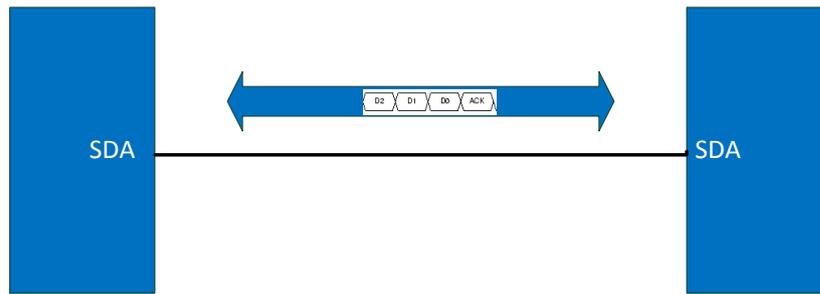
- Modo UART.- Universal Asynchronous Receiver-Transmitter es el modo de comunicación de datos que permite realizar una comunicación en modo serial es decir enviando y recibiendo datos en forma secuencial a través de dos hilos de comunicación, uno de recepción (Rx) a través del cual se va ha enviar los datos transmitidos desde otro dispositivo y transmisión (Tx) para la recepción de los datos transmitidos desde otro dispositivo.



**Figura 18.** Comunicación Serial.

**Nota:** Describe el Modo de comunicación UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) entre dispositivos que soportan comunicación Serial. Elaborado por: Autores

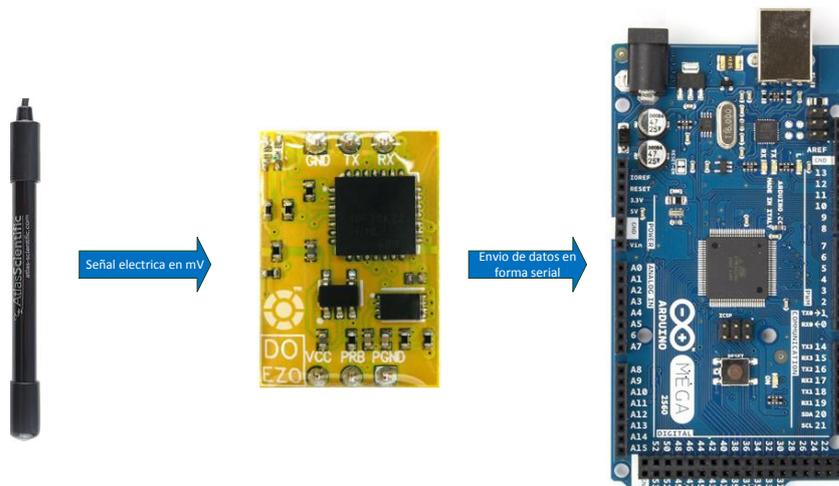
- Modo I2C.- Es un modo de comunicación que permite la transmisión y recepción de los datos en forma serial. Sin embargo tanto la transmisión como la recepción de los datos se realiza a través del mismo hilo de comunicación a diferencia de la comunicación serial. Sin embargo también utiliza un segundo hilo a través del cual se envía una señal de reloj.



**Figura 19.** Comunicación I2C.

**Nota:** Describe el Modo de comunicación I2C (Inter Integrate Circuit, Bus de comunicaciones en serie). Elaborado por: Autores.

Como se aprecia en la siguiente gráfica, la sonda de Oxígeno Disuelto, envía la medición en forma eléctrica en el orden de los mili voltios hacia el circuito EZO para Oxígeno Disuelto de Atlas- Scientific, el mismo que adapta la señal y la transmite en forma serial hacia el Arduino Mega 2560.



**Figura 20 .** Comunicación entre Sensor –circuito EZO – Arduino

Elaborado por: Autores.

### 2.1.31. Sensor de Potencial de Hidrógeno (pH).

El sensor de Potencial de Hidrógeno (pH) es un transductor que permite conocer el pH de una solución, esto lo realiza a través de un método electroquímico que utiliza una membrana de vidrio que separa dos sustancias con diferentes cantidad de, el sensor es un elemento pasivo que genera una pequeña cantidad de corriente de acuerdo al nivel de pH que se encuentre en el medio ambiente.

El sensor de pH de Atlas Scientific permite una rápida solución para diseños de bajo costo sin que se sacrifique la operatividad del diseño, además de ser un sistema embebido ya que el sensor consta de una sonda de pH, que es un elemento pasivo que detecta una pequeña corriente eléctrica generada por la actividad de los iones de Hidrógeno.



**Figura 21.** Foto de sonda de pH (Potencia de Hidrógeno) marca Atlas Scientific.

Elaborado por: Autores.

La corriente puede ser bien positiva o bien negativa y no puede ser detectada por dispositivos tales como multímetros

Entre las especificaciones generales se describen las siguientes:

**Tabla 4.** Especificaciones generales Sensor de pH (Potencial de Hidrógeno).

Rango de pH	0-14 (Na+ error at >12.3 pH)
Temperatura de operación	1°C - 99°C
Presion maxima	690 kPa (100PSI)
Velocidad de respuesta	95% in 1 second
Punto isopotencial	pH 7.00 (0 mV)
Dimensiones	12mm X 150mm (1/2" X 6")
Tipo de Conector	BNC

**Fuente:** (Atlas-Scientific, 2015)

### **Circuito EZO para medición de pH.**

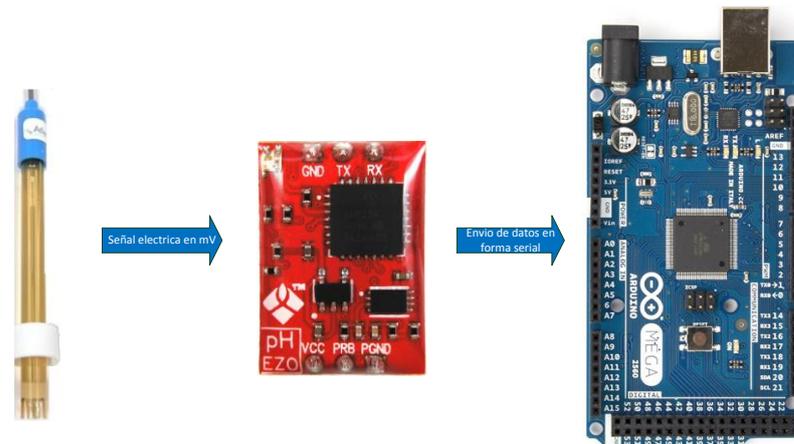
El circuito para medición de pH de Atlas Scientific brinda una gran estabilidad y precisión durante la medición de dicho valor al trabajar en conjunto con la sonda de la misma marca, también brinda una gran resolución durante las mediciones entregando la capacidad de conocer a más detalle el comportamiento del elemento a medir, facilitando el diseño del prototipo al no tener que efectuar la conversión de la señal analógica entregada por la sonda a un valor digital y aumentar una posible carga en el procesamiento de la placa electrónica Arduino.

El circuito EZO para medición de pH de igual manera que su par para medición de Oxígeno Disuelto soporta dos modos de comunicación a través de los cuales puede entregar los datos del valor medido hacia el microcontrolador encargado de procesar esta información, los modos son los siguientes:

- Modo UART
- Modo I2C

Como se aprecia en la siguiente figura, la sonda de pH, envía la medición en forma eléctrica en el orden de los mili voltios hacia el circuito EZO para pH de Atlas-

Scientific, el mismo que adapta la señal y la transmite en forma serial hacia el Arduino Mega 2560.



**Figura 22.** Describe la comunicación entre Sensor –circuito EZO – Arduino.

Elaborado por: Autores.

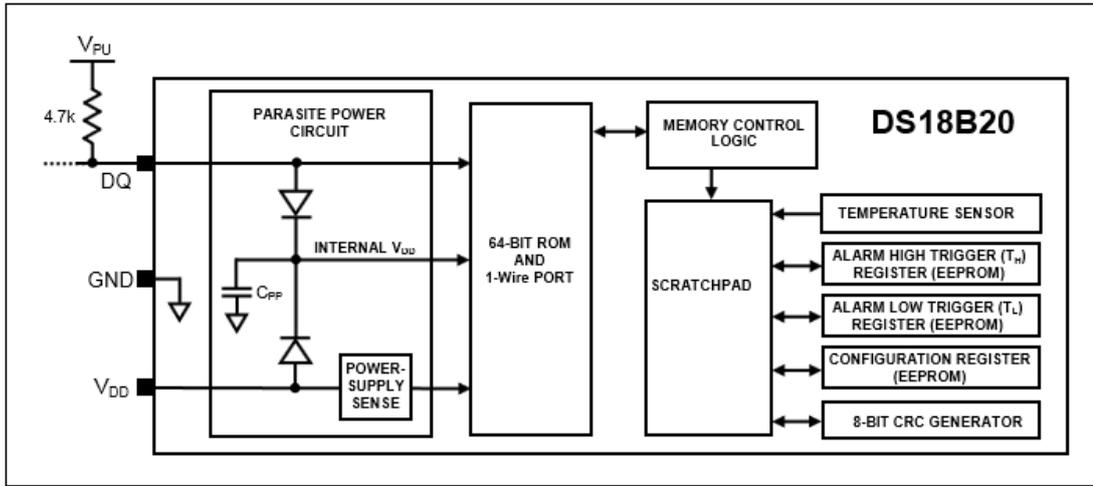
### 2.1.32. Sensor de temperatura.

El sensor de temperatura es un dispositivo que permite conocer el valor de temperatura presente en un ambiente acuático, a través de la conversión de los cambios de temperatura a señales eléctrica, esta información es procesada por dispositivos electrónicos según la necesidad, como es el caso del Arduino MEGA 2560.

#### Sensor de temperatura DS18B20.

El sensor para medición de temperatura DS18B20 es un dispositivo creado por la compañía Maxim Integrated, que tiene la capacidad de comunicarse a través de señal digital hacia el elemento electrónico que necesita la obtención de la temperatura.

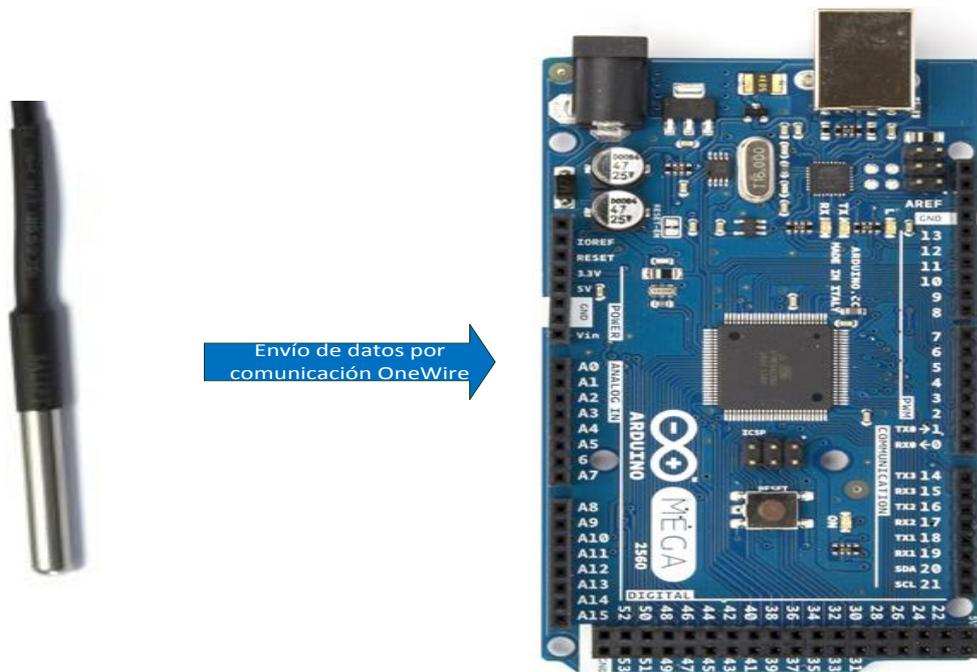
El sensor utiliza la comunicación OneWire para envío de datos a través de un solo hilo, a diferencia de otros dispositivos que utilizan protocolos de comunicación de dos vías (Rx/Tx).



**Figura 23.** Diagrama de Bloques del sensor DS18B20.

**Fuente:** (Maxim Integrated, 2015)

El sensor puede ser conectado a cualquier dispositivo microcontrolador tal como Arduino directamente, sin embargo la comunicación entre estos es a través del protocolo One Wire (1-wire) diseñado por Dallas semiconductor.



**Figura 24.** Describe la comunicación Sensor – Arduino.

Elaborado por: Autores.

## 2.2. Hipótesis

En base al planteamiento del problema, se establece la siguiente hipótesis:

Es factible diseñar un prototipo capaz de registrar mediciones de los parámetros de la calidad del agua en un estanque criadero de peces de forma automática y en tiempo real, con el fin de aplicarlo en la piscicultura y a su vez controlar el oxígeno a través de la aireación del agua.

## 2.3. Variables e Indicadores

**Tabla 5.** Matriz Causa – Efecto.

<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>
¿Cómo optimizar la obtención de los datos de parámetros físicos y químicos del agua de un estanque, con el fin de realizar el monitoreo del cultivo de peces utilizando un método de cultivo intensivo?	Obtener información en tiempo real implementando un prototipo basados en tecnologías libres para el monitoreo de estanques para el cultivo de peces.	Obtener una mayor agilidad en la medición de los parámetros físico-químicos del agua en un estanque de cultivo de peces.
<b>SUB-PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS PARTICULARES</b>
¿Cómo podemos desarrollar un equipo electrónico que obtenga información del agua a analizar dentro de un estanque?	Desarrollar un prototipo que contenga un grupo de sensores para medir los parámetros principales (Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto) para mantener un monitoreo	El piscicultor podrá visualizar en un ordenador, la información obtenida desde los sensores que permanecen en el estanque de agua y así tomará acciones basadas en la información mostrada.

**Nota:** Describe el problema, el Objetivos General, Objetivo Especifico y la posible solución.

Elaborado por: Autores.

### 2.3.1. Variables Dependientes

Tabla 6. Variables Dependientes.

Tipo	Variables Dependientes	Indicadores
<b>Cuantitativa</b>	Cantidad de mediciones por unidad de tiempo (día).	Reporte de las mediciones tomadas de los factores físicos y químicos.
<b>Cuantitativa</b>	Accesibilidad a la información de los parámetros físicos y químicos del agua.	Tiempo de obtención de reportes del comportamiento de los parámetros físicos y químicos del agua por períodos de tiempo.
<b>Cuantitativa</b>	Resolución de las mediciones de los factores físicos-químicos por unidad de tiempo.	Precisión de la Curva de comportamiento.

**Nota:** Permite identificar los indicadores que dependen de la variable independiente.

Elaborado por: Autores.

### 2.3.2. Variable Independiente

Tabla 7. Variable Independiente.

Tipo	Variable Independiente	Indicador
<b>Cuantitativa</b>	Tiempo de recolección de datos sobre los factores físicos y químicos del agua en estanques de producción acuícola.	Cantidad de datos obtenidos en menor tiempo permiten tabular con mejor precisión los parámetros físicos y químicos del agua.

**Nota.** Permite enfocar la investigación en la propuesta de solución.

Elaborado por: Autores.

## **2.4. Metodología**

### **2.4.1. Métodos**

Para el desarrollo del presente prototipo se aplicaron dos métodos de investigación: El **método experimental** (aplicado) realizando pruebas de funcionamiento del sistema (hardware-software) y el **método de campo**.

- Método Experimental
- Método de Campo

**Método teórico**, ya que se realiza el levantamiento de información como son:

- Funcionamiento de los sensores
- Procedimiento del cultivo de peces
- Funcionamiento de módulos de comunicación en redes 3G
- Búsqueda de información en sitios web

**Método inductivo** Se ordena la observación tratando de obtener conclusiones de carácter general desde la acumulación de datos específicos, este método se aplica para la definición de los parámetros a sensar.

### **2.4.2. Técnicas.**

Considerando que la implementación de un sistema en línea para el monitoreo de los parámetros físicos y químicos del agua requiere tener el conocimiento del experto en el tema de la cría de peces, el presente trabajo considera entrevistar al profesional en el tema de Piscicultura para llevar a cabo el experimento.

### **2.4.3. Instrumentos de investigación y recolección de datos.**

- Se entrevista al profesional en el área concerniente a la producción acuícola. La entrevista se orienta a la problemática presentada.

- Visita de campo para observar y obtener conocimiento y registro de los procesos de la crianza de los peces.
- Recurrir a las fuentes secundarias de información documental ya existente en algún medio como libros, páginas web, informes, etc.

## **2.5. Población y Muestra**

### **2.5.1. Población**

Las Entidades que se dedican a la producción acuícola que tienen como objetivo optimizar el control de la calidad del agua contenida en los estanques o piscinas criaderos de peces a través de la obtención de información de mediciones de los parámetros físicos y químicos de manera constante que les permitan reducir tiempo y recurso humano.

### **2.5.2. Muestra**

Se selecciona como muestra, al Centro de Investigación de la Estación Piscícola Cachari ubicado en las instalaciones de la Universidad de Babahoyo con el fin de observar los procedimientos para la obtención de los datos que registran diariamente en la bitácora de cada estanque.

## **2.6. Descripción de la Propuesta**

El sistema de monitoreo permite la medición de los principales parámetros físico-químicos del agua (pH, Oxígeno Disuelto y Temperatura) de forma remota implementando un módulo de hardware<sup>5</sup> dentro de un estanque cuya función es de capturar en todo momento las muestras de cada una de las mediciones y enviarlas a través de internet hacia un servidor con el objeto de visualizarlas por medio de una página web, permitiendo a cualquier usuario acceder a la información en forma directa sin necesidad de estar frente al estanque.

---

<sup>5</sup> Módulo-Hardware: Conjunto de elementos electrónicos que interactúan entre sí para cumplir varios propósitos específicos.

Al implementar un sistema centralizado se facilita el acceso de cualquier usuario a la información de forma independiente a su ubicación geográfica. Así mismo lleva el control de la bomba del estanque para oxigenación del agua en caso de ser necesario.



**Figura 25.** Esquema del funcionamiento del sistema propuesto

**Nota:** Muestra la interacción entre el prototipo (hardware y software) y el usuario.

Elaborado por: Autores.

El prototipo se desarrolla en base a una placa electrónica programable de la marca Arduino que es de tipo Open Hardware y servirá de controlador de la parte electrónica, la misma se encarga de recibir las mediciones desde los sensores de pH, Oxígeno Disuelto y Temperatura, los mismos que se encuentran sumergidos en el estanque y controla una bomba de oxigenación y un servomotor para la alimentación de los peces. La placa Arduino trabaja en conjunto con un shield para comunicaciones GSM a través del cual se enviará la información a la base de datos que se encuentra alojada en un servidor en internet.

El sistema prototipo cuenta con un servidor Linux, distribución Centos 5, en dicho servidor se habilitan servicios web y de base de datos siendo esta MySQL. Se desarrolla un aplicativo web que permite la visualización de los datos medidos desde el estanque a través del conjunto de hardware construido con Arduino y los sensores de pH, Oxígeno Disuelto y Temperatura.

El aplicativo web se codifica utilizando el lenguaje PHP permitiendo visualizar la información en las páginas web de forma dinámica. En la aplicación web se pueden visualizar los últimos valores medidos de cada estanque y realizar reportes por cada parámetro físico-químico de cada estanque.

### **2.6.1. Beneficiarios**

Las empresas dedicadas al sector de producción acuícola se encuentran dentro de los principales beneficiarios, sin embargo ya que el sistema puede ser adaptado para otros tipos de producción su rango de beneficiarios puede ampliarse a muchos campos más que trascienden el alcance del presente trabajo de titulación.

### **2.6.2. Impacto**

Un aspecto a destacar es que al tener información en el menor tiempo posible provoca impactos positivos en la optimización de tiempo y recurso humano.

Al tener mayor cantidad de información se observa a mayor detalle el comportamiento de los factores físicos-químicos dentro de un estanque, lo que conlleva a una mayor facilidad para la planeación de estrategias por parte de los profesionales de este sector productivo.

Tener un monitoreo centralizado facilita el acceso a la información de forma independiente al lugar geográfico donde la persona interesada se encuentre ya que no será necesario permanecer constantemente en la piscina para observar el comportamiento de la misma.

## CAPÍTULO 3

### ANÁLISIS DEL SISTEMA

#### 3.1. Levantamiento de información

Para desarrollar la propuesta de solución a las necesidades identificadas, se plantea un análisis de los requerimientos actuales del usuario para la elaboración del prototipo.

Se considera **usuario** a la persona que se encarga de dirigir la producción de peces. El usuario puede ser un Biólogo Marino, Acuicultor, técnico en Biología Marina, entre otros.

Para el desarrollo del prototipo se obtiene la información a través de una entrevista dirigida al profesional en producción acuícola, en este caso se efectúa la entrevista al Blogo. Ángel Moya; encargado de la estación Acuícola Cachari. (Ciudad Babahoyo). Ver Anexo A. En base a la recolección de datos, se asignan funciones a los recursos: Hardware y Software.

El prototipo se enfoca en la interacción directa del usuario con el sistema. El usuario ingresará la información que considera pertinente para definir los valores constantes de cada parámetro de calidad del agua con el objetivo de comparar y determinar si los valores obtenidos del módulo de medición<sup>6</sup> son aceptables o en su defecto tomar acciones inmediatas

#### 3.2. Requerimientos Funcionales y No Funcionales del Prototipo

##### 3.2.1. Requerimientos Funcionales

- Mostrar información de las últimas quince mediciones donde se muestre la fecha, hora y valores de los parámetros de la calidad del agua.

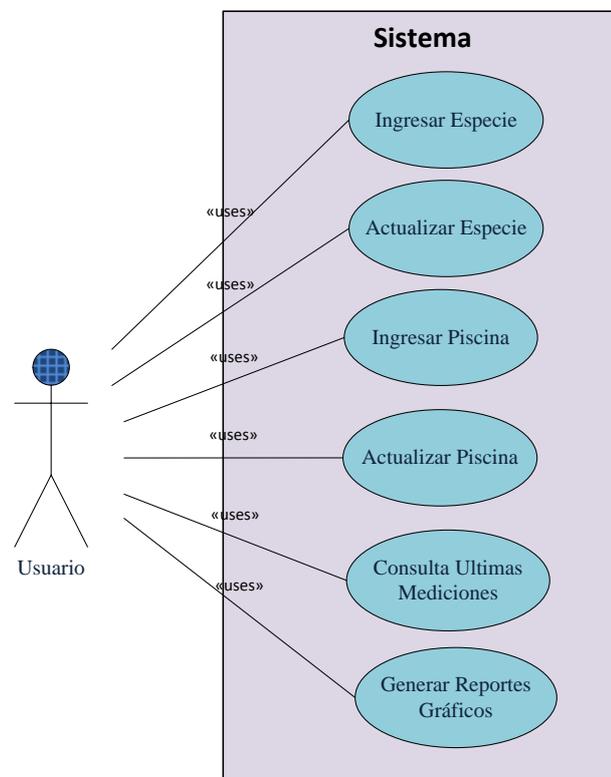
---

<sup>6</sup> El prototipo involucra un conjunto de sensores conectados a una placa de Arduino, el mismo que es transformado en un módulo de medición, cada sensor toma una medición individual (Oxígeno Disuelto, pH, Temperatura).

- Generar reportes gráficos que indique cuáles son los valores de las mediciones de Oxígeno Disuelto, pH y Temperatura por rangos de fecha y debe permitir la impresión de los gráficos en documentos (PDF) o imagen (JPEG).
- Notificar al usuario de forma automática cuando los parámetros de calidad del agua se encuentren fuera de los rangos definidos por el usuario en base al tipo de la especie a cultivar.
- Encender una bomba automáticamente para brindar aireación al agua cuando haga falta Oxígeno Disuelto basados en la comparación del valor obtenido del sensor con el valor registrado en el sistema.

### Diagrama de Casos de Uso

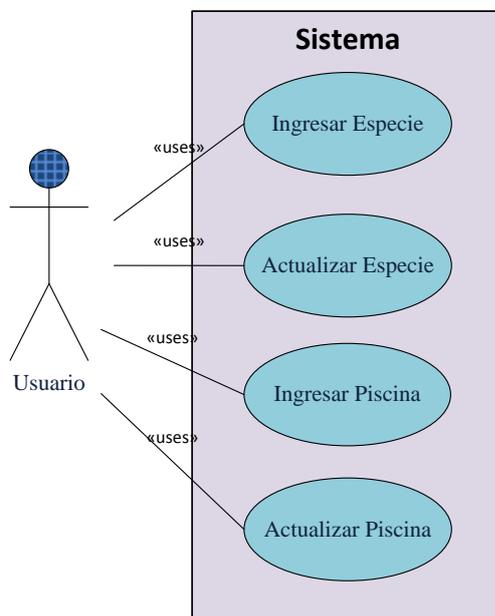
El sistema contará con un actor necesario para que el flujo de trabajo cumpla su objetivo:



**Figura 26.** CU001.- Caso de Uso General.

**Nota:** Describe el principal actor y los usos que dará al sistema. Elaborado por: Autores.

La Figura 26 muestra el modelo general del sistema y representa interacción entre el usuario y el sistema. Actor: **Usuario**.



**Figura 27.** CU001.1.- Caso de Uso Administración de Información de Especie y Piscina.

**Nota:** El usuario tiene la opción de ingresar datos al sistema de la piscina o estanque a monitorear y los datos de la especie a cultivar. Elaborado por: Autores.

**Tabla 8.** Descripción Caso de Uso para ingresar la especie a cultivar.

<b>Nombre:</b>	<b>Administrar Especie</b>
<b>Registro</b>	CU001.1
<b>Actores:</b>	Usuario
<b>Función:</b>	Permite el ingreso y la actualización de los datos de la especie a cultivar y seleccionar la información concerniente a los parámetros físicos y químicos del agua que se requiere medir para cultivar dicha especie.
<b>Descripción:</b>	El usuario del sistema puede registrar especies nuevas ingresando Nombre de la especie, Descripción que considere para dicha especie. Selección de los parámetros de pH y Temperatura adecuados para el ambiente de la especie. El sistema debe validar: <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Que sea ingresado el nombre y la descripción de la especie.</li> </ul>

2. Que sea seleccionado el rango de los parámetros, Temperatura, pH.

De existir algún error en el ingreso de los datos, existe la opción de Actualizar Especie, la misma que permite seleccionar la especie a modificar dando la facilidad para corregir, una vez que se encuentren los campos llenos se procede a actualizar la información ingresada.

El sistema debe validar:

3. Que sea seleccionada la especie a editar.
4. Que sea seleccionado el rango de los parámetros, Temperatura, pH.

Elaborado por: Autores.

**Tabla 9.** Descripción Caso de Uso para ingresar los datos de la piscina a monitorear.

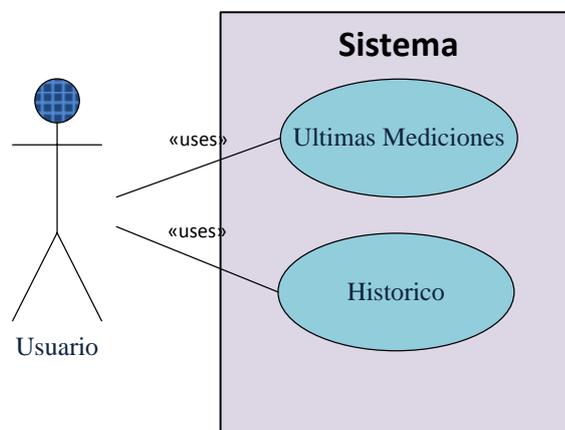
<b>Nombre:</b>	<b>Administrar Piscina</b>
<b>Registro</b>	CU001.1
<b>Actores:</b>	Usuario
<b>Función:</b>	Permite el ingreso de un nombre y la ubicación de la piscina donde se realizará el monitoreo. Adicional seleccionar la especie que se cultivará.
<b>Descripción:</b>	<p>El usuario del sistema puede asignar un nombre para la piscina donde se instalará el módulo de medición, la ubicación geográfica de la piscina y seleccionar la especie que se cultivará en dicha piscina. El sistema debe validar:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Que sea ingresado el nombre de la piscina.</li> <li>2. Que sea ingresada la Ubicación de la piscina.</li> <li>3. Que sea seleccionada la especie a ser cultivada que contiene la piscina.</li> </ol> <p>De existir algún error en el ingreso de los datos, existe la opción de Actualizar Piscina, la misma que permite seleccionar la piscina a modificar dando la facilidad para</p>

corregir, una vez que se encuentren los campos llenos se procede a actualizar la información ingresada.

El sistema debe validar:

1. Que sea seleccionada la piscina a editar.
2. Que sea ingresada la Ubicación de la piscina.
3. Que sea seleccionada la especie a ser cultivada que contiene la piscina.

Elaborado por: Autores.



**Figura 28.** CU001.2 Caso de Uso Histórico de Mediciones.

**Nota:** Permite interactuar con la reportería y gráficos estadísticos.

Elaborado por: Autores.

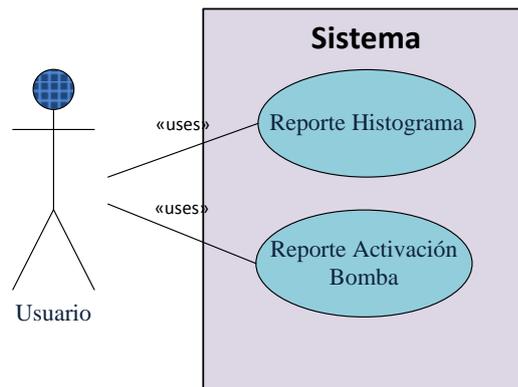
**Tabla 10.** Descripción Caso de Uso Histórico de Mediciones.

<b>Nombre:</b>	<b>Consulta Últimas Mediciones e Histórico</b>
<b>Registro</b>	CU001.2
<b>Actores:</b>	Usuario
<b>Función:</b>	Permite la consulta de la información de las últimas mediciones de los parámetros de Oxígeno, pH, Temperatura, la fecha y hora de la medición.
<b>Descripción:</b>	El usuario del sistema puede consultar los valores de medición de las variables configuradas, el sistema debe validar:

1. Que sea seleccionada el tipo de consulta, para ello existen dos opciones: Histórico o la última medición.
2. Si selecciona **Última Medición**, debe validarse que sea seleccionada la piscina de la cual desea tener la información.
3. El sistema muestra el valor de la última medición de los tres parámetros de calidad del agua.
4. Que **Si** selecciona **Histórico**, debe validarse que sea seleccionado el parámetro a visualizar.
5. Que sea seleccionada la piscina a consultar.

**Nota:** Muestra el historial de las últimas mediciones tomadas por los sensores las mismas que se muestran de acuerdo a la necesidad del usuario.

Elaborado por: Autores.



**Figura 29.** CU001.3 Reporte de Histograma.

**Nota:** Muestra el reporte de mediciones y activación de la Bomba de oxígeno por fechas definida por el usuario. Elaborado por: Autores.

**Tabla 11.** Descripción Caso de Uso Obtener Reporte de Histograma. Se muestra el Histograma en un rango de tiempo.

<b>Nombre:</b>	<b>Reporte Histograma</b>
<b>Registro</b>	CU001.3.1
<b>Actores:</b>	Usuario
<b>Función:</b>	Permite la consulta de la información de las mediciones de los parámetros de Oxígeno, pH, Temperatura, por rangos de fecha.

**Descripción:** El usuario del sistema puede consultar los valores de medición de las variables configuradas en un rango de tiempo, el sistema debe validar:

1. Que sea seleccionada el tipo de parámetro a medir.
2. Que se seleccione la piscina o estanque a observar.
3. Que escoja el período de tiempo.

Elaborado por: Autores.

**Tabla 12.** Descripción Caso de Uso Obtener Reporte Activación de Bomba. Muestra el reporte del tiempo que estuvo encendida la bomba.

<b>Nombre:</b>	<b>Reporte Activación bomba</b>
<b>Registro</b>	CU001.3.2
<b>Actores:</b>	Usuario
<b>Función:</b>	Permite la consulta de la información de las veces que ha sido encendida y apagada la bomba.
<b>Descripción:</b>	<p>El usuario del sistema puede consultar los valores de las veces que ha sido apagada la bomba:</p> <p>El sistema debe validar:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Que sea seleccionada el tipo de consulta.</li> <li>2. Que sea seleccionado el Estanque del cual desea obtener la información.</li> </ol>

Elaborado por: Autores.

### 3.2.2. Requerimientos No Funcionales

- Disponibilidad: El usuario solicita que el programa se encuentre disponible 24 horas al día los 7 días a la semana.
- Interoperabilidad con otros Sistemas de Software.

## CAPÍTULO 4

### DISEÑO DEL SISTEMA

#### 4.1. Diseño de la Arquitectura General del Sistema

Arquitectura General del Prototipo el mismo que se encuentra dividido en Hardware y Software, tal como se observa en la Figura 30.

En la sección correspondiente al Hardware se encuentra la representación de los sensores de Oxígeno Disuelto, Sensor de Temperatura y Sensor de pH, encargados de permanecer en el agua del estanque prototipo para medir los parámetros físicos del medio ambiente acuífero; procesa la señal analógica y la convierte en señal digital y es enviada a través del protocolo de comunicación RS232 hacia la placa electrónica Arduino MEGA 2560, la placa Arduino recibe el valor y lo procesa para enviarlo hacia internet al servidor a través del Shield GSM Arduino utilizando la red GPRS.

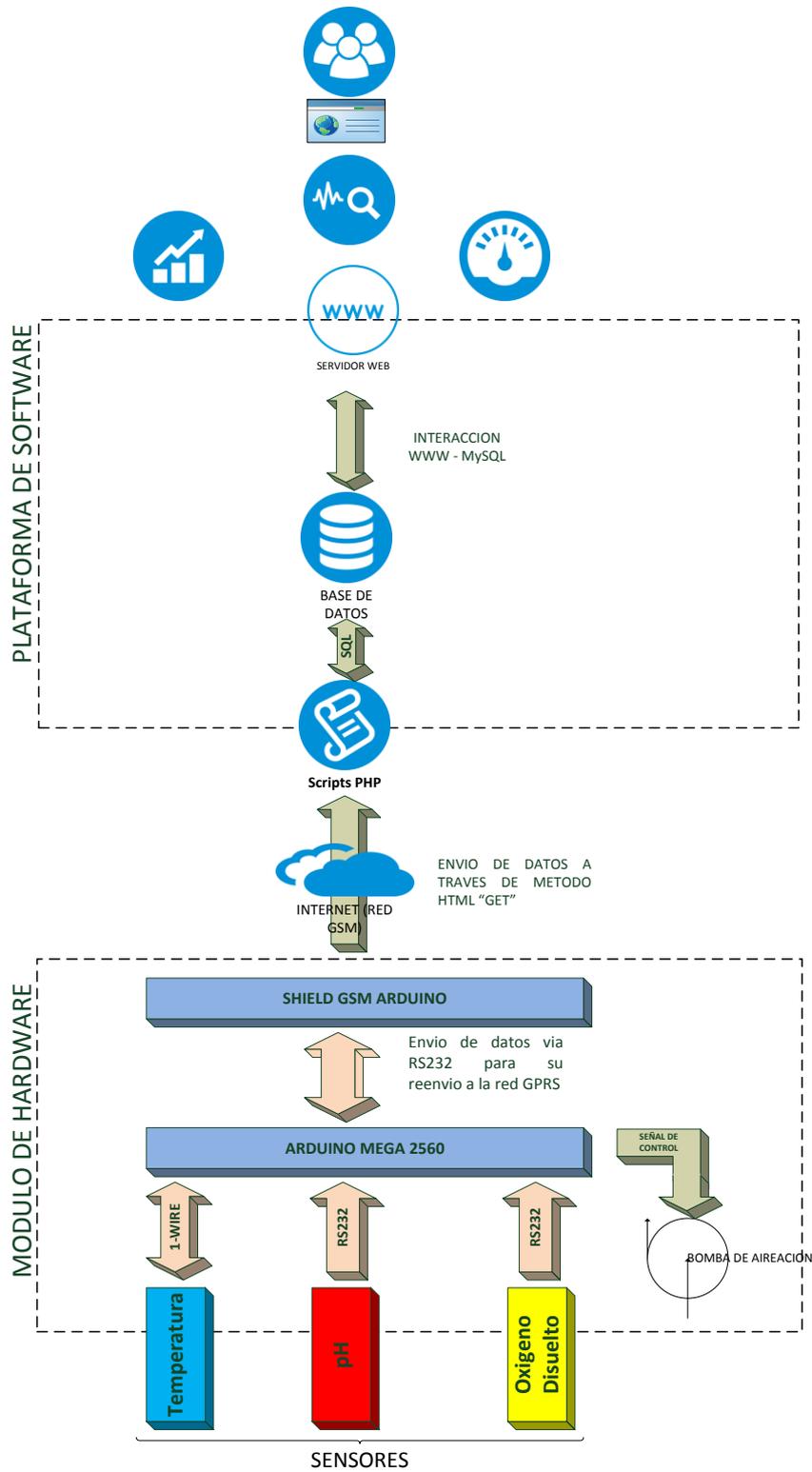
Arduino establece una conexión con el servidor a través del puerto 80 para ingresar los valores que recibe desde los sensores a la base de datos MySQL utilizando sentencias SQL contenidas en script PHP. Por último la Aplicación web muestra la información solicitada por el usuario.

##### 4.1.1. Diseño del Hardware

El diseño del hardware se ha dividido en 3 módulos que interoperan entre sí para conformar el Modulo de Medición cuyo esquema se muestra en la Figura 31, conformado por **Módulo de sensores**, **Módulo de Control** y **Módulo de Comunicación**.

El módulo inicia con una **etapa de sensores** que realizan la medición de los parámetros de calidad de agua dentro de un estanque, los sensores seleccionados realizan la medición de forma constante a través de una sonda para cada parámetro a medirse y el valor obtenido se convierte y adapta a valores digitales para transmitirse

hacia la segunda etapa: **la etapa de control**, que contiene una placa Arduino Mega 2560.

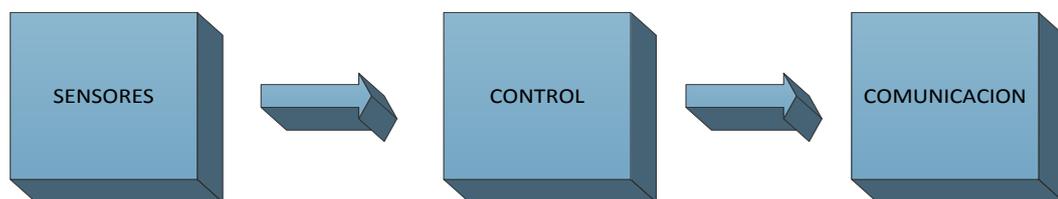


**Figura 30.** Arquitectura General del Prototipo donde se muestra la comunicación entre cada módulo.

Elaborado por: Autores.

La etapa de control se encarga de procesar los datos obtenidos desde la etapa de sensores para ser transmitidos hacia la aplicación de software y a su vez guardar dicha información a la base de datos. Una función adicional de la etapa de control es la activación de la bomba de aireación que regulará el oxígeno en el estanque.

La siguiente etapa dentro del esquema es la de **comunicación** que permite que el módulo de medición de forma general se conecte a la red Internet haciendo uso de la red GSM de uso comercial en el país.



**Figura 31.** Etapas del Módulo de hardware

**Nota:** Etapas del Módulo de hardware que se encarga de la medición de los parámetros de la calidad del agua. Elaborado por: Autores.

### **Módulo de Sensores**

El módulo de sensores como se indicó anteriormente se encarga de la medición constante de los parámetros de calidad de agua de un estanque. Para este propósito los sensores deben tener la capacidad de permanecer sumergidos dentro de un estanque con agua de forma constante y por largos periodos de tiempo, por lo cual dentro del proceso de investigación del marco teórico y luego de leer información de diversos tipos de sensores se optó por escoger los siguientes sensores:

- Sensor de Temperatura DS18B20
- Sensor de pH Atlas Scientific
- Sensor de Oxígeno Disuelto Atlas Scientific

#### **Sensor de Temperatura DS18B20**

El sensor de Temperatura DS18B20 es básicamente un termómetro digital que opera con un rango de 9 a 12 bits de resolución y que utiliza un protocolo de comunicación

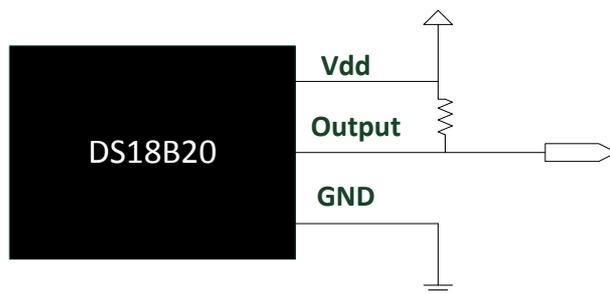
denominado One Wire (1-wire)<sup>7</sup>, es decir las mediciones realizadas las envía a la etapa de control a través de dicho protocolo de comunicación, para tal fin la tarjeta Arduino debe estar en la capacidad de entender el protocolo 1-wire lo cual se realiza a través de la importación de dos librerías creadas por el fabricante Dallas Semiconductor diseñador del protocolo.

```
//Librerias para el uso de la sonda de temperatura
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
```

**Figura 32.** Código fuente de etapa de control basada en Arduino Mega 2560

Elaborado por: Autores.

Considerando las especificaciones del fabricante del sensor se coloca una resistencia de 4,7Kohms entre la entrada de energía y la salida de datos del sensor con el fin de mantener un correcto funcionamiento.



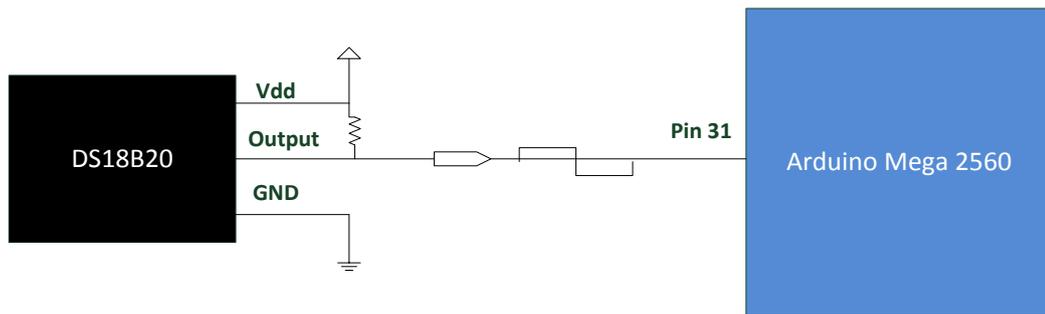
**Figura 33.** Diagrama de conexión del sensor de temperatura DS18B20 marca Maxin Integrated

Elaborado por: Autores.

La salida del sensor se conecta al pin 31 del Arduino el mismo que se encuentra seleccionado previamente y definido dentro del código fuente del Arduino, con el propósito de leer la temperatura, tal como se muestra en la Figura 34.

---

<sup>7</sup> Protocolo de Comunicación que utiliza un solo hilo de conexión.



**Figura 34.** Diagrama de Conexión entre Sensor de temperatura y placa Arduino.

Elaborado por: Autores.

```
//Variables para sonda de temperatura
// Se define el pin 31 como nuestro puerto de comunicacionl-wire
#define ONE_WIRE_BUS 31
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
```

**Figura 35.** Código fuente de etapa de control basada en Arduino Mega 2560.

Elaborado por: Autores.

Finalmente, el Arduino podrá obtener el valor de la temperatura mediante la siguiente línea de código, para luego continuar con el resto de procesos programados.

```
String var = String(sensors.getTempCByIndex(0));
// Obtiene el valor de medicion de temperatura
```

**Figura 36.** Código fuente de etapa de control basada en Arduino Mega 2560.

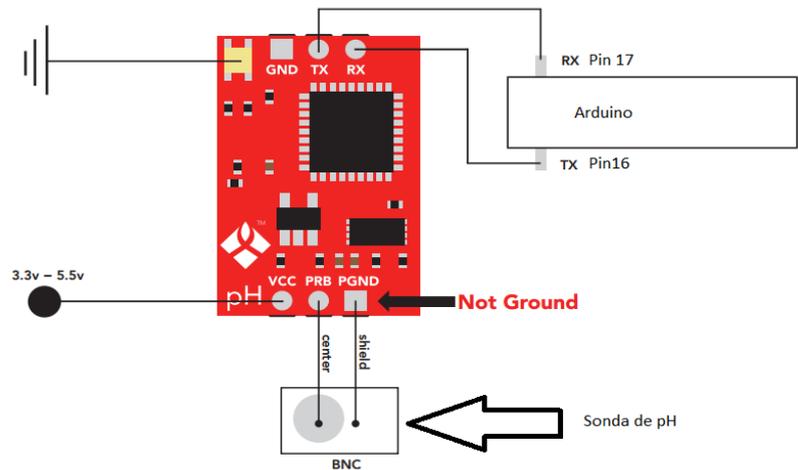
Elaborado por: Autores.

### Sensor de pH Atlas Scientific

Se seleccionan los sensores de la marca de Atlas Scientific debido a que presentan facilidades importantes al momento del diseño y la implementación de circuitos de medición como el que muestra en la presente tesis.

El sensor de pH de Atlas Scientific consta de una sonda de pH y un circuito llamado EZO pH Circuit, la sonda se conecta directamente al circuito EZO pH y este último al dispositivo que tiene la necesidad de obtener el valor de pH, para el caso, la etapa de control basada en el Arduino mega 2560.

El circuito EZO se encarga de adquirir el valor desde la sonda de pH, convierte dicha señal en un valor fácilmente interpretable y lo transmite de forma serial a través del modo UART a la etapa de control.



**Figura 37.** Diagrama de conexión eléctrica entre Sensor de pH y Arduino.

**Fuente:** (Atlas Scientific, 2015).

En el Arduino, el cual cumple con la función de etapa de control, se habilita un puerto para la recepción del valor enviado por el sensor. El puerto asignado para la conexión hacia el sensor de pH es el Serial2 que se encuentra conformado por los pines 17 (Rx) y 16 (Tx) y debidamente inicializado en el código de la etapa de control, como se observa en la Figura 38.

```
Serial2.begin(9600); // En el puerto Serial2 se conecta sensor de Ph
```

**Figura 38.** Código fuente de Inicialización del puerto Serial 2.

Elaborado por: Autores.

La habilitación del puerto Serial2 no es suficiente ya que la etapa de control debe interpretar lo recibido en el puerto para poder realizar el resto de procesos programados en ella, para tal fin se codifica una función que recibe carácter a carácter el valor de pH enviado desde el circuito EZO pH y una vez obtenido el valor completo lo guarda en una variable, con lo cual la etapa de control puede hacer uso de esta información de acuerdo a las funciones programadas. La función se denomina getpH() y se muestra en la Figura 39.

```

void getpH(){
    // Funcion para obtener el valor de pH
    // desde el sensor a traves del puerto Serial2

    if (Serial2.available() ) {
        while (sensor_PH_stringcomplete==false) {
            char inchar_ph = (char)Serial2.read();
            sensorPHstring += inchar_ph;
            if(inchar_ph == '\r') {
                sensor_PH_stringcomplete = true;
            }
        }
        if(sensor_PH_stringcomplete){
            Data_ph=sensorPHstring;
            sensorPHstring="";
            sensor_PH_stringcomplete=false;
            Serial.print("I received: ");
            Serial.println(Data_ph);
        }
    }
}

```

**Figura 39.** Obtención de lectura de pH.

**Nota:** Código Fuente de la Función para obtener la lectura de pH desde el sensor de pH hacia el Arduino. Elaborado por: Autores.



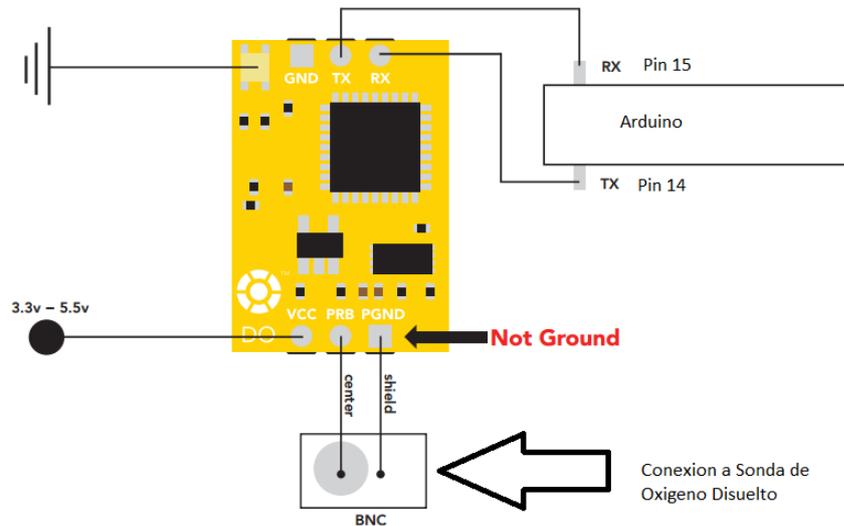
**Figura 40.** Sensor de pH conectado a la placa PCB del módulo de sensores.

Elaborado por: Autores.

### **Sensor de Oxígeno Disuelto Atlas Scientific**

El Sensor de Oxígeno de Atlas Scientific funciona de manera similar al sensor de pH ya que se encuentra conformado por una sonda de Oxígeno Disuelto y un circuito de adaptación de señal en este caso denominado **EZO DO circuit**. La Figura 41

muestra el esquema de conexión entre el circuito EZO DO y el Arduino que cumple la función de etapa de control.



**Figura 41.** Diagrama de conexión eléctrica entre Sensor de Oxígeno Disuelto y Arduino  
Elaborado por: Autores.

La conexión entre el circuito EZO DO y el Arduino se realiza al puerto Serial3 que se encuentra formado por los pines 15 (Rx) y 14 (Tx) y se inicializa en el código del Arduino.

```
Serial3.begin(9600); // En el puerto Serial3 se conecta sensor de OD
```

**Figura 42 .** Código Fuente de Inicialización del puerto Serial3 del Arduino Mega 2560.  
Elaborado por: Autores.

En el código del Arduino, se crea una función para la lectura del valor de Oxígeno Disuelto desde el sensor, que funciona de manera similar a la indicada para el sensor de pH.

```

void getOxigeno(){          // Funcion para obtener el valor de Oxigeno Disuelto
                          // desde el sensor a traves del puerto Serial3
    if (Serial3.available() ) {
        while (sensor_D0_stringcomplete==false) {
            char inchar_od = (char)Serial3.read();
            sensorD0string += inchar_od;
            if(inchar_od == '\r') {
                sensor_D0_stringcomplete = true;
            }
        }
        if(sensor_D0_stringcomplete){
            Data_OD=sensorD0string;
            sensorD0string="";
            sensor_D0_stringcomplete=false;
            Serial.print("I received: ");
            Serial.println(Data_OD);
        }
    }
}

```

**Figura 43.** Función para lectura de OD desde el sensor de Oxígeno Disuelto hacia el Arduino.

Elaborado por: Autores.



**Figura 44.** Sensor de Oxígenos Disuelto conectado a la placa PCB del módulo de sensores.

Elaborado por: Autores.

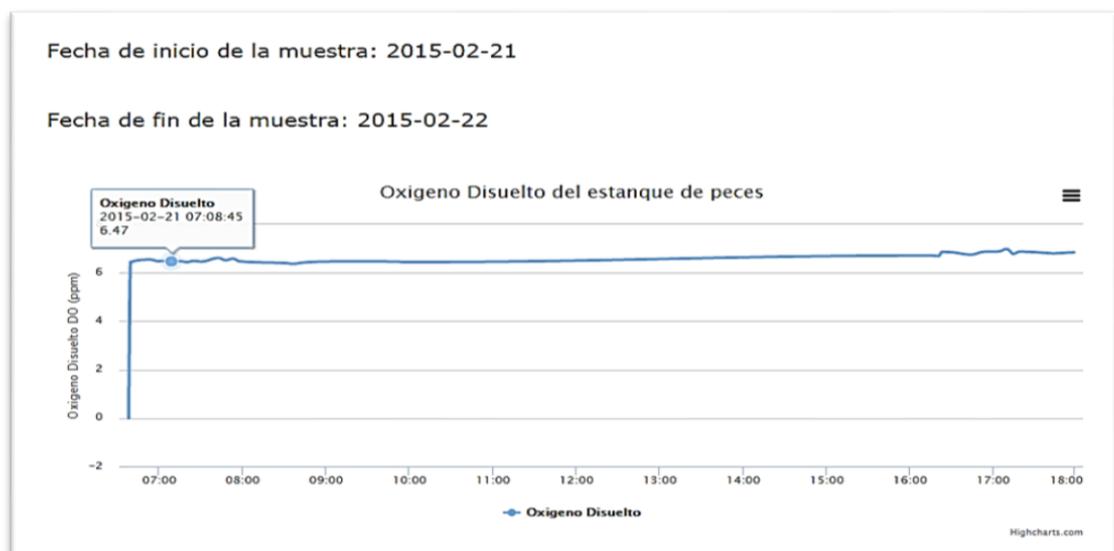
### **Módulo de control**

La parte principal del prototipo es la etapa de control basada en un Arduino Mega 2560, dicha etapa se encarga del control de los sensores y del módulo de

comunicación así como también del accionamiento de una bomba de aireación, que entra en funcionamiento cuando el Oxígeno Disuelto se encuentre por debajo de un valor definido en el programa principal del Arduino.

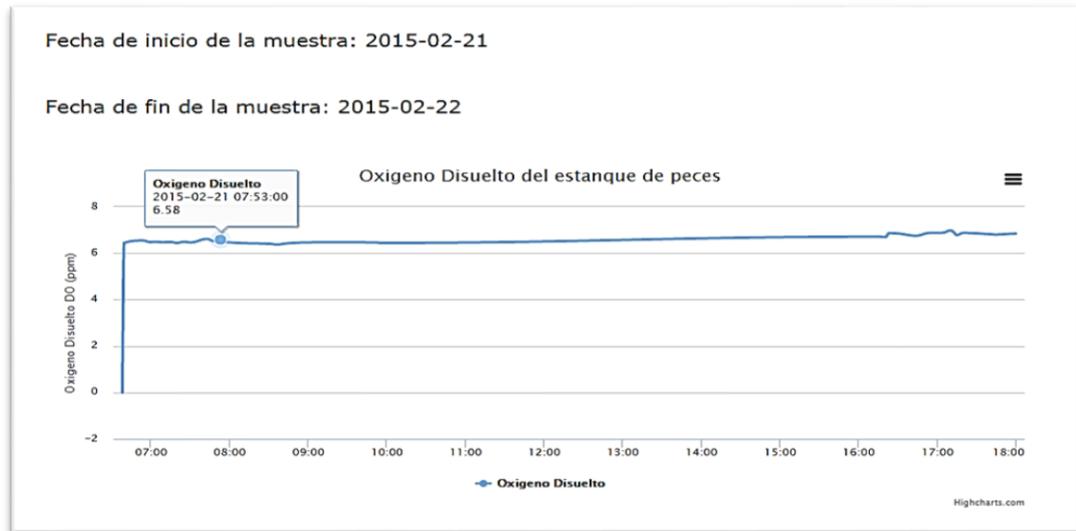
En un inicio se pensó en hacer que el Arduino obtuviera el valor mínimo de oxígeno disuelto soportado por la especie desde el servidor, bajo la premisa de que cada organismo posee un rango tolerable. Durante la investigación de los ámbitos de la piscicultura se obtiene la información que lo ideal es que el Oxígeno Disuelto no llegue a niveles por debajo de los 5 mg/L para ninguna especie.

En el presente trabajo de tesis se define que el valor mínimo de Oxígeno Disuelto es 6,4 mg/L para efectos de demostración de la activación de la bomba de aireación, ya que durante las primeras pruebas de funcionamiento se observa que alrededor de este valor se presenta una variación constante con lo que se puede demostrar el funcionamiento del prototipo, tal como se muestra en la Figura 45 y 46 donde se observan los valores de 6,47 ppm y 6,58 ppm.



**Figura 45.** Histograma de Oxígeno Disuelto.

**Nota:** Medición de Oxígeno Disuelto durante el periodo de 21 de Febrero de 2015 al 22 de Febrero del 2015. Elaborado por: Autores.



**Figura 46.** Histograma de Oxígeno Disuelto.

**Nota:** Medición de Oxígeno Disuelto durante el periodo de 21 de Febrero de 2015 al 22 de Febrero del 2015. Elaborado por: Autores.

### Control de Bomba de Aireación

La bomba de aireación permite tomar aire desde el exterior para ser inyectado en el agua, la bomba se activa cuando el valor medido por el sensor de OD se encuentra por debajo de los 6,4 mg/L.

El control de la bomba se realiza a través de un relé que se activa al momento en que el Arduino active el pin 33 colocando un HIGH (1 lógico) en la entrada de control del relé, la definición del pin 33 como puerto de control de la bomba se muestra a continuación:

```
int pto_bomba=33;
//Se define pin 33 como puerto de control de la bomba de aireacion
```

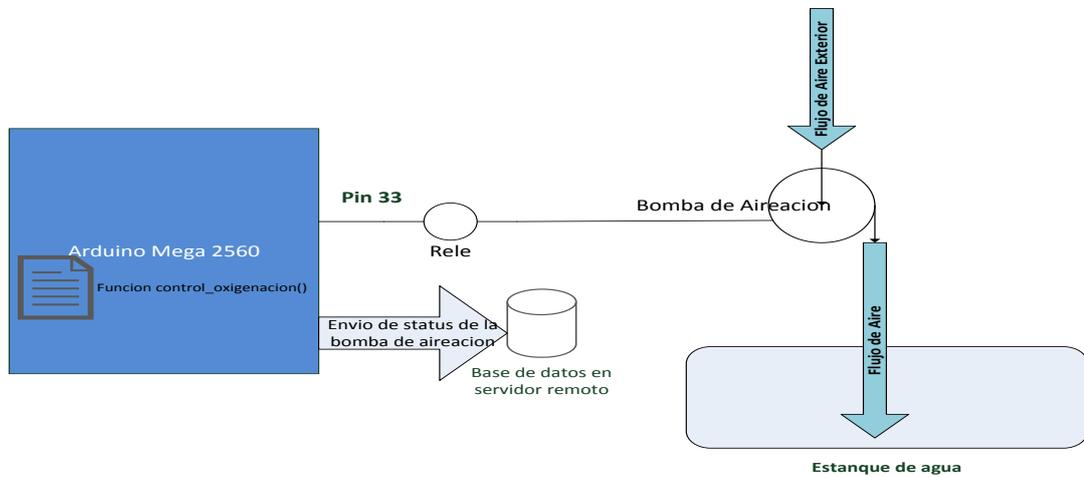
**Figura 47.** Definición del puerto de control de activación de la bomba.

**Nota:** Código Fuente donde se define el puerto 33 como puerto para activar la bomba de oxígeno.

Elaborado por: Autores.

Cada vez que se realiza la medición del OD entra a operar una función dentro de la programación del Arduino que verifica si el valor de OD es menor o igual a 6,4

mg/L, si esto se cumple activa el pin 33 (pto\_bomba) y envía al servidor el estado de la bomba, es decir que la bomba empieza a operar.



**Figura 48.** Activación de la bomba.

**Nota:** Esquema de funcionamiento para la activación de bomba de aireación. Elaborado por: Autores.

En caso contrario envía al servidor el estado de la bomba como inactiva sin que se active el pin 33 y la bomba se mantenga apagada. Sin embargo en caso de que la bomba esté encendida, la apaga. En la Figura 48 se presenta el código de la función para el control de la bomba de aireación, esta función se denomina **control\_oxigenacion()**.

```
boolean control_oxigenacion(String DATA_OD){
  String status_bomba="inactiva";
  Serial.println("El valor de "+DATA_OD);
  if (DATA_OD.toFloat() < 6.5 ){
    digitalWrite(pto_bomba, HIGH); // activa el pin 33 colocando un valor de HIGH o 1 Logico
    status_bomba="activa";
    if (client.connect("lab-iot.ddns.net",80))
    {
      Serial.println("Enviando status de la bomba encendida.: "+status_bomba );
      client.println("GET /data-fish/controller/controlador-bomba.php?id_piscina=1001&estado="+status_bomba );
      client.println();
      client.stop();
      Serial.println("GET /data-fish/controller/controlador-bomba.php?id_piscina=1001&estado="+status_bomba );
      Serial.println();
    }
  }
  else
  {
    Serial.println("connection failed");
    return false;
  }
  Serial.println("Estado de Bomba: encendida "+ status_bomba);
}
}
```

```

{
  digitalWrite(pto_bomba, LOW);
  status_bomba="inactiva";
  if (client.connect("lab-iot.ddns.net",80))
  {
    Serial.println("Enviando status de la bomba apagada.: "+status_bomba );
    client.println("GET /data-fish/controller/controlador-bomba.php?id_piscina=1001&estado="+ status_bomba );
    client.println();
    client.stop();
    Serial.println("GET /data-fish/controller/controlador-bomba.php?id_piscina=1001&estado="+ status_bomba );
    Serial.println();
  }
  else
  {
    Serial.println("connection failed");
    return false;
  }
  Serial.println("Estado de Bomba: apagada "+ status_bomba);
}
}

```

**Figura 49.** Código Fuente que contiene la función para encendido de la bomba.

Elaborado por: Autores.

## Módulo de Comunicación

La etapa de comunicación se basa en un shield Arduino para comunicaciones en redes GSM que permite a la etapa de control se conecte a internet para el envío de los datos obtenidos desde los sensores hacia la base de datos ubicado en el servidor.

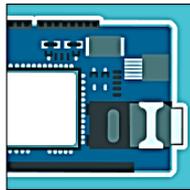
Para hacer uso del shield GSM es necesario que se inserte un chip del proveedor que se escoja, sin embargo cuando se adquiere el shield, viene con un chip SIM de telefónica diseñado para aplicaciones M2M (machine to machine) que puede utilizarse en una gran variedad de países donde sus redes se encuentran instaladas, tal como es el caso de Ecuador, y hacer uso del servicio de datos que brindan.

Para obtener el servicio de datos con el SIM de Telefónica (Movilforum) se debe registrar el chip SIM con un usuario y realizar una recarga de 10 Euros, con lo que se obtiene una cantidad de 10Mbps por un periodo de 6 meses tal como indica el proveedor es suficiente para el envío de pequeñas cantidades de datos como lo realiza el prototipo.

Home / My SIM cards

## MY SIM CARDS

These are all your activated SIM cards



Control-fish

Activated on 2014-12-07

Service Package: Movilforum 10MB & 10SMS (America)

SIM Card Number: 8934076100140222380

BUY SHIELD & SIM

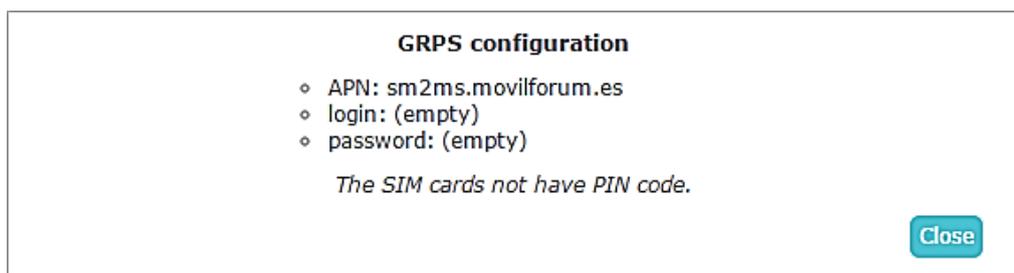
ACTIVATE SIM

**Figura 50.** Contratación de plan de datos con Telefónica.

**Nota:** Muestra la fecha de activación del paquete de datos al SIM utilizado en el prototipo.

**Fuente:** (Movil Forum, 2015).

Cuando el Arduino es encendido, luego de inicializar las variables, establece la conexión del Shield a la red GSM del proveedor haciendo uso de los parámetros de APN, USUARIO y PASSWORD que se configuran en el programa que se carga al Arduino. El valor del APN, USUARIO y PASSWORD son indicados por el proveedor y se indican en la Figura a continuación:



**Figura 51.** Datos de configuración GPRS

**Fuente:** (Movil Forum, 2015).

En la presente Figura se muestra la cantidad de datos disponible para la aplicación, así como también el tiempo disponible que es de 91 días.

Home / My SIM cards / **SIM: 8934076100140222380**

## MY ARDUINO STATUS WITH NAME CONTROL-FISH

Installing [this sketch](#) in your Arduino you can control it remotely from this form SIM & GPRS info

Select the automatic refresh time  
Control the time between Arduino connections 5 seconds

Actual Key: **543036b475** Generate New Key  
Put this key into your sketch, in the KEY field

Rename **RENEW SERVICE**

Apply & Refresh

NOTE: PWM must be between 0 and 255.

Pin	Mode	Value
A0	Input type	0
A1	Input type	0
A2	Input type	0
A3	Input type	0
A4	Input type	0
A5	Input type	0
D4	<input type="text" value="Input type"/>	0
D5	<input type="text" value="Input type"/>	0

Refresh SIM data  
Cookies are required to use our services. If you continue to browse, consider that you accept the use of cookies. [I agree](#) | [More information in Spanish](#)

**Figura 52.** Consulta del Estado del Plan de datos al 7-03-2015.

**Fuente:** (Movil Forum, 2015).

En las ilustraciones a continuación se indica el código para la conexión a la red GSM así como también las variables con los valores definidos de APN, Usuario y Password.

```
//Variables conexion GSM
#define PINNUMBER "" // PIN Number
#define GPRS_APN "sm2ms.movilforum.es" // se define el APN para la red GSM local
#define GPRS_LOGIN "" // usuario GPRS
#define GPRS_PASSWORD "" // password GPRS
```

**Figura 53.** Definición de Variables para la Conexión GSM.

**Nota:** Código Fuente donde se definen las variables que se utilizarán para conexión GSM.

```

// Establecimiento de la conexion
Serial.println("Starting Arduino web client.");
// estado de la conexion
boolean notConnected = true;
while (notConnected)
{
  if ((gsmAccess.begin(PINNUMBER) == GSM_READY) &
      (gprs.attachGPRS(GPRS_APN, GPRS_LOGIN, GPRS_PASSWORD) == GPRS_READY))
    notConnected = false;
  else
  {
    Serial.println("Not connected");
    delay(1000);
  }
}

```

**Figura 54.** Definición de Variables para la Conexión GSM.

**Nota:** Código Fuente donde se establece la conexión a la red GSM.

Elaborado por: Autores.

La conexión entre el Arduino y el shield GSM se realiza insertando este último al Arduino aprovechando las facilidades que este tipo de dispositivos brinda, como se puede observar en la Figura a continuación:



**Figura 55.** Shield GSM insertado en Arduino Mega 2560

**Fuente:** (Arduino, 2015).

Una vez se Arduino obtenga los valores de las mediciones de los sensores los enviará hacia la base de datos MySQL para ser registrados y consultados por medio de la aplicación web diseñada.

Para cumplir con este objetivo es necesario que se realice una conexión http entre el módulo de medición y la aplicación alojada en el servidor remoto y luego pasar por parámetros los valores de las mediciones a un script realizado en PHP, el cual ejecutara una sentencia INSERT INTO para registrar los datos en la tabla medición de la base de datos **fish\_db**. A continuación se muestra la función que realiza el envío de las mediciones a la base de datos a través de internet:

```
String ph = DATA_ph;
Data_OD="";
Data_ph="";
num=var.length();
Serial.print("Estado de la conexion es:");
Serial.println(client.connected());
if (client.connect("lab-iot.ddns.net",80))
{
  Serial.println("Enviando Datos..");
  client.println("GET /data-fish/controller/push-data.php?id_piscina="+ idpiscina
                + "&temperatura="+ var + "&oxigeno="+ OD.toFloat() + "&ph="+ ph );

  client.println();
  client.stop();
  Serial.println("GET /data-fish/controller/push-data.php?id_piscina="+ idpiscina
                + "&temperatura="+ var + "&oxigeno="+ OD + "&ph="+ ph );

  Serial.println();
}
else
{
  Serial.println("connection failed");
  return false;
}
}
```

**Figura 56.** Código Fuente donde se muestra la función que envía las mediciones a la base de datos.

Elaborado por: Autores.

#### 4.1.1. Diseño del Software

#### Modelado de Base de Datos

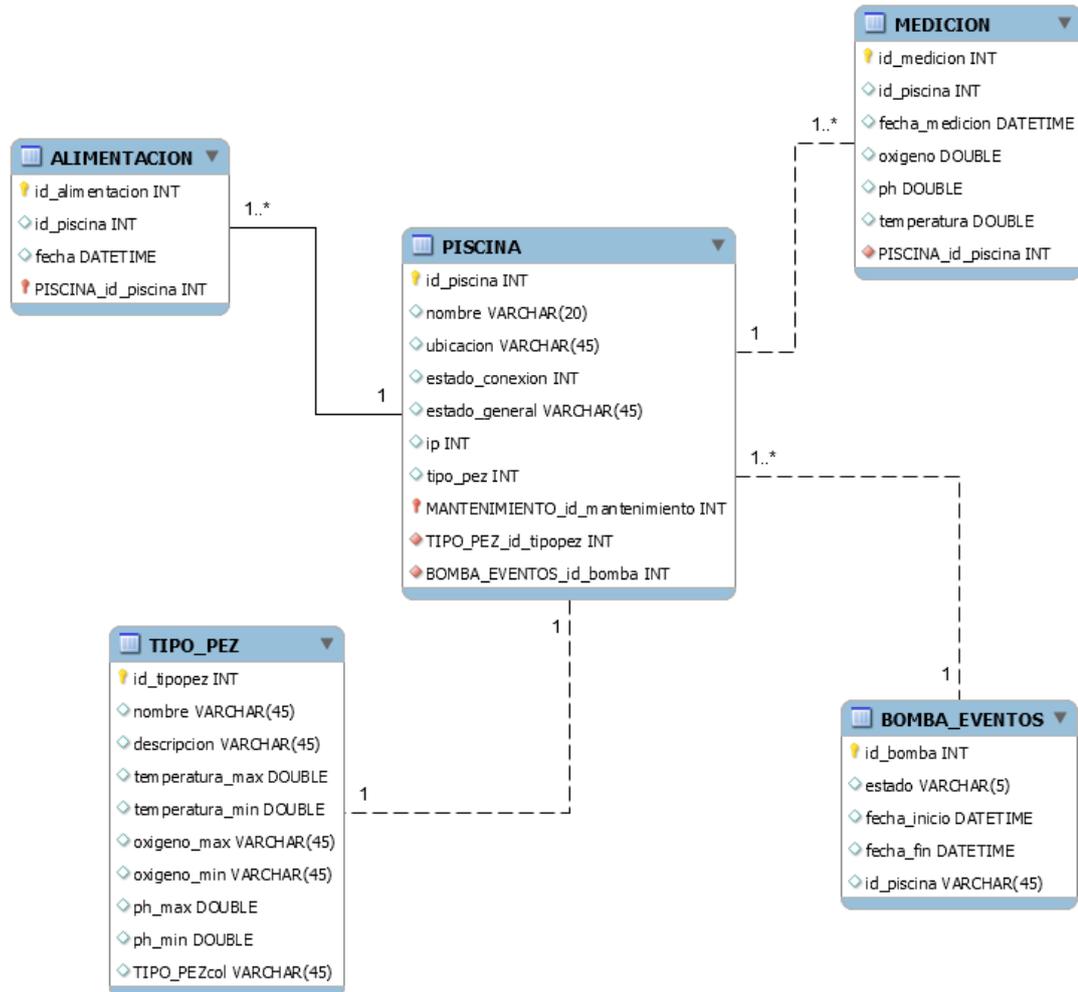


Figura 57. Modelo Entidad Relación

Elaborado por: Autores.

#### Diccionario de Datos:

BOMBA_EVENTOS										
Contendrá los eventos en cuanto a la activación de la bomba.										
Column name	DataType	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comment
id_bomba	INT	✓	✓					✓		
estado	VARCHAR(20)		✓							
fecha	TIMESTAMP		✓							
id_piscina	INT		✓							

### MEDICION

Contendrá los valores tomados de los sensores de Oxígeno, pH y Temperatura.

Column name	DataType	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comment
id_medicion	INT	✓	✓					✓		
id_piscina	INT		✓							
fecha_medicion	DATETIME		✓							
oxigeno	DOUBLE		✓							
ph	DOUBLE		✓							
temperatura	DOUBLE		✓							

### PISCINA

Contendrá la información de la piscina o estanque que será monitoreada.

Column name	DataType	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comment
id_piscina	INT	✓	✓					✓		
nombre_piscina	VARCHAR(20)		✓							
ubicacion	VARCHAR(45)		✓							
id_tipo_pez	INT		✓							

### TIPO\_PEZ

Contendrá la información del tipo de especie a criar.

Column name	DataType	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comment
id_tipo_pez	INT	✓	✓					✓		
nombre	VARCHAR(45)		✓							
descripcion	VARCHAR(45)		✓							
temperatura_max	DOUBLE		✓							
temperatura_min	DOUBLE		✓							
oxigeno_max	VARCHAR(45)		✓							
oxigeno_min	VARCHAR(45)		✓							
ph_max	INT		✓							
ph_min	INT		✓							

Elaborado por: Autores.

#### 4.1.3. Módulos del sistema

##### Modulo Administrar Piscinas

Permite al usuario **ingresar** los datos de las piscinas que serán monitoreadas.

Debe llenar los campos:

- **A1:** Nombre de la Piscina.- Ingresar un nombre descriptivo que identifique la piscina o estanque.
- **A2.** Ubicación: Ingresar la Ubicación física de la piscina o estanque.
- **A3.** Tipo de Pez: Seleccionar de la lista que se muestra el tipo de pez a cultivar. Cada especie ingresada tiene guardado los valores fijos de Oxígeno Disuelto, pH y Temperatura que necesitan para su crianza.

HOME MEDICIONES ADMINISTRAR REPORTES CONTACT

Descripción de cada sección del Menu

### Control-Fish

Nombre de la piscina:

Ubicacion:

Tipo de Pez:

Enviar

EditRegion5

Método de borrado

Estado

ALARMAS

Piscina: prototipo  
| Fecha: 2015-02-17 23:42:21

Temperatura	24.6300
Oxígeno Disuelto	66.7700
pH	6.2500

**Figura 58.** Registrar Piscina.

**Nota:** Muestra la interfaz que permite el Registro de datos de la piscina que será monitoreada.

Elaborado por: Autores.

Permite al usuario modificar los datos de la piscina en caso de existir un error.

Debe:

- **A4:** Seleccionar la piscina que requiere modificar o actualizar.
- **A5.** Se muestra la información correspondiente a la piscina seleccionada, el usuario puede modificar el nombre de la piscina, la ubicación de la piscina y seleccionar el tipo de pez.
- **A6.** Una vez que se ha modificado la información se presiona el botón de guardar para almacenar los datos.

**Actualización de Piscina**

Seleccione Estanque Seleccione Piscina ▾ A4

Nombre de la piscina:  A5

Ubicación:

Tipo de Pez: Seleccione Pez ▾

A6

**Figura 59.** Actualizar piscina

**Nota:** Permite modificar la información correspondiente a los datos de la piscina.  
Elaborado por: Autores.

Los valores ingresados en el formulario: **Nueva Especie**, facilita al administrador del estanque o piscina a comparar la medición actual tomada por el sistema de sensores vs el valor constante de la especie. Esta comparación permite dar aviso cuando se tenga una medición que sea mayor o menor al valor señalado, así el administrador podrá ejecutar una acción en el momento del aviso con el fin de mantener la calidad del agua del estanque estable.

- **A4.** Ingresar el nombre de la especie a monitorear.
- **A5.** Ingresar una descripción de la especie
- **A6.** Seleccionar los parámetros acordes a la necesidad de la especie ingresada.

Para actualizar la información correspondiente a la especie de cultivo, se escoge la opción **Actualizar Especies**. Como se muestra en la Figura 61, se selecciona el tipo de pez para mostrar los datos almacenados como son: nombre, tipo especie, descripción y Requerimientos de la especie (valores máximos y mínimos de los parámetros de la calidad del agua).

- **A7.** Seleccionar la especie a modificar, una vez que se tenga la nueva información registrada se presiona el botón actualizar y los nuevos datos se guardan en la base de datos.

**Figura 60.** Registrar Especie.

**Nota:** Muestra la interfaz que permite el ingreso de especie a producir. Elaborado por: Autores.

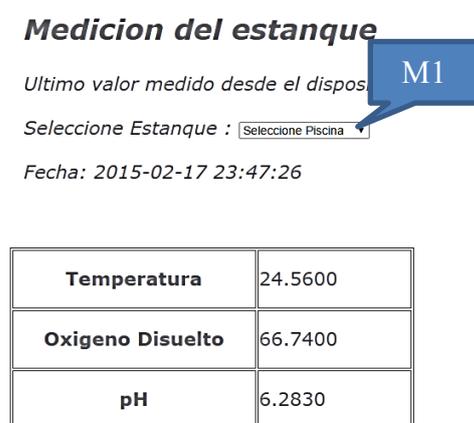
**Figura 61.** Actualizar Especie

Elaborado por: Autores.

## Módulo de Mediciones

La opción MEDICIONES, del menú principal, brinda la opción de escoger la última medición tomada donde se muestra la fecha de la medición, y los valores de los parámetros medidos (Oxígeno Disuelto, pH, Temperatura).

Si se registraron dos o más piscinas o estanques, debe seleccionarse la piscina o estanque de la cual desea obtener el último valor medido. En el siguiente ejemplo se selecciona el prototipo. Tal como se señala en la Figura 62. Ítem **M1**



**Figura 62.** Interfaz que Muestra el último valor medido, la fecha y hora.

Elaborado por: Autores.

## Módulo Reportes

Dentro de la opción REPORTES, del menú principal, se encuentra la opción de seleccionar un histórico de las mediciones por parámetros el cual muestra el gráfico de los valores a consultar (R1, R2, R3). Adicional se puede seleccionar un gráfico del reporte de las veces de encendido y apagado de la bomba de oxígeno (R4, R5, R6).

Debe seleccionar los siguientes campos:

- **R1.** Seleccionar el estanque del cual desea obtener la información.
- **R2.** Seleccionar el parámetro de calidad de agua que desea validar.
- **R3.** Seleccionar la fecha de inicio y fin.



**Figura 63.** Reporte de mediciones por Rango de fecha

**Nota:** Interfaz que permite seleccionar las mediciones por rangos de fecha. Elaborado por: Autores.

- **R4.** Seleccionar la Piscina a consultar.
- **R5.** Seleccionar el período que desea consultar.
- **R6.** El gráfico puede ser descargado como imagen o en archivo PDF.



**Figura 64.** Reporte de Activación de la bomba

**Nota:** Interfaz que permite seleccionar un período de tiempo para obtener la información del tiempo que ha sido encendida la bomba aireadora cuando el oxígeno disuelto está por debajo del límite.

Elaborado por: Autores.

Para obtener una estadística de las veces que ha sido encendida la bomba porque el parámetro del oxígeno disuelto llegó al límite inferior, se muestra el reporte gráfico del historial de la activación de la bomba.

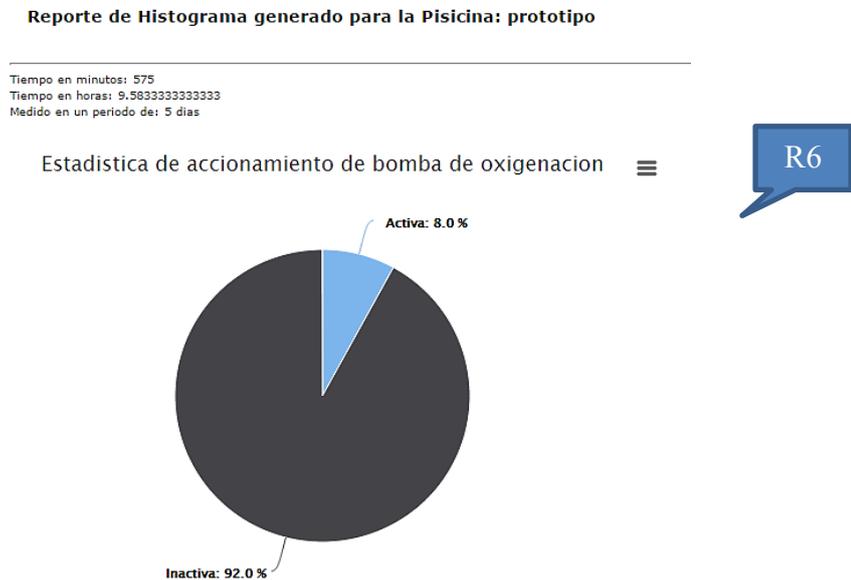


Figura 65. Estadística de activación de la bomba.

Elaborado por: Autores.

Si uno de los parámetros que están siendo medidos excede el límite de su rango estipulado, se envía una Notificación vía twitter.

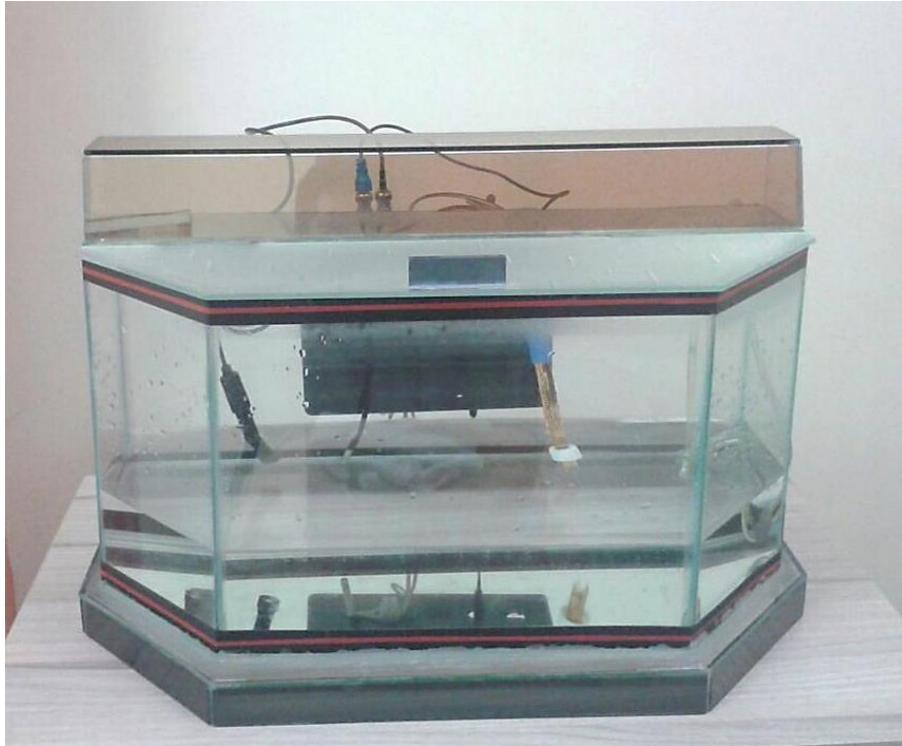


Figura 66. Notificación de Alertas a través de twitter.

**Nota:** Notificación de alerta a través de twitter en el momento donde exista una medición que no corresponda a los rangos establecidos previamente. Elaborado por: Autores.

## CAPÍTULO 5

### IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL PROTOTIPO



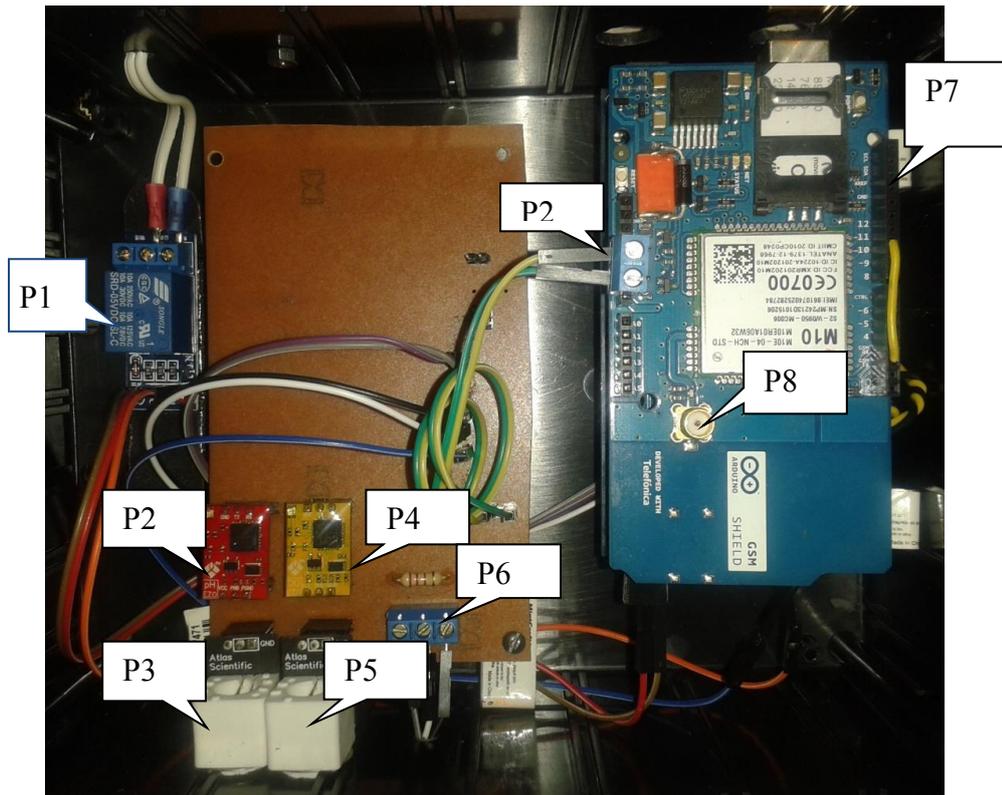
**Figura 67.** Prototipo

**Nota:** Muestra el montaje del Prototipo incluyendo los componentes anteriormente explicados.

Elaborado por: Autores.

Finalmente el prototipo es un acuario que simula el estanque donde se efectúan las mediciones de la calidad del agua contenida en el acuario. Los sensores se mantienen durante períodos de tres meses. Ante una reacción anormal, se procede a evaluar la novedad y efectuar las correcciones pertinentes.

Dentro del mini-estanque se implementan los 3 sensores (Oxígeno Disuelto, pH, Temperatura), se conectan al módulo de sensores y empieza a transmitir la información de los parámetros a medir.



**Figura 68.** Detalle de módulo de hardware.

**Nota.** Muestra detalle de contenido de módulo de hardware. Elaborado por: Autores.



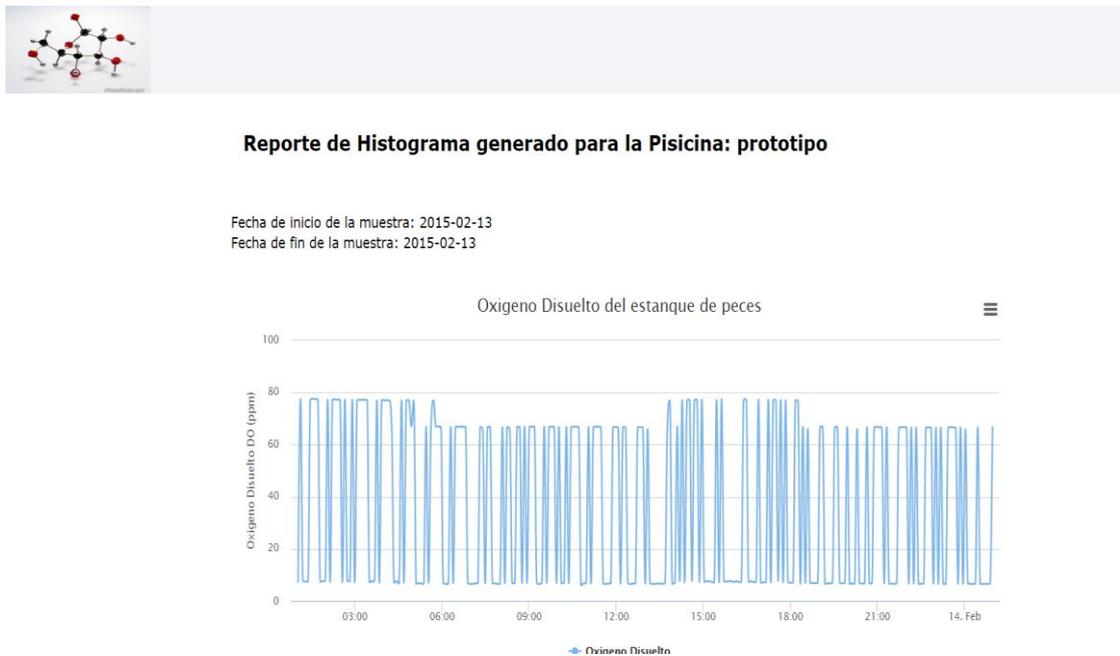
**Figura 69.** Estanque prototipo

**Nota.** Modulo instalado en el prototipo- Elaborado por: Autores.

En las figuras 68 y 69 se muestra el contenido del módulo de hardware encargado de realizar las mediciones y la transmisión de las mismas, así como el detalle de cada una de sus partes.

- P1. Relé de 5v para activación de Bomba de oxigenación
- P2. EZO pH Circuit realiza medición del pH
- P3. Conector BNC para sonda de pH.
- P4. EZO DO Circuit realiza medición de Oxígeno Disuelto.
- P5. Conector BNC para sonda de Oxígeno Disuelto.
- P6. Conector de sensor de temperatura.
- P7. Módulo de control y Comunicación Arduino.
- P8. Conector de antena GSM
- P9. Bomba de Oxigenación.
- P10. Estanque.

En las primeras pruebas efectuadas durante el período de una semana por espacios cortos de tiempo, se observan mediciones de Oxígeno Disuelto y pH inconsistentes, obteniendo valores muy altos tal como se muestra en la Figura 70.



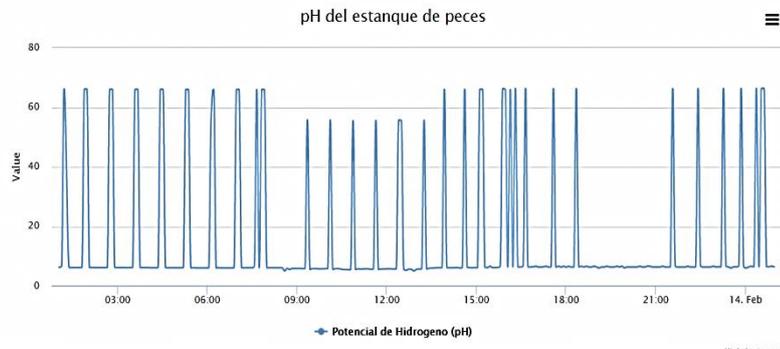
**Figura 70.** Histograma de Oxígeno Disuelto

**Nota:** Se muestra mediciones de Oxígeno Disuelto realizadas el día 13 de Febrero de 2015 durante el período de pruebas del prototipo. Elaborado por: Autores.



### Reporte de Histograma generado para la Piscina: prototipo

Fecha de inicio de la muestra: 2015-02-13  
Fecha de fin de la muestra: 2015-02-13



**Figura 71.** Histograma de pH

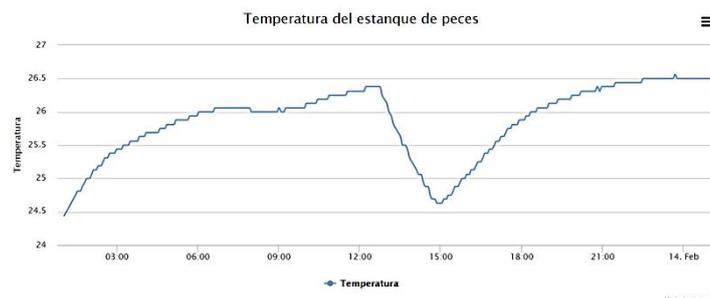
**Nota:** Se muestra mediciones de pH realizadas el día 13 de Febrero de 2015 durante el periodo de pruebas del prototipo. Elaborado por: Autores.

Las mediciones de temperatura son consistentes durante todo el periodo de pruebas, lo cual se muestra en la figura 72.



### Reporte de Histograma generado para la Piscina: prototipo

Fecha de inicio de la muestra: 2015-02-13  
Fecha de fin de la muestra: 2015-02-13



**Figura 72.** Histograma de Temperatura.

**Nota:** Se muestra mediciones de Temperatura realizadas el día 13 de Febrero de 2015 durante el periodo de pruebas del prototipo. Elaborado por: Autores.

Dadas las pruebas relatadas se revisa la programación del Arduino mega 2560 y se corrige parte de la misma ejecutándose un segundo periodo de pruebas observándose mediciones coherentes a los objetivos planteados.



**Figura 73.** Histograma de Oxígeno Disuelto.

**Nota:** Se muestra mediciones de Oxígeno Disuelto realizadas el día 5 de Abril de 2015 durante el periodo final de pruebas del prototipo. Elaborado por: Autores.

Como se observa en la figura 73, los valores de medición del oxígeno se encuentran dentro del rango de medición, así mismo se aprecia el control de la oxigenación del agua al descender el oxígeno disuelto por debajo del valor configurado en el Arduino mega 2560.



**Figura 74.** Histograma de pH.

**Nota:** Se muestra mediciones de pH realizadas el día 5 de Abril de 2015 durante el periodo final de pruebas del prototipo. Elaborado por: Autores.

En la figura 74 se muestran los valores de medición de pH funcionando de acuerdo a lo esperado.

## 4.2. Capas del Sistema y Comunicación entre capas

La aplicación desarrollada utiliza el Modelo MVC distribuida de la siguiente forma:

**El Modelo** es donde se coloca toda la lógica del negocio, es aquí donde se interactúa con la Base de Datos.

### Conexión a la Base de datos

#### conexion-db.php

Encargada de la conexión a la base de datos y métodos para realizar las diversas consultas:

```
$con = mysql_connect( "localhost", "fish-db", "2261340") or die("No se pudo conectar: " . mysql_error());
mysql_select_db("fish_db") or die("no seleccion la base: " .mysql_error() );

$consulta_mysql="select nombre_piscina from piscina" or die("Error en consulta:".mysql_error());
$resultado_consulta_mysql=mysql_query($consulta_mysql);

echo "<select name='select1' id='select1'>";
while($fila=mysql_fetch_array($resultado_consulta_mysql)){
    echo "<option
value='".$fila['nombre_piscina']."'>".$fila['nombre_piscina']."</option>";
}
```

**Vista.** Presenta la Aplicación, Interfaces, Diseño y Pantallas que interactúan con el usuario, teniendo separada la vista de las otras capas, se puede modificar cuantas veces será necesario el aspecto visual:

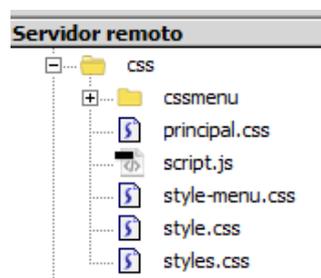


Figura 75. Capa Vista.

**Nota:** permite controlar el aspecto visual sin necesidad de afectar el funcionamiento de la lógica de negocio. Elaborado por: Autores.

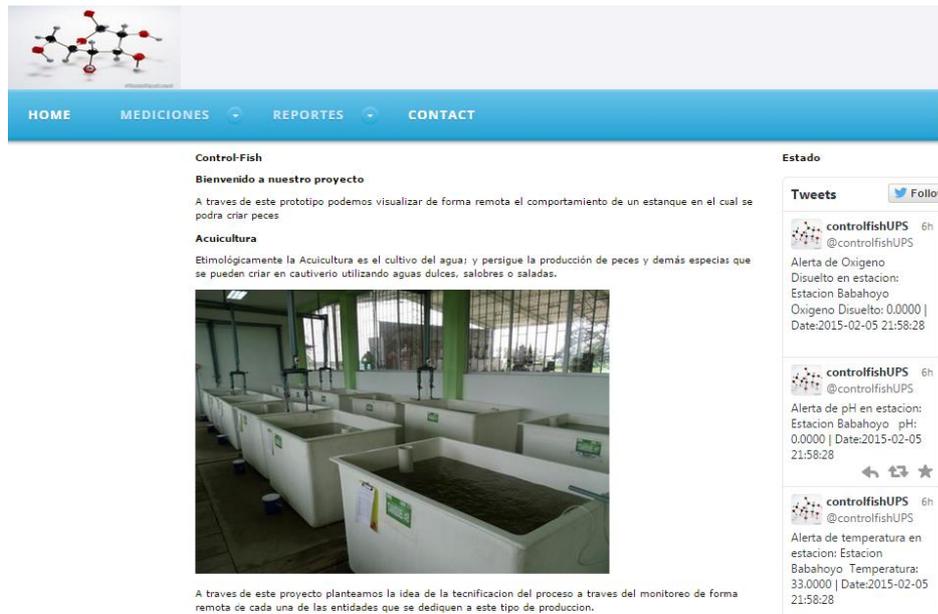


Figura 76. Vista de la Interfaz principal de usuario.

Elaborado por: Autores.

### Controlador.

Depende de las órdenes que recibe del Usuario e invoca las peticiones al Modelo.

Enruta al usuario dentro de la página web.

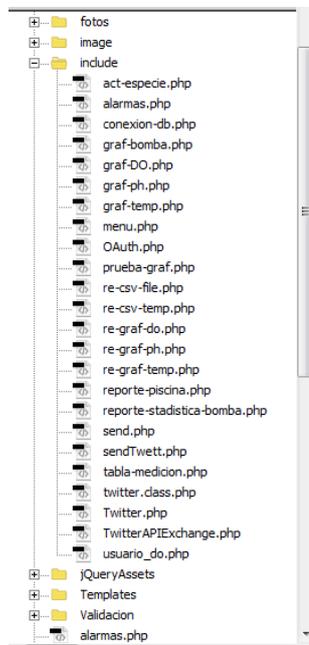


Figura 77. Eventos en PHP.

Elaborado por: Autores.

## CONCLUSIONES

Con el desarrollo de la presente investigación, se corrobora la veracidad de la hipótesis planteada, la cual indica que es factible diseñar un prototipo capaz de registrar mediciones de los parámetros de la calidad del agua en un estanque criadero de peces de forma automática y en tiempo real, con el fin de aplicarlo en la piscicultura y a su vez controlar el oxígeno a través de la aireación del agua. Como resultado de la investigación se dio cumplimiento a los objetivos específicos de la investigación:

En base a la investigación realizada y a la información obtenida de artículos, libros, consulta a profesionales, se determinó que los principales parámetros que permiten una buena condición del ambiente de producción de un especie acuática son: Oxígeno Disuelto, Temperatura y potencial de Hidrógeno los mismos que fueron los principales actores del desarrollo del prototipo (hardware y software).

Se diseñó un aplicativo web que facilita el acceso a la información de las mediciones obtenidas desde un módulo electrónico que conecta los sensores que reposan en el estanque y que obtienen los parámetros de la calidad del agua. Así como también se diseñó un Módulo electrónico que es capaz de interconectar sensores y componentes Arduino que facilitan la obtención de las mediciones de los parámetros de la calidad del agua las mismas que se envían vía GSM a una base de datos para su posterior manipulación. Los valores almacenados son consultados por rangos de fecha en un archivo en Excel y en gráficos

Se controló la activación de una bomba que cumple la función de oxigenar el agua cuando se presenten niveles bajos de Oxígeno Disuelto.

Con los anteriores puntos se logró automatizar la recolección de la información que actualmente se toma de manera manual, con la diferencia de que se obtiene mayor cantidad de mediciones permitiendo una mayor capacidad de análisis del comportamiento de los parámetros de la calidad del agua, así como permitir la disponibilidad de la información en cualquier momento y lugar.

## RECOMENDACIONES

Dada la amplia gama de aplicaciones que el prototipo propuesto brinda se recomienda futuros trabajos de implementación en entidades que se dediquen al tipo de producción acuícola, ya sea esta piscícola, camaronera, etc. Para dicha implementación se recomienda construir un enclouser capaz de resistir las inclemencias del clima y brinde protección al circuito electrónico que se aloja en el interior.

El prototipo propuesto puede ser instalado en cualquier sitio donde exista rango de cobertura de red móvil, sin embargo el principal impedimento para su implementación es la fuente de energía que alimente el módulo de sensores y comunicación, por lo que se recomienda hacer uso de fuentes de energías alternas como la energía solar para mantener la disponibilidad del servicio entregado por el prototipo.

Debido a la gran cantidad de información que se recolecta a través del prototipo propuesto se debe tener mayores capacidades de almacenamiento de datos en el servidor donde se aloja la aplicación web y la base de datos, tal como un sistema clúster de discos duros, así como también mejoras sustanciales en capacidades de memoria y procesamiento.

El sistema puede mejorarse con la agregación de funciones adicionales del sistema tales como monitoreo de los elementos que conforman el prototipo y manejo de incidencias de las alertas presentadas.

Es conveniente que se diseñe una aplicación móvil que pueda utilizarse en los distintos tipos de celulares de categoría Smartphone ya que brinda una mejor experiencia al usuario, mayor fluidez en la interacción con la información y dependiendo del diseño un mayor uso de recursos en el servidor donde la aplicación web se aloje.

## CRONOGRAMA

Id	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	✓	Inicio	213,2 días	mié 15/10/14	mar 24/03/15
2	👉	Diseño e Implementación de Prototipo para medición de calidad del Agua	213,2 días	mié 15/10/14	mar 24/03/15
3	👉	<b>Definición</b>	3 días	mié 15/10/14	vie 17/10/14
4	👉	Definir recursos preliminares y principales	4 días	mié 15/10/14	jue 23/10/14
5	👉	<b>Análisis del Sistema</b>	6,8 días	sáb 18/10/14	jue 23/10/14
6	👉	Recolección de Información (Requerimientos del Sistema)	1 día	vie 17/10/14	lun 20/10/14
7	👉	Definición de Roles	4 días	mié 15/10/14	jue 23/10/14
8	👉	<b>Diseño</b>	19,8 días	vie 24/10/14	vie 07/11/14
9	👉	Diseño de la Arquitectura del Sistema	1 día	vie 24/10/14	vie 24/10/14
10	👉	Diseño de Módulos	5 días	lun 27/10/14	vie 31/10/14
11	👉	Elaboración de Diagramas	4,8 días	mié 29/10/14	vie 07/11/14
12	👉	<b>Desarrollo</b>	33,2 días	lun 10/11/14	vie 05/12/14
13	👉	Desarrollo del sistema	14,4 días	lun 10/11/14	vie 21/12/14
14	👉	Obtención de Recursos principales	1 día	lun 01/12/14	mar 02/12/14
15	👉	Elaboración de Maqueta	13,4 días	mar 25/11/14	vie 05/12/14
16	👉	<b>Implementación y Pruebas</b>	49 días	lun 15/12/14	vie 23/01/15
17	👉	Desarrollar planes de pruebas de unidades con las especificaciones del producto	5 días	lun 15/12/14	vie 19/12/14
18	👉	Pruebas (depuración)	6,2 días	lun 05/01/15	vie 16/01/15
19	👉	Ajustes del Prototipo	5 días	lun 19/01/15	vie 23/01/15
20	👉	<b>Documentación</b>	14,4 días	lun 02/02/15	vie 13/02/15
21	👉	Documento Final	6,2 días	lun 02/02/15	vie 13/02/15
22	👉	Finalización	0 días	mar 24/03/15	mar 24/03/15

Figura 78. Cronograma

Nota. Detalla las actividades realizadas durante las etapas del prototipo. Elaborado por: Autores.

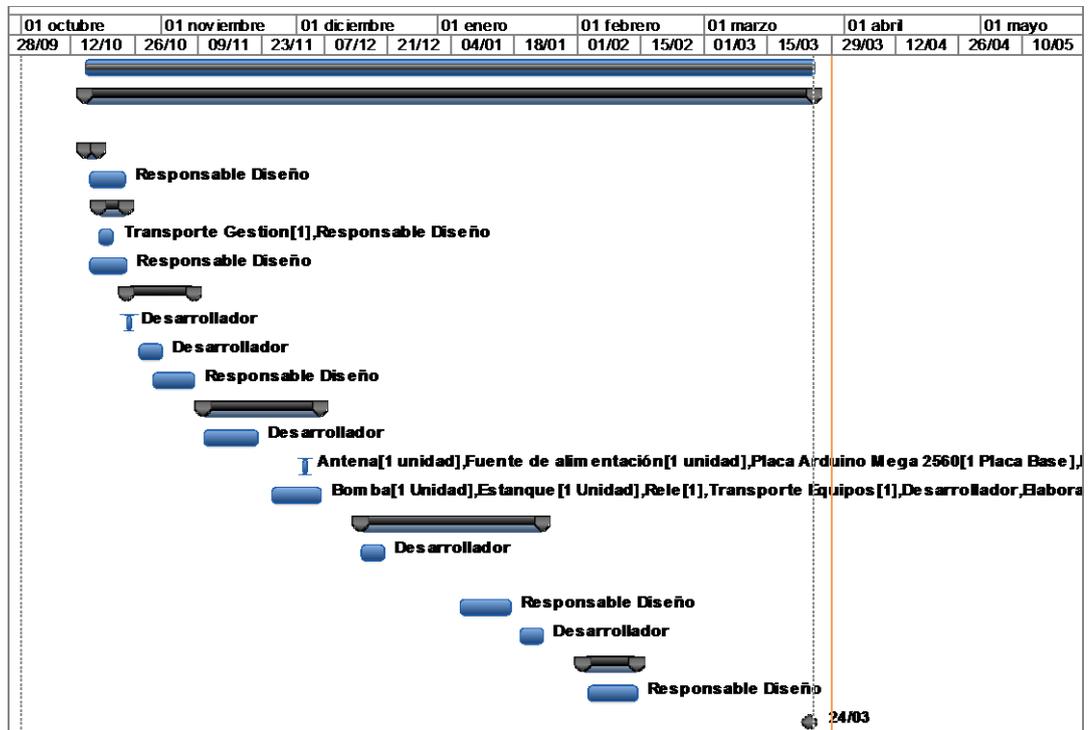


Figura 79. Diagrama de GANTT.

Nota. Representación gráfica de las actividades y tiempos dedicados al proyecto. Elaborado por: Autores.

## PRESUPUESTO

Tabla 13. Detalle de Costos

Nombre del Recurso	Costo Acumulado
Desarrollo	1.386,00
Placa Arduino Mega 2560	30,00
Shield GSM Arduino	90,00
Antena	20,00
Plan Datos 10Mb(6 meses)	10,00
Sensor de OD	231,99
Sensor de Temperatura	20,00
Sensor de pH	127,99
Estanque	50,00
Bomba	30,00
Fuente de alimentación	10,00
Transporte Equipos	87,10
Transporte Gestión	80,00
Relé	10,00
Elaboración Placa de Circuito Impreso	10,00
<b>Total</b>	<b>\$ 2.193,08</b>

**Nota:** Tabla que muestra el Costo de Recursos y Desarrollo tomando en cuenta el tiempo que se tomó efectuar el desarrollo del prototipo.

Elaborado por: Autores.

**Tabla 14.** Informe Presupuestario basado en las actividades del cronograma del trabajo.

<b>Id</b>	<b>Nombre de tarea</b>	<b>Trabajo</b>	<b>Material</b>	<b>Costo Total</b>
1	Diseño e Implementación de Prototipo	1.386,00	807,08	2.193,08
2	Inicio	-	-	-
3	Definir Recursos Preliminares	48,00	-	48,00
4	Análisis del Sistema	60,00	-	60,00
5	Recolección de Información	30,00	-	30,00
6	Definición de Roles	36,00	-	36,00
7	Diseño de la Arquitectura del Sistema	48,00	-	48,00
8	Diseño de Módulos	60,00	-	60,00
9	Elaboración de Diagramas	60,00	-	60,00
10	Desarrollo del sistema	660,00	-	660,00
11	Recursos Materiales	-	807,08	807,08
12	Elaboración de Maqueta	60,00	-	60,00
13	Implementación y Pruebas	84,00	-	84,00
14	Ajustes del Prototipo	120,00	-	120,00
15	Documentación	120,00	-	120,00
16	Finalización	-	-	-
		<b>1.386,00</b>	<b>807,08</b>	<b>2.193,08</b>

Elaborado por: Autores.

## BIBLIOGRAFÍA

- Blog de Acuicultura y Pesca Continental Argentina.* (2011). Obtenido de <http://acuiculturaenargentina.blogspot.com/>, 2011.
- Acuicultura.* (2012). Obtenido de [www.veoverde.com](http://www.veoverde.com)
- Andes.* (2012). Obtenido de [www.andes.info.ec](http://www.andes.info.ec) sección Economía, 2012
- Agencia de Noticias Andes sección Economía.* (2013). Obtenido de Artículo: Práctica de cultivo de ostras sector pesquero artesanal Ecuador: [www.andes.info.ec](http://www.andes.info.ec)
- Atmel.* (2014). Obtenido de [www.atmel.com](http://www.atmel.com): [www.atmel.com/microcontrolador](http://www.atmel.com/microcontrolador)
- Atmel.* (2014). Obtenido de [www.atmel.com/Datashet](http://www.atmel.com/Datashet) Atmel-2549-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega640-1280-1281-2560-2561\_datasheet,
- Apache.* (2015). Obtenido de <https://www.apachefriends.org>:  
<https://www.apachefriends.org/index.html>
- Arduino.* (2015). Obtenido de <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>
- Arduino.* (2015). Obtenido de [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc):  
<http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>
- Arduino.* (2015). Obtenido de <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>
- Arduino.* (2015). Obtenido de <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoGSMShield>
- Arduino.* (2015). Obtenido de  
[http://arduino.cc/en/uploads/Main/Quectel\\_M10\\_datasheet.pdf](http://arduino.cc/en/uploads/Main/Quectel_M10_datasheet.pdf), 2015.
- Arduino.* (2015). Obtenido de  
[http://arduino.cc/en/uploads/Main/Quectel\\_M10\\_datasheet.pdf](http://arduino.cc/en/uploads/Main/Quectel_M10_datasheet.pdf), 2015
- Atlas Scientific.* (2015). Obtenido de Data Sheet del dispositivo. Obtenido de:  
[http://www.atlas-scientific.com/\\_files/\\_datasheets/\\_circuit/DO\\_EZO\\_Datasheet.pdf](http://www.atlas-scientific.com/_files/_datasheets/_circuit/DO_EZO_Datasheet.pdf) , 2015
- atlas-scientific.* (2015). Obtenido de [do\\_probe-datasheet.pdf](http://www.atlas-scientific.com/_files/_datasheets/do_probe-datasheet.pdf). Obtenido de:  
[http://www.atlas-scientific.com/\\_files/\\_datasheets](http://www.atlas-scientific.com/_files/_datasheets)
- Atlas-Scientific.* (2015). Obtenido de Datasheet obtenida de: [www.atlas-scientific.com/\\_files/\\_datasheets/\\_probe/pH-probe-datasheet.pdf](http://www.atlas-scientific.com/_files/_datasheets/_probe/pH-probe-datasheet.pdf)
- Instituto Nacional de Pesca.* (2015). Obtenido de [www.institutopesca.gob.ec](http://www.institutopesca.gob.ec):  
<http://www.institutopesca.gob.ec/programas-y-servicios/acuicultura-continental/>

- Maxim Integrated*. (2015). Obtenido de Datasheet del Sensor DS18B20, Obtenido de:  
<http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/Temp/DS18B20.pdf>
- Movil Forum*. (2015). Obtenido de [www.movilforum.com](http://www.movilforum.com)
- Programación Web*. (2015). Obtenido de  
[\(http://www.programacionweb.net/articulos/articulo/mvc-modelo-vista-controlador/\)](http://www.programacionweb.net/articulos/articulo/mvc-modelo-vista-controlador/)
- Areny, R. P. (2003). *Sensores y acondicionadores de señal*. Barcelona: marconbo.
- Cake Software Foundation, I. (2014). Obtenido de Cake Software Foundation, Inc.:  
<http://book.cakephp.org/2.0/es/cakephp-overview/understanding-model-view-controller.html>
- Castillo, V. (2004). La historia genética e hibridación de la tilapia roja. Colombia: Comarpez.
- Cobo, A., Gómez, P., Pérez, D., & Rocha, R. (2005). En A. C. otros, *PHP y MySQL Tecnologías para el desarrollo de aplicaciones web* (pág. 356). España: Ediciones Díaz de Santos.
- CORREA, R. (15 de FEBRER de 2013). WINDOWS ES UN SOFTWARE. *eL UNIVERSO*, pág. 3.
- Definicion.de. (2015). *Definicion.de*. Obtenido de <http://definicion.de>:  
<http://definicion.de/open-source/>
- Foundation, F. S. (s.f.). *El Sistema Operativo GNU*. Obtenido de  
<http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html>
- Free Software Foundation. (05 de 08 de 2014). *www.gnu.org*. Obtenido de El sistema operativo GNU: <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html>
- Granados, J. Vargas Del Valle R. & Maltés. (s.f.). *Programación en capas*. Obtenido de <http://www.di-mare.com/adolfo/cursos/2007-2/pp-3capas.pdf>
- Juan Luis Cifuentes Lemus / María del Pilar Torres-García / Marcela Frías Mondragón. (1997). EL OCÉANO Y SUS RECURSOS XI. Acuicultura. Carretera Picacho-Ajusco 227,14200 México: FONDO DE CULTURA ECONÓMICA, SA. DE C. V.
- Lacalle, A. (2015). Obtenido de [http://albertolacalle.com/hci\\_prototipos.htm](http://albertolacalle.com/hci_prototipos.htm)
- M. Sc. Marcelo Eduardo, M. (s.f.). *Módulo Peces1 \_UTE*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del CHimborazo:  
[http://www.stodomingo.ute.edu.ec/content/101454-9-52-2-16-1/Modulo%20Peces1\\_UTE.pdf](http://www.stodomingo.ute.edu.ec/content/101454-9-52-2-16-1/Modulo%20Peces1_UTE.pdf)

- Moscoso, M. E. (2008). Obtenido de [http://www.stodomingo.ute.edu.ec/content/101454-9-52-2-16-1/Modulo%20Peces1\\_UTE.pdf](http://www.stodomingo.ute.edu.ec/content/101454-9-52-2-16-1/Modulo%20Peces1_UTE.pdf)
- Moscoso, M. M. (s.f.). *Universidad Tecnológica Equinoccial sede Santo Domingo*. Recuperado el 03 de 09 de 2014, de [http://www.stodomingo.ute.edu.ec/content/101454-9-52-2-16-1/Modulo%20Peces1\\_UTE.pdf](http://www.stodomingo.ute.edu.ec/content/101454-9-52-2-16-1/Modulo%20Peces1_UTE.pdf)
- OSHOWA (Open Source Hardware Association)*. (s.f.). Obtenido de <http://www.oshwa.org/definition/spanish/>
- Pesca, I. N. (2015). *Instituto Nacional de Pesca*. Recuperado el 05 de 01 de 2015, de <http://www.institutopesca.gob.ec/programas-y-servicios/acuiacultura/>
- Pesca, I. N. (2015). *Instituto Nacional de Pesca*. Recuperado el 05 de 01 de 2015, de <http://www.institutopesca.gob.ec/programas-y-servicios/acuiacultura/>
- Rodríguez Gómez, Horacio; Anzola Escobar, Eduardo. (2001). Fundamentos de Acuicultura Continental. En *Fundamentos de Acuicultura Continental* (pág. 43). Bogotá, República de Colombia: Rodríguez Gómez, Horacio; Anzola Escobar, Eduardo; Avila Carrillo, Mauricio.
- Rodríguez Gómez, Horacio; Anzola Escobar, Eduardo. (2001). Fundamentos de Acuicultura Continental. En *Fundamentos de Acuicultura Continental* (pág. 50). Bogotá, República de Colombia: Rodríguez Gómez, Horacio; Anzola Escobar, Eduardo; Avila Carrillo, Mauricio.
- Spain, G. (1996-2014). *GSM Spain*. Obtenido de GSM Spain: <http://www.gsmSpain.com/glosario/?palabra=3g>
- Uceda, O. C. (s.f.). *Desarrollo web con PHP*.

## ANEXOS

### **Anexo 1. Entrevista realizada a Blog. Angel Moya.**

**Entrevistador:** ¿Cuántas veces se toman las mediciones de los parámetros en el día?

**Entrevistado:** Por lo general 3 veces al día en los horarios: 6:00, 11:00, 16:00.

**Entrevistador:** ¿Cuánto tiempo permanece encendidas las bombas de agua en las piscinas?

**Entrevistado:** Durante todo el día para evitar que disminuya el Oxígeno Disuelto. En vista de que se debe ir a cada estanque para tomar las medidas del parámetro en mención no se puede determinar el momento en el cual está fuera del rango establecido para la especie en producción.

**Entrevistador:** ¿Tiempo que toma trasladarse de una piscina a otra?

**Entrevistado:** Depende del lugar, para los estanques alrededor de 30 minutos en tomar la medida de cada estanque y luego acudir al siguiente estanque tomando en cuenta que cada estanque está ubicado a 3 mts. del otro. En caso de ser piscinas que ocupan hectáreas, se necesita de dos o más técnicos e instrumentos de medición para lograr el propósito.

**Entrevistador:** ¿Cómo lleva el registro actual?

**Entrevistado:** Se tiene un tablero para cada estanque donde se anota cada medición tomada, al final del día se ingresa en una hoja electrónica Excel para guardar en el ordenador y al final de la semana emitir un reporte, que a su vez nos sirve para tomar medidas concernientes al resultado de las mediciones.

**Entrevistador:** ¿Qué recursos utilizan para tomar las mediciones?

**Entrevistado:** Primeramente el recurso humano, personal técnico que debe dirigirse hacia los estanques, Equipo de medición, actualmente se cuenta con un Dispositivo modelo YSI PRO 2030 del cual se toman los datos principales de Oxígeno Disuelto, pH y temperatura, además de gastos Generales como es papelería.

## Anexo 2. Diagrama Esquemático del módulo de medición y comunicación.

