

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL
AUTOMÁTICO PARA EL ACUARIO “RALFISH” EN LA CIUDAD DE
TRUJILLO.”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
CONTROL Y AUTOMATIZACION**

**TESIS DE GRADO PARA OPTAR POR EL
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

AUTORES :

Br. Giancarlo Michael Rubio Reque.

Br. Hans Barnnie Chotón Posadas.

ASESOR :

Ms. Ing. Filiberto Melchor Azabache Fernández

Trujillo – Perú

2015

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL
AUTOMÁTICO PARA EL ACUARIO “RALFISH” EN LA CIUDAD DE
TRUJILLO.”**

Elaborador Por:

Br. Giancarlo Michael Rubio Reque.

Br. Hans Barnnie Chotón Posadas.

Aprobado por:

Ing. Saúl Noé Linares Vertíz
PRESIDENTE
CIP N° 142213

Ing. Lenin Humberto Llanos León
SECRETARIO
CIP N° 139213

Ing. Oscar Miguel de la Cruz Rodríguez
VOCAL
CIP N° 085598

Ms. Filiberto M. Azabache Fernández
ASESOR
CIP N° 97916

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Carrera Profesional de Ingeniería Electrónica para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, se pone a vuestra disposición el presente Trabajo de Tesis titulado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA EL ACUARIO “RALFISH” EN LA CIUDAD DE TRUJILLO.”**

Este trabajo, es el resultado de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la formación profesional en la Universidad, excusando anticipadamente de los posibles errores involuntarios cometidos en su desarrollo.

Trujillo, Diciembre del 2015

Br. Giancarlo Michael Rubio Reque.

Br. Hans Barnnie Chotón Posadas.

DEDICATORIA

A Dios:

Quien es mi refugio y mi fuerza, una ayuda presente ante los problemas.

A mis queridos padres:

CÉSAR Y VIOLETA

Gracias por ser el regalo más precioso que he recibido en la vida, por todo su inmenso amor, por ser mi inspiración, fortaleza y motivación. Gracias por su apoyo contante, por sus sabios consejos y enseñanzas. Por estar junto a mí y servirme de guía en los momentos más difíciles y por sus palabras de aliento para salir adelante en todo momento.

...¡LOS AMO!

A mi hermana:

GIULLIANA

Por los momentos que pasamos juntos, porque con tu ejemplo me enseñaste a salir adelante.

...¡TE QUIERO!

Giancarlo Michael Rubio Reque

DEDICATORIA

A Dios, que siempre está presente brindándome armonía, paz y sabiduría en el camino que voy construyendo.

A mis amados padres, que con su esfuerzo y sacrificio me dieron el preciado regalo de la educación, por los ánimos para seguir adelante, por el amor brindado y por ser para mí un ejemplo de superación y esfuerzo.

A mi querida hermanita, que es una de las razones por las que sigo aprendiendo y mejorando con el pasar de los años.

Hans Barnnie Chotón Posadas

AGRADECIMIENTO

A Dios, por habernos dado fuerzas y ganas de seguir superarnos profesionalmente para establecer objetivos, realizar metas y cumplir responsabilidades.

A la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, por brindarnos los conocimientos necesarios para el desarrollo del Proyecto de Tesis y abrirnos el camino hacia el ámbito laboral.

A todos nuestros profesores universitarios de ingeniería electrónica, por brindarnos conocimientos en cada una de las materias tomadas para el desarrollo profesional.

A nuestros padres por enseñarnos que la mejor herencia es la educación, por sus consejos, valores, motivación y amor.

A nuestro asesor de tesis, el Ingeniero Filiberto Melchor Azabache Fernández, por su confianza, sabiduría y apoyo en el transcurso de toda la investigación.

A todos Gracias

Los Autores de la Tesis

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se centra en realizar el Diseño e Implementación de un Sistema de Control Automático para el Acuario “Ralfish” en la ciudad de Trujillo.

En el Primer Capítulo del presente trabajo, se aborda la problemática actual en la tienda de ventas del Acuario “Ralfish” en cuanto al mantenimiento de las condiciones necesarias para el buen funcionamiento de sus acuarios, exponemos nuestro objetivo y damos a conocer la importancia de dar una solución a dicho problema.

En el Segundo Capítulo se presenta el marco teórico, en el cual se muestra un sustento válido del porqué la elección de realizar un diseño e implementación de un sistema de control automático, así como también se refuerza las bases teóricas de la solución que se propone.

En el Tercer Capítulo se procede con el desarrollo de la solución, se muestra el diseño, la programación desarrollada para el módulo de control, detallamos los equipos, accesorios y programas utilizados para lograr la conectividad del módulo de control y el HMI, así también argumentamos porqué nuestra solución es viable para los acuarios “Ralfish”

ABSTRACT

The present research focuses on performing the Design and Implementation of Automatic Control System for aquarium "Ralfish" in the city of Trujillo.

In the first chapter of this paper, the current problem is addressed in the sales shop Aquarium "Ralfish" in the maintenance of necessary conditions for proper functioning of the aquarium conditions, we set our objective and we present the importance of giving a solution to this problem.

The second chapter presents the theoretical background in which a valid support about why we decided on to make a design and implementation of an automatic control system, as well as, the theoretical basis of the solution proposed is also reinforced.

In the third chapter we proceed with the development of the solution, it shown: the design, the program developed for the control module, detailed hardware, accessories and software used to achieve connectivity control module and the HMI, well we also argued why our solution is feasible for aquariums "Ralfish".

ÍNDICE

DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Delimitación del problema.....	15
1.1.1. Características de la realidad.....	17
1.1.2. Análisis de las características	17
1.2. Formulación del problema	18
1.2.1. Definición del problema.....	18
1.2.2. Formulación del problema	18
1.3. Objetivos del estudio	18
1.3.1. General	18
1.3.2. Específicos	18
1.4. Formulación de la hipótesis.....	19
1.4.1. General	19
1.4.2. Variables	19
1.4.3. Operacionalización de las variables.....	20
1.5. Justificación	22
1.5.1. En lo académico.....	22
1.5.2. En lo tecnológico.....	22
1.5.3. En lo comercial	22
1.5.4. En lo social	22
2. MARCO TEÓRICO	24
2.1. Antecedentes	24
2.2. Conceptos previos.....	26
2.2.1. Principales factores que intervienen en un acuario.....	26
2.3. Fundamentación teórica	34
2.3.1. Sistema de control	34
2.3.2. Sensor	37
2.3.3. Controlador.....	46
2.3.4. Actuador.....	48
2.3.5. Software de simulación	48

2.3.6.	Interfaz hombre – máquina (HMI).....	51
2.3.7.	Acceso remoto.....	55
3.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	60
3.1.	Material.....	60
3.1.1.	Población.....	60
3.1.2.	Muestra.....	60
3.1.3.	Unidad de análisis.....	60
3.2.	Método.....	60
3.2.1.	Tipo de investigación.....	60
3.2.2.	Diseño de investigación.....	60
3.2.3.	Instrumentos de recolección de datos.....	60
3.2.4.	Procedimiento y análisis de datos.....	61
4.	RESULTADOS.....	95
4.1.	Pruebas de las sensores.....	95
4.1.1.	Calibración del sensor de temperatura.....	95
4.1.2.	Calibración del sensor de pH.....	97
4.1.3.	Calibración del sensor de caudal.....	98
4.2.	Pruebas con el módulo de control Arduino.....	99
4.2.1.	Pruebas de recepción de datos de cada uno de los sensores.....	100
4.2.2.	Pruebas de funcionamiento del calentador y enfriador.....	100
4.2.3.	Pruebas de funcionamiento de lámparas fluorescentes.....	100
4.2.4.	Pruebas de comunicación serial.....	100
5.	CONCLUSIONES.....	104
6.	RECOMENDACIONES.....	107
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
8.	ANEXOS.....	113

Figura 1. Tipos de Enfriadores	28
Figura 2. Espectro Electromagnético	29
Figura 3. Caudalímetro Electromagnético.....	41
Figura 4. Caudalímetro por Ultrasonido	42
Figura 5. Caudalímetro Vortex.....	43
Figura 6. Caudalímetro Másico	44
Figura 7. Comparativo de Programas de Acceso Remoto.....	56
Figura 8. Establecimiento de conexión de TeamViewer	58
Figura 9. Propuesta de diseño del sistema	62
Figura 10. Propuesta de diseño del Hardware del sistema.....	64
Figura 11. Arduino MEGA 2560	65
Figura 12. Conexión del sensor DS18B20 al Arduino	66
Figura 13. Sonda de pH	67
Figura 14. Conexión de la sonda e interfaz de pH al ARDUINO.....	68
Figura 15. Caudalímetro.....	70
Figura 16. Módulo de relés 5v - 8ch.....	72
Figura 17. Calentador	73
Figura 18. Esquema del Enfriador	74
Figura 19. LCD Keypad Shield para Arduino.....	76
Figura 20. Simulación -Circuito de Reconocimiento de Señales Analógicas	77
Figura 21. Simulación - Señal Analógica al 50%	77
Figura 22- Simulación - Señal Analógica al 80%	78
Figura 23. Simulación - Señal Analógica al 30%	78
Figura 24. Simulación - Comunicación Serial 1	79
Figura 25. Simulación - Comunicación Serial 2	79
Figura 26. Diagrama de Flujo del software para el Módulo de Control	81
Figura 27. Diagrama de Flujo de la Aplicación del HMI	84
Figura 28. HMI - Pantalla de Conexión	86
Figura 29. HMI - Confirmación de Puerto a Trabajar.....	87
Figura 30. HMI - Conexión Realizada	88
Figura 31. HMI - Pantalla de Registro.....	88
Figura 32. HMI - Registro Incorrecto (2015).....	89
Figura 33. HMI - Pantalla de Configuración de Parámetros	90
Figura 34. HMI - Ingresar Valor de Temperatura	91
Figura 35. HMI - Ingresar Valor de pH.....	91
Figura 36. HMI - Ingresar Capacidad de Acuario.....	92
Figura 37. HMI - Ingresar Tipo de Iluminación	92
Figura 38. HMI - Detalle de Iluminación Baja.....	93
Figura 39. HMI - Detalle Iluminación Media	93
Figura 40. HMI - Detalle Iluminación Exigente.....	93
Figura 41. Gráfica de Valores Medidos en Calibración de Temperatura.....	96
Figura 42. Gráfica de Valores Medido en Calibración de pH.....	98
Figura 43. Gráfica de Valores Medido en Calibración de Caudal.....	99

Tabla 1. Operacionalización de la Variable Independiente	20
Tabla 2. Operacionalización de la Variable Dependiente.....	21
Tabla 3. Características de Arduino Mega 2560	65
Tabla 4. Valores de salida del electrodo de pH.....	68
Tabla 5. HMI – Opciones de la Pantalla de Conexión	87
Tabla 6. HMI - Opciones de la Pantalla de Registro.....	89
Tabla 7. HMI - Opciones de la Pantalla Configuración de Parámetros.....	90
Tabla 8. Medidas de Temperatura para Calibración	96
Tabla 9. Desviación Estándar - Calibración de Temperatura	96
Tabla 10. Medidas de pH para Calibración.....	97
Tabla 11. Desviación Estándar - Calibración de pH.....	97
Tabla 12. Medidas de Caudal para Calibración.....	98
Tabla 13. Desviación Estándar - Calibración de Caudal.....	99
Tabla 14. Prueba t para Temperatura	101
Tabla 15. Prueba t para pH.....	101

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Delimitación del problema

Según Rodríguez, F (2002), el principio básico de la acuariofilia moderna es la recreación de un ecosistema acuático artificial en el que puedan desarrollar un comportamiento natural todo tipo de especies acuáticas, y estabilizado a través de sistemas técnicos auxiliares. Existen muchos acuarios sin peces y creados específicamente para plantas acuáticas, invertebrados, anfibios y reptiles acuáticos.¹

Breitenstein, A (2012) dice, según los ecosistemas que se quieran recrear podemos tener diferentes tipos de acuarios:

- El acuario tropical de agua dulce
Acuario de tipo sudamericano: Este tipo de acuario está destinado a la cría de grandes cíclidos.
Acuaterrario asiático: Reproduce el medio natural de los arroyos y brazos muertos de los ríos del sudeste de Asia.
Acuario tropical africano: Destinado a criar cíclidos de los lagos africanos.
- El acuario tropical marino
Para la conservación de especies tropicales de agua de mar.
- El acuario holandés
Se trata de un acuario en el que se da preferencia a las plantas, quedando el resto de la decoración reducido a rocas, ramas y raíces, con un suelo poco o nada visible y peces relegados a un plano secundario.
- El acuaterrario
Permite reproducir con bastante fidelidad los biotipos húmedos de ciertas regiones tropicales, incluidas las pantanosas.²

¹ Acuariofilia rentable (pág. 5)

² Atlas ilustrado del acuario (pág. 196 - 199)

Schliewen, U (2008) señala, según sus características propias, cada especie animal o vegetal presenta unas exigencias más o menos complejas. Por lo tanto, los cuidados y los medios técnicos del acuario dependerán de los seres que vaya a alojar.³

Según Sánchez, C (2013), debemos tener especial esmero en mantener las condiciones del acuario:

- Controlar los valores del pH, de dureza, amoniacos y nitritos.
- Vigilar la temperatura del agua.
- Dar a los peces una dieta variada.
- Cambiar regularmente el agua.
- Limpieza del filtro, no cambiar todas las materias filtrantes en un solo momento.
- Eliminar partes muertas de plantas y si hay algún pez muerto.
- No dejar morir al pez dentro del acuario, si hay sospecha.
- Debemos tener la seguridad de que los alambres, pinzas, u otros objetos que entren en contacto con el agua de nuestro acuario estén limpios.
- Controlar la iluminación.⁴

En la ciudad de Trujillo se ubica el Acuario Ralfish, dedicado a la compra, venta, crianza y reproducción de peces ornamentales de aguas frías, tropicales y marinos, así como la instalación, acondicionamiento y climatización de los acuarios. Cuenta con más de 150 acuarios, entre las de exhibición y las de crianza.

El Acuario Ralfish realiza sus operaciones a nivel nacional, lo que dificulta el cuidado y control de sus propios acuarios cuando los encargados se encuentran de viaje, repercutiendo así en el control de la temperatura, pH, iluminación y filtrado de los mismos influyendo así en la mortandad de sus ejemplares.

³ El acuario (pág. 17)

⁴ Piscicultura (pág. 169)

1.1.1. Características de la realidad

La realidad problemática estudiada presenta las siguientes características:

- Inadecuada climatización.
- Carencia de seleccionador de tipo de iluminación.
- Lenta y esporádica medición de los niveles de pH.
- Inexistente sistema de supervisión de filtros.

1.1.2. Análisis de las características

- La climatización en el acuario consiste en aumentar o disminuir la temperatura del agua de acuerdo a las necesidades que se tenga. Cuando se desea aumentar la temperatura se hace uso de unos calentadores y se va graduando su potencia hasta que el indicador del termostato muestre la temperatura deseada. La temperatura que se muestra en el calentador es incorrecta, pues si se mide con un termómetro en distintas zonas del acuario, estas mediciones difieren con la indicada por el calentador. Cuando se desea disminuir la temperatura se hace uso de cubitos de hielo pues no se cuenta con enfriadores.
- En el acuario se debe tener tres tipos de iluminación, las cuales entran en funcionamiento según los requerimientos del acuario. Cada vez que se desea cambiar el tipo de iluminación, un trabajador debe realizar las conexiones necesarias. Estos cambios de iluminación no influyen en el control de la temperatura por emplearse luz fría.
- La medición del pH del acuario se da por reacción química, se vierten unas gotas especiales que al contacto con el agua y el pasar del tiempo va cambiando de color. Según el color del agua se identifica el valor del pH. Esta actividad se realiza una vez a la semana y no se tiene el valor de pH a tiempo real.
- El acuario actualmente no tiene implementado un sistema de control de filtrado, ocasionando que en reiteradas veces, se encuentren acuarios con filtros obstruidos y sin funcionar.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Definición del problema

El presente trabajo se enfoca proponer e implementar un sistema para supervisar y controlar los principales factores que permitan mantener las condiciones adecuadas para el buen funcionamiento del acuario “Ralfish” en la ciudad de Trujillo.

1.2.2. Formulación del problema

¿Cómo controlar las condiciones adecuadas para el buen funcionamiento del acuario “Ralfish” en la ciudad de Trujillo?

1.3. Objetivos del estudio

1.3.1. General

Diseñar e implementar un sistema de control automático para controlar y supervisar las condiciones adecuadas para el buen funcionamiento del acuario “Ralfish” en la ciudad de Trujillo.

1.3.2. Específicos

- Analizar el funcionamiento del acuario “Ralfish” en la ciudad de Trujillo.
- Determinar las condiciones adecuadas para el buen funcionamiento del acuario.
- Diseñar el sistema automático según las condiciones necesarias para el buen funcionamiento del acuario.
- Diseñar el sistema automático según las condiciones necesarias para el buen funcionamiento del acuario.
- Implementar un sistema automático que controle y/o supervise las condiciones adecuadas en el acuario “Ralfish”.
- Evaluar cómo el sistema de control automático contribuye a alcanzar las condiciones adecuadas en el acuario “Ralfish”.

1.4. Formulación de la hipótesis

1.4.1. General

El diseño e implementación de un sistema de control automático permitirá supervisar y controlar las condiciones adecuadas para el buen funcionamiento del acuario “Ralfish” en la ciudad de Trujillo.

1.4.2. Variables

- ***Variable Independiente:***

Sistema de control automático

Indicador de Variable independiente:

- Variables que se tendrá en cuenta para realizar el monitoreo.
- Precisión, Confiabilidad, Escalabilidad.

- ***Variable Dependiente:***

Supervisión y control de las condiciones adecuadas

Indicador de Variable dependiente:

- Temperatura
- pH
- Flujo
- Iluminación

1.4.3. Operacionalización de las variables

1.4.3.1. Variable Independiente

Tabla 1. Operacionalización de la Variable Independiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumento	Fórmula	Unidades de medida
Sistema de control automático	Es un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir, sin intervención de agentes externos, corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento.	Con la lectura de los instrumentos de campo a través de una interfaz HMI, se realiza el proceso de supervisión de las variables, además el controlador ordenará las acciones correctivas de ser necesarias.	Variables que se tendrá en cuenta para realizar el monitoreo	Reportes	-----	Nº de variables
			Precisión Confiabilidad Escalabilidad	Filosofía de Operación y Control del proceso	-----	De los actuadores

Fuente: Elaboración propia (2015)

1.4.3.2. Variable Dependiente

Tabla 2. Operacionalización de la Variable Dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumento	Formula	Unidades de medida
Supervisión y control de las condiciones adecuadas	<p>La supervisión consiste en saber a tiempo real el valor de las variables que nos indican las condiciones adecuadas.</p> <p>El control de las condiciones adecuadas consiste en obtener el valor de las variables y compararlas constantemente con los SetPoint</p>	<p>Mediante una HMI se observa a tiempo real el valor de las variables que nos indican las condiciones adecuadas del acuario.</p> <p>El valor de las variables que nos indican las condiciones adecuadas del acuario se comparan con los valores deseados de dichas variables para luego proceder a realizar actos correctivos de ser necesarios.</p>	Temperatura	Reporte	-----	°C
				Entrevista		
			Iluminación	Reporte	-----	-----
				Entrevista		
			Flujo	Reporte	-----	L/H
				Entrevista		
			pH	Reporte	-----	
				Entrevista		

Fuente: Elaboración propia (2015)

1.5. Justificación

1.5.1. En lo académico

Estudiar una metodología para el diseño de un sistema capaz de supervisar y controlar las condiciones adecuadas de un acuario.

1.5.2. En lo tecnológico

Conocer las diferentes tecnologías que ayuden a sensar, controlar y supervisar remotamente las variables que intervienen en un acuario.

1.5.3. En lo comercial

Este trabajo de investigación se justifica comercialmente, porque el proyecto de investigación va dirigido a cubrir la necesidad del acuario “Ralfish”, el cual se beneficiaría al implementarlo.

1.5.4. En lo social

Se justifica, pues su reproducción no es complicada, ayudando a las personas que tienen un acuario y demandan de su tiempo para mantener las condiciones idóneas que su acuario necesite.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Haciendo una pesquisa bibliográfica se han encontrado como antecedentes los siguientes trabajos de investigación relacionados con la temática:

2.1.1. Título: “Diseño e implementación de un sistema automatizado para el control del acuario del museo de ciencias biológicas de la escuela politécnica nacional”

Tesis

Escuela Politécnica Nacional (2011)

Autores:

Caicedo Analuisa Homero Andrés

Obando Panchi Diego Sebastián

Asesor:

Dr. Luis Corrales Paucar

Resumen:

Este trabajo de tesis fue implementado en el Museo de Historia Natural Gustavo Orcés V. de la Escuela Politécnica Nacional donde tienen 13 peceras, en las que se realizan mediciones de temperatura y presión de forma manual, de esta manera nos proponen el diseño de un sistema automatizado basado en microprocesadores para la obtención de datos de los sensores de temperatura, pH y presión de cada una de las peceras, que luego de ser procesados, permite que se efectúen las correcciones del caso. Además para la interacción entre el usuario y el sistema nos muestran el diseño de una interfaz Hombre-Máquina (HMI) por medio de la cual se visualiza la temperatura, pH y la presión de aire que ingresa a los filtros de cada pecera, y guardan los históricos de las variables mencionadas. Obteniendo resultados con una desviación de ± 0.2 °C, ± 0.4 pH, ± 0.1 PSI, respectivamente, márgenes que no afectan al proceso biológico del agua según la información proporcionada.

Aportes:

El aporte del presente trabajo es quizás el más relevante dado que nos otorga una filosofía de control para tratar las variables presentes en un acuario, además basándose en la tecnología de los microprocesadores captura datos a tiempo real que luego muestra en una interacción entre el usuario y el sistema diseñando una interfaz Hombre – Máquina (HMI).

2.1.2. Título: “Aplicación de la domótica para el control de sistema de temperatura, monitoreo, apertura y cierra automático de la puerta del garaje e iluminación interior y exterior de una vivienda.”

Tesis

Escuela Politécnica Nacional (2014)

Autor:

Geovanny Mauricio Verdezoto Bósquez

Asesor:

Ing. Mónica de Lourdes Vinuesa Rhor

Resumen:

El presente proyecto se basa en los fundamentos teóricos de la domótica, microcontroladores, lenguajes de programación, LabVIEW, cámaras IP, módulos XBee, acceso remoto, con la finalidad de comprender su funcionamiento y aplicación para realizar el diseño y la construcción de un prototipo después de realizada la selección de elementos y dispositivos a utilizar. Posteriormente nos muestra las pruebas a las que fue sometido el prototipo.

Aportes:

Los aportes del presente trabajo son tanto cognoscitivos como prácticos dado que se puede usar a modo de manual introductorio para las tecnologías usadas en el acceso remoto y la comunicación con microcontroladores

2.2. Conceptos previos

2.2.1. Principales factores que intervienen en un acuario

Del mismo modo en el que se desarrolla cualquier ambiente natural, dentro de un acuario existen diversos factores que modifican en mayor o menor medida el equilibrio necesario para la supervivencia de las formas de vida que habitan en este ecosistema artificial. A continuación describiremos los principales factores que intervienen.

2.2.1.1. Climatización del acuario

Según Hagen, M. (2014), los peces son animales de “sangre fría” y mantienen la temperatura de su cuerpo igual a la del medio ambiente. Por esta razón es extremadamente importante mantener la temperatura constante. Los cambios repentinos pueden causar estrés y llevar a enfermedades. Por lo que se recomienda verificar la temperatura diariamente.⁵

A. Temperatura

Arias, S. (1972) señala: La temperatura regula el proceso metabólico del pez, pudiendo establecerse que cuanto mayor sea la temperatura del cuerpo, más elevado será el régimen metabólico y más hambriento estará el pez.

Los peces están adaptados a las variaciones de temperatura en su medio natural, pero dentro de ciertos rangos. Con esto se quiere decir que no deben permitirse cambios bruscos, pues en este caso podrían producirse resfríos, y afecciones de la vejiga natatoria, con trastornos de equilibrio. Una variación de 3 °C hacia abajo puede producir un serio “shock”, enfriamiento y enfermedades. Así, un cambio lento no debe ser mayor a 3 °C por hora pero no pasando nunca de 3 °C hacia abajo y 4 °C hacia arriba. Un pez joven es menos sensible que los adultos a los cambios bruscos de temperatura. Las fluctuaciones del día a la noche no deben ser superiores a 3 ó 4 °C.⁶

⁵ Guía Básica de Acuarios (pág. 19)

⁶ Usted y el Acuario (pág. 36)

B. Calentador

Arias, S(1972) nos dice acerca del calentador lo siguiente: Dispositivo electrónico que permite controlar el aumento de temperatura en el acuario, el cual debe actuar sobre todo el volumen del líquido, por lo tanto, debe abandonarse la difundida costumbre de disponer el artefacto en la parte superior. Por el contrario, cuanto más cerca del fondo esté el calentador, mejor se calentará la masa total de agua, debido al líquido caliente, siendo menos denso que el frío, tendrá a ascender, produciendo al mismo tiempo corriente en el interior del acuario. Pero colocar el calentador en la parte inferior, no significa apoyarlo sobre el fondo, puesto a que con el tiempo se cubrirá con un sedimento calcáreo, el que actuará de material aislante térmico. Una buena idea consiste en disponer el calentador cerca de la salida de un aireador; en esa forma el calor se propagará rápidamente al resto del acuario, conducido por la corriente de aire impulsado.⁷

C. Enfriador

Un enfriador de agua o *water chiller* es un caso de máquina frigorífica cuyo cometido es enfriar un medio líquido, generalmente agua.

Es indispensable si se quiere climatizar el acuario a temperaturas menores que la temperatura ambiente, se utilizan mayormente en acuarios marinos.

En el mercado se pueden encontrar 3 tipos de enfriadores: a) enfriador de ventiladores o disipadores de calor, b) enfriador de gas refrigerante, y c) enfriador de cámara cerrada; los cuales se muestran en la Figura 01.

⁷ Usted y el Acuario (pág. 37)



Figura 1. Tipos de Enfriadores

Fuente: Acuarios y Estanques Acuática, 2014

2.2.1.2. Iluminación

Según el Foro Acuariofilia Madrid (2013), a la hora de montar un acuario plantado debemos tener en cuenta un factor fundamental junto con los abonados y el CO₂, este factor es la iluminación.

Llegado el momento de elegir como iluminar nuestro acuario, nos encontramos con que actualmente existen diferentes opciones para hacerlo y no sabemos por cual inclinarnos. A lo largo de este artículo vamos a intentar elaborar una revisión de los diferentes tipos de iluminación que podemos encontrar en el mercado y que mejor se adaptan a los acuarios plantados.

A. Algunos conceptos de iluminación

• Calidad

➤ CRI O IRC

Índice de Reproducción Cromática; es la capacidad que tiene una lámpara de reflejar los colores como si fueran vistos con luz natural. En las lámparas viene representado con un número desde el 0 hasta el 9, siendo las lámparas con un CRI de 8 las más habituales en el mercado. En la mayoría de las bombillas compactas o bombillas LED, el IRC no viene especificado aunque sabemos que algunos LED tienen índices cromáticos superiores a 9.

➤ Temperatura de color

Hace referencia al color que emite un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada. Se expresa en grados kelvin (°K). En los acuarios plantados se viene recomendando temperaturas de color

en torno a los 6500°K, pero como veremos más adelante no es un factor que determine la calidad de la luz, simplemente su color. En los tubos viene representado por las dos cifras que acompañan al IRC. Tanto en las bombillas compactas como en las de LED la temperatura de color suele venir especificada. En LEDs de alta intensidad deberemos preguntar al vendedor la temperatura de color de dichos LED. Las temperaturas más habituales en las diferentes tipos de iluminación son 2700°K, 4000°K y 6500°K.

➤ Espectro electromagnético

Sería la radiación electromagnética que emite o absorbe sustancia. El ojo humano percibe el espectro que va de los 400-700nm. Este va a ser el aspecto más importante a tener en cuenta al montar nuestro sistema de iluminación, ya que de él dependerá que las plantas se desarrollen correctamente. Por su parte, los vegetales absorben principalmente el espectro de los dos extremos, el de los tonos rojos, 600-680nm y el de los azules, 430-450nm. El espectro visible al ojo humano (verde-amarillo) es casi despreciado por las plantas. En la Figura 2 se muestra el espectro electromagnético.

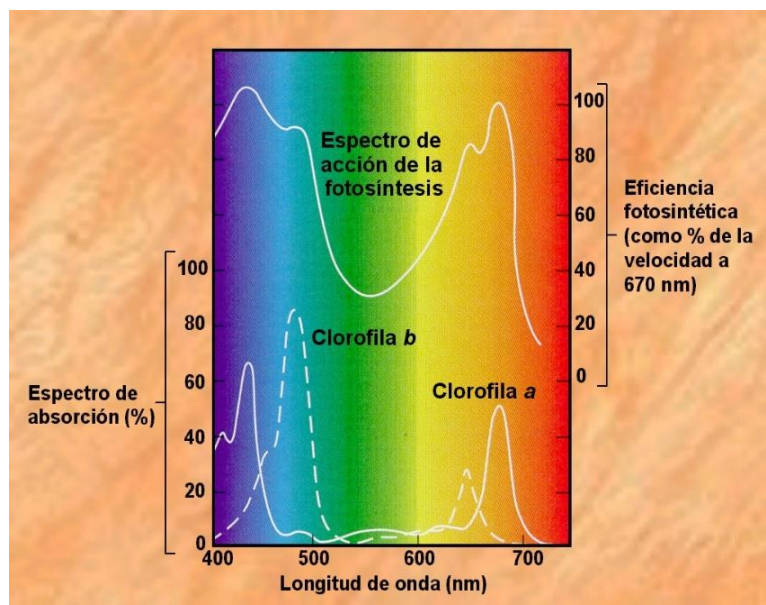


Figura 2. Espectro Electromagnético

Fuente: Acuariofilia Madrid, 2013

- **Cantidad**

- **Lumen**

Es la unidad de medida que se utiliza para determinar la cantidad de luz que emite un objeto. Actualmente es más correcto hablar de lumen/litro en lugar de la relación w/l, debido a la eficiencia de los nuevos tipos de lámparas, las cuales son capaces de emitir más lúmenes en menos vatios. En función del tipo de plantado que queramos vamos a necesitar una cantidad de lúmenes por litro.

- Acuario low tech, iluminación baja: 15-30 lúmenes/litro.
 - Acuario med tech, iluminación media: 50 lúmenes/litro.
 - Acuario high tech, iluminación alta-muy alta: 70-100 lúmenes/litro.

- **Lux**

Mediante el lux, se va a determinar la cantidad de luz que llega a un punto o superficie concreta. Es importante diferenciar lumen de lux, ya que no es lo mismo la cantidad de lúmenes que sale de una lámpara que la cantidad de luz que en este caso recibiría el fondo de nuestro acuario. Cuando hablamos de LUX hablamos de lúmenes/m².⁸

B. Tipos de iluminación

La web Acuario Plantado muestra tres tipos de iluminación:

- **Fluorescencia**

- **Tipos de fluorescencia**

- **Tubos T8:** Los más antiguos, son de un diámetro mayor. Poco eficientes y poca capacidad de penetración en la columna de agua.
 - **Tubos T5:** Tubos más finos que los T8. Son capaces de sacar mayor luminosidad con menor potencia, es decir, son más eficientes. Su luz penetra mejor en la columna de agua.

⁸<http://acuariofiliamadrid.org/Thread-Como-iluminar-un-Acuario-Plantado>

- **Tubos PL – L:** Básicamente son tubos T5 doblados, por lo que en la misma longitud consiguen mucha más luminosidad. Muy utilizados para aumentar la iluminación de forma casera.

➤ **Niveles de intensidad**

- Para este tipo de iluminación comúnmente se han medido los niveles de intensidad de vatios por cada litro de agua de acuario.
- Iluminación baja: Entre 0 y 0,3 vatios/litro
- Iluminación media: Entre 0,3 y 0,7 vatios/litro
- Iluminación alta: Entre 0,7 y 1 vatios/litro
- Iluminación muy alta: Más de 1 watio/litro

● **Iluminación LED**

La iluminación LED lleva ya varios años en el mercado, pero hasta hace poco no se había utilizado en los acuarios plantados. La razón es que los diodos LED no emitían la suficiente intensidad para atravesar la columna de agua, y la calidad de la luz que emitían no era la más adecuada para el crecimiento de las plantas.

Actualmente ya existen equipos diseñados específicamente para este tipo de acuarios, con una intensidad y capacidad de profundización ideal para fomentar el crecimiento de las plantas acuáticas. Como este tipo de iluminación es diferente a la fluorescencia, se redefinen los niveles de intensidad:

➤ **Niveles de intensidad**

- Para este tipo de iluminación se gradúan los niveles de intensidad dependiendo de los lúmenes por cada litro de agua del acuario.
- Iluminación baja: Entre 0 y 15 lúmenes/litro
- Iluminación media: Entre 15 y 25 lúmenes/litro
- Iluminación alta: Entre 25 y 35 lúmenes/litro
- Iluminación muy alta: Más de 35 lúmenes/litro

La diferencia entre un tipo de iluminación y otra es el consumo eléctrico que tienen para generar la iluminación. Los LEDS son muchísimo más eficientes que los tubos fluorescentes, por lo que

consiguen la misma potencia lumínica consumiendo mucha menos potencia eléctrica. Además emiten en una única dirección (Angulo de incidencia), por lo que no se pierde tanta luz y no necesitan reflectores. El problema es que su coste es mayor, requiriendo una inversión inicial mayor, pero sus altos valores de rendimiento y su larga vida útil hace que sean una inversión segura, amortizando rápidamente ese coste inicial mayor.

- **Vapor de mercurio**

Son recomendables solamente para acuarios de grandes dimensiones, con alturas de 50 cm o mayores. Igual que las fluorescentes, las de mercurio son lámparas que necesitan reactancias para su funcionamiento. Si bien su costo es alto, solamente pierden un 20% de su rendimiento después de 12 meses de uso. Deben ser alojadas en reflectores tipo "spot" suspendidas a 20 cm. de altura sobre el nivel del agua, debiendo ser modificada la altura en más o en menos según sea la respuesta de las plantas.⁹

2.2.1.3. Potencial de hidrógeno en el agua (pH)

Para Mariani, M. (2003). Para mantener el equilibrio en el acuario es indispensable tener bajo control algunos parámetros químicos. El análisis y la comparación de las aguas existentes en la naturaleza demuestran que en ellas se disuelven sales y gases muy diferentes entre sí en calidad y cantidad. Tales diferencias permiten subdividirlas en primer lugar en aguas dulces y marinas, así como distinguir varias categorías en el ámbito de estos dos grupos principales.

Con el valor pH se indica si una sustancia es ácida, neutra o alcalina. La escala del pH va de 0 a 14; pH 7 es el punto neutro, entre 0 y 6,9 se encuentran los valores ácidos y entre 7,1 y 14 los alcalinos o básicos. Este valor también se puede medir fácilmente con indicadores líquidos especiales para acuario. En el agua dulce, el pH debe oscilar normalmente entre 6,5 y 7,5. Sin embargo, para la reproducción de ciertos peces y la cría de peces de aguas blandas a menudo se necesitan

⁹ <http://www.acuarioplantado.com/content/11-la-iluminacion>

valores más ácidos. En el acuario marino, el valor de pH debe situarse entre 8,2 y 8,4. En todo caso, es muy importante que el valor pH sea lo más constante posible y para ello hay que tener presente la estrecha relación que existe entre dureza del agua, anhídrido carbónico y pH.

Hablando de anhídrido carbónico, o más precisamente de CO₂, hay que distinguir entre el acuario de agua dulce y el acuario marino. El anhídrido carbónico es un ácido presente siempre en el aire y, además, producido en todo acuario – entre otros – por peces, bacterias y microorganismos. Este ácido altera el pH, haciéndolo disminuir hacia valores ácidos si antes no se consume o se expulsa. En el acuario de agua dulce, las plantas son grandes consumidoras de anhídrido carbónico.¹⁰

2.2.1.4. Filtración

Según Mariani, M. (2003). El filtrado tiene la misión de mantener el equilibrio ecológico en el interior del acuario, operación que en el ambiente natural efectúan los microorganismos descomponedores, que transforman las sustancias orgánicas desechables en sustancias inorgánicas simples. En el interior del acuario, sin embargo, el sistema no es equilibrado ya que la densidad de población de los peces es más alta que en un volumen equivalente de agua en condiciones naturales. Una pecera puede por tanto parecer limpia y sin embargo esconder altas concentraciones de amoníaco o nitritos, que deben ser forzosamente eliminados haciendo pasar el agua a través de uno o varios materiales filtrantes. Existen tres tipos de filtrado, mecánico, químico y biológico, y los sistemas usados comúnmente en acuarios suelen ser una combinación de al menos dos de ellos.¹¹

¹⁰ El Gran Libro de los Peces de Acuario (pág. 19 - 20)

¹¹ El Gran Libro de los Peces de Acuario (pág. 4)

Para Breitenstein, A. (2012) existen dos tipos de filtrado:

A. Filtrado biológico

También llamado de fondo, está formado por unas placas de plástico neutro que presentan en superficie unas estrías para que el agua pueda circular libremente a través de la capa de arena o de grava. Una o dos “chimeneas”, a modo de ventilador aspirador, formadas por un tubo de plástico y un difusor, conducen el agua limpia a la superficie.

B. Filtrado mecánico

El filtrado mecánico, a veces muy potente, emplea bombas de circulación de agua disponibles en todos los comercios de material de acuariofilia. Su funcionamiento es muy sencillo: un motor eléctrico provisto de una turbina de vasos comunicantes, al mismo tiempo que expulsa el agua libre de impurezas hacia la parte superior del acuario.¹²

2.3. Fundamentación teórica

2.3.1. Sistema de control

Antes de definir lo que es un sistema de control se debe definir ciertos términos básicos.

2.3.1.1. Sistema

Según Ogata, K (2010), un sistema es una combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado. Un sistema no necesariamente es físico. El concepto de sistema se aplica a fenómenos abstractos y dinámicos, tales como los que se encuentran en la economía. Por tanto, la palabra sistema debe interpretarse como una implicación de sistemas físicos, biológicos, económicos y similares.¹³

2.3.1.2. Variable controlada

Para Acedo, J. (2006) es la característica de calidad o cantidad que se mide y controla. La variable controlada es una condición o característica

¹² Atlas Ilustrado del Acuario (pág. 216)

¹³ Ingeniería de Control Moderna (pág. 3)

del medio controlado, entendiendo por tal la materia o energía sobre la cual se encuentra esta variable.¹⁴

2.3.1.3. Variable manipulada

Acedo, J (2006) dice que es la cantidad o condición de materia o energía que se modifica por el controlador automático para que el valor de la variable controlada resulte afectado en la proporción debida. La variable manipulada es una condición o característica de la materia o energía que entra al proceso.¹⁵

2.3.1.4. Perturbación

Según Ogata, K (2010), una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema y es una entrada.¹⁶

2.3.1.5. Sistema de control de lazo cerrado

Para Ogata, K (2010): Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador con la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la señal de salida misma o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema.¹⁷

¹⁴ Instrumentación y Control Avanzado de Procesos (pág. 159)

¹⁵ Instrumentación y Control Avanzado de Procesos (pág. 159)

¹⁶ Ingeniería de Control Moderna (pág. 3)

¹⁷ Ingeniería de Control Moderna (pág. 7)

2.3.1.6. Sistema de control de lazo abierto

Sobre este punto Ogata, K (2010) nos dice: Los sistemas en los cuales la salida no afecta la acción de control se denominan sistema de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada.

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Así, a cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fija; como resultado de ello, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbación internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado.¹⁸

2.3.1.7. Sistema de control automático

Según Acedo, J (2006), un sistema de control automático mide una variable y actúa de una forma determinada para que esa variable se mantenga en un valor deseado o de referencia. Un sistema de control no automático, al actuar en lazo abierto, puede hacer cambiar el valor de la variable pero no llevarla al valor de referencia. Cuando un controlador automático detecta que la variable no está en el punto deseado, aplica una corrección al proceso. Mide de nuevo el efecto producido por esa primera corrección y aplica una segunda corrección, y así sucesivamente. Realmente, las correcciones y mediciones no se aplican por etapas o pasos, sino que un controlador está midiendo y corrigiendo continuamente.¹⁹

¹⁸ Ingeniería de Control Moderna (pág. 8)

¹⁹ Instrumentación y Control Avanzado de Procesos (pág. 159)

2.3.2. Sensor

Para Acedo, J. (2006), es la parte del sistema de medición que transforma energía del medio controlado para producir un efecto como respuesta a cualquier cambio en el valor de la variable controlada.²⁰

2.3.2.1. Sensor de temperatura

Para Gastaldi, O (2004), cada proceso en la industria debe ser controlado de alguna manera, y esta necesidad en su gran mayoría se basa en la medición de la temperatura. Se dispone de una gran variedad de sensores de temperatura. A fin de seleccionar el mejor para cada aplicación, se deben tener en cuenta varios factores: Temperatura máxima, rango de temperatura a medir, exactitud, velocidad de respuesta, requerimiento de mantenimiento. Estos factores serán analizados a continuación en relación con los sensores de uso más frecuente en las industrias de procesos, Termocuplas, Termorresistencias y Termistores.

A. Termocuplas

Una termocupla es un transductor de temperatura, constituido por dos conductores (alambres) que desarrollan una f.e.m. que es función de la diferencia de temperatura entre sus uniones, una caliente ubicada en el lugar a medir temperatura, y una fría tomada como referencia.

Las termocuplas se fabrican con metales puros o sus aleaciones, y se usan para medir temperaturas que van desde los aproximadamente 80 grados hasta aproximadamente los 1800 grados centígrados, con termocuplas estándares, con aleaciones especiales pueden llegarse a temperaturas superiores a los 3000 grados centígrados.

Efecto Peltier: Dos conductores de diferente composición, a la misma temperatura tienen diferentes densidades de portadores de cargas libres, por lo tanto cuando estos conductores se ponen en contacto entre sí por medio de una unión rígida (soldadura), a través de esta unión hay una difusión de electrones desde el conductor de mayor densidad. Cuando esto sucede el conductor que entrega electrones adquiere una polaridad

²⁰ Instrumentación y Control Avanzado de Procesos (pág. 160)

positiva con respecto al otro, este voltaje es función de la temperatura de la unión desde 10 a 50 microvoltios por grado centígrado.

B. Termorresistencias

La termorresistencia trabaja según el principio de que en la medida que varía la temperatura su resistencia varía, y la magnitud de la modificación puede relacionarse con la variación de la temperatura, el valor de la resistencia aumenta con el aumento de la temperatura.

Las termorresistencias de uso más común se fabrican de alambres finos soportados por un material aislante y luego encapsulado. El elemento encapsulado se inserta luego en una vaina o tubo metálico cerrado en uno de sus extremos, que se llenara de un polvo aislante y se lo sella con cemento para impedir el paso de la humedad.

La termorresistencia industrial de alambre de platino más ampliamente utilizada se calibra con una resistencia de 100 ohms a 0 ° C.

Las termorresistencias de platino estándar fabricada comercialmente resultan adecuada para mediciones de rangos de temperatura desde -250°C hasta los 850°C, las tolerancia de fabricación según IEC 571.

Para la termorresistencia de platino de 100 ohms a 0°C, la variación de la resistencia promedio para variación de temperatura de 1°C es de 0,385 ohms, un circuito de medición con una fuente de corriente de 1mA registra 38.5 mV para cada 100°C de variación de temperatura.

C. Termistores

Compuestos de una mezcla sinterizada de óxidos metálicos, el termistor esencialmente un semiconductor que se comporta como un resistor térmico, con un coeficiente de temperatura negativo de un valor muy elevado.

Los termistores también pueden encontrarse en el mercado con la denominación de NTC (Coeficiente Negativo de Temperatura), habiendo casos especiales de coeficiente positivo de temperatura, cuando su resistencia aumenta a medida que aumenta la temperatura y se los denomina PTC (Coeficiente Positivo de Temperatura).

En algunos casos, la resistencia del termistor a la temperatura ambiente puede disminuir en hasta un 6 % por cada 1 ° C. de aumento de temperatura.

Esta elevada sensibilidad a las variaciones de temperatura hace que el termistor resulte muy adecuado para mediciones precisas de temperatura, utilizándose muy ampliamente para aplicaciones de control y compensación en el rango de 150 a 450 ° C.

El termistor se fabrica a partir de una mezcla de óxidos metálicos sintetizados. Los metales utilizados son el níquel, cobalto, manganeso, hierro, cobre, magnesio y titanio, como típicas se pueden considerar las preparaciones de óxido de manganeso con cobre y óxido de níquel con cobre. Modificando las proporciones de óxido se puede variar la resistencia básica del termistor; se dispone de termistores con resistencias básicas a 25 ° C. desde unos pocos cientos de ohms hasta varios millones de ohms.

En comparación con las termocuplas y las termorresistencia, el termistor no ofrece ventajas de exactitud de salida y estabilidad. Posiblemente una ventaja importante está la extremadamente elevada sensibilidad del termistor a las variaciones de la temperatura.

Los termistores NTC poseen elevada resistencia a baja temperatura, pero su resistencia disminuye exponencialmente medida que crece la temperatura. Por el contrario las resistencias de los metales como ser platino, níquel, cobre aumentan linealmente con la temperatura.

Los termistores no sirven para la medición de temperaturas dentro de alcances muy amplios, puestos que sus variaciones de resistencia son demasiado grandes para que puedan medirse de una manera adecuada, con un solo instrumento; alcances de alrededor de 100 kilo ohms suelen ser lo máximo admisible.

Los termistores resultan particularmente útiles para medir alcances reducidos de temperatura justamente a causa de sus grandes variaciones de resistencia, por ejemplo la resistencia de un termistor típico varía 156 ohms de 0 ° C a 1 ° C. mientras que la del platino varía 0,385 ohms.

La elevada resistencia de los termistores no solo hace aumentar la sensibilidad posibilitando la medición de alcances reducidos de

temperatura sino también permite la conexión bifilar. La resistencia del alambre de conexión y los efectos de la temperatura ambiente son despreciables si se los compara con las existencias del termistor y sus variaciones de resistencia.²¹

2.3.2.2. Sensor de caudal

Para Torres, S (2013), se tienen los siguientes tipos de caudalímetros:

A. Elementos deprimógenos

Placa Orificio, Tobera, Venturi, Cuña, Codo, Pitot, Pitot promediante, es un grupo de caudalímetros basado en la ecuación de Bernoulli que establece que la suma de energía cinética más la energía potencial de altura más la energía potencial debido a la presión que tiene un fluido permanece constante. De ahí se puede deducir que frente a un aumento de velocidad, por ejemplo al pasar por una restricción en la cañería, se producirá una disminución en la presión. Se puede establecer una relación entre la velocidad circulante y la diferencia de presión que se produce. Esta diferencia de presión se puede medir y de ahí determinar la velocidad. Multiplicando esa velocidad por el área de la cañería obtendremos el caudal volumétrico.

B. Caudalímetro Electromagnético

Los caudalímetros electromagnéticos están basados en la Ley de Faraday, de la cual se deduce que en un conductor en movimiento en un campo magnético constante se inducirá un voltaje. Este voltaje será proporcional a la velocidad de movimiento del conductor y a su longitud. Este fenómeno se reproduce en un caudalímetro electromagnético, que consta de bobinas que crean el campo magnético, un conductor que lo atraviesa (el fluido en movimiento) sobre el cual se induce la diferencia de potencial, y los electrodos que miden esta diferencia de potencial. Esta será proporcional a la velocidad del fluido, con lo que el caudal se determina sencillamente multiplicando esta velocidad por la sección de

²¹ Elementos y Equipos Eléctricos (pág. 142, 154, 160)

la cañería. Estos caudalímetros requieren que el líquido a medir tenga un mínimo de conductividad. En la Figura 3 se observa el funcionamiento del caudalímetro electromagnético.

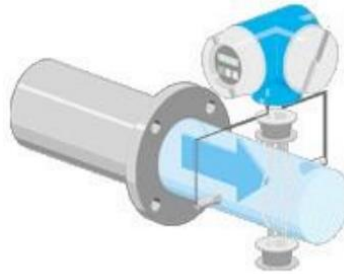


Figura 3. Caudalímetro Electromagnético

Fuente: El ABC de la Automatización, 2013

C. Turbina

Los medidores de tipo turbina se basan en el uso de piezas rotantes que son impulsadas por el flujo del fluido, (tales como hélices empujadas por el fluido) y giran a una velocidad proporcional al caudal del fluido circulante. Los caudalímetros a turbina no son aptos para medir productos viscosos ni con arrastre de sólidos.

D. Medidores de caudal por Ultrasonido

Los caudalímetros por ultrasonido están basados en la propagación de ondas de sonido en un fluido. Existen dos principios básicos para esta medición: Tiempo de Tránsito y Efecto Doppler. En los caudalímetros por tiempo de tránsito, la velocidad de flujo se determina por la diferencia entre la velocidad de propagación de una onda de sonido a favor y otra en contra del flujo. Los elementos emisores y receptores pueden instalarse por fuera de la tubería sostenidos por abrazaderas. El instrumento de efecto doppler tiene un generador de ultrasonido que emite ondas. Si en el seno del líquido existen partículas o burbujas de gas, estas ondas chocan con ellas provocándose una reflexión de las ondas, un eco. Cuando esto ocurre el eco devuelto tiene una frecuencia igual si el líquido está quieto o distinta que la enviada si está en movimiento. Esta nueva frecuencia depende de la velocidad de la

partícula productora del eco, por lo que midiendo el corrimiento de frecuencia se puede determinar la velocidad del fluido y por lo tanto el caudal instantáneo. En la Figura 4 se muestra el funcionamiento de los medidores de caudal por ultrasonido.

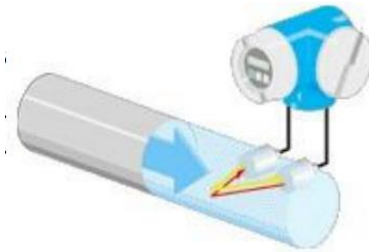


Figura 4. Caudalímetro por Ultrasonido

Fuente: El ABC de la Automatización, 2013

E. Caudalímetros de Desplazamiento Positivo

En este tipo de instrumento se llenan cámaras de tamaño conocido y son volcadas aguas abajo. Contando el número de cámaras llenadas en un determinado tiempo se obtiene el caudal. Como ejemplos de este tipo de medidores encontramos a los de engranajes, lóbulos y paletas deslizantes.

F. Vortex

De acuerdo al principio de Von Karman, si en una cañería ponemos una obstrucción y medimos la frecuencia a la que se desprenden los remolinos o vórtices podemos determinar la velocidad y en consecuencia el caudal. Los caudalímetros Vortex constan básicamente de un obstáculo que se opone al avance de un fluido, un sensor que determina la frecuencia de desprendimiento de los vórtices, y una electrónica que da una señal en pulsos o convierte esta frecuencia en una señal normalizada. En la Figura 5 se observa el caudalímetro Vortex.

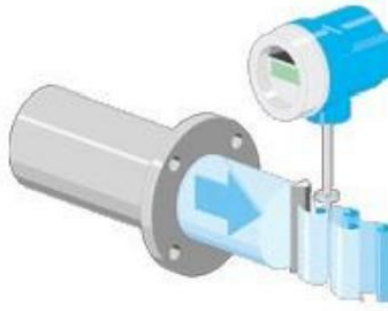


Figura 5. Caudalímetro Vortex

Fuente: El ABC de la Automatización (2013)

G. Rotámetros

El rotámetro es un instrumento generalmente de indicación local que consiste en un elemento llamado flotante que se encuentra en un tubo cónico (en la entrada inferior el área es menor que en la salida). El flotador es arrastrado al ir aumentando el caudal y se equilibra en un punto. A cada caudal corresponde un punto de equilibrio, por lo que se puede graduar el rotámetro directamente en caudal.

H. Medición en canal abierto

La medición de caudal en canal abierto es ampliamente utilizada en muchas industrias, en particular en la medición de efluentes industriales y domiciliarios. Son típicamente utilizados para flujo por gravedad, con el líquido expuesto a la atmósfera, llenando parcialmente el canal. Para medir el caudal, se estrecha la sección transversal del canal, acelerando la circulación y variando la altura del líquido. Los componentes típicos de un sistema incluyen: elemento primario (vertedero, canaleta o canal venturi) que por medio de un estrechamiento acelera el flujo, sensor de nivel, por ejemplo por ultrasonido y transmisor.

I. Caudalímetros másicos

Los caudalímetros másicos miden la masa que circula por unidad de tiempo. Los tipos más usados de caudalímetros másicos son por principio Coriolis y Másicos Térmicos. El efecto Coriolis es un fenómeno que se produce cuando un objeto se mueve en forma radial sobre un disco en

rotación. A medida que un cuerpo de masa “m” se mueve sobre un disco que gira desde el centro hacia el borde en forma radial, va incrementando su velocidad tangencial. Eso implica que existe una aceleración que produce sobre la masa una fuerza conocida como Fuerza de Coriolis. El caudalímetro Coriolis consta de uno o dos tubos que vibran en el que se producen fuerzas de distinto sentido que producen una deformación que es proporcional al flujo másico. Los caudalímetros por efecto Coriolis dan una medición directa de masa y densidad, no requieren tramos rectos en su instalación, no tienen requerimientos especiales de conductividad ni viscosidad de líquidos y aceptan cantidades importantes de sólidos en suspensión. Los caudalímetros Másicos Térmicos se basan en la dispersión del calor generado por el flujo de corriente eléctrica a través de una resistencia. La cantidad de calor absorbida por un fluido depende de su flujo másico. Para medir se coloca una resistencia inmersa en el seno del fluido y se le hace circular una corriente eléctrica, esto produce calor. Si no hay circulación de fluido hay una determinada dispersión, que hace que la resistencia alcance una determinada temperatura. Si el fluido empieza a circular el calor es más dispersado por el flujo del medio en cuestión, enfriando la resistencia. Una segunda RTD da la temperatura de referencia del fluido. La diferencia de temperatura es un indicador de cuánto flujo másico está circulando. El caudalímetro másico se observa en la Figura 6.²²

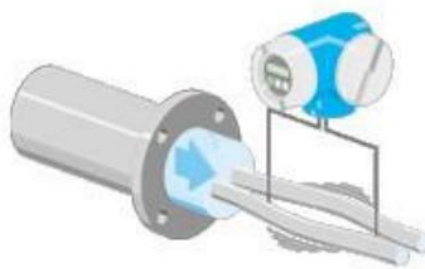


Figura 6. Caudalímetro Másico

Fuente: El ABC de la Automatización (2013)

²² El ABC de la Automatización – Sensores de Flujo

2.3.2.3. Sensor de pH

Para Loayza, J (2015), en la mayoría de los procesos industriales es muy importante el control de los niveles de pH que presenten los productos que son elaborados o las soluciones que serán utilizadas para alguna parte del proceso. Su medición se emplea normalmente como indicador de calidad, es por ello que su regulación es muy importante. Encontramos su uso frecuente en plantas que realizan tratamiento de aguas residuales (neutralización) antes de retirarla de la planta, en industrias alimentarias para las bebidas gaseosas, cervezas, yogurt, embutidos, alimentos, salsas, mermeladas, en la industria farmacéutica, para jarabes y medicamentos, en la industria cosmética, para controlar el nivel de pH de los productos que tendrán contacto con la piel, entre otros.

En la actualidad hay muchas industrias que realizan un control manual de pH, que resta eficiencia y productividad a la planta. Hay que tener en cuenta que un valor distinto de la consigna puede causar acidez de la solución o activación de bacterias (para el caso de la industria cervecera) y por ello es necesario que se trabaje con rechazo a disturbios, y así evitar variaciones en las consignas buscadas en el proceso.

A. Métodos de Medición

El pH de una solución puede medirse de distintas maneras y usando distintos instrumentos. Entre ellos encontramos:

- **Papel indicador:** También conocido como papel tornasol, es el método más barato e inexacto respecto a los demás. El papel está impregnado con indicador universal que al ser introducido en la solución a analizar, toma un color diferente que luego debe compararse con un diagrama de colores para obtener el valor aproximado de pH de la solución. El más conocido es el papel tornasol o papel de litmus.
- **Uso de sustancias químicas:** Estas sustancias adquieren un color distinto a cada valor diferente de pH. Es por ello que estas sustancias se agregan a las soluciones de pH desconocido para luego compararlas con soluciones estándar de pH conocido que también han sido afectadas por este indicador químico. Se usan frecuentemente el naranja de metilo y la fenolftaleína.

- **pH-metro:** Es un sensor que realiza internamente una medida de la diferencia de potencial entre dos electrodos, uno de referencia (generalmente 7) y otro de medida (externo). Por lo tanto, se tiene un preciso valor de diferencia de potencial y con un amplificador se puede obtener la medida exacta del valor de pH de una solución.²³

2.3.3. Controlador

Existen varias alternativas para elegir los dispositivos electrónicos encargados de realizar algoritmos de supervisión y control de parámetros, pero en este proyecto se trabajará con la plataforma Arduino para realizar la automatización del acuario.

2.3.3.1. Peripheral Interface Controller (PIC)

Este controlador es el más económico del mercado, el inconveniente del uso del PIC es la poca robustez para el manejo de corriente, es decir solo soporta corrientes del orden de los miliamperios (mA). También se debe acondicionar una tarjeta de comunicación para enlazar el PIC con una PC.

2.3.3.2. Distributed Control System (DCS)

Sistema de control distribuido en español, la gran desventaja de este controlador es el precio, debido a que es un dispositivo más completo y de mayor velocidad de respuesta.

2.3.3.3. Programmable Logic Control (PLC)

Tiene el funcionamiento principal similar al microcontrolador con la diferencia que es el más usado en el campo de la industria debido a su robustez y su facilidad de comunicación con la PC o cualquier otro instrumento electrónico.

²³ Métodos de medición de pH en forma farmacéutica (pág. 6)

2.3.3.4. Arduino

A. Hardware

Al ser Arduino una plataforma de hardware libre tanto su diseño como su distribución puede utilizarse libremente para el desarrollo de cualquier tipo de proyecto sin haber adquirido ninguna licencia. Por eso existen varios tipos de placa oficiales, las creadas por la comunidad Arduino o las no oficiales creadas por terceros pero con características similares. En la placa Arduino es donde conectaremos los sensores, actuadores y otros elementos necesarios para comunicarnos con el sistema.

B. Software

La plataforma Arduino tiene un lenguaje propio que está basado en C/C++ y por ello soporta las funciones del estándar C y algunas de C++. Sin embargo, es posible utilizar otros lenguajes de programación y aplicaciones populares en Arduino como Java, Processing, Python, Mathematica, Matlab, Perl, Visual Basic, etc. Esto es posible a que Arduino se comunica mediante la transmisión de datos en formato serie que es algo que la mayoría de los lenguajes anteriormente citados soportan. Para los que no soportan el formato serie de forma nativa, es posible utilizar software intermediario que traduzca los mensajes enviados por ambas partes para permitir una comunicación fluida.

El entorno de desarrollo de Arduino es sencillo e intuitivo además puede descargarse gratuitamente desde su página oficial para distintos sistemas operativos. Ha sido implementado con Processing, un lenguaje similar a Java. Su última versión es la 1.6.5. Está formado por una serie de menús, una barra de herramientas con botones para las funciones comunes, un editor de texto donde escribiremos el código, un área de mensajes y una consola de texto.

C. Tipos

Contamos con placas Arduino que pueden ajustarse a los requerimientos necesarios para la construcción de un proyecto, entre los más importantes tenemos: Arduino NANO, UNO, LEONARDO, DUE, MEGA 2560, YÚN.

2.3.4. Actuador

Según Acedo, J. (2006) un actuador es la parte del sistema de control que modifica directamente el valor de la variable manipulada. El actuador es el elemento final del control.²⁴

2.3.4.1. Calentador

Para la elección del calentador se calcula a razón de 1 watt por litro de agua. El sistema de calentamiento está provisto generalmente de un termostato que regulado, permitirá mantener constante la temperatura del líquido en el acuario a los valores deseados.

2.3.5. Software de simulación

La simulación es una técnica experimental de resolución de problemas lenta e iterativa. Y se debe usar cuando:

- No exista un sistema real, sea caro o peligroso o sea imposible construir y manipular un prototipo.
- Exista la necesidad de estudiar el pasado, presente y futuro de un sistema en tiempo real, expandido o contraído.

Para este propósito se hace uso de dos software muy importantes que serán explicados a continuación:

2.3.5.1. Proteus Professional V8.1 SP1

En la página web de Intercambios Virtuales, se detalla las características principales de Proteus:

Con Proteus se puede realizar circuitos impresos con la mayor calidad. Si trabaja en el desarrollo de algún producto electrónico, esta aplicación será de gran ayuda. Junto a ella diseñará y simulará PCB (Printed Circuit Board) con las mejores herramientas y en un entorno completamente funcional.

Antes que nada, se debe saber que Proteus sigue los reglamentos industriales estrictamente, con lo que los trabajos que efectúe serán legítimos y seguros. A modo de ejemplo, el programa opera con

²⁴ Instrumentación y Control Avanzado de Procesos (pág. 160)

distancias estandarizadas entre los puntos de circuitos integrados, y lo mismo se aplica a las dimensiones de los componentes y factores similares.

Por otra parte, este software está conformado por dos dispositivos principales: ISIS y ARES. El primero de ellos será el encargado de la generación de circuitos reales. Una ventaja que ofrecerá esta herramienta es la de evaluar el funcionamiento del trabajo en un PCB. De ese modo prevendrás errores y corregirás fallas. En cuanto a ARES, su función consistirá en enrutar, situar y editar los diferentes componentes que se usan en la fabricación de placas PCB. En este sentido, convertirá su diseño de modo que pueda ser aplicado en cada pieza de un circuito impreso. Además, dispondrás de un calificado espacio de simulación generado con la mejor tecnología. En concreto, contará con los beneficios y potencial de VSM, a cargo de la modelación de sistemas virtuales.

Por su parte, Proteus pondrá a su servicio una interfaz clara y funcional, provista de todas las funciones necesarias para la diagramación gráfica de circuitos. Entre otras posibilidades, tendrás ocasión de poner a prueba cada pieza que elabores, lo cual aumentará la calidad de sus desarrollos.²⁵

Proteus cuenta con una versión DEMO que se puede descargar de la página web del fabricante, cuyo enlace de descarga es el siguiente:

http://www.labcenter.com/download/prodemo_download.cfm#professional.

2.3.5.2. Virtual Serial Port Driver

Software de distribución libre, Eltima, creador del software nos proporciona la siguiente información:

Virtual serial port driver crea puertos serie virtuales y los conecta en pares a través de un cable virtual. De esta manera las aplicaciones en ambos extremos de la pareja serán capaces de intercambiar datos, de tal manera que todo lo escrito en el primer puerto aparecerá en el segundo y

²⁵<http://www.intercambiosvirtuales.org/software/proteus-professional-v8-0-151417-sp0-suite-profesional-de-simulacion-de-circuitos-electronicos>.

viceversa. Todos los puertos serie virtuales trabajan y se comportan exactamente igual que los reales, emulan todos sus ajustes. Se puede crear tantos pares de puertos virtuales como desee, por lo que no habrá escasez de puertos serie y sin necesidad de hardware adicional haciendo su escritorio.

A. Principales Características:

- **Crea cualquier número de puertos COM virtuales**

Brinda la posibilidad de crear un número ilimitado de puertos serie virtuales. Los puertos creados se encuentran en "puertos" del grupo en el Administrador de dispositivos, lo que significa que van a ser visible y fácilmente reconocible por todo el software y hardware. Usted será capaz de establecer qué aplicación tiene acceso al puerto definido.

- **Emulación de ajustes de puertos**

Los puertos virtuales creados, funcionan exactamente igual que los reales. Estos emulan todos los ajustes reales de los puertos serie y proporcionan estricta emulación de velocidad de transmisión y soporte completo de control HandFlow. Por otra parte, VSPD utiliza una avanzada tecnología de controlador del núcleo de Windows, lo que asegura WDM, WMI, administración de energía, PnP, etc. Virtual Serial Port Driver es totalmente compatible con la API COM y soporta todos los mensajes de Windows.

- **Administrar las líneas de señal**

Los puertos serie virtuales creados emulan controladores y soporte de todas las líneas de señal de hardware estándar (DTR / DSR, RTS / CTS, anillo, ERROR, DCD, etc.). Al igual que en la conexión de módem nulo real DTR del puerto local está conectado a DSR y DCD del puerto remoto, y RTS del puerto local está conectado al CTS del puerto

remoto. Además, se puede elegir pinout de bucle invertido o cree uno personalizado dependiendo de su configuración de hardware.²⁶

2.3.6. Interfaz hombre – máquina (HMI)

La Empresa COPADATA en su página web nos detalla lo siguiente:

2.3.6.1. Definición

Una interfaz de usuario asistida por ordenador, actualmente una interfaz de uso, también conocida como **interfaz hombre-máquina (IHM)**, forma parte del programa informático que se comunica con el usuario. En ISO 9241-110, el término interfaz de usuario se define como "todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo".

2.3.6.2. Clasificación

Pensando sistemáticamente, la interfaz del usuario es una de las interfaces hombre-máquina (HMI): **Hombre ↔ interfaz hombre - máquina ↔ máquina**. Distintas ciencias se dedican a este tema, como TI, la investigación cognitiva y la psicología. El conocimiento básico para un diseño de interfaz que le resulte fácil de utilizar al usuario se recoge en la disciplina científica de la ergonomía. Las áreas de actividad en sí son la ergonomía cognitiva, la ergonomía de sistemas y la ergonomía del software (ingeniería del uso).

2.3.6.3. Operación y Observación

La interfaz del usuario, además de una "**interfaz humano-máquina (HMI)**", también se denomina "**interfaz hombre-máquina (MMI)**" y permite que el operador, en ciertas circunstancias, vaya más allá del manejo de la máquina y observe el estado del equipo e intervenga en el proceso. La información ("comentarios") se proporciona por medio de paneles de control con señales luminosas, campos de visualización o

²⁶ <http://www.eltima.com/products/vspdxp/>

botones, o por medio de software que utiliza un sistema de visualización que se ejecuta en una terminal, por ejemplo, con un interruptor de una lámpara, la información visual se proporciona a partir de la impresión de "luz" y la configuración del interruptor en "encendido" y "oscuridad" con el interruptor "apagado".

2.3.6.4. Facilidad

El éxito de un producto técnico depende de más factores aparte del precio, la fiabilidad y el ciclo de vida; también depende de factores como la capacidad de manipulación y la facilidad de uso para el usuario. Lo ideal sería que una **interfaz hombre-máquina (HMI)** se explicara por sí misma de forma intuitiva, sin necesidad de formación.²⁷

2.3.6.5. Microsoft Visual Studio 2013

En el Foro GENBETA se describe lo siguiente:

Visual Studio 2013 es el IDE de programación por excelencia de la plataforma .NET y, por ende, de las aplicaciones que corren en los dispositivos del ecosistema de Microsoft.

Transciende las necesidades específicas del desarrollo al construir, junto con otros servidores, un completo y complejo sistema integrado de gestión de programación de aplicaciones informáticas.

A. Nacimiento de Visual Studio

En 1992, Microsoft entra en liza en el mercado de las herramientas de desarrollo con el editor de su lenguaje estrella: **Visual Basic**. Este tenía como prioridad el hacer más sencillas las labores de programación, centrándose en un entorno de construcción visual basado en controles que situaban su posición en pantalla por medio de Drag & Drop.

El éxito de este marco de programación fue incrementándose de forma continuada hasta llegar a la versión 6.0 – la más utilizada en su momento, en donde Microsoft dio un potente golpe de timón evolucionando el

²⁷<http://www.copadata.com/es/productos/product-features/interfaz-hombre-maquina-hmi.html>

sistema hacia su nuevo **Framework .NET**, y en donde aparece la primera versión del Visual Studio moderno.

B. El núcleo IDE

Visual Studio 2013 es mucho más que un IDE complejo y completo. Con el pasar de las versiones y el crecimiento en cada una de ellas, se ha convertido en un ecosistema de desarrollo que unifica en una sola herramienta servidores de gestión de Ciclo de Vida, de planes de pruebas, laboratorios de testing, sistemas de integración continua, repositorios de código compartido avanzadas, etc.

Constituyéndose en un conjunto de herramientas que comprende todos y cada uno de los aspectos que están relacionados con la mayoría de los escenarios sobre los que puede realizarse programación de aplicaciones informáticas.

C. Editor de código

El núcleo del IDE de desarrollo, el propio Visual Studio, se erige sobre un editor de código/interfaz que soporta los más variados lenguajes (desde Html5 + JQuery, a C++ para dispositivos embebidos, pasando por Phyton con Django, o XNAL para Windows Phone), proporcionando un completo intellisense predictivo y múltiples herramientas de refactorización y aceleración de la codificación.

D. Análisis del código y las “Buenas Prácticas”

La inclusión de pruebas de rendimiento, y del análisis estático del código, redondean un módulo que orienta al desarrollador hacia las mejores prácticas de codificación y de técnicas avanzadas de programación como el TDD o XP.

E. Test de las aplicaciones

Para cumplir con las extensas necesidades de la programación actual, incluye un completo framework de test unitario y de integración; acompañado por la gestión completa de los planes de prueba por medio del módulo de Test Manager, e incluyendo test exploratorios grabados y

automatizados de las interfaces de usuario, pudiendo ser programados con test CodedUI.

F. Pruebas de carga y rendimiento

También incluye un módulo con entidad propia para realizar el análisis en profundidad de los diagnósticos de prestaciones que cualquier tipo de aplicación desarrollada en .NET.

G. Arquitectura

Módulo orientado a la documentación arquitectónica que nos permite, por ejemplo, modelar en UML toda la estructura del proyecto, incluso generando código desde los diagramas; navegar por la vista de clases; verificar las referencias circulares, etc.

H. Team Explorer

Desde esta ventana podremos gestionar todo el trabajo almacenado en el Team Foundation Server, sea on-premise u online. Gestionar las tareas, el trabajo, explorar el repositorio de código y las operaciones de branching y merge, lanzar y programar las build, etc.

I. Construcción y depuración

Como todos los IDE modernos, permite construir las aplicaciones para todos los dispositivos, plataformas y sistemas operativos soportados; y realizar decenas de operaciones y validaciones de depuración que permitan encontrar los fallos de manera fácil y sencilla; incluso permite añadirse a un proceso abierto en el equipo de desarrollo (o remotamente) para depurar aplicaciones no soportadas por .NET.

J. Herramientas

Como todos los IDE modernos, permite construir las aplicaciones para todos los dispositivos, plataformas y sistemas operativos soportados; y realizar decenas de operaciones y validaciones de depuración que permitan encontrar los fallos de manera fácil y sencilla; incluso permite

añadirse a un proceso abierto en el equipo de desarrollo (o remotamente) para depurar aplicaciones no soportadas por .NET.

K. Tercera parte

Al ser un IDE abierto, extensible y (en gran parte) open source, las herramientas de terceras partes han generado productos de calidad – prácticamente imprescindibles – como *Resharper*, *VS Anywhere*, etc. Que, además, permite utilizar Visual Studio con prácticamente toda la tecnología actual del mercado.²⁸

2.3.7. Acceso remoto

2.3.7.1. Definición

La página web www.definiciones.de nos dice que la idea de acceso remoto se emplea en el terreno de la informática para nombrar a la posibilidad de realizar ciertas tareas en una computadora sin estar físicamente en contacto con el equipo. Esto es posible gracias a programas informáticos que permiten trabajar con la computadora a distancia.

El acceso remoto, por lo tanto, consiste en acceder a una computadora a través de otra diferente. De este modo, las acciones que se llevan a cabo en una computadora también se ejecutan en la otra.

Las herramientas de acceso remoto suelen utilizarse para solucionar problemas técnicos sin que un especialista tenga que desplazarse. El experto puede trabajar desde su oficina y “*tomar el control*” de una computadora ubicada a miles de kilómetros de distancia, revisando diferentes cuestiones para descubrir el inconveniente y solucionarlo. Para que esto sea posible, desde la computadora que se “*controlará*” a distancia se debe brindar la autorización para que alguien acceda remotamente a ella.

Es importante tener en cuenta que el acceso a distancia exige que los dos equipos cuenten con el mismo software de administración remota. Esto,

²⁸ <http://www.genbetadev.com/herramientas/visual-studio-2013>

sumado a un sistema de permisos y autorizaciones, hace que la tarea pueda concretarse y que resulte segura.

Más allá del soporte técnico, el acceso remoto brinda otras posibilidades. Una persona que está de vacaciones puede usar el acceso remoto para ingresar a la computadora que está en su casa y leer su correo electrónico.²⁹

2.3.7.2. Alternativas de programas que permiten el acceso remoto

Existen múltiples programas que permiten controlar una computadora remotamente, a continuación en la Figura 7 se muestra un comparativo de tres programas que permiten acceso remoto.

Características	TeamViewer	VNC	GoToMyPc
Logo			
Fácil instalación y configuración	✓		✓
Videoconferencia	✓		
Transmisión de audio	✓		
Excelente rendimiento y refresco de pantalla	✓	✓	
Requiere de configuración de firewalls		✓	
Permite acceso desde Smartphone, Tablet	✓	✓	✓
Alta seguridad	✓	✓	
Idiomas	Multilingüe	Inglés	Inglés
Precio	Gratuito	\$35 anual	\$100 anual

Figura 7. Comparativo de Programas de Acceso Remoto

Fuente: Elaboración propia (2015)

2.3.7.3. TeamViewer

Según Verdezoto, G. (2014), es un programa para ordenador cuya función es conectarse remotamente a otro equipo. Entre sus funciones están: compartir y controlar escritorios, reuniones en línea, videoconferencias y transferencia de archivos entre ordenadores.

²⁹ <http://definicion.de/acceso-remoto/>

A. ¿Cómo establece la conexión TeamViewer para conectarse a un dispositivo remoto?

En un ordenador, una vez instalado TeamViewer, se asigna de manera predeterminada un ID que identifica de manera única al equipo dentro de la red de routers de TeamViewer altamente redundantes, y mediante una contraseña generada aleatoriamente (también permite que el usuario establezca su propia contraseña) permite efectuar la autenticación, en el 70% de los casos se establecerá directamente la conexión a través de UDP, el resto vía TCP.

TeamViewer funciona con un sistema de cifrado completo que se basa en intercambio de clave pública/privada RSA. Esta tecnología se usa de modo similar para https/SSL y puede considerarse completamente segura.

Para establecer una conexión entre un equipo local y otro remoto, el usuario del equipo local debe saber el ID y la contraseña de TeamViewer del equipo remoto, para permitir la autenticación y establecimiento de conexión segura. A continuación en la Figura 8 se observa como se establece la conexión en TeamViewer permitiendo controlar remotamente otro dispositivo de manera segura y confiable.³⁰

³⁰ Aplicación de la domótica para el control del sistema de temperatura, monitoreo, apertura y cierre automático de la puerta del garaje e iluminación interior y exterior de una vivienda (pág. 27 y 28)

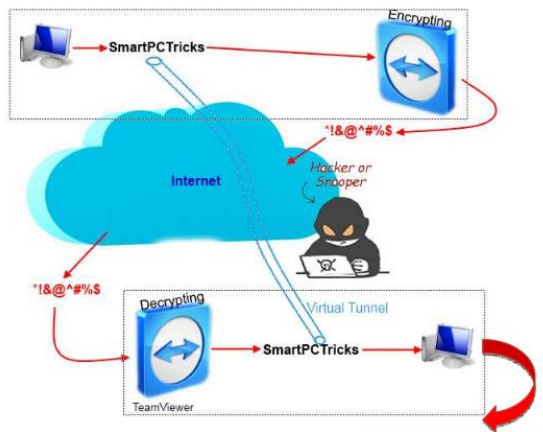


Figura 8. Establecimiento de conexión de TeamViewer

Fuente: Verdezoto, G. (2014)

CAPÍTULO III

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Población

Acuarios del acuario “Ralfish”.

3.1.2. Muestra

Un acuario del acuario “Ralfish”.

3.1.3. Unidad de análisis

El comportamiento de las variables observadas.

3.2. Método

3.2.1. Tipo de investigación

Aplicada

3.2.2. Diseño de investigación



En donde:

O₁: Observación del comportamiento de las variables: Temperatura, Flujo, pH e Iluminación durante el lapso de 2 meses en el acuario.

X: Desarrollo e implementación del sistema de control.

O₂: Observación del comportamiento de las variables: Temperatura, Flujo, pH e Iluminación durante el lapso de 2 meses en el acuario luego de implementar el sistema de control.

El diseño de investigación consiste en comparar el comportamiento de las variables observadas en O₁ y O₂

3.2.3. Instrumentos de recolección de datos

3.2.3.1. Guía de entrevista con el encargado de mantenimiento del acuario “Ralfish”

Se realizaron una cierta cantidad de preguntas con el fin de conocer los sistemas o mecanismos actuales con los que cuentan para mantener las condiciones necesarias de sus acuarios; a la vez conocer los tiempos de supervisión y mantenimiento de dichos sistemas.

Gracias a ello se pudo saber que no se cuenta con un mecanismo de enfriamiento para los acuarios, lo cual es un gran problema en los días de verano; la poca frecuencia de supervisión; así como también se nos informó sobre las limitaciones que tienen en cuanto al mantenimiento del sistema de filtración y en la instalación de la iluminación.

Ver Anexo 01.

3.2.3.2. Reporte de mediciones de temperatura

Gracias a las mediciones diarias de temperatura se pudo observar que se mantiene casi constante su valor, pero dicho valor se encontraba 1 °C por debajo del valor configurado.

Para ver las mediciones diarias ver el Anexo 02.

3.2.3.3. Reporte de mediciones de pH

Estas mediciones se realizan cada 4 días, cuando el valor del pH no es el adecuado se agregan sustancias acondicionadoras de agua hasta alcanzar el valor deseado. Se puede observar que la escala del instrumento de medición no es adecuada, pues no permite ver los pequeños cambios de pH.

Para ver estas mediciones ir al Anexo 03.

3.2.4. Procedimiento y análisis de datos

3.2.4.1. Propuesta de diseño del sistema

Luego de estudiar las condiciones naturales en las que se desarrolla la vida en un acuario y tomar en cuenta las sugerencias de algunos acuaristas, procedemos al diseño conceptual del sistema de control automático para el acuario “Ralfish” en la ciudad de Trujillo.

Claramente las variables a sensor son: Temperatura, caudal y pH de un acuario “Ralfish”.

Así mismo, los valores de cada sensor deberán ser transmitidos a un módulo de control central para su procesamiento.

Con los valores obtenidos en el módulo de control central se procederá a transmitir al computador, los que serán visualizados en una interfaz gráfica amigable para el o los usuarios.

Desde la interfaz gráfica se deben ingresar los valores de las variables (SetPoint), los que se enviarán al módulo de control para su debido procesamiento.

La interfaz HMI también se debe manipular remotamente desde un terminal con el software adecuado.

A continuación en la Figura 9 se presenta el diagrama de bloques del mencionado sistema automatizado de control para el Acuario:

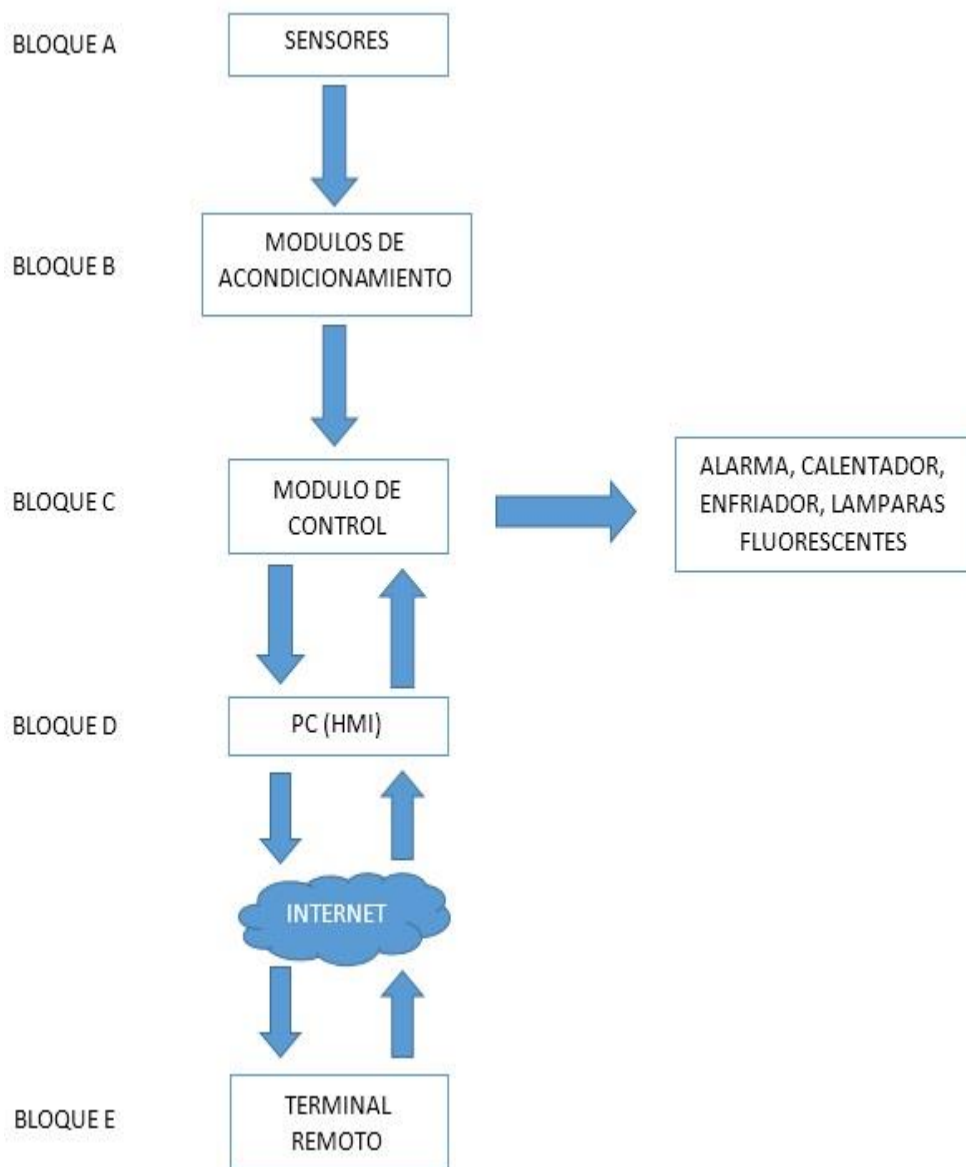


Figura 9. Propuesta de diseño del sistema

Fuente: Elaboración Propia (2015)

Donde:

BLOQUE A: Se encuentran los sensores de temperatura, caudal y pH instalados en el acuario.

BLOQUE B: Se encuentra el módulo de acondicionamiento de pH ya que el sensor de temperatura y caudal ingresarán directamente al módulo de control. El módulo de acondicionamiento de pH se encargará de recoger la señal entregada en milivoltios (mV) por la sonda de pH y luego se encargará de transmitir esa señal amplificada al módulo de control.

BLOQUE C: Se encuentra el módulo de control, que cumplirá con las siguientes funciones:

- Recibir las señales transmitidas por los sensores de temperatura y caudal además la del módulo de acondicionamiento de pH, procesarlas y mostrarlas tanto en la interfaz HMI como en la pantalla de un LCD local.
- También se encargará de realizar ciertas tareas periódicas como encender y apagar las lámparas del acuario; además, tomará el valor del sensor de temperatura para controlar al calentador y enfriador del acuario.
- Si el nivel de pH del acuario sube o baja de un valor programado por el usuario desde el HMI, deberá generar una señal de alarma.
- Si la capacidad de filtrado expresada por el caudalímetro a la salida del filtro del acuario es menor al valor ingresado por el usuario desde el HMI, deberá generar una señal de alarma.

BLOQUE D: Permitirá interactuar con el sistema mediante un HMI, en la que se tendrá acceso para supervisar las variables de temperatura, pH y el caudal del filtro. Además permitirá ingresar los valores deseados de cada variable, así como la selección del tipo de iluminación que se desee. Dichos valores se enviarán al módulo de control para realizar las acciones necesarias.

BLOQUE E: Permitirá interactuar con el HMI de manera remota.

3.2.4.2. Propuesta de diseño del hardware del sistema

En este punto se realizará el diseño y construcción del hardware necesario para este proyecto, incluyendo los criterios de selección de cada uno de los elementos tomados en cuenta.

Para un mejor entendimiento del alcance de este trabajo, en la Figura 10 se muestra en diagrama de bloques, la estructura de diseño de un sistema automatizado para el control del acuario.

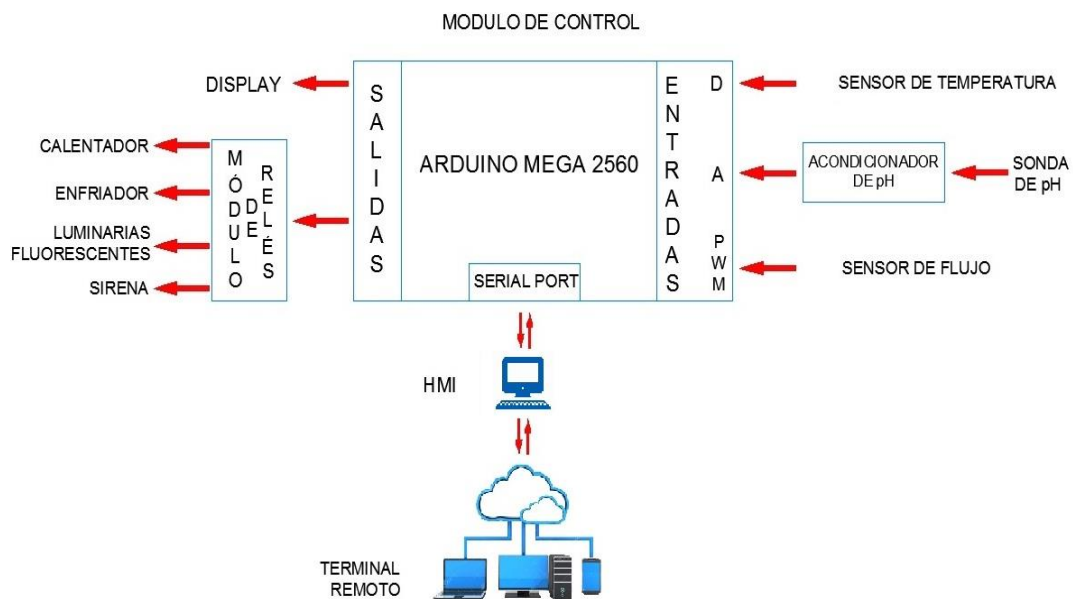


Figura 10. Propuesta de diseño del Hardware del sistema

Fuente: Elaboración Propia (2015)

A. Controlador

• Arduino MEGA2560

En la página oficial de Arduino se encuentra la siguiente información: Es un microcontrolador basado en el ATmega2560. Que cuenta con 54 pines de entrada/salida digital (14 de estos pueden ser usados como salidas PWM), 16 entradas análogas, 4 UARTs (hardware de puerto serial), un cristal oscilador de 16 MHz, conexión USB, un ICSP header, y un botón de reset.³¹

En la Figura 11 se muestra la placa física de Arduino Mega 2560 y en la Tabla 3 se detallan sus características.

³¹ <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>



Figura 11. Arduino MEGA 2560

Fuente: Arduino.cc (2015)

Tabla 3. Características de Arduino Mega 2560

Microcontrolador	ATmega2560
Voltaje de Operación	5V
(recomendado)	7 – 12V
Voltaje de Entrada (limite)	6 – 20V
Pines Digitales E/S	54(de los cuales 15 salidas PWM)
Pines Análogos Entrada	16
Corriente DC por pin E/S	20 mA
Corriente DC por pin 3.3v	50 mA
Memoria Flash	256Kb de los cuales 8Kb usados para el bootloader
SRAM	8Kb
EEPROM	4Kb
Velocidad de Reloj	16 Mhz
Largo	101.52 mm
Ancho	53.3 mm
Peso	37g

Fuente: Arduino.cc (2015)

B. Sensor de temperatura

•DS18B20

La web de Electrónica LAB detalla lo siguiente:

Este sensor nos permite medir temperaturas desde -55 hasta 125 °C de forma fácil y además está sellado en un envoltorio impermeable que permite sumergirlo en un líquido o protegerlo de la intemperie. Dado que es un sensor digital, la señal leída no es degradada debido a la distancia del cableado y el tiempo de captura es inferior a 750ms. Puede funcionar en modo 1 – Wire con una precisión de $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ (entre -10 a 85 °C) con una resolución de 9 a 12 bits. También pueden utilizarse varios sensores sobre el mismo pin ya que internamente viene programado con un ID único de 64 bits para diferenciarlos. El rango de funcionamiento es de 3 a 5V por lo que se puede utilizar en prácticamente cualquier sistema de que use microcontroladores.

➤ Conexión

Se debe alimentar de 3.0V a 5.0V. En función de la producción, los cables del sensor pueden variar pero seguirán según estas especificaciones:

- Si tienes 4 cables: Rojo es Vcc (positivo), Negro es GND (negativo) y Blanco es el cable de datos. La malla es GND.
- Si tienes 3 cables: Rojo es Vcc (positivo), Azul/Negro es GND (negativo) y Amarillo/Blanco es el cable de datos.³²

En la figura 12 se muestra la conexión al Arduino:

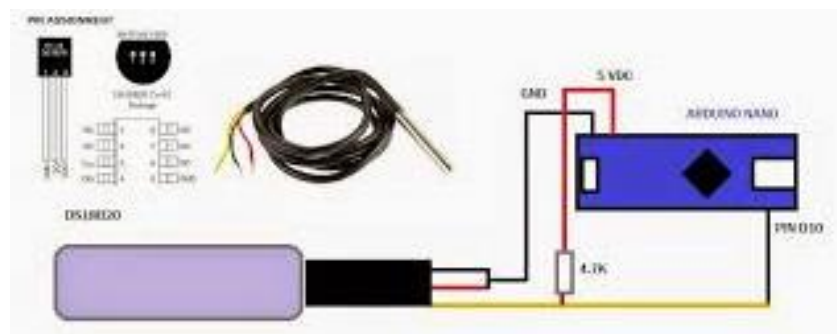


Figura 12. Conexión del sensor DS18B20 al Arduino

Fuente: Electrónica LAB (2015)

³²<http://electronilab.co/tienda/sensor-de-temperatura-ds18b20-tipo-sonda/>

C. pH-metro

El fabricante DFROBOT en su página web informa lo siguiente:

Es un medidor de pH analógico, especialmente diseñado para los controladores de Arduino y se ha incorporado características simples, convenientes y prácticas en la conexión. Cuenta con un LED que funciona como el indicador de encendido, conector BNC y una interfaz de sensor de pH 2.0. Para usarlo, basta con conectar el sensor de pH con conector BNC y enchufar el interfaz de pH 2,0 en el puerto de entrada analógica de cualquier controlador Arduino. Si pre-programado, obtendrá el valor de pH fácilmente.

Nota: Con el fin de garantizar la precisión de la sonda de pH, es necesario utilizar la solución estándar para calibrar regularmente. En general, el periodo es de aproximadamente 6 meses.

• Especificaciones

- Tensión de funcionamiento: 5.00V
- Tamaño del módulo: 43mm × 32mm
- Rango de medición: 0-14pH
- Temperatura de medición: 0-60 °C
- Precisión: ± 0.1 pH (25 °C)
- Tiempo de respuesta: ≤ 1 min
- Sensor de pH con conector BNC
- pH 2,0 Interface (parche de 3 pin)
- Ajuste de ganancia del potenciómetro
- Indicador LED de alimentación
- Longitud de cable del sensor al conector BNC: 660mm

• Dimensiones del Electrodo de pH

En la Figura 13 se detalla las medidas del electrodo o sonda de pH que se conecta al acondicionador o interfaz de pH 2.0.

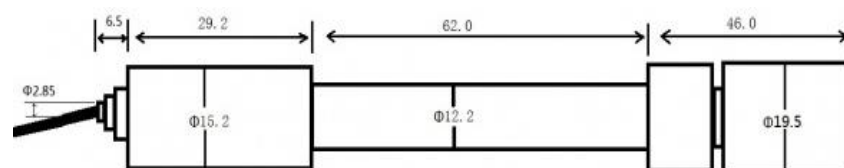


Figura 13. Sonda de pH

Fuente: DFROBOT

• Características del Electrodo de pH

La salida del electrodo de pH es milivoltios y el valor de pH de la relación(a 25°C) se muestra en la Tabla 4:

Tabla 4. Valores de salida del electrodo de pH

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

Fuente: DFROBOT (2015)

• Uso del pH-metro

➤ Diagrama de conexión

A continuación en la Figura 14 se observa la conexión del electrodo de pH a la interfaz de pH y luego la conexión con el Arduino.

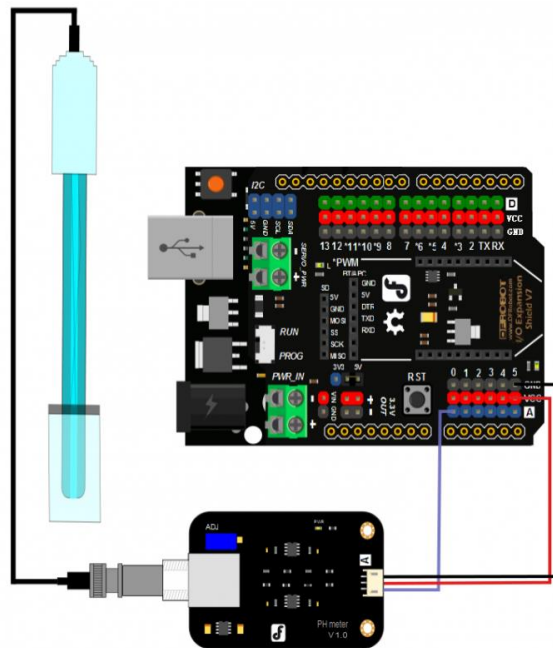


Figura 14. Conexión de la sonda e interfaz de pH al ARDUINO

Fuente: DFROBOT (2015)

➤ Pasos para usar el pH-metro

- Conectar equipos de acuerdo con el gráfico, es decir, el electrodo de pH está conectado al conector BNC en el tablero medidor de pH, y luego usar las líneas de conexión, la junta pH-metro está conectado al puerto analógico 0 del controlador Arduino. Cuando el controlador Arduino obtiene el poder, verá el LED azul a bordo está encendida.
- Cargar el programa al controlador.
- Colocar el electrodo de pH en la solución estándar cuyo valor pH es 7,00, o directamente en corto la entrada del conector BNC. Abrir el monitor de serie del Arduino IDE, se puede ver el valor de pH impreso en ella, y hacer que el error no exceda 0.3. Graba el valor del pH impreso, a continuación, en comparación con 7,00, y la diferencia se debe cambiar en el "Desplazamiento" en el código de la librería. Por ejemplo, el valor de pH impreso es de 6.88, lo que la diferencia es 0.12. Se debe cambiar el "# define Offset 0.00" en "# define Offset 0.12" en su programa.
- Colocar el electrodo de pH en la solución estándar pH cuyo valor es 4.00. Luego esperar aproximadamente un minuto, ajuste el dispositivo de potencial de ganancia, dejar que el valor se estabilice en torno 4.00. En este tiempo, la calibración ácida se ha completado y ya se puede medir el valor de pH de una solución ácida.

Nota: Si desea medir el valor de pH de otra solución, se debe lavar el electrodo de pH primero.

- De acuerdo con las características lineales de sí mismo electrodo de pH, después de la calibración anterior, se puede medir directamente el valor del pH de la solución alcalina, pero si usted desea conseguir una mayor precisión, se puede recalibrar ella. Calibración alcalina utilizar la solución estándar cuyo valor pH es 9.18. Después ajustar el dispositivo de potencial de ganancia, dejar que el valor se estabilice en

torno a 9,18. Después de esta calibración, se puede medir el valor de pH de la solución alcalina.³³

D. Sensor de caudal

• YF – S201

El proveedor Hobbytronics nos brinda la siguiente información:

Este sensor se encuentra en serie con su línea de agua y contiene un sensor de molinete para medir la cantidad de líquido se ha movido a través de él. Existe un sensor de efecto Hall magnético integrado que emite un impulso eléctrico con cada revolución. El sensor de efecto Hall está sellado de la tubería de agua y permite que el sensor permanezca seguro y seco. Al contar los pulsos de la salida del sensor, se puede calcular fácilmente el flujo de agua. Cada pulso es de aproximadamente 2,25 mililitros.

➤ Conexión

- Cable Rojo: +5V
- Cable Negro: GND
- Cable Amarillo: Salida PWM

En la Figura 15 se muestra el caudalímetro y sus cables de conexión.



Figura 15. Caudalímetro

Fuente: Hobbytronics (2015)

³³ [http://dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter\(SKU:_SEN0161\)](http://dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter(SKU:_SEN0161))

➤ Características

- Voltaje de funcionamiento: 5 a 18 Vdc
- Máximo consumo de corriente 15 mA a 5V
- Caudal de trabajo: de 1 a 30 litros / minuto
- Temperatura de funcionamiento: -25 a + 80 °C
- Precisión: $\pm 10\%$
- La presión máxima del agua: 2,0 MPa
- Ciclo de trabajo de la salida: 50% + -10%
- Tiempo de subida de la salida: 0.04us
- Tiempo de caída de salida: 0.18us
- Flujo características del pulso tasa: Frecuencia (Hz) = $7.5 * \text{Caudal (l / min)}$
- Pulsos por litro: 450
- Durabilidad: mínimo 300.000 ciclos
- Longitud del cable: 15cm
- 1/2 "conexiones nominales de tubería, 0,78" de diámetro exterior, 1/2 "de hilo
- Tamaño: 2.5 "x 1.4" x 1.4 "

E. Módulo de relés

•Módulo de relés 5v y 8 canales

En la web del proveedor FILIPEFLOP se muestra:

Este módulo relé de 5V con 8 canales es una gran opción para aquellos que necesitan hacer varios accionamientos con la facilidad de tener todo en una sola tarjeta, de forma fiable, compacto y robusto.

Con este módulo relé 5V puede manejar cargas de 220V AC, como lámparas, equipos electrónicos y motores con la ayuda de un microcontrolador Arduino, PIC, ARM. Todo ello sin la necesidad de montar un circuito con transistores, relés, conectores, LEDs y diodos.

³⁴<http://www.hobbytronics.co.uk/yf-s201-water-flow-meter>

➤ Características

- Modelo de relé: SRD-05VDC-SL-C
- Tensión de operación: 5V DC
- Permite controlar cargas de 220V AC
- Corriente de operación: 15 – 20 mA
- LED indicador de estado
- Pinout: Normalmente abierto, Normalmente cerrado y Común.
- Tensión de salida: 30VDC a 10A o 250VAC a 10 A.
- Agujeros de 3 mm para la fijación de los extremos de la placa
- Tiempo de respuesta: 5 ~ 10 ms
- Dimensiones: 135 x 52 x 20 mm

➤ Esquema interno

A continuación en la Figura 16 se observa el módulo de relés con su esquema interno:³⁵

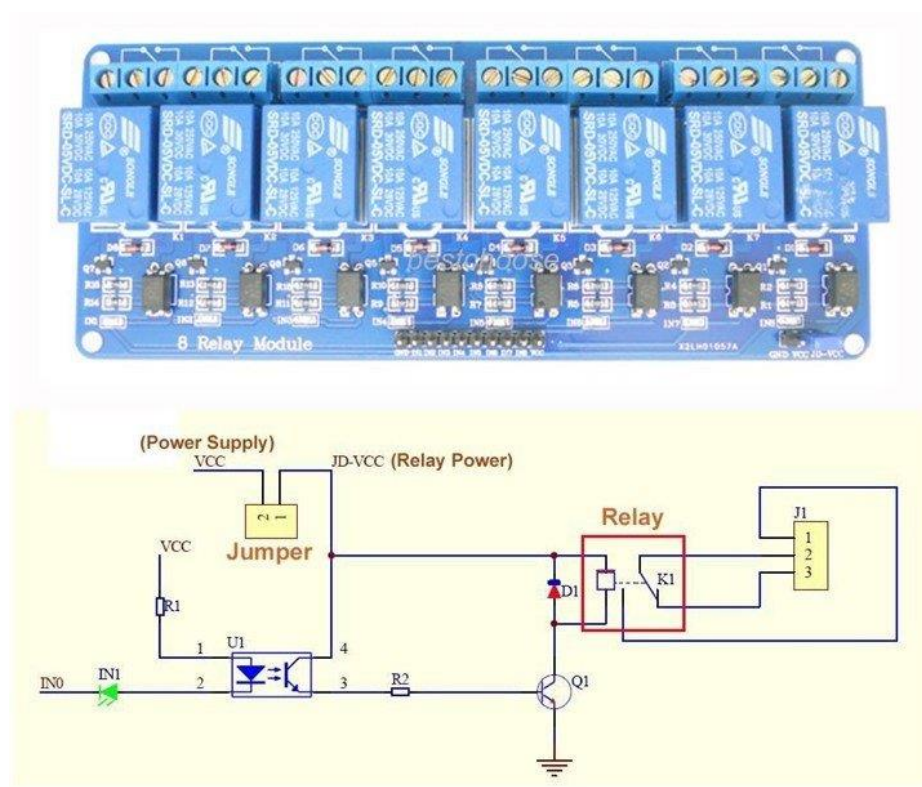


Figura 16. Módulo de relés 5v - 8ch

Fuente: FILIPEFLOP (2015)

³⁵<http://www.filipeflop.com/pd-6b851-modulo-rele-5v-8-canaais.html>

F. Calentador

•MARINA 100W

El fabricante MARINA nos brinda en el empaque del producto la siguiente información:

El núcleo de cerámica del calentador permite una distribución uniforme y eficiente del calor. Sellos impermeables evitan que la humedad entre en el calentador. En la figura 17 se muestra el Calentador.

➤ Características

- 100 vatios: Calentador sumergible para acuarios de agua dulce o salada.
- Longitud: 22 cm (8.5")
- Para 60 – 100 L (acuarios)
- Dial de ajuste de temperatura de fácil acceso
- Ajustes de temperatura fácil de leer
- Indicador de luz piloto
- Diseño de vidrio resistente a los impactos
- Carcasa segura para protección de los peces
- Sello a prueba de agua
- Incluye soporte con ventosas para una instalación fácil y segura
- Cable eléctrico 1,8 metros
- Rango de temperatura de calentamiento: 18 a 32 °C



Figura 17. Calentador

Fuente: Elaboración Propia (2015)

G. Enfriador

Al no contar con Enfriadores de fábrica, se diseñó un enfriador haciendo uso de los módulos de Peltier (TEC1-12715). Al recibir un voltaje, dicho módulo calienta por una de sus caras y enfría por la otra cara, es así que se aprovechó el lado que enfría con ayuda de placas disipadoras de calor. Al lado caliente también se le colocó disipadores de calor y ventiladores pequeños para evitar sobre caliente el módulo y se deteriore. Los disipadores se unieron al módulo de Peltier con pasta térmica y además todo se montó sobre una madera con el fin de tener un soporte para colocarlo en el acuario.

En la figura 18. Se muestra un esquema del armado de dicho enfriador:

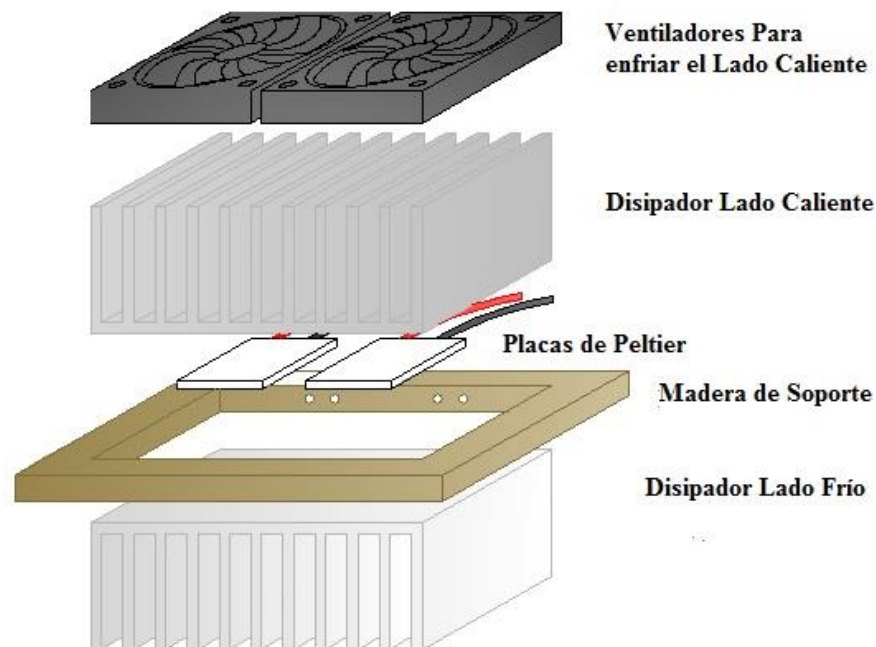


Figura 18. Esquema del Enfriador

Fuente: Elaboración Propia (2015)

➤ Características

- Enfriador semisumergible para acuarios de agua dulce o salada.
- Medidas: 20 x 10 x 14 cm.
- Para acuarios de 60 a 150 Litros.
- Carcasa segura para protección de los peces

- Voltaje: 12 Vdc
- Voltaje máximo: 15.4 Vdc
- Corriente máxima: 15 A
- Potencia máxima: 231 W
- Capacidad de Enfriamiento: 7°C por Hora en 100 Litros (referencial).

H. Monitor

•LCD Keypad Shield para Arduino

El fabricante DFROBOT nos brinda la siguiente información en su página web:

Este es una placa del Teclado LCD muy popular para Arduino o tarjetas Freeduino. Incluye una pantalla LCD de 2x16 y 6 pulsadores momentáneos. Los Pin 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 se utilizan para interconectar con el LCD. El Pin Analógico 0 se utiliza para leer los pulsadores. La placa LCD permite las funciones de ajuste de contraste, y encendido o apagado de la retroiluminación. También amplía los pines analógicos que ocupa la placa al ser colocada sobre el Arduino.

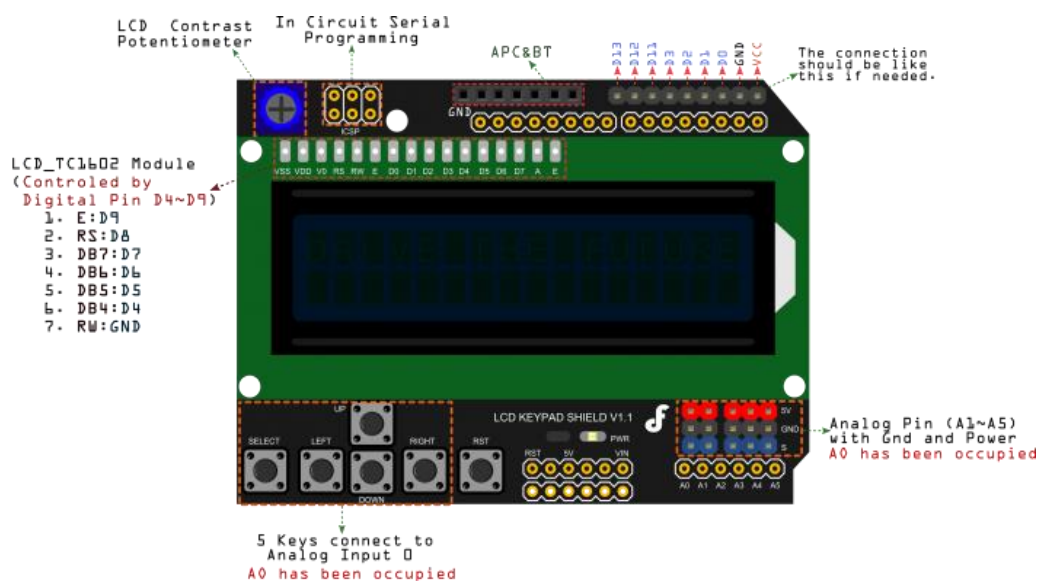
La placa del Teclado LCD se desarrolla para tarjetas compatibles Arduino, para proporcionar una interfaz fácil de usar que permite a los usuarios pasar por el menú, hacer selecciones etc. El teclado se compone de 5 teclas: seleccione, arriba, derecha, abajo ya la izquierda. Para guardar los pines IO digitales, la interfaz de teclado utiliza sólo un canal ADC. El valor de la tecla se lee a través de un divisor de tensión de 5 etapas.

➤ Especificaciones

- Voltaje de funcionamiento: 5V
- 5 pulsadores para el suministro de un panel de control de menú personalizado
- Botón RST para reiniciar el programa del Arduino
- Un potenciómetro integrado para ajustar la luz de fondo
- Extensión de pines I/O disponibles
- Dimensiones: 80 x 58 mm

➤ Diagrama de pines

En la Figura 19 se describe la posición y funciones de los pines del arreglo Teclado LCD³⁶



Instruction for D4 To D10 and Analog Pin 0

Pin	Function	Instruction
Digital 4(D4)		
Digital 5(D5)	D4~D7 are used as DB4~DB7	Four high order bidirectional tristate data bus pins. Used for data transfer and receive between the MPU and the LCD.
Digital 6(D6)		
Digital 7(D7)		
Digital 8(D8)	RS	Choose Data or Signal Display
Digital 9(D9)	Enable	Starts data read/write
Digital 10(D10)	LCD Backlight Control	
Analog 0(A0)	Button select	Select, up, right, down and left

Figura 19. LCD Keypad Shield para Arduino

Fuente: DFROBOT (2015)

³⁶ http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/LCD_KeyPad_Shield_For_Arduino_SKU:_DFR0009

3.2.4.3. Simulación del sistema

Para realizar las respectivas decisiones sobre el comportamiento del tipo de componentes que se usarán se dio lugar a las siguientes simulaciones de los hitos principales del sistema automático.

A. Reconocimiento de señales analógicas

Para esta parte se dispone a simular los sensores de temperatura, pH y caudal haciendo que el Arduino Mega 2560 envíe a través de puerto serial el valor de la señal analógica emitida de un potenciómetro por el puerto A0. El circuito a simular se muestra en la Figura 20.

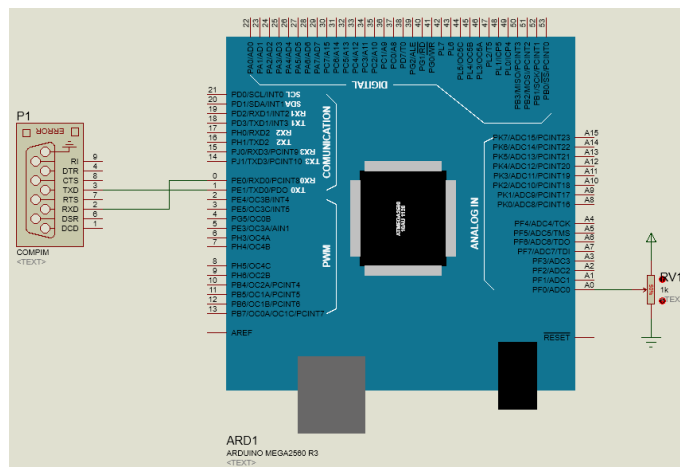


Figura 20. Simulación -Circuito de Reconocimiento de Señales Analógicas

Fuente: Elaboración Propia (2015)

En la Figura 21 se presenta el resultado de la simulación colocando la señal analógica al 50%

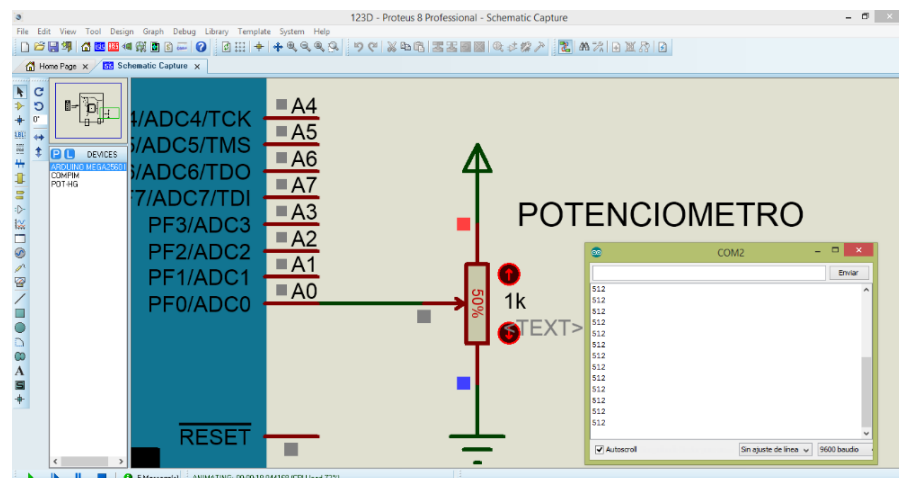


Figura 21. Simulación - Señal Analógica al 50%

Fuente: Elaboración Propia (2015)

En la Figura 22 se presenta el resultado de la simulación colocando la señal al 80%

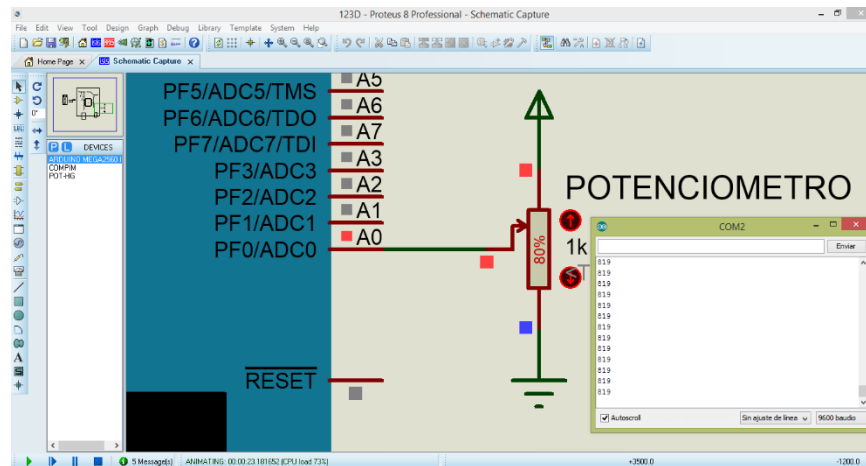


Figura 22- Simulación - Señal Analógica al 80%

Fuente: Elaboración Propia (2015)

En la Figura 23 se presenta el resultado de la simulación colocando la señal análoga al 30%

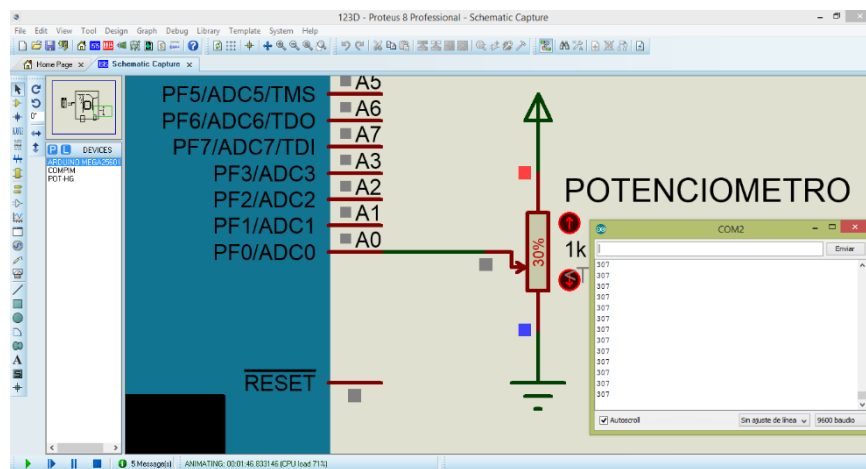


Figura 23. Simulación - Señal Analógica al 30%

Fuente: Elaboración Propia (2015)

B. Comunicación serial

En esta parte se dispone a simular la acción que lleva a cabo el HMI en el controlador de activar señales a través del puerto Serial.

Por programación al presionar la tecla “1”, al Arduino se le ordeno encender D1 y mandar el mensaje “Se ha presionado 1”. Esto se observa en la Figura 24.

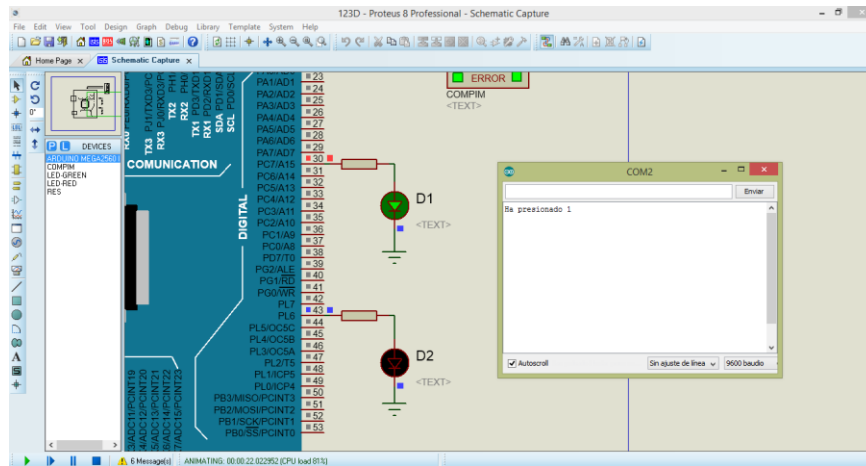


Figura 24. Simulación - Comunicación Serial 1

Fuente: Elaboración Propia (2015)

Por programación al presionar la tecla “2”, al Arduino se le ordeno encender D2 y mandar el mensaje “Se ha presionado 2”

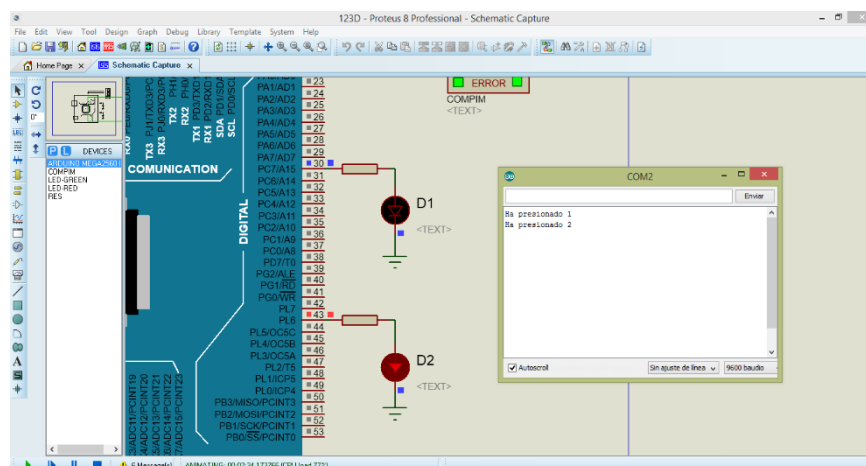


Figura 25. Simulación - Comunicación Serial 2

Fuente: Elaboración Propia (2015)

3.2.4.4. Propuesta de diseño del software del sistema

Buscando dar soporte al hardware del sistema automatizado para el control del acuario, se diseña el software del sistema que ofrezca herramientas para la comunicación y visualización.

El desarrollo del software para la Interfaz Hombre – Máquina (HMI) se realizó en el programa Visual Basic 2013, mientras que para el Arduino se utilizó el Arduino IDE en su versión 1.6.6.

La programación y diagramas de flujo, para el HMI y el Arduino MEGA2560 se describen a continuación.

A. Desarrollo del software para el Módulo de Control

Las tareas y funciones que ejecuta el Arduino MEGA2560 son las siguientes:

- Permite al usuario ajustar el rango de valores de calibración de temperatura, pH y caudal. Cuando cualquiera de estas variables se salga del rango, se realizará para la temperatura, una acción correctiva; para el pH y caudal, se generará una señal de alarma por medio de una sirena.
- Permite al usuario visualizar a través del LCD de 16x2 los valores de cada una de las variables.
- Se encarga de recoger la información de las variables de temperatura, pH, caudal suministradas por los sensores y actuará en consecuencia.
- Permite controlar la iluminación en el acuario.
- Se encarga de manejar el calentador sumergible y el enfriador, de ser necesarios para la corrección en el valor de la temperatura dependiendo de su SetPoint.
- Se encarga de enviar al computador los datos recibidos de los sensores de temperatura, pH y caudal.

• Diagrama de flujo

En la Figura 26 se ilustra el funcionamiento del programa grabado en la memoria interna del Arduino MEGA2560.

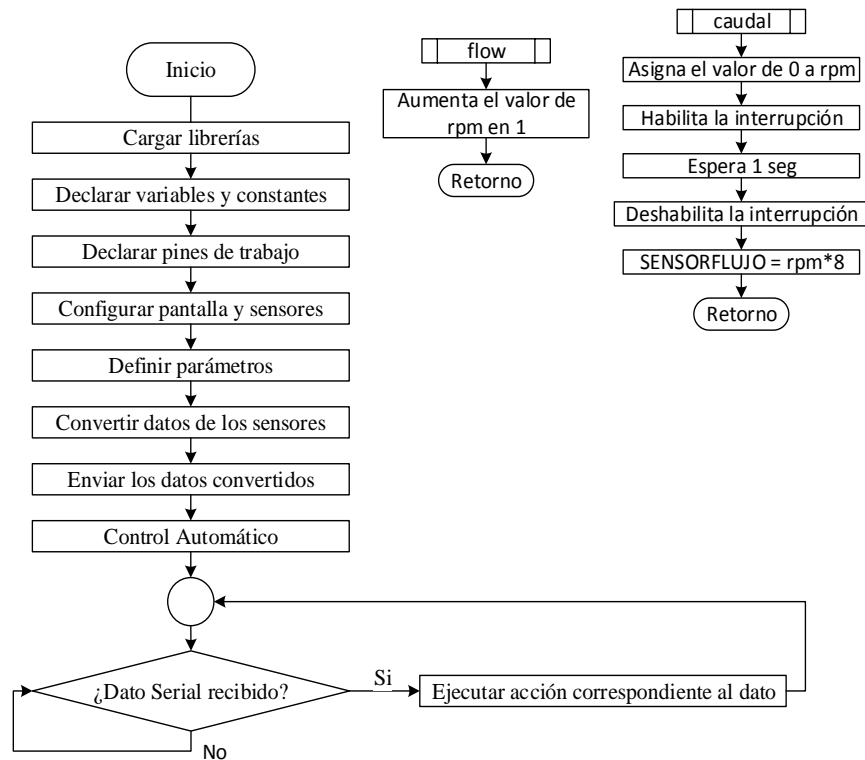


Figura 26. Diagrama de Flujo del software para el Módulo de Control







Fuente: Elaboración Propia (2015)

A continuación se detalla el diagrama de flujo del programa para el módulo de control mostrado en la Figura 26.

✚ **Cargar librerías.-** Declara todas las librerías utilizadas a lo largo del programa (LiquidCrystal, OneWire, DallasTemperature).

✚ **Declarar variables y constantes.-** Declarar el tipo de todas las variables y constantes que se utilizan a lo largo del programa.

✚ **Declarar pines de trabajo.-** Se declara el pin digital o análogo que se utiliza para cada sensor o actuador.

-  **Configurar pantallas y sensores.-** Configura el tipo de pantalla (LCD) con sus respectivos pines de conexión, además la dirección de los sensores DS18B20, YF-S201 y el acondicionador de la sonda de pH.
-  **Definir parámetros.-** Definir los pines de entrada y salida, inicializar la pantalla, inicializar interrupciones y sensores, configurar la velocidad de la comunicación serial.
-  **Convertir datos de los sensores.-** Acondiciona a los datos recibidos para que el HMI reconozca los valores de los sensores.
-  **Enviar los datos recibidos.-** Los valores acondicionados en el bloque anterior, son enviados al Visual Basic para que se muestren en el HMI.
-  **Control Automático.-** Muestra los valores de Temperatura, pH y caudal en el LCD. Realiza el control de los actuadores, teniendo en cuenta los datos de SetPoint ingresados por la computadora o dispositivo remoto que tenga acceso al HMI.
-  **Ejecutar acción correspondiente al dato.-** Si existen datos recibidos a través de comunicación serial, se dispone a leer el dato recibido y ejecutar la acción programada en el Arduino. Éstas pueden ser:
 - Incremento o disminución del SetPoint de Temperatura, esto servirá para mantener la temperatura en ± 1 °C, caso contrario activará al enfriador o calentador respectivamente.
 - Incremento o disminución del SetPoint de pH, esto servirá para mantener el pH en ± 0.5 , caso contrario activará una alarma.

- Incremento o disminución del SetPoint de Caudal, esto servirá para mantener el flujo dentro del rango requerido, caso contrario activará una alarma.

✚ Para la lectura del sensor de caudal es necesario realizar dos subrutinas que serán explicadas a continuación:

- **Flow.-** En esta subrutina el valor de rpm, aumentará en 1, cada vez que en el sensor se detecte pulso de subida.
- **Caudal.-** En esta subrutina el valor de rpm se coloca a 0, a continuación se habilita la lectura del sensor durante 1 segundo, pasado este tiempo se deshabilita la lectura y se retorna al programa principal.

• Software para el Módulo de Control

En el Anexo 04 se muestra el programa grabado en el controlador, para su mejor entendimiento se colocó en el Anexo 05 explicaciones detalladas sobre las funciones utilizadas en el programa.

B. Desarrollo de la aplicación para el HMI

La Interfaz Hombre-Máquina (HMI) permite supervisar el acuario desde un computador, a la vez ingresar los valores deseados de las variables a controlar o supervisar.

La HMI fue diseñada para permitir:

- En forma amigable supervisar el acuario desde un computador en todo momento.
- Almacenar la información de las variables en el acuario para tener históricos para cada una de ellas.
- Registrarse en modo administrador y permitirle configurar los valores deseados de las variables a supervisar, así como generar los históricos.
- Ingresar los valores deseados de las variables a supervisar, y luego de confirmar dicha acción, se debe deshabilitar la configuración de valores deseados hasta terminar la secuencia generada por la confirmación.
- Mostrar señales de alarmas en caso que se presente alguna falla en el sistema.

• Diagrama de flujo de la aplicación del HMI

Se muestra el diagrama de flujo para la aplicación del HMI en la figura 27.

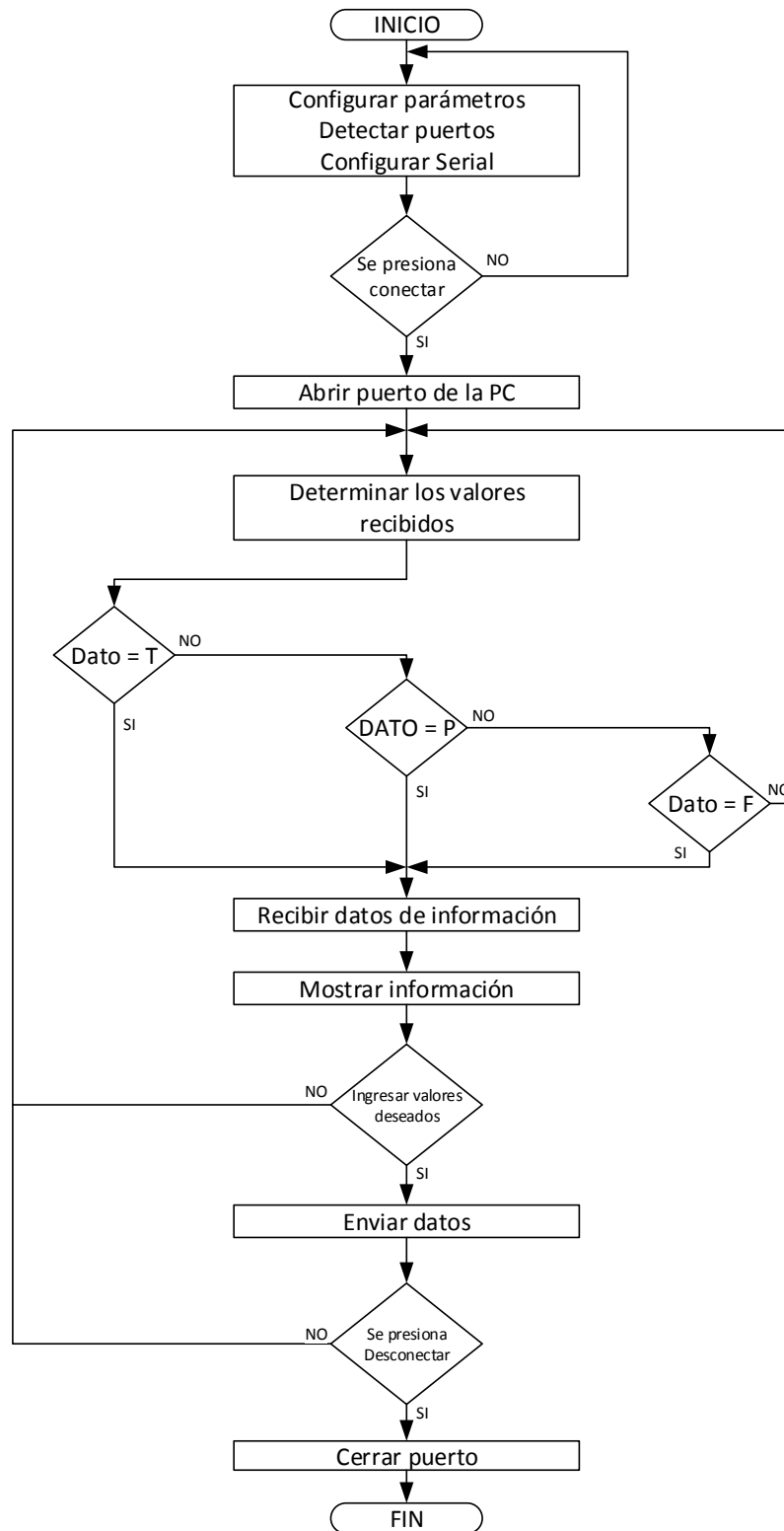












Figura 27. Diagrama de Flujo de la Aplicación del HMI

Fuente: Elaboración Propia (2015)

A continuación se detalla el diagrama de flujo de la figura 27.

-  **Configurar parámetros.-** Se cargan las variables del sistema.
-  **Detectar puertos.-** Busca los puertos disponibles de la pc para conectar con el módulo de control.
-  **Configurar serial.-** Luego de elegir un puerto disponible, se procede a configurar el puerto serial de la siguiente manera.
 - Baudrate: 9600
 - DataBits: 8
 - Handshake: N
 - Parity: N
 - ReceivedByte: 1
-  **Botón conectar.-** Al presionar conectar se da inicio a la comunicación entre la PC y el módulo de control.
-  **Abrir puertos de la PC.-** Luego de configurar el puerto se debe abrir dicho puerto para empezar la recepción de datos enviados desde el módulo de control.
-  **Determinar los valores recibidos.-** En este paso se procede a dividir los datos recibidos en 2 partes, la primera parte será el dato de identificación y la segunda parte serán los datos de información.

Los datos de información pueden ser T (Temperatura), P (pH), F (Caudal).
-  **Ingresar valores deseados.-** Se ingresan los valores deseados de las variables a supervisar.
-  **Enviar datos.-** Se envían los datos de los valores deseados al módulo de control por el puerto serial.
-  **Botón desconectar.-** Al presionar desconectar se da la orden para terminar la comunicación de la PC con el módulo de control.
-  **Cerrar puertos.-** Se cierra el puerto, dejando así de recibir o enviar datos.

• Programa de la Aplicación para el HMI

El software elegido para realizar el HMI es Visual Basic 2013 el cual contiene librerías para registrar, analizar, presentar y almacenar datos.

Para el manejo de la HMI, en los siguientes pasos se detalla el funcionamiento de la misma.

Al abrir el programa de la HMI en el computador aparece la pantalla de CONEXIÓN, la misma que se muestra en la Figura 28.

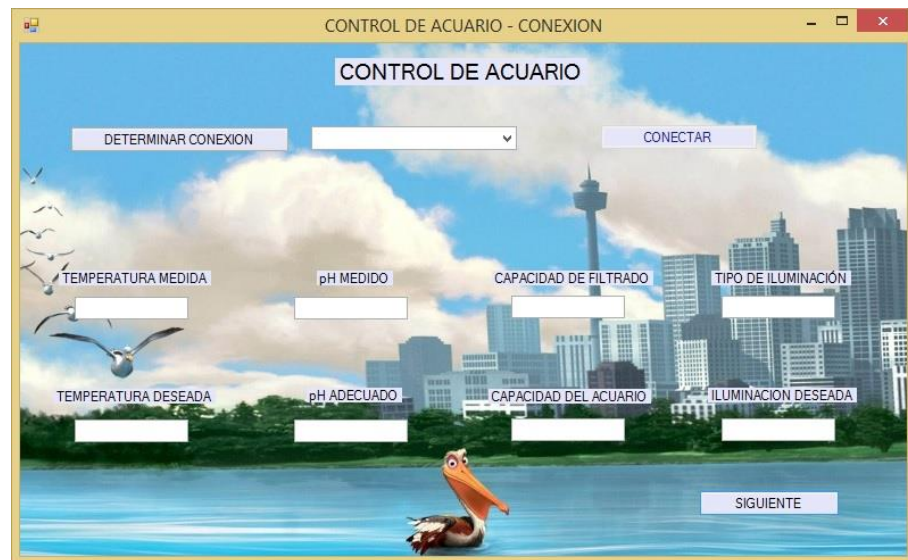


Figura 28. HMI - Pantalla de Conexión

Fuente: Elaboración Propia (2015)

A continuación en la Tabla 5 se detalla las opciones

Tabla 5. HMI – Opciones de la Pantalla de Conexión

OPCION	DESCRIPCION
DETERMINAR CONEXION	Busca los puertos disponibles para la conexión.
ELEGIR PUERTO	Permite seleccionar el puerto de conexión.
CONECTAR	Establece la conexión con el controlador
SIGUIENTE	Nos muestra la pantalla de registro.

Fuente: Elaboración Propia (2015)

- ✚ **Determinar conexión.-** Al presionar botón, se busca todos los puertos que se encuentran disponibles en la pc y el resultado de la búsqueda se copia en el menú de la lista desplegable.
- ✚ **Elegir puerto.-** Luego de que el menú de la lista desplegable es cargado por los puertos encontrados, se puede elegir el puerto a trabajar, saltando luego un mensaje de confirmación como se muestra en la Figura 29.



Figura 29. HMI - Confirmación de Puerto a Trabajar

Fuente: Elaboración Propia (2015)

✚ **Conectar.-** Abre el puerto de la pc seleccionado, estableciendo así la conexión con el controlador. Luego de empezar la conexión el botón cambia de texto, pasando a llamarse Desconectar, esto con el fin de que al volver a ser presionado, se cierre el puerto y se finalice la conexión con el controlador. Al empezar la conexión con el controlador, se recibe la información enviada por el controlador, dicha información se visualiza en los TextBox correspondientes. Luego de establecer conexión se verá como en la Figura 30.



Figura 30. HMI - Conexión Realizada

Fuente: Elaboración Propia (2015)

✚ **Siguiente.-** Al presionar este botón, se oculta la pantalla CONEXIÓN y se muestra la pantalla REGISTRO, la cual se puede observar en la Figura 31.



Figura 31. HMI - Pantalla de Registro

Fuente: Elaboración Propia (2015)

A continuación en la Tabla 6 se detalla las opciones de la pantalla de Registro:

Tabla 6. HMI - Opciones de la Pantalla de Registro

OPCION	DESCRIPCION
REGRESAR	Muestra la pantalla Conexión
ENTRAR	Muestra la pantalla Parámetros

Fuente: Elaboración Propia (2015)

- ✚ **Regresar.-** Nos permite regresar a la pantalla Conexión.
- ✚ **Entrar.-** Si al hacer click se tiene el usuario y contraseña incorrecta, se muestra un mensaje como se aprecia en la figura 32.



Figura 32. HMI - Registro Incorrecto (2015)

Fuente: Elaboración Propia (2015)

Si se detecta el usuario y contraseña correcta, aparece la pantalla de configuración de parámetros como se muestra en la Figura 33:



Figura 33. HMI - Pantalla de Configuración de Parámetros

Fuente: Elaboración Propia (2015)

A continuación en la Tabla 7 se detalla las opciones de la Pantalla Configuración de Parámetros:

Tabla 7. HMI - Opciones de la Pantalla Configuración de Parámetros

OPCION	DESCRIPCION
SELECCIÓN TEMPERATURA	Ingresa temperatura deseada
NIVEL DE pH	Ingresa ph a comparar
CAPACIDAD ACUARIO	Ingresa el volumen del acuario
TIPO DE ILUMINACION	Seleccionar modo de iluminación
CONFIRMAR	Carga los valores seleccionados
SALIR	Muestra la pantalla Registro

Fuente: Elaboración Propia (2015)

✚ **Selección de temperatura.-** Nos permite elegir de una lista la temperatura deseada tal como se observa en la Figura 34:

Figura 34. HMI - Ingresar Valor de Temperatura

Fuente: Elaboración Propia (2015)

✚ **Nivel de pH.-** Despliega una lista en la que podemos elegir el nivel de pH deseado tal como se observa en la Figura 35:

Figura 35. HMI - Ingresar Valor de pH

Fuente: Elaboración Propia (2015)

- ✚ **Capacidad de acuario.-** Nos permite elegir de una lista el volumen del acuario con el que se cuenta, tal como se observa en la Figura 36.

Figura 36. HMI - Ingresar Capacidad de Acuario

Fuente: Elaboración Propia (2015)

- ✚ **Tipo de iluminación.-** Despliega una lista para elegir el tipo de iluminación requerida para el acuario, tal como se observa en la Figura 37. Además luego de haber seleccionado el tipo de iluminación se muestra una ventana detallando la iluminación escogida, como se puede apreciar en las Figuras 38, 39 y 40 :

Figura 37. HMI - Ingresar Tipo de Iluminación

Fuente: Elaboración Propia (2015)

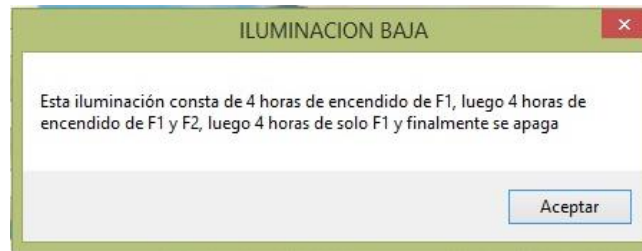


Figura 38. HMI - Detalle de Iluminación Baja

Fuente: Elaboración Propia (2015)

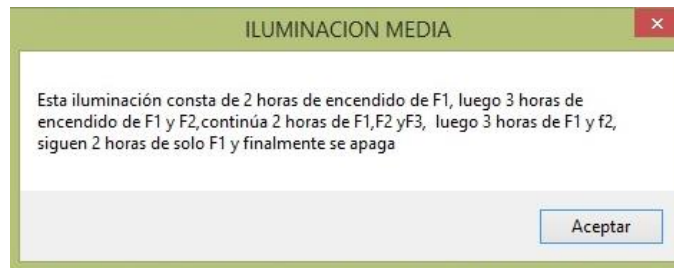


Figura 39. HMI - Detalle Iluminación Media

Fuente: Elaboración Propia (2015)

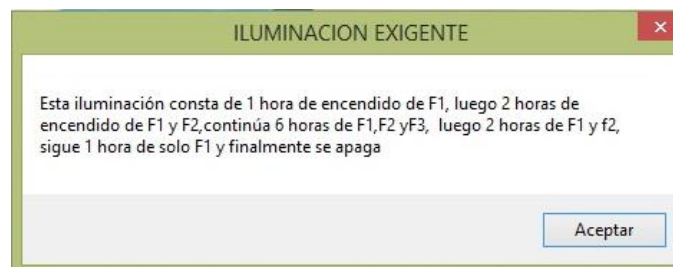


Figura 40. HMI - Detalle Iluminación Exigente.

Fuente: Elaboración Propia (2015)

✚ **Confirmar.-** Carga los valores seleccionados en las listas desplegables.

✚ **Salir.-** Nos muestra la pantalla de registro.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

Diseñado el hardware y software del sistema automatizado de control del acuario descrito en los capítulos anteriores, en este capítulo se describe las pruebas y resultados obtenidos de los circuitos diseñados e implementados, tanto para el controlador como para los sensores.

Las pruebas que se realizaron en los sensores son las siguientes:

- ✚ Calibración del sensor de temperatura
- ✚ Calibración del sensor de pH
- ✚ Calibración del sensor de caudal

Las pruebas que se realizaron al controlador son las siguientes:

- ✚ Prueba de recepción de datos de cada uno de los sensores
- ✚ Pruebas de funcionamiento del calentador y el enfriador

4.1. Pruebas de las sensores

El objetivo de estas pruebas es analizar la respuesta obtenida de los sensores, así como también analizar los valores que se transmiten al controlador.

Para el apunte de mediciones se tomó 20 muestras de cada variable, para la de temperatura se realizó diariamente y la de pH en un intervalo de 5 minutos.

Con los veinte valores obtenidos de cada variable se calcula el valor promedio de dichos valores, así como también la desviación estándar, la cual es una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio.

4.1.1. Calibración del sensor de temperatura

Para esta prueba se realiza el reconocimiento y la lectura de datos del sensor de temperatura por medio del Arduino.

Para medir los valores de temperatura en grados centígrados de la acuario, se utilizó un termómetro propio de acuarios “Ralfish” para realizar la medida patrón, y el sensor de temperatura DS18B20 para tomar medidas de la temperatura en el acuario.

En la Tabla 8 se presenta los valores de lectura de temperatura medidos y obtenidos para esta prueba. Las medidas del sensor de temperatura fueron tomadas diariamente.

Tabla 8. Medidas de Temperatura para Calibración

VALORES OBTENIDOS PARA LA CALIBRACIÓN DEL SENSOR																				
DATOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sensor	23.37	23.42	23.48	23.39	23.41	23.47	23.43	23.44	23.50	23.41	23.44	23.45	23.49	23.41	23.47	23.49	23.43	23.43	23.43	23.39
Termómetro	23.30	23.50	23.50	23.30	23.40	23.50	23.50	23.40	23.50	23.40	23.40	23.50	23.50	23.40	23.30	23.50	23.40	23.40	23.40	23.40

Fuente: Elaboración Propia (2015)

En la Tabla 9 se muestra la desviación estándar y error relativo obtenidos por las mediciones de temperatura.

Tabla 9. Desviación Estándar - Calibración de Temperatura

VALOR Termómetro	PROMEDIO	Desviacion Estandar	Error Relativo (%)
23.43	23.44	0.04	0.053

Fuente: Elaboración Propia (2015)

En la Figura 41 se muestran los valores medidos por el sensor de temperatura y el termómetro, además de la temperatura promedio.

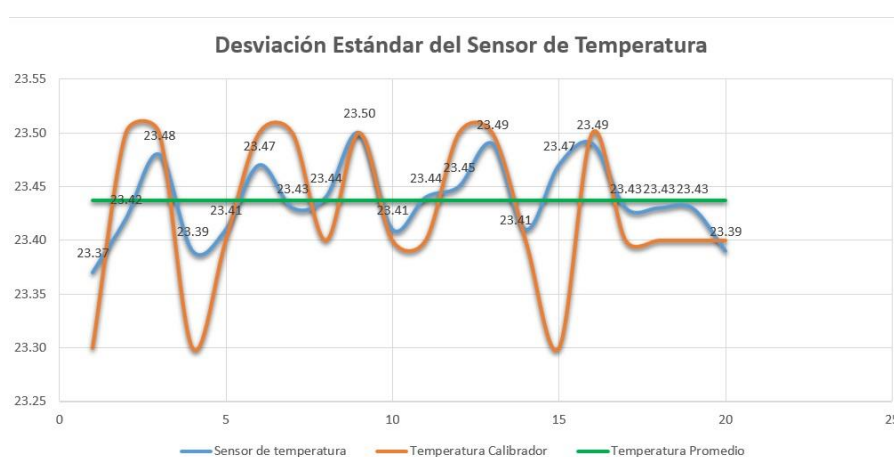


Figura 41. Gráfica de Valores Medidos en Calibración de Temperatura

Fuente: Elaboración Propia (2013)

De la Figura 40 y las Tablas 8 y 9, se determina para la medición de temperatura realizada por el sensor, que el error relativo es de 0.22 %, y la desviación es de ± 0.05 °C, márgenes que confirman su buen funcionamiento; ya que, no afectan de manera drástica a las condiciones de climatización en el acuario.

4.1.2. Calibración del sensor de pH

Para calibrar el sensor de pH se prepara la solución buffer que tiene el valor de pH 6.

Para medir los niveles de pH, se introduce el electrodo de pH en la solución buffer. Entonces se dispone a conectar al Arduino con su respectivo módulo de acondicionamiento, una vez conectado, se dispone a realizar mediciones.

Para esta medición como medida como medida patrón se toma la lectura de los reactivos que usan diariamente en el acuario.

En la Tabla 10 se presenta los valores de lectura de pH medidos y obtenidos para esta prueba. Las medidas del sensor de pH fueron tomadas cada 5 minutos.

Tabla 10. Medidas de pH para Calibración

DATOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sensor	6.01	6.04	5.97	5.99	6.02	6.03	6	5.97	6.01	5.98	6.04	6.02	5.99	6	6.01	6.03	5.97	5.99	6.04	6
pH-metro	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Fuente: Elaboración Propia

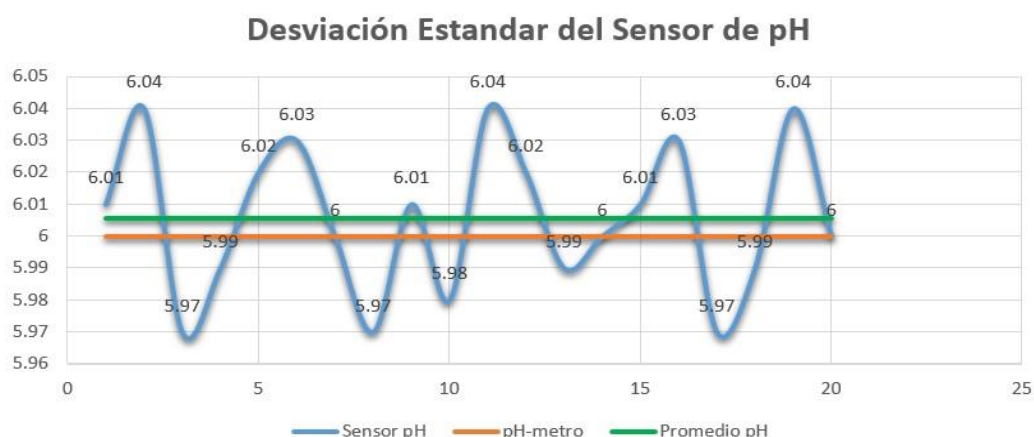
En la Tabla 11 se muestra la desviación estándar y el error relativo obtenidos por las mediciones de pH:

Tabla 11. Desviación Estándar - Calibración de pH

VALOR pH-metro	PROMEDIO	Desviación Estándar	Error Relativo (%)
6	6.01	0.0235	0.09

Fuente: Elaboración Propia (2015)

Los valores de pH medidos, el Ph de la sustancia buffer, y el promedio de las mediciones se muestran en la Figura 42.



Fuente: Elaboración Propia (2015)

Figura 42. Gráfica de Valores Medido en Calibración de pH

De la gráfica de la desviación estándar del sensor de pH, se determina para la medición de pH realizada, el error relativo es de 0.09%, y la desviación registrada de ± 0.02 pH, márgenes que confirman su buen funcionamiento; ya que, no afectan en la determinación de alcalinidad o acidez del agua al que está sometido el acuario.

4.1.3. Calibración del sensor de caudal

Para calibrar el caudalímetro, se procede a comparar las lecturas del caudalímetro con el caudal nominal de un filtro de agua de 500l/h.

En la Tabla 10 se presenta los valores de lecturas de caudal medidos y obtenidos para esta prueba. Las medidas fueron tomadas a diario hasta completar 20 lecturas.

Tabla 12. Medidas de Caudal para Calibración

DATOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sensor	461.00	469.00	465.00	479.00	472.00	466.00	470.00	484.00	479.00	473.00	468.00	463.00	483.00	465.00	469.00	473.00	478.00	467.00	476.00	479.00
Caudalímetro	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00

Fuente: Elaboración Propia

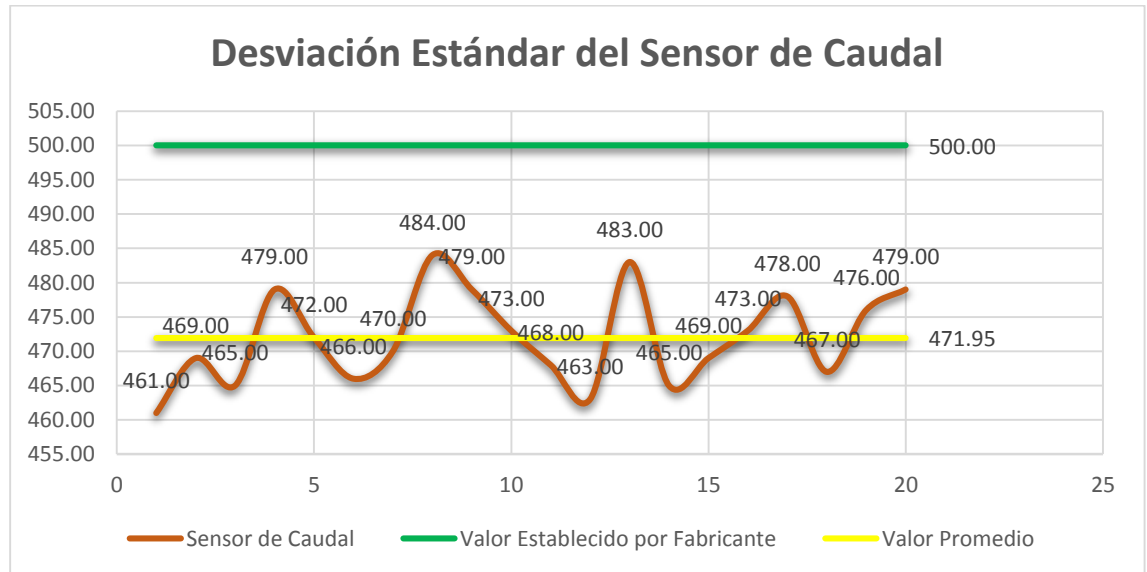
En la Tabla 13 se muestra la desviación estándar y el error relativo obtenidos por las mediciones de caudal:

Tabla 13. Desviación Estándar - Calibración de Caudal

VALOR Caudalímetro	PROMEDIO	Desviacion Estandar	Error Relativo (%)
500.00	471.95	6.75	5.610

Fuente: Elaboración Propia (2015)

Los valores de caudal medidos, el caudal nominal del filtro, y el promedio de las mediciones se muestran en la Figura 43.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 43. Gráfica de Valores Medido en Calibración de Caudal

De la gráfica de la desviación estándar del caudalímetro, se determina para la medición de caudal realizada, el error relativo es de 5.61%, y la desviación registrada de $\pm 6.75\text{L/H}$, márgenes que confirman su buen funcionamiento; ya que, no afectan en la determinación de obstrucción o avería del filtro.

4.2. Pruebas con el módulo de control Arduino

Las pruebas realizadas en este módulo de control es actuar en consecuencia con los valores recibidos por medio de la transmisión serial, de temperatura, pH y caudal.

Además se realizaron las pruebas del encendido y apagado de las tres lámparas fluorescentes que conforman al sistema de iluminación del acuario, asimismo la verificación de la alarma por aumento o disminución de pH y descenso del caudal.

4.2.1. Pruebas de recepción de datos de cada uno de los sensores

El Arduino realiza una lectura continua de sus entradas analógicas y digitales recibiendo datos constantemente de las mismas.

Gracias al software del Arduino la lectura de los sensores se realiza de manera fácil y sencilla debido a la asignación de variables a los puertos, identificar los valores correspondientes a cada sensor no es problema, solo debemos tener cuidado con la conexión al controlador.

4.2.2. Pruebas de funcionamiento del calentador y enfriador

Desde el Arduino se controla el valor de temperatura que se necesita mantener, este dato es ingresado a través del HMI por el administrador de los acuarios “Ralfish”, y es conocido como SetPoint de temperatura el cual puede variar de entre 20 y 30 °C, según la elección.

El calentador se enciende cuando el valor de temperatura es menor al establecido por el usuario, una vez alcanzado el SetPoint se apaga. Lo mismo sucede para el enfriador, se enciende cuando el valor de temperatura es mayor al establecido y una vez alcanzado el SetPoint se apaga.

4.2.3. Pruebas de funcionamiento de lámparas fluorescentes

Para la etapa de iluminación se tienen 3 lámparas fluorescentes, estas son controladas por el Arduino después de recibir del HMI el tipo de iluminación que se utilizará y la orden de confirmación.

4.2.4. Pruebas de comunicación serial

Para la verificación de la comunicación serial, se hizo uso del HMI, puesto que en su pantalla principal, se obtiene los datos de temperatura, pH y caudal a tiempo real. A la vez se selecciona los SetPoint deseados, cuya información se envía al módulo de control para que se realicen las operaciones según corresponda.

Para las pruebas se estableció el SetPoint en 28 °C y se tomaron mediciones diarias hasta llegar a las 61 muestras, dichas mediciones se muestran en el Anexo 06

Con las mediciones del Anexo 02 y el Anexo 06, se realizó una prueba t para medias de dos muestras emparejadas, que se muestra en Tabla 12.

Dicha prueba se realizó con la finalidad de observar si se reduce el margen de error entre la temperatura medida y la ingresada por el SetPoint.

Tabla 14. Prueba t para Temperatura

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	Antes del sistema Automático	Después del Sistema Automático
Media	27.07540984	28.01196721
Varianza	0.023218579	0.004272732
Observaciones	61	61
Coeficiente de correlación de Pearson	-0.120561081	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	60	
Estadístico t	-42.30726129	
P(T<=t) una cola	1.11432E-46	

Fuente: Elaboración Propia (2015)

Para las pruebas se estableció el SetPoint en 6.5pH y se tomaron mediciones en intervalos de 4 días hasta llegar a las 15 muestras, probando al mismo tiempo la alarma si fuese necesario. Dichas mediciones se muestran en el Anexo 07.

Con las mediciones del Anexo 03 y el Anexo 07, se realizó una prueba t para medias de dos muestras emparejadas, que se muestra en la Tabla 13.

La prueba se realizó con el fin de mostrar que se mejora supervisión del pH, pues permite observar cambios menores en las mediciones.

Tabla 15. Prueba t para pH

<i>Prueba t para medias de dos muestras emparejadas</i>	Antes del sistema automático	Después del sistema automático
Media	6.766666667	6.671333333
Varianza	0.066666667	0.016555238
Observaciones	15	15
Coeficiente de correlación de Pearson	0.773303665	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	2.069175766	
P(T<=t) una cola	0.028757256	
Valor crítico de t (una cola)	1.761310136	
P(T<=t) dos colas	0.057514512	
Valor crítico de t (dos colas)	2.144786688	

Fuente: Elaboración Propia (2015)

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Analizando la Tabla 9, se determina para la medición de temperatura realizada por el sensor, que el error relativo es de 0.22 %, y la desviación es de ± 0.05 °C, márgenes que confirman su buen funcionamiento; ya que, no afectan de manera drástica a las condiciones de climatización en el acuario.
- De la Tabla 11 se determina para la medición de pH realizada, que el error relativo es de 0.09%, y la desviación registrada de ± 0.02 pH, márgenes que confirman su buen funcionamiento; ya que, no afectan en la determinación de alcalinidad o acidez del agua al que está sometido el acuario.
- De la tabla de la 13, se determina para la medición de caudal realizada, el error relativo es de 5.61%, y la desviación registrada de ± 6.75 L/H, márgenes que confirman su buen funcionamiento; ya que, no afectan en la determinación de obstrucción o avería del filtro.
- Realizando un análisis de datos con la ayuda del Microsoft Excel se puede observar que luego de aplicar el sistema de control el margen de error entre la temperatura medida y el SetPoint de temperatura disminuye; al demostrarse que el valor absoluto del “t” estadístico es mayor que el “t” tabulado; además el error obtenido es menor que el 0.05. Para este análisis se utilizó parámetros de una cola por que se realizó una comparación de dos variables.
- Realizando un análisis de datos con la ayuda del Microsoft Excel se puede observar que luego de aplicar el sistema de control se tienen variaciones menores en las medidas de pH; al demostrarse que el valor absoluto del “t” estadístico es mayor que el “t” tabulado; además el error obtenido es menor que el 0.05. Para este análisis se utilizó parámetros de una cola por que se realizó una comparación de dos variables.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- Al iniciar el proceso de investigación, se analizó que el acuario “Ralfish” en la ciudad de Trujillo era dependiente de personal especializado en instalación y mantenimiento, ya que ellos realizaban las labores necesarias para el buen funcionamiento de los acuarios en el local de ventas, generando de esta manera, problemas cada vez que se brindaba el servicio de instalación de acuarios a sus clientes, debido a que dichas personas se ausentaban el local quedaba sin personal especializado.
- Se logró determinar que las condiciones necesarias para el buen funcionamiento del acuario “Ralfish” son: La climatización, que varía entre 20 y 30 °C; los niveles de pH, establecidos entre 6 y 8; el filtrado, que debe ser supervisado constantemente según la capacidad del acuario, la que varía entre 70 y 120 litros; por último se debe contar con 3 tipos de iluminación, los que son seleccionados según la necesidad.
- Para la temperatura, se diseñó un sistema de control de lazo, para la etapa de filtrado y sistema de supervisión del nivel de pH, se usaron otras opciones de control. Así como también un sistema que nos permitiera para el accionamiento de las luminarias del acuario.
- Se implementó un sistema de control y supervisión, usando Arduino MEGA2560 con sus respectivos módulos, con un error relativo de 0.22% y $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ para el sensor de temperatura; 0.09% y ± 0.02 pH para el sensor de pH; para el caudalímetro un error relativo de 5.61% y su desviación estándar de ± 6.75 L/H; permitiéndonos no influir en las condiciones necesarias; en cuanto a la comunicación, se realizó por puerto serial con el HMI, lo que nos otorga la opción de activar una rutina de iluminación preestablecida, controlar la climatización y supervisar los niveles de pH y la capacidad de filtrado en los acuarios “Ralfish”.
- Se evaluó el sistema de control automático implementado mediante dos prueba “T” para medias de dos muestras emparejadas en las que su error obtenido es menor al 5%: la diferencia en el margen entre la temperatura medida y el SetPoint de la misma disminuye; además se obtuvo mejoras en la lectura de la etapa de supervisión

en el nivel de pH, logrando menos variaciones en las medidas, además para la etapa de supervisión del filtro, el sistema fue convertido en herramienta para el personal de mantenimiento, pues ahora se sabe cuándo el filtro está obstruido o sucio, ayudando así a tomar acciones correctivas rápidamente, con respecto a la iluminación, es suficiente con seleccionar la rutina que se requiere en el acuario, por último, el sistema genera alarmas cuando las variables a controlar salgan de sus valores permitidos.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

- Para controlar los niveles de pH con un sistema de lazo cerrado se debe tener en cuenta el cambio de agua del acuario para dicho propósito es necesario sensar los niveles de agua para realizar tanto vaciado como el llenado del mismo. Esto se lograría debido a la mayor sensibilidad al cambio de niveles en el pH con la que ahora se cuenta.

CAPÍTULO VII

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS

- Acedo, J. (2006). *Instrumentación y Control Avanzado de Procesos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Arias, S. (1972). *Usted y el Acuario*. Buenos Aires: Editorial Lavalle.
- Breitenstein, A. (2012). *Atlas Ilustrado del Acuario*. Madrid: Susaeta Ediciones S.A.
- Mariani, M. (2003). *El Gran Libro de los Peces de Acuario*. Madrid: Editorial Planeta.
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de Control Moderna*. Madrid: Pearson Education S.A.
- Sanchez, C. (2013). *Piscicultura*. Lima: Editorial Ripalme E.I.R.L.
- Schliewen, U. (2008). *El Acuario*. España: Editorial Hispano Europea S.A.

TESIS

- Neyra, J. (2009). *Control predictivo no lineal basado en modelación Hammerstein polinomial aplicado a un módulo de pH*. Tesis de Grado. Universidad de Piura. Piura - Perú
- Verdezoto, G. (2014). *Aplicación de la Domótica para el Control del Sistema de Temperatura, Monitoreo, Apertura y Cierre Automático de la Puerta del Garaje e Iluminación Interior y Exterior de una Vivienda*. Tesis de Grado. Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador.

MANUAL

- Rodriguez, F. (2002). *Acuariofilia Rentable*.
- Hagen, M. (2006). *Guía Básica de Acuarios*.
- Gastaldi, O. (2004). *Elementos y Equipos Eléctricos*.
- Torres, S. (2013). *El ABC de la Automatización, Sensor de Flujo*.

INTERNET

- Cómo Iluminar un Acuario Plantado
<http://acuariofiliamadrid.org/Thread-Como-iluminar-un-Acuario-Plantado>
Último acceso: 17 de Mayo de 2015
- La Iluminación
<http://www.acuarioplantado.com/content/11-la-iluminacion>
Último acceso: 17 de Mayo de 2015
- Proteus Professional v8.1 SP1, Suite Profesional de Simulación de Circuitos Electrónicos
<http://www.intercambiosvirtuales.org/software/proteus-professional-v8-0-151417-sp0-suite-profesional-de-simulacion-de-circuitos-electronicos>
Último Acceso: 22 de Mayo de 2015
- Virtual Serial Port
<http://www.eltima.com/products/vspdxp/>
Último Acceso: 22 de Mayo de 2015
- Interfaz hombre-máquina (HMI)
<http://www.copadata.com/es/productos/product-features/interfaz-hombre-maquina-hmi.html>
Último Acceso: 23 de Mayo de 2015
- Visual Studio 2013
<http://www.genbetadev.com/herramientas/visual-studio-2013>
Último Acceso: 23 de Mayo de 2015
- Acceso Remoto
<http://definicion.de/acceso-remoto/>
Último Acceso: 23 de Mayo de 2015
- Arduino Mega 2560
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
Último Acceso: 24 de Agosto de 2015
- Sensor de Temperatura DS18B20 tipo sonda
<http://electronilab.co/tienda/sensor-de-temperatura-ds18b20-tipo-sonda/>
Último Acceso: 24 de Agosto de 2015
- pH meter
[http://dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter\(SKU:_SEN0161\)](http://dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter(SKU:_SEN0161))

Último Acceso: 24 de Agosto de 2015

- YF-S201 Hall Effect Water Flow Meter / Sensor
<http://www.hobbytronics.co.uk/yf-s201-water-flow-meter>
Último Acceso: 24 de Agosto de 2015
- Módulo Relé 5V 8 Canales
<http://www.filipeflop.com/pd-6b851-modulo-rele-5v-8-canais.html>
Último Acceso: 24 de Agosto de 2015
- LCD KeyPad Shield For Arduino SKU: DFR0009
http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/LCD_KeyPad_Shield_For_Arduino_SKU:_DFR0009
Último Acceso: 24 de Agosto de 2015

CAPÍTULO VIII

8. ANEXOS

ANEXO 01: Guía de entrevista

Entrevistado: Ralph Henriquez De La Torre Ugarte Entrevistadores: Giancarlo Michael Rubio Reque Hans Barnnie Chotón Posadas	Fecha: 15 de mayo del 2015 Institución: Universidad Privada Antenor Orrego.
Objetivo: Conocer los sistemas o mecanismos con los que se cuentan para mantener las condiciones necesarias de los acuarios “Ralfish”.	
Dirigido a: Encargado de mantenimiento de los acuarios Ralfish.	
Preguntas: <ul style="list-style-type: none">• Sobre la iluminación ¿En qué consiste el sistema de iluminación de los acuarios Ralfish? ¿Cree Ud. que su sistema de iluminación es adecuado? ¿Por qué? ¿Qué tiempo le toma instalar la iluminación correcta en un acuario? ¿Qué mejoras cree debería tener el sistema de iluminación?• Sobre la filtración ¿Con qué sistema de filtración se cuenta en los acuarios Ralfish? ¿Cada qué tiempo se da mantenimiento al sistema de filtración? ¿Han tenido problemas significativos debido a la filtración del acuario?• Sobre la climatización ¿En qué consiste el sistema de climatización en los acuarios Ralfish?	

¿Se puede mejorar? ¿En qué aspecto?

¿Con qué frecuencia se hacen las mediciones de temperatura?

¿Qué problemas frecuentes se tienen en la climatización?

- **Sobre el pH**

¿Se cuenta con un sistema de supervisión y/o corrección de pH?

¿Con qué frecuencia se realizan las supervisiones de pH?

¿Qué inconvenientes se ha tenido en cuanto a pH?

Resumen de las Respuestas

- **De la iluminación**

El señor Ralph nos manifiesta que su sistema de iluminación es bueno en cuanto al funcionamiento de las luminarias fluorescentes, pero que presenta problemas de versatilidad, pues cuando quieren cambiar el tipo de iluminación les toma muchos minutos realizar las conexiones debidas.

- **De la filtración**

Nos dice que en los acuarios Ralfish se usan filtros del tipo internos. El mantenimiento y limpieza de estos filtros se realiza cuando se notan impurezas en el acuario ya que no tienen una manera de saber el estado de funcionamiento de dichos filtros. De no tener esa señal de impurezas, la limpieza y mantenimiento se realizará cada 6 meses.

El gran problema que tienen surge cuando un pez o deshecho de acuario obstruyen las entradas de agua del filtro, ocasionando al pez accidentes que pueden ser mortales o disminuyendo considerablemente el filtrado del acuario.

- **De la climatización**

En este punto nos comentó que cuentan con calentadores sumergibles muy confiables y de fácil manejo. Su debilidad es no contar con enfriadores, por lo tanto, no les permite aclimatar especias de agua fría y por último no les permite bajar la temperatura excesiva en días calurosos, lo cual hace que se deba medir la temperatura diariamente.

- **Del pH**

Por último el señor Ralph nos manifiesta que solo se hacen mediciones de pH cada 4 días o 1 semana, pues el proceso es complicado y costoso.

ANEXO 02: Mediciones de temperatura

MEDICIONES DE TEMPERATURA ACUARIO -			
Se inició el día 1 de mayo, los calentadores se ajustaron a razón de tener 28 °C en ambos acuarios de la misma capacidad y con el mismo tipo de filtro. Las medidas se realizaron con un Termómetro digital para acuarios.			
Día	Temperatura Ambiente		Temperatura Acuario
	Alto	Bajo	
1	24	17	27.1
2	24	17	27
3	24	17	26.9
4	24	17	26.9
5	24	17	27.2
6	24	17	27
7	24	17	27.1
8	24	17	27.2
9	24	17	27.1
10	24	17	27
11	24	17	27.2
12	24	17	27.1
13	23	17	26.8
14	23	17	26.8
15	23	17	26.9
16	23	17	27
17	23	17	26.9
18	24	20	27
19	24	21	27.1
20	26	21	27.3
21	25	21	27.2
22	24	21	27.1
23	25	21	27.1
24	24	21	27.1
25	25	21	27.2
26	26	21	27.2
27	24	21	27
28	24	22	27.1
29	24	21	27.1
30	24	22	27.2
31	25	21	27.1

MEDICIONES DE TEMPERATURA ACUARIO -

Se continúa el mes de junio, los calentadores se ajustaron a razón de tener 28 °C en ambos acuarios de la misma capacidad y con el mismo tipo de filtro. Las

Día	Temperatura Ambiente		Temperatura Acuario
	Alto	Bajo	
1	23	21	27
2	23	21	26.9
3	25	21	27.1
4	24	21	27
5	25	20	27.2
6	25	22	27.3
7	26	22	27.3
8	27	22	27.4
9	26	22	27.4
10	26	22	27.3
11	25	21	27.3
12	23	21	27
13	24	21	27
14	24	20	26.9
15	23	20	26.9
16	23	20	27
17	22	20	26.8
18	24	20	27.1
19	24	20	27
20	23	21	26.9
21	24	20	27
22	24	19	27.1
23	23	19	27.1
24	23	20	26.9
25	23	19	26.9
26	24	19	26.9
27	24	17	27.1
28	25	17	27.2
29	24	18	27.1
30	24	17	27

ANEXO 03: Medición de pH

Medición de pH	
Se tomó las mediciones de pH cada 4 días, empezando el 1 de mayo. Esto por un periodo de 2 meses. Se utilizó un medidor de pH por reacción química.	
Día	Nivel de pH
1	6.5
2	6.5
3	7
4	7
5	6.5
6	7
7	6.5
8	6.5
9	7
10	6.5
11	7
12	7
13	6.5
14	7
15	7

ANEXO 04: Desarrollo del software en el controlador

El comando #include permite usar las librerías que sean necesarias

Librería necesaria para el LCD

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

Librerías necesarias para el sensor de temperatura

```
#include <OneWire.h>
```

```
#include <DallasTemperature.h>
```

Se asigna el pin 2 para la captura de datos del sensor de temperatura

```
#define sensortemperaturapin 2
```

```
OneWire ourWire(sensortemperaturapin);
```

```
DallasTemperature sensors(&ourWire);
```

Se asigna a los pines correspondientes RS E D4 D5 D6 D7 los pines del Arduino al que serán conectados

```
LiquidCrystal lcd(8,9,4,5,6,7);
```

Asignamos el pin 30 como ALARMA

```
int ALARMA = 30;
```

Se declara la variable “rpm” como volátil

```
volatile int rpm;
```

Asignación del pin por el cual se obtendrán los datos del flujómetro

```
unsigned char flowmeter = 3;
```

Variable de valor entero que se le asigna a la obtención de datos del flujo

```
int SENSORFLUJO;
```

Variable de valor entero que se le asigna a la obtención del valor mínimo del tanque del acuario

```
int CAP_MIN_TANQUE;
```

Variable de valor entero que se le asigna a la capacidad del tanque en función del flujo sensado

```
int CAP_TANQUE;
```

Variable de valor entero que será enviada al VisualBasic después de un arreglo para su respectivo análisis

```
int vbFLUJO;
```

Variable de valor flotante asignada al valor de SetPoint del pH

```
float SETPOINT_PH;
```

Variable de valor flotante asignada al valor de mínimo de pH

float PHMIN;

Variable de valor flotante asignada al valor de máximo de pH

float PHMAX;

Variable de valor flotante asignada al valor de comparación de pH

float TEST_PH;

Se asigna el pin 22 al CALENTADOR

int CALENTADOR = 22;

Se asigna el pin 23 al ENFRIADOR

int ENFRIADOR = 23;

Variable de valor entero asignada al valor mínimo de temperatura

int TMIN;

Variable de valor entero asignada al valor máximo de temperatura

int TMAX;

Variable de valor entero asignada al valor comparación de temperatura

int TEST_TEMPERATURA;

Variable de valor entero asignada al valor de SetPoint de temperatura

int SETPOINT_TEMP;

Se asigna el pin 24 al foco que simulará la luz alta

int LUZ_ALTA = 24;

Se asigna el pin 25 al foco que simulará la luz media

int LUZ_MEDIA = 25;

Se asigna el pin 26 al foco que simulará la luz baja

int LUZ_BAJA = 26;

Interrupción que cuenta cada vez que se detecta un pulso de subida

void flow ()

{

rpm++

}

Configuración de parámetros

void setup()

{

Comando que inicia la comunicación SERIAL

Serial.begin(9600);

Se define cada pin si es que es SALIDA = OUTPUT o ENTRADA = INPUT

pinMode(flowmeter,INPUT);

pinMode(CALENTADOR, OUTPUT);

pinMode(ENFRIADOR, OUTPUT);

pinMode(LUZ_ALTA, OUTPUT);

pinMode(LUZ_MEDIA, OUTPUT);

pinMode(LUZ_BAJA, OUTPUT);

pinMode(ALARMA,OUTPUT);

Código de interrupción para operar la rutina “flow”

attachInterrupt(1, flow, RISING);

Se inicia la lectura del sensor de temperatura

sensors.begin();

Se limpia la pantalla de LCD

lcd.clear();

Se inicializa la interface de la pantalla LCD

lcd.begin(16, 2);

Posición del cursor desde la que se iniciará a escribir en el LCD

lcd.setCursor(2,0);

Se imprimirá los datos escritos en el LCD

lcd.print("PANTALLA DE");

lcd.setCursor(2,1);

lcd.print("SUPERVISION");

Retardo para visualizar en la pantalla el texto escrito por 1 segundo

delay(1000);

}

Rutina para hallar la cantidad de litros por hora

void caudal()

{

Se coloca a la variable rpm en cero

rpm = 0;

Habilitar de la interrupción

sei();

delay(1000);

Deshabilitar de la interrupción

cli();

7.5Q, donde Q es el flujo en L/min, entonces multiplicamos por 60 para obtener 1 hora y se divide entre 7.5 para obtener L/hora, que equivale a multiplicar por 8

SENSORFLUJO=(rpm*8);

attachInterrupt(1, flow, RISING);

return;

}

Rutina principal donde se desarrolla el programa

void loop(){

Se inicia la subrutina CAUDAL

caudal();

Prepara el sensor de temperatura para la lectura

sensors.requestTemperatures();

Se captura la temperatura en grados Celsius en una variable flotante

float SENSORTEMP =(sensors.getTempCByIndex(0));

Se realiza un arreglo para enviar los datos por serial hacia el VisualBasic

int vbSENSORTEMP = SENSORTEMP*100;

Se envía por serial la temperatura obtenida del sensor

Serial.print("T");

Serial.println(vbSENSORTEMP);

Se muestra el dato de temperatura en el LCD

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("T= ");

lcd.setCursor(3,0);

lcd.print(SENSORTEMP);

```
delay(1000);
```

Se muestra el dato de flujo en el LCD

```
lcd.setCursor(8,0);
```

```
lcd.print("F=");
```

```
lcd.setCursor(10,0);
```

```
lcd.print(CAP_TANQUE);
```

Se realiza un arreglo a la variable de flujo para ser enviada al VisualBasic

```
vbFLUJO = (SENSORFLUJO*0.25);
```

Además en este caso es necesario realizar una comparación con los datos obtenidos para que el VisualBasic reconozca el dato enviado por el Arduino

```
if (vbFLUJO >69 && vbFLUJO < 99)
```

```
{
```

```
Serial.print("F00");
```

```
Serial.println(vbFLUJO);
```

```
delay(1000);
```

```
}
```

```
else if (vbFLUJO > 100 && vbFLUJO < 120)
```

```
{
```

```
Serial.print("F0");
```

```
Serial.println(vbFLUJO);
```

```
delay(1000);
```

```
}
```

Entrada de datos del sensor de PH

```
int INPUTPH = analogRead(A1);
```

Se captura los datos y pasan a ser tratados por la ecuación de la recta punto pendiente

```
float SENSORPH = ((-0.0284*INPUTPH)+24.43);
```

Se realiza un arreglo para enviar los datos por serial hacia el VisualBasic

```
int vbSENSORPH = (SENSORPH*100);
```

```
Serial.print("P0");
```

```
Serial.println(vbSENSORPH);
```

Se muestra el dato de pH en el LCD

```
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("pH=");  
lcd.setCursor(3,1);  
lcd.print(SENSORPH);  
lcd.setCursor(7,1);  
lcd.print(" ");
```

Se muestra la rutina de ILUMINACION en la que se encuentra

```
lcd.setCursor(8,1);  
lcd.print("I=");
```

Se crea una variable tipo String para poder recepcionar los datos que se mandan desde el VisualBasic

```
String codigo = "";
```

Mientras el puerto serial este abierto y tengan datos los analiza y envía al Arduino

```
while(Serial.available() > 0)  
{
```

Se lee lo que está en el puerto

```
char ch = Serial.read();
```

Filtrado de entrada solo deja números del 0 al XXXXX

```
if (isDigit(ch))  
{  
    codigo += ch;  
}  
}
```

Los datos obtenidos del serial se filtran para saber si pertenece a la TEMPERATURA

```
if (codigo.toInt()>101 && codigo.toInt()<200)  
{
```

Si el rango del dato enviado es el correcto entonces se pasa a tratar al dato para poder realizar las acciones de control correspondiente

```
SETPOINT_TEMP=(codigo.toInt()-100);  
TMIN=SETPOINT_TEMP-1;
```

TMAX=SETPOINT_TEMP+1;

Se hace uso de una función matemática del Arduino llamada CONSTRAIN que en español significa restringir

TEST_TEMPERATURA = constrain(SENSORTEMP,TMIN,TMAX);

Se inicia con los actuadores que permitirán el control de TEMPERATURA apagados

digitalWrite(CALENTADOR,LOW);

digitalWrite(ENFRIADOR,LOW);

Entonces aplicando la función CONSTRAIN realizamos las comparaciones para encender el ENFRIADOR si es que la temperatura excede al SETPOINT

Caso contrario encendemos el CALENTADOR si la temperatura sensada es menor que el SetPoint

if (SENSORTEMP > TMAX)

{

digitalWrite(CALENTADOR,LOW);

digitalWrite(ENFRIADOR,HIGH);

}

else if(TEST_TEMPERATURA == SENSORTEMP)

{

digitalWrite(ENFRIADOR,LOW);

digitalWrite(CALENTADOR,LOW);

}

if (SENSORTEMP < TMIN)

{

digitalWrite(ENFRIADOR,LOW);

digitalWrite(CALENTADOR,HIGH);

}

else if(TEST_TEMPERATURA == SENSORTEMP)

{

digitalWrite(ENFRIADOR,LOW);

digitalWrite(CALENTADOR,LOW);

}

}

Los datos obtenidos del serial se filtran para saber si pertenece a la ILUMINACION

```
if (codigo.toInt()>=200 && codigo.toInt()<300)
```

```
{
```

Inicia con las luces apagadas para que no interfiera en la secuencia

```
digitalWrite(LUZ_ALTA,LOW);
```

```
digitalWrite(LUZ_MEDIA,LOW);
```

```
digitalWrite(LUZ_BAJA,LOW);
```

Si el dato del serial recibido esta entre estos valores se enciende el LCD y envía que la secuencia es "BASICA"

```
if(codigo.toInt() == 211 || codigo.toInt() == 212 || codigo.toInt() == 213 )
```

```
{
```

```
lcd.setCursor(10,1);
```

```
lcd.print("BASICA");
```

```
}
```

Si el dato del serial recibido esta entre estos valores se enciende el LCD y envía que la secuencia es "MEDIA"

```
if(codigo.toInt() == 221 || codigo.toInt() == 222 || codigo.toInt() == 223 ||  
codigo.toInt() == 224 || codigo.toInt() == 225)
```

```
{
```

```
lcd.setCursor(10,1);
```

```
lcd.print("MEDIA ");
```

```
}
```

Si el dato del serial recibido esta entre estos valores se enciende el LCD y envía que la secuencia es "ALTA"

```
if(codigo.toInt() == 231 || codigo.toInt() == 232 || codigo.toInt() == 233 ||  
codigo.toInt() == 234 || codigo.toInt() == 235)
```

```
{
```

```
lcd.setCursor(10,1);
```

```
lcd.print("ALTA ");
```

```
}
```

Si el dato del serial recibido esta entre estos valores se enciende el LCD y envía que la secuencia se terminó "-----"

```
if(codigo.toInt() == 214 || codigo.toInt() == 226 || codigo.toInt() == 236)
```

```

{
lcd.setCursor(10,1);
lcd.print("-----");
}

ILUMINACION 1 // FOCO 1 -> ON
if (codigo.toInt() == 211)
{
digitalWrite(LUZ_BAJA,HIGH);
}

ILUMINACION 1 // FOCO 1 -> ON & FOCO 2 -> ON
if (codigo.toInt() == 212)
{
digitalWrite(LUZ_BAJA,HIGH);
digitalWrite(LUZ_MEDIA,HIGH);
}

ILUMINACION 1 // FOCO 1 -> ON & FOCO 2 -> OFF
if (codigo.toInt() == 213)
{
digitalWrite(LUZ_BAJA,HIGH);
digitalWrite(LUZ_MEDIA,LOW);
}

ILUMINACION 1 // FOCO 1 -> OFF
if (codigo.toInt() == 214)
{
digitalWrite(LUZ_BAJA,LOW);
}

ILUMINACION 2 // FOCO 1 -> ON
if (codigo.toInt() == 221)
{
digitalWrite(LUZ_BAJA,HIGH);

```

```

}

ILUMINACION 2 // FOCO 1 -> ON & FOCO 2 -> ON
if (codigo.toInt() == 222)
{
digitalWrite(LUZ_BAJA,HIGH);
digitalWrite(LUZ_MEDIA,HIGH);
}

ILUMINACION 2 // FOCO 1 -> ON & FOCO 2 -> ON & FOCO 3 -> ON
if (codigo.toInt() == 223)
{
digitalWrite(LUZ_BAJA,HIGH);
digitalWrite(LUZ_MEDIA,HIGH);
digitalWrite(LUZ_ALTA,HIGH);
}

ILUMINACION 2 // FOCO 1 -> ON & FOCO 2 -> ON & FOCO 3 -> OFF
if (codigo.toInt() == 224)
{
digitalWrite(LUZ_BAJA,HIGH);
digitalWrite(LUZ_MEDIA,HIGH);
digitalWrite(LUZ_ALTA,LOW);
}

ILUMINACION 2 // FOCO 1 -> ON & FOCO 2 -> OFF & FOCO 3 -> OFF
if (codigo.toInt() == 225)
{
digitalWrite(LUZ_BAJA,HIGH);
digitalWrite(LUZ_MEDIA,LOW);
digitalWrite(LUZ_ALTA,LOW);
}

ILUMINACION 2 // FOCO 1 -> ON & FOCO 2 -> OFF & FOCO 3 -> OFF
if (codigo.toInt() == 226)

```



```

{
digitalWrite(LUZ_BAJA,LOW);
digitalWrite(LUZ_MEDIA,LOW);
digitalWrite(LUZ_ALTA,LOW);
}

ILUMINACION 3 // FOCO 1 -> ON
if (codigo.toInt() == 231)
{
digitalWrite(LUZ_BAJA,HIGH);
}

ILUMINACION 3 // FOCO 1 -> ON & FOCO 2 -> ON
if (codigo.toInt() == 232)
{
digitalWrite(LUZ_BAJA,HIGH);
digitalWrite(LUZ_MEDIA,HIGH);
}

ILUMINACION 3 // FOCO 1 -> ON & FOCO 2 -> ON & FOCO 3 -> ON
if (codigo.toInt() == 233)
{
digitalWrite(LUZ_BAJA,HIGH);
digitalWrite(LUZ_MEDIA,HIGH);
digitalWrite(LUZ_ALTA,HIGH);
}

ILUMINACION 3 // FOCO 1 -> ON & FOCO 2 -> ON & FOCO 3 -> OFF
if (codigo.toInt() == 234)
{
digitalWrite(LUZ_BAJA,HIGH);
digitalWrite(LUZ_MEDIA,HIGH);
digitalWrite(LUZ_ALTA,LOW);
}

```

ILUMINACION 3 // FOCO 1 -> ON & FOCO 2 -> OFF & FOCO 3 -> OFF

```
if (codigo.toInt() == 235)
{
digitalWrite(LUZ_BAJA,HIGH);
digitalWrite(LUZ_MEDIA,LOW);
digitalWrite(LUZ_ALTA,LOW);
}
```

ILUMINACION 3 // FOCO 1 -> ON & FOCO 2 -> OFF & FOCO 3 -> OFF

```
if (codigo.toInt() == 236)
{
digitalWrite(LUZ_BAJA,LOW);
digitalWrite(LUZ_MEDIA,LOW);
digitalWrite(LUZ_ALTA,LOW);
}
```

}//MEMORIA DEL 200 A 299

Los datos obtenidos del serial se analizan para trabajar con el FLUJO

```
if (codigo.toInt()>=300 && codigo.toInt()<=400)
{
CAP_MIN_TANQUE = ((codigo.toInt()-300)*10);
CAP_TANQUE = (SENSORFLUJO*0.25);
if (CAP_TANQUE <= CAP_MIN_TANQUE)
{
digitalWrite(ALARMA,HIGH);
}
else if (CAP_TANQUE > CAP_MIN_TANQUE)
{
digitalWrite(ALARMA,LOW);
}
}
```

Transformas String en entero para evaluarlo rango de pH

```

if (codigo.toInt() >= 401 && codigo.toInt() < 500)
{
    SETPOINT_PH = ((codigo.toInt() - 400) * 0.10); // 460 465 470 475 480
    PHMIN = SETPOINT_PH - 0.5;
    PHMAX = SETPOINT_PH + 0.5;
    TEST_PH = constrain(SENSORPH, PHMIN, PHMAX);

```

Realizamos las comparaciones para activar una alarma cuando la lectura del sensor es diferente de los rangos establecidos

```

if (SENSORPH > PHMAX)
{
    digitalWrite(ALARMA, HIGH);
}
else if (TEST_PH == SENSORPH)
{
    digitalWrite(ALARMA, LOW);
}
if (SENSORPH < PHMIN)
{
    digitalWrite(ALARMA, HIGH);
}
else if (TEST_PH == SENSORPH)
{
    digitalWrite(ALARMA, LOW);
}
}
}
}

```

ANEXO 05: Librerías necesarias para entender el código

Para poder entender de una mejor manera el código grabado en Arduino es necesario tener cierto conocimiento de algunas librerías que serán detalladas a continuación.

Librería LiquidCrystal

Esta librería permite controlar una pantalla LCD basada en la HITACHI HD44780 (o compatible). La librería cuenta con variedad de funciones que serán explicadas a continuación:

LiquidCrystal():

Descripción:

Crea una variable de tipo LiquidCrystal. El monitor puede controlar usando 4 u 8 líneas de dato. Si en el primer caso, se omite los números de pin para d0 a d3 y se deja esas líneas desconectadas. El pin RW puede ser colocado a tierra en vez de conectarlo al Arduino. Si es así omítelo en estas funciones.

Sintaxis:

LiquidCrystal(rs, enable, d4, d5, d6, d7)

LiquidCrystal(rs, rw, enable, d4, d5, d6, d7)

LiquidCrystal(rs, enable, d0, d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7)

LiquidCrystal(rs, rw, enable, d0, d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7)

Parámetros:

RS: El número de pin del Arduino que está conectado el RS del LCD.

RW: El número del pin del Arduino que está conectado el RW del LCD. (Opcional)

ENABLE: El número del pin del Arduino que está conectado al enable del LCD.

D0, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7: Los número de pin del Arduino que están conectados

Begin():

Descripción:

Inicia la interface de la pantalla de LCD, y brinda las dimensiones de trabajo. La función begin() necesita ser llamada antes de otro comando de la librería del LCD

Sintaxis:

```
lcd.begin(columna, filas)
```

Parámetros:

LCD: Una variable de tipo LiquidCrystal

Columna: El número de columnas que tiene el monitor.

Filas: el número de filas que tiene el monitor.

Clear():

Descripción:

Limpia la pantalla del LCD y coloca al cursor en la parte superior derecha del monitor.

Sintaxis:

```
lcd.clear()
```

Parámetros:

LCD: Una variable de tipo LiquidCrystal

Home():

Descripción:

Coloca al cursor en la parte superior derecha del monitor.

Sintaxis:

```
lcd.home()
```

Parámetros:

LCD: Una variable de tipo LiquidCrystal

`setCursor()`:

Descripción:

Coloca al cursor un cuadro anterior en donde será escrito.

Sintaxis:

`lcd.setCursor(columnas, filas)`

Parámetros:

Columna: La columna en que se colocará el cursor (0 es el primer cuadro de la columna)

Fila: La fila en que se colocará el cursor (0 es la primera fila)

LCD: Una variable de tipo `LiquidCrystal`

`write()`:

Descripción:

Escribe un carácter en el LCD.

Sintaxis:

`lcd.write(data)`

Parámetros:

LCD: Una variable de tipo `LiquidCrystal`

DATA: El carácter que será escrito en el LCD.

`Print()`:

Descripción:

Imprime texto en el LCD.

Sintaxis:

`lcd.print(data)`

`lcd.print(data, BASE)`

Parámetros:

LCD: Una variable de tipo LiquidCrystal

DATA: El carácter que será impreso (tipo char, byte, int, long, o string)

BASE: La base del número que será impreso: BIN de binario (base 2), DEC para decimal (base 10), OCT para octal (base 8), HEX para hexadecimal (base 16)

Cursor():

Descripción:

Muestra el cursor del LCD.

Sintaxis:

lcd.cursor()

Parámetros:

LCD: Una variable de tipo LiquidCrystal

noCursor():

Descripción:

Esconde el cursor del LCD.

Sintaxis:

lcd.cursor()

Parámetros:

LCD: Una variable de tipo LiquidCrystal

Blink():

Descripción:

Muestra el cursor parpadeando del LCD. Si se usa en combinación con la función cursor(), el resultado depende del monitor en particular.

Sintaxis:

lcd.blink()

Parámetros:

LCD: Una variable de tipo LiquidCrystal

noBlink():

Descripción:

Apaga el parpadeando del cursor del LCD.

Sintaxis:

lcd.noBlink()

Parámetros:

LCD: Una variable de tipo LiquidCrystal

Display():

Descripción:

Enciende el monitor del LCD, después es apagado con la función noDisplay().

Sintaxis:

lcd.display()

Parámetros:

LCD: Una variable de tipo LiquidCrystal

noDisplay():

Descripción:

Apaga el monitor del LCD, sin perder el texto que se mostraba en el monitor.

Sintaxis:

lcd.noDisplay()

Parámetros:

LCD: Una variable de tipo LiquidCrystal

`scrollDisplayLeft()`:

Descripción:

Se desplaza el contenido de la pantalla un espacio hacia la izquierda.

Sintaxis:

`lcd.scrollDisplayLeft()`

Parámetros:

LCD: Una variable de tipo `LiquidCrystal`

`scrollDisplayRight()`:

Descripción:

Se desplaza el contenido de la pantalla un espacio hacia la derecha.

Sintaxis:

`lcd.scrollDisplayRight()`

Parámetros:

LCD: Una variable de tipo `LiquidCrystal`

`Autoscroll()`:

Descripción:

Se desplaza el contenido de la pantalla, por defecto la dirección es de izquierda a derecha.

Sintaxis:

`lcd.autoscroll()`

Parámetros:

LCD: Una variable de tipo `LiquidCrystal`

`noAutoscroll()`:

Descripción:

Se desactiva el desplazamiento del LCD.

Sintaxis:

`lcd.noAutoscroll()`

Parámetros:

LCD: Una variable de tipo LiquidCrystal

`createChar()`:

Descripción:

Crea un carácter personalizado para usar en el LCD. Se admiten hasta ocho caracteres de 5x8 píxeles. La aparición de cada carácter personalizado se especifica mediante una serie de ocho bytes, uno para cada fila. Los cinco bits menos significativos de cada byte determinan los píxeles en esa fila. Para mostrar un carácter personalizado en la pantalla, escribir entre () el número.

Sintaxis:

`lcd.createChar(num, data)`

Parámetros:

LCD: Una variable de tipo LiquidCrystal

NUM: carácter a crear (0 a 7)

DATA: El pixel del dato

Librería OneWire:

Descripción:

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), 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.

Variable “volatile”:

Descripción:

“Volatile” es una palabra clave conocida por Arduino como un calificador de variable, se utiliza generalmente para modificar la forma en que el compilador y el programa posterior trata la variable.

Declarar una variable “volatile” es una directiva para el compilador. El compilador es un software que traduce su código C/C++ en el código de la máquina, que son las instrucciones reales que llegan al chip de Arduino.

En concreto, se dirige al compilador para cargar la variable desde la RAM y no desde un registro de almacenamiento, que es una ubicación de memoria temporal donde se almacenan y manipulan las variables del programa. Bajo ciertas condiciones, el valor para una variable almacenada en los registros puede ser inexacta.

Una variable debe ser declarada como “volatile” cuando su valor puede ser cambiado por una sección de control en el código que aparece, como un hilo al mismo tiempo de ejecución. En el Arduino, el único lugar que es probable que ocurra es en la sección de código asociado a la interrupción.

Variable “unsigned char”

Descripción:

Un tipo de dato sin signo que ocupa 1 byte de memoria.

El dato de tipo “unsigned char” codifica números de 0 a 255.

Para mantener la coherencia del estilo de programación del Arduino, es preferible usar datos tipo byte.

Función “attachInterrupt()”:

Descripción:

Pines digitales con interrupción:

El primer parámetro de “attachInterrupt” es el número de interrupción. Normalmente debería utilizar `digitalPinToInterrupt(pin)` para usar el pin digital como pin de interrupción.

PLACA	PINES DIGITALES USABLES COM INTERRUPCION
Uno, Nano, Mini, otros 328-based	2, 3
Mega, Mega2560, MegaADK	2, 3, 18, 19, 20, 21
Micro, Leonardo, otros 32u4-based	0, 1, 2, 3, 7
Zero	Todos los pines digitales, excepto el 4
Due	Todos los pines digitales

Servicios de interrupción de rutinas (ISR):

ISRs son un tipo especial de funciones que tiene limitaciones únicas, que la mayoría de las otras funciones no tiene. Una función ISR no puede tener ningún parámetro, y tampoco debería devolver ningún resultado.

Sintaxis:

```
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pin), ISR, mode)
```

Parámetros:

Pin: el número del pin

Mode: define cuando la interrupción será activada. Cuatro constantes son predefinidas como valores validos:

- LOW para activar la interrupción siempre que el pin este en condición baja
- CHANGE para activar la interrupción siempre que el pin cambie de valor
- RISING para activar cada que el pin cambie de condición baja a alta.
- FALING para activar cada que el pin cambie de condición alta a baja.

La placa del Arduino DUE permite además:

- HIGH para activar la interrupción siempre que el pin este en condición alta.

Función “constrain”

Descripción:

Restringe un número en un rango.

Sintaxis:

`constrain(x, a, b)`

Parámetros:

X: el número que será operado

A: el menor valor del rango

B: el mayor valor del rango

Regresa como resultado:

X: si x esta entre a y b

A: si x es menor que a

B: si x es mayor que b

ANEXO 06: Mediciones de Temperatura luego de fijarse un SetPoint desde el HMI

Día	Temperatura °C	Día	Temperatura °C
1	28.04	32	28.03
2	27.88	33	27.96
3	28.07	34	28.10
4	28.10	35	27.95
5	28.00	36	28.01
6	28.12	37	28.08
7	28.03	38	28.07
8	27.99	39	27.96
9	27.90	40	28.05
10	28.11	41	28.03
11	28.05	42	27.99
12	27.94	43	27.93
13	28.03	44	28.12
14	28.02	45	28.07
15	27.91	46	28.05
16	28.00	47	27.99
17	27.99	48	28.04
18	28.08	49	27.93
19	27.97	50	27.90
20	28.05	51	28.07
21	27.93	52	28.09
22	28.06	53	28.09
23	28.04	54	27.94
24	27.91	55	27.96
25	28.02	56	28.08
26	27.90	57	28.09
27	28.08	58	27.96
28	27.96	59	27.98
29	28.04	60	27.92
30	28.09	61	28.01
31	27.97		

ANEXO 07: Mediciones de pH luego de Fijarse un SetPoint desde el HMI

Día	Nivel de pH
1	6.56
2	6.67
3	6.91
4	6.62
5	6.59
6	6.71
7	6.47
8	6.62
9	6.87
10	6.54
11	6.74
12	6.67
13	6.53
14	6.76
15	6.81