

Diseño de un sistema de monitoreo de parámetros del agua en que habitan peces ornamentales para brindar las condiciones óptimas de supervivencia a las especies, basado en el uso de tecnologías de sensores de precisión y sistemas embebidos.

Johann Alexander Hernández Niño

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Programa de Ingeniería Electrónica

Bogotá, Colombia

Agosto de 2021

Diseño de un sistema de monitoreo de parámetros del agua en que habitan peces ornamentales para brindar las condiciones óptimas de supervivencia a las especies, basado en el uso de tecnologías de sensores de precisión y sistemas embebidos.

Johann Alexander Hernández Niño

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por al título de:

Ingeniero Electrónico

Director:

Ing. Jairo Luís Gutiérrez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Programa de Ingeniería Electrónica

Bogotá, Colombia

Agosto de 2021

Declaración de derechos de propiedad intelectual

Los autores de la presente propuesta manifestamos que conocemos el contenido del Acuerdo 06 de 2008, Estatuto de Propiedad Intelectual de la UNAD, Artículo 39, referente a la cesión voluntaria y libre de los derechos de propiedad intelectual de los productos generados a partir de la presente propuesta. Asimismo, conocemos el contenido del Artículo 40 del mismo Acuerdo, relacionado con la autorización de uso del trabajo para fines de consulta y mención en los catálogos bibliográficos de la UNAD.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la pasión y la fuerza que se requieren al cursar una disciplina tan importante como la Ingeniería Electrónica, a mi familia quienes siempre me apoyaron y estuvieron animándome cada día para lograr mis sueños.

Resumen

El presente proyecto está destinado a resolver de manera adecuada y pertinente el problema planteado en el que se desean censar y controlar, tres variables indispensables en la calidad del agua en que habitan los peces ornamentales en cautiverio. Estas variables son: la concentración de oxígeno disuelto, la temperatura del agua y el pH. Es necesario simular por medio de dispositivos externos, las condiciones óptimas, en que los peces logran su homeostasia y son aptos para la reproducción.

Para la temperatura es preciso tener en cuenta, un rango que va de 22°C a 30°C, (Axelrod, 1990), dependiendo de la especie y el objetivo deseado, para el pH, el objetivo es informar al propietario por medio de una señal visual, que los niveles están arriba o debajo de los propósitos de manejo dependiendo de la especie. En el caso de la concentración de oxígeno activar una bomba cuando su concentración sea menor de 10ppm (waterboards.ca.gov).

Para lograr este objetivo, se diseñará un dispositivo electrónico, el cual, por medio de tres sensores, uno de oxígeno, uno de pH y uno de temperatura, obtengan la información, que posteriormente sea procesada con el uso de sistemas embebidos o tarjeta de desarrollo Arduino, y también realice el control en las variables de concentración de oxígeno y temperatura.

La interacción con el usuario está dada por la visualización de los parámetros por medio de una pantalla LCD 16 x 4.

Palabras clave: peces, oxígeno, temperatura, pH.

Abstract

This project is intended to adequately and pertinently solve the problem posed in which it is desired to register and control, three essential variables in the quality of the water in which ornamental fish inhabit in captivity. These variables are: dissolved oxygen concentration, water temperature, and pH. It is necessary to simulate by means of external devices, the optimal conditions, in which the fish achieve their homeostasis and are suitable for reproduction.

For the temperature it is necessary to take into account, a range that goes from 22 ° C to 30 ° C, (Axelrod, 1990), depending on the species and the desired objective, for the pH, the objective is to inform the owner by means of a visual cue, that levels are above or below for management purposes depending on the species. In the case of oxygen concentration, activate a pump when its concentration is less than 10ppm (waterboards.ca.gov).

To achieve this objective, an electronic device will be designed, which, by means of three sensors, one for oxygen, one for pH and one for temperature, obtain the information, which will later be processed with the use of embedded systems or development card. Arduino, and also perform control on the oxygen concentration and temperature variables.

The interaction with the user is given by the visualization of the parameters by means of a 16 x 4 LCD screen.

Keywords: fish, oxygen, temperature, pH.

Tabla de contenido

Contenido

Resumen	5
Lista de Figuras	9
Lista de Tablas	10
Introducción	11
Planteamiento del problema	12
Justificación.....	13
Objetivos	14
Objetivo General.....	14
Objetivos Específicos	14
Marco referencial	15
El medio ambiente acuático de los peces ornamentales.....	15
Parámetros fisicoquímicos del agua.....	15
La temperatura del agua.....	15
Concentración de Oxígeno.....	16
El pH	16
Conceptos básicos y antecedentes	17
Instrumentación Electrónica	17
Sensores de temperatura y humedad.....	21
El Termistor. Este dispositivo es básicamente una resistencia construida a base de un	22
material semiconductor que es sensitivo a diferentes niveles de temperatura y varía su	
valor resistivo en función de los cambios de la energía térmica.	22
Termopar o termocupla.	22
Sensor de temperatura resistivo (RTD).....	23
Sensores de temperatura con semiconductores.....	24
Sensores de concentración de oxígeno.....	25
Sensores de nivel de pH.....	26
Diseño metodológico.....	27
Investigación no experimental.....	28
Enfoque mixto	28

Fase 1 Estudio e Investigación	28
Sistema de censado de temperatura	29
Sensor de temperatura DS18B20	29
Descripción.....	29
Características.	30
Medición de temperatura.....	32
Asignación de pines de DS18B20.....	32
Diagrama de bloques del DS18B20. El funcionamiento del sensor de temperatura se representa en el siguiente diagrama de bloques.	33
Sistema de censado de pH	38
Sensor de pH DFRobot SEN 0161.....	38
Descripción.....	38
Características.	39
Medición del pH.....	39
Conexión de pines del sensor.	40
Pantalla LCD 20 x 4.....	42
Fase 2 Diseño.....	42
Fase 3 Validación	50
Resultados y análisis	56
Conclusiones y recomendaciones.....	58
Bibliografía.....	59

Lista de Figuras

Figura 1	18
Figura 2	23
Figura 3	23
Figura 4	25
Figura 5	30
Figura 6	31
Figura 7	32
Figura 8	33
Figura 9	34
Figura 10	37
Figura 11	38
Figura 15	38
Figura 16	40
Figura 17	41
Figura 18	42
Figura 19	43
Figura 20	44
Figura 21	45
Figura 22	45
Figura 23	46
Figura 24	47
Figura 25	48
Figura 26	49
Figura 27	50
Figura 28	50
Figura 29	52
Figura 30	53
Figura 31	53
Figura 32	54
Figura 33	54

Lista de Tablas

Tabla 1.....	21
Tabla 2.....	31
Tabla 3.....	55

Introducción

El presente trabajo ha sido desarrollado en tres fases diferentes, para poder lograr los objetivos propuestos, como primera instancia se hace el planteamiento del problema que se desea solucionar, así mismo se plantea su justificación y que beneficios puede aportar a los actores del medio en que se desenvuelve el proyecto. Posteriormente hacemos una introducción con el marco referencial el cual contribuye a explicar los parámetros fisicoquímicos que son objeto del presente trabajo, el medio ambiente acuático, temas de instrumentación industrial incluidos los sensores de manera genérica y algunos antecedentes que aportan en el diseño del dispositivo propuesto, la segunda parte esta encaminada a desarrollar el diseño metodológico que se divide en tres fases, la fase 1, donde se hace el estudio e investigación de los elementos necesarios en la construcción de la hipótesis de funcionamiento del dispositivo, posteriormente en la fase 2, que es el diseño del dispositivo, donde se hace el montaje y se desarrolla la propuesta teórica del sistema electrónico, y en su tercera parte se hace la validación y la puesta en marcha del proyecto con simulaciones en Proteus, al final se dan a conocer los resultados obtenidos y las conclusiones a las que hemos llegado.

Planteamiento del problema

El sector de la acuariofilia o la afición a tener peces ornamentales en cautiverio es una práctica muy extendida en nuestro país, en el cual existen innumerables elementos tecnológicos y accesorios para su manutención, donde se pueden encontrar reactivos químicos e instrumentos para determinar los parámetros físico – químicos del agua donde viven estas especies y que de cierta manera son muy costosos y difíciles de controlar en la mayoría de los casos, de los cuales existen tres variables básicas que deben ser controladas, estas son: la concentración de oxígeno, la temperatura y el pH, que son fundamentales para mantener la salud de los peces y evitar que enfermen y posteriormente mueran.

Los peces ornamentales necesitan que la concentración de oxígeno este por encima de los 6ppm (waterboards.ca.gov), una temperatura con un rango de 22 a 28°C, (Axelrod, 1990) y un pH que se determina según la especie, para que puedan vivir plenamente, no se enfermen fácilmente y se produzca su reproducción. Si estos parámetros no se controlan eficazmente cuando los peces se encuentran en cautiverio las expectativas de vida de estos se reducen sustancialmente.

Incluso las personas que comercializan los peces ornamentales podrían beneficiarse de este control.

Al desarrollar un dispositivo electrónico que permita medir estas tres variables físico - químicas del agua y que a su vez se controlen automáticamente la concentración de oxígeno y la temperatura, se dan las herramientas para que sean utilizadas por las personas dedicadas a esta disciplina y como punto de partida en el mejoramiento de las técnicas de mantenimiento y reproducción de los peces ornamentales.

Justificación

Cuando se tienen peces ornamentales en cautiverio, es sabido que esta práctica no es fácil y necesita de conocimientos y aptitudes. A pesar de que existe cierto éxito en cuanto a su tenencia y comercialización, es posible mejorar las expectativas controlando la concentración de oxígeno, la temperatura y el pH por medio de un dispositivo electrónico sin necesidad de utilizar reactivos e instrumentos demasiado costosos para su determinación en un ambiente casero, de esta manera podrían beneficiarse las personas que comercializan estas especies, disminuyendo sus tasas de mortalidad y aumentando sus ingresos. De la misma manera las personas que en sus casas tienen esta afición podrán controlar más fácilmente sus acuarios y podrán tener de primera mano y en tiempo real los datos necesarios para poder hacer las correcciones adecuadas en un momento dado.

En Colombia se estima que cada año se comercializan alrededor de 25 millones de peces ornamentales procedentes de varias regiones del país, de la misma manera existen en su distribución los pescadores, recogedores, acopiadores locales, comercios locales y que a su vez son vendidos a los exportadores. Por otro lado, están también las importaciones de peces ornamentales que son un aspecto importante para determinar la necesidad de nuevas tecnologías para el mantenimiento y manejo de estas especies que tienen un gran mercado y potencial de crecimiento (Franco, Moncaleano, & Ajiaco, 2021).

Objetivos

Objetivo General

Diseñar y simular un dispositivo que cense y controle tres parámetros físico - químicos del agua (Concentración de oxígeno, temperatura y pH), en acuarios destinados al cuidado de peces ornamentales, apoyados en los sistemas embebidos.

Objetivos Específicos

Encontrar la solución al problema planteado por medio de un dispositivo electrónico.

Diseñar un dispositivo compacto y fácil de utilizar por los clientes.

Obtener mediciones reales y útiles para el control de parámetros físico - químicos del agua.

Controlar eficazmente la concentración de oxígeno y la temperatura.

Presentar la información en tiempo real por medio de una pantalla LCD.

Marco referencial

El medio ambiente acuático de los peces ornamentales.

La salud y bienestar de los peces ornamentales depende estrictamente del medio ambiente en el que viven, específicamente se trata de la calidad del agua, pues están íntimamente relacionados ya que su respiración se hace por medio de branquias por las que fluye el agua cargada de oxígeno y de esta manera se hace el intercambio gaseoso necesario para el metabolismo del pez, igualmente sus productos de excreción se mezclan con el medio acuático en el que viven y esto hace que sea muy exigente la renovación del agua.

Esta calidad del agua depende de varios factores, dentro de ellos sus propiedades físicas y químicas que deben de estar en unos valores aceptables para que los peces tengan unas condiciones de salud y bienestar dados por presentar colores vivos uniformes, homogéneos y brillantes, así mismo su comportamiento ágil y nado perfecto (Ajiaco, 1987).

Ese es el objetivo de los acuaristas quienes deben lidiar con esos diferentes factores para que sus peces estén en óptimas condiciones y vivan durante varios años sin presentar signos de enfermedad.

Los principales parámetros fisicoquímicos de interés en el presente trabajo son: la temperatura del agua, la concentración de oxígeno, y el pH.

Parámetros fisicoquímicos del agua.

La temperatura del agua

La temperatura es un factor muy importante dentro del equilibrio del agua en los acuarios, pues dependiendo de la especie al aumentar excesivamente la temperatura, el metabolismo, la respiración y la excreción del pez aumenta, estresándolo y favoreciendo el crecimiento de organismos patógenos, si la temperatura disminuye excesivamente facilita el ataque de ciertos

parásitos, el objetivo es mantener una temperatura promedio en la que todos los peces se mantengan cómodos y no sean susceptibles de enfermarse. (Ajiaco, 1987).

Es importante resaltar que los peces no tienen la capacidad de regular su temperatura corporal (poiquiloterms) y esta depende del medio acuático donde se encuentren. (Anzola Escobar, 2001).

Para la mayoría de los peces ornamentales de aguas continentales, las temperaturas óptimas varían de los 18°C a más de 25°C teniendo como límite los 32°C en algunas especies y en algunos objetivos específicos. (Anzola Escobar, 2001); (Bautista, 2011).

Concentración de Oxígeno

Uno de los parámetros más importantes para determinar la calidad del agua es el nivel de oxígeno disuelto, si el nivel de oxígeno disuelto es deficiente los peces son susceptibles a adquirir enfermedades, parásitos o simplemente morir.

El oxígeno ingresa al agua por difusión desde la atmósfera cuando de manera artificial agitamos el agua creando cierta turbulencia creando contacto entre el agua y el aire, lo cual permite la captación del oxígeno por parte del agua (Anzola Escobar, 2001). En este caso lo mejor es mantener una concentración de oxígeno lo más alta posible. La solubilidad de oxígeno la denotamos como mg/L y en ocasiones podemos utilizar ppm. Su concentración puede variar de 8 – 14 mg/L, dependiendo de la temperatura.

El pH

El potencial de Hidrógeno o pH es una medida de acidez o alcalinidad de una solución acuosa, al igual que la temperatura y el oxígeno, el pH en el medio natural tiene determinados valores a los cuales los peces están adaptados, generalmente en los lugares donde se hace la pesca esta es ácida dependiendo de los suelos y la vegetación en descomposición, de esta manera cada especie

requiere diferentes niveles de pH, sin embargo estos se pueden adaptar a determinados niveles de pH, si este cambia de forma progresiva y lenta. Una variación brusca puede conducir a la muerte súbita de los peces (Ajiaco, 1987).

Conceptos básicos y antecedentes

Instrumentación Electrónica

Para el desarrollo del presente trabajo es necesario el estudio de la instrumentación electrónica, ya que con ella se establecen las bases teóricas en el diseño y ejecución del dispositivo propuesto.

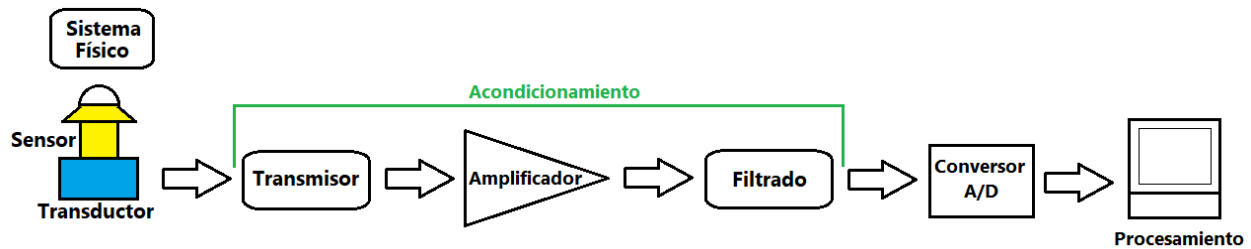
Al emplear la instrumentación electrónica tomamos magnitudes físicas de cualquier tipo, pudiendo ser eléctricas o no y con estas mediciones obtenidas hacemos una comparación cuantitativa entre un estándar preestablecido y el parámetro físico específico que se desea cuantificar, su resultado debe ser objetivo y empírico y su estándar de comparación debe ser del mismo tipo que el parámetro a medir (Gutiérrez & Iturralde, 2017).

Los instrumentos necesarios para realizar una medición contemplan las siguientes características:

- La adquisición de los datos debe ser realizada por un sensor o transductor.
- Debe tener un acondicionamiento de la señal de salida del transductor.
- Posteriormente la señal debe ser procesada.
- Y por último los resultados obtenidos se presentan para ser interpretados por un observador, figura 1.

Figura 1

Sistema de instrumentación electrónica



Señal

Es aquella muestra física que puede ser medida ya sea variable o constante en el tiempo.

El sensor

Es un elemento sensible que responde a las variaciones de la magnitud que se está midiendo, estos dispositivos son situados en cierto punto de un medio del cual se desea medir, que generan una señal de una determinada forma física (temperatura, intensidad de luz, etc.) que puede ser convertible en otra señal de forma física diferente (Corona, Abarca, & Mares, 2014).

El transductor

Posterior al sensor se encuentra el transductor que toma la información dada por el sensor representada con una magnitud física cualquiera y es transformada a una magnitud eléctrica, que generalmente son intensidad, voltaje o impedancia manteniéndola lo más fiel posible a la magnitud inicial. Los principios de transducción más utilizados son: el inductivo, piezoeléctrico, extensiométrico, capacitivo entre otros (Granda & Mediavilla, 2015).

Acondicionamiento de la señal

Estos circuitos convierten los parámetros eléctricos de salida de los transductores en otra señal eléctrica que por lo general son corriente, voltaje o frecuencia que son más fácilmente medibles y

son susceptibles de ser procesadas por ejemplo por el convertidor A/D de un microprocesador. Estas señales han de ser acondicionadas; cuando la señal eléctrica no es una corriente o un voltaje, pudiéndose usar amplificadores o filtros, también cuando la señal no es lineal, para esto hay que linealizar dicha señal (Granda & Mediavilla, 2015).

Procesamiento de la señal

Este bloque toma la señal acondicionada para ser transformada extrayendo la información de interés, para ello se realizan diversas operaciones que pueden ser lineales o no, multiparamétricas o de procesamiento digital (Granda & Mediavilla, 2015).

Presentación de la información

Al terminar el procesamiento de la señal, la información resultante debe ser presentada de forma comprensible al operador o para que sea interpretada por otros sistemas automáticos en un sistema de control, estos sistemas pueden ser analógicos como indicadores de aguja, impresiones en papel o pantallas TRC. Actualmente se utilizan mayoritariamente las pantallas alfanuméricas donde se presentan resultados tanto digitales como analógicos, así mismo son utilizados los sistemas computacionales (Granda & Mediavilla, 2015).

Almacenamiento de los resultados

Es común ver que los sistemas de instrumentación tengan la opción de hacer registros de las señales medidas de manera temporal o permanente para luego ser analizadas o supervisadas. Actualmente los métodos de almacenamiento se hacen con sistemas basados en el computador y por medio de los diversos sistemas de memoria masiva con los que disponen dichos sistemas (Granda & Mediavilla, 2015).

Sensores

Los sensores son dispositivos de entrada que entregan una señal eléctrica analógica o digital debido a que este dominio físico es el más utilizado en los sistemas de medición actuales.

Los clasificamos de dos formas generales, por el tipo de variable a medir o por el principio de transducción utilizado, al clasificarlos por el principio de transducción obtenemos:

- Piezoresistivo.
- Capacitivo
- Piezoeléctrico
- Ultrasónico
- Magnético
- Termoeléctrico
- Fotoeléctrico
- Químico

Cuando los clasificamos por el tipo de variable medida tenemos:

- Posición, velocidad y aceleración
- Nivel de proximidad
- Humedad y temperatura
- Fuerza y deformación
- Flujo y presión
- Color, luz y visión
- Gas y pH
- Biométricos
- De corriente

Todos los sensores siempre tienen características particulares que los distinguen entre sí a pesar de perseguir el mismo fin de aplicación, por lo general sus diferencias son de carácter estático o dinámico, las características estáticas se refieren a aquellas propiedades que no

cambian con el tiempo mientras que las dinámicas describen al sensor en función del tiempo (Granda & Mediavilla, 2015).

Sensores de temperatura y humedad

La temperatura es la intensidad de calor de un objeto, esta energía calorífica es la medida promedio de la energía cinética de las partículas de la materia que cuanto mayor sea la energía, mayor es la temperatura, la magnitud de la temperatura es medida en grados en una escala estandarizada como en la tabla 1:

Tabla 1

Propiedades del agua de acuerdo con diferentes escalas de temperatura

Escala	Cero Absoluto	Ebullición del Agua	Fusión del Hielo
Fahrenheit	-459.6 °F	212 °F	32 °F
Celsius	-273.2 °C	100 °C	0 °C
Kelvin	0K	373.2 K	273.2 K
Rankine	0R	671.6 R	491.6 R

Las propiedades físicas de los cuerpos varían en función de la temperatura, de ahí que los sensores de temperatura aprovechan la radiación suministrada por el material, la fuerza electromotriz generada por la unión de dos metales de diferentes propiedades, cambio de la resistividad de un material, cambio en el estado del material, así como en el volumen del mismo. A los transductores que convierten la energía térmica en otro tipo de energía los clasifican en 3 diferentes grupos: los termómetros de alcohol y mercurio en vidrio y bimetálico, sistemas termales de líquidos orgánicos, vapor orgánico, gas y mercurio, y termoeléctricos como el termistor, termopar, bulbo de resistencia eléctrica y pirómetro.

Los transductores termoeléctricos son los dispositivos que relacionan la variación de la energía térmica del objeto con una variación equivalente de una señal eléctrica estos transductores, que trabajan gracias a las propiedades eléctricas de los conductores y semiconductores, están conformados de manera principal por el termistor, termopar, resistencias eléctricas, medidores de radiación y medidores ópticos (Corona, Abarca, & Mares, 2014).

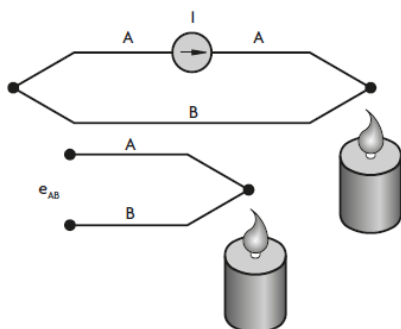
El Termistor. Este dispositivo es básicamente una resistencia construida a base de un material semiconductor que es sensitivo a diferentes niveles de temperatura y varía su valor resistivo en función de los cambios de la energía térmica.

Existen dos tipos de termistores, los de coeficiente negativo de temperatura (NTC) y los de coeficiente positivo de temperatura (PTC) (Corona, Abarca, & Mares, 2014).

Termopar o termocupla. Es quizá hoy en día de los dispositivos más usados actualmente, consiste en un par de conductores metálicos, con propiedades distintas que están unidos entre si formando un bucle o circuito y justo dichas uniones son las que se someten a diferentes temperaturas, donde se presenta un efecto que genera una corriente eléctrica a través del circuito, si además de esto se abre el circuito se genera una fuerza termo electromotriz, la cual depende del tipo de conductores y de la diferencia de temperatura en las uniones, figura 2 (Corona, Abarca, & Mares, 2014).

Figura 2

Representación gráfica de un termopar

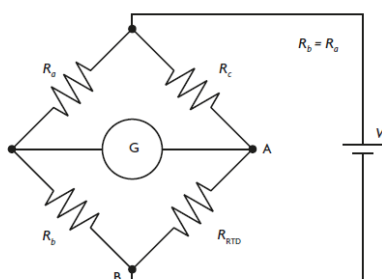


Nota. Tomado de (Corona, Abarca, & Mares, 2014)

Sensor de temperatura resistivo (RTD). Este sensor actúa dependiendo del cambio que se presenta en la resistencia eléctrica de los metales puros, donde a un aumento de temperatura, se tiene un aumento gradual de la resistencia eléctrica. Generalmente se utiliza en la medición de la temperatura gracias a sus propiedades, como su estabilidad y su cambio positivo lineal entre la relación temperatura - resistencia eléctrica, como se muestra en la figura 3.

Figura 3

Configuración del RTD



Nota. Tomado de (Corona, Abarca, & Mares, 2014).

El RTD es analizado por la siguiente ecuación

$$R_t = R_0(1 + \alpha_{RTD} T)$$

donde:

R_0 : resistencia en ohms a 0 grados Celsius

R_t : resistencia en ohms a t grados Celsius

α_{RTD} : coeficiente de temperatura de la resistencia

Sensores de temperatura con semiconductores. Utilizar diodos como sensores de temperatura ha sido una de las aplicaciones de las uniones semiconductoras, su curva de V-I varía dependiendo del gradiente de temperatura, con lo que es posible medir la temperatura y aplicarlo en otras necesidades donde se requiera obtener una magnitud de la variación de esta.

Este objetivo se obtiene realizando una calibración y mantener una corriente de excitación estable.

Normalmente el voltaje sobre un diodo conduciendo corriente en directo tiene un coeficiente de temperatura cercana a 2.3 mV/°C y la variación dentro de un rango se comporta linealmente.

$$I_{DA} = I_S(e^{\frac{V_{DA}}{nV_T}} - 1)$$

donde:

I_{DA} : corriente en el diodo [A]

I_S : corriente de saturación en inversa [A]

V_{DA} : voltaje de polarización del diodo [V]

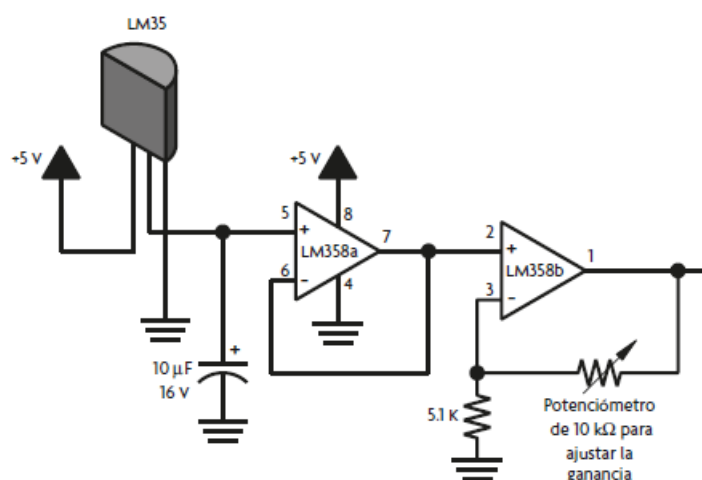
V_T : voltaje térmico [V]

Representación gráfica voltaje corriente del diodo

El sensor LM35 es un sensor de temperatura incluido en un circuito integrado, tiene una precisión de 1°C , y actúa en un rango de -55°C a $+150^{\circ}\text{C}$, su salida es lineal y es equivalente a $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, dentro de sus características principales se encuentra que está calibrado de fábrica en grados centígrados, con escala lineal, su alimentación va de los 4 a los 30 voltios, y tiene un bajo auto calentamiento (Corona, Abarca, & Mares, 2014).

Figura 4

Circuito para medir temperatura con el sensor LM35



Nota. Tomado de (Corona, Abarca, & Mares, 2014)

Sensores de concentración de oxígeno

La cantidad de oxígeno libre presente en el agua, sin estar combinado con el hidrógeno ni con otros sólidos existentes en el agua se denomina concentración de oxígeno disuelto, esta concentración se mide en mg/l o en partes por millón (ppm), generalmente su medición se realiza por medio de técnicas galvánicas, electrodo de membrana, equilibrio y luminiscente.

La técnica galvánica está compuesta por una celda con compensación de temperatura proporcionando su propia corriente eléctrica al reducir el oxígeno en el cátodo, el ánodo

generalmente es de plata o plomo y el cátodo tiene un electrolito de hidróxido potásico. (Creus, 2010).

El sensor con electrodo de membrana es el mas utilizado, su principio de funcionamiento se basa en la célula Clark, con un cátodo de aleación de oro, plata y platino y un ánodo de cloruro de plata, que se sumergen en una solución de potasa y cloruro potásico en agua que por medio de una membrana de teflón permeable a los gases permite la difusión del oxígeno del agua (Creus, 2010).

Sensores de nivel de pH

Los sensores de pH son básicamente un transductor entre la acidez de una solución y una señal eléctrica, siendo muy utilizados en la industria ya que es necesario controlar los niveles de pH de productos como alimentos, bebidas, soluciones de limpieza, derivados del petróleo, sustancias corrosivas y muchas otras más.

El pH se mide en un rango que va de 0 a 14, su valor matemáticamente está dado por:

$$pH = -\log_{10} \alpha_{H^+}$$

Los medidores de pH por lo general se componen de un electrodo sensitivo, un electrodo de referencia y un medidor de temperatura. El electrodo sensitivo es el que está en contacto con la solución y se encarga de generar una tensión proporcional al pH detectado, el electrodo de referencia mantiene una tensión fija sin importar las variaciones de temperatura, por lo general estos sensores están calibrados cuando se presentan 0V el pH es de 7 a 25°C (Corona, Abarca, & Mares, 2014).

Podemos decir que una disolución ácida tiene una mayor concentración de ion hidrógeno que el agua pura, de esta manera afirmamos que su pH es menor de 7 y en una disolución básica su pH es mayor de 7 (Creus, 2010).

Antecedentes

Dentro de los trabajos realizados con objetivos similares se encuentran varias referencias con las cuales se puede hacer un análisis comparativo con los objetivos del presente proyecto. Aunque existen algunos datos relevantes no existe un proyecto con los mismos fines.

En primer lugar encontramos el diseño de un módulo electrónico para la crianza automatizada de peces mediante modelamiento matemático multiparamétrico que simule las condiciones básicas necesarias para la crianza, un proyecto publicado en la revista de la Universidad Industrial de Santander y desarrollado por Hernán Díaz López y Yesid Vargas Gómez, su metodología se basa en la medición de parámetros físico químicos del agua, entre ellos están la temperatura del cuerpo del agua por medio de sensores integrados como el DS18B20, con un sistema de recolección de datos en Excel, para la medición el pH utilizan un sensor analógico, el SEN0161, sin embargo otros parámetros no son medidos (Díaz López & Vargas Gómez, 2018).

En otro proyecto denominado Construcción de un sistema de instrumentación para la medición de la temperatura, pH y oxígeno disuelto presentes en la piscicultura bajo condiciones de estanque artificial, ellos utilizan para la medición del pH un sensor PH300, para la medición de la temperatura un LM35, y para la medición de oxígeno disuelto un sensor DO600, sin embargo su sistema de monitoreo cuenta con una aplicación desarrollada en C++ Builder con las que se generan los reportes de dicho monitoreo (Navarro Pérez, Padilla, & Prías, 2013).

Diseño metodológico

El presente proyecto está realizado mediante un diseño de investigación no experimental con enfoque mixto.

Investigación no experimental

El diseño no experimental se realiza sin manipular deliberadamente variables y es basado en la observación de fenómenos tal y como se presentan en su contexto natural para posteriormente hacer un análisis (Dzul Escamilla).

Enfoque mixto

Proceso que recolecta, analiza y vierte datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio (Tashakkori y Teddlie, 2003).

Fase 1 Estudio e Investigación

Este proyecto está dirigido para que su utilización sea de manera sencilla y portátil, para ello se emplean los elementos que mejor se adaptan a esta situación y de fácil consecución en el mercado, ya está claro que los parámetros fisicoquímicos a monitorear son: la concentración de oxígeno disuelto, el pH, y la temperatura.

Se han seleccionado los siguientes sensores:

Para la medición de la concentración de oxígeno disuelto está el sensor Gravity SEN0237, para el pH está el sensor DFrobot SEN 0161, en cuanto al sensor de temperatura se tiene al DS18B20, pues es un sensor compatible con Arduino, son fáciles de programar y están al alcance de la mayoría de las personas, a continuación se describe cada uno de los elementos utilizados en el proyecto.

En la elaboración de este proyecto incluye los siguientes elementos de hardware:

Sensor de temperatura DS18B20

Sensor de oxígeno disuelto Gravity SEN0237

Sensor de pH SEN0161

Tarjeta de desarrollo Arduino UNO Rev3

LCD 20 x 4 (2004-A)

Bomba de aire

Calefactor de agua genérico

Sistema de censado de temperatura

Sensor de temperatura DS18B20

Descripción. El dispositivo digital DS18B20 es un sensor fabricado por Maxim Integrated, que permite medir la temperatura, incluso dentro del agua por su forma de sonda impermeable, provee lecturas de temperatura de 9 a 12 bits, indicando la temperatura del medio en el que se encuentre. Esa información es enviada a través de una interfaz de comunicaciones en serie denominada One Wire, con la cual se pueden conectar varios dispositivos con una referencia a tierra común, conectado desde un microprocesador sin necesitar de una fuente de alimentación adicional, tiene la propiedad de tener un número de serie de silicio único, con lo cual se pueden conectar varios dispositivos DS18B20 en un mismo bus, facilitando la instalación de varios sensores de temperatura en muchos diferentes lugares.

Este dispositivo tiene aplicaciones en el control de temperatura ambiental, detección de temperatura en edificios, equipos, maquinaria, seguimiento y control de procesos. En este caso es útil en la determinación de la temperatura del agua en estanques de peces, su aspecto físico se presenta en la figura 9 (Maxim Integrated, 2019).

Figura 5*Sensor de temperatura DS18B20*

Nota. Tomado de Terraelectrónica,
https://www.terraelectronica.ru/pdf/show?pdf_file=%252Fz%252FDatasheet%252F1%252F1420644897.pdf

Características. El DS18B20 tiene cuatro componentes de datos principales:

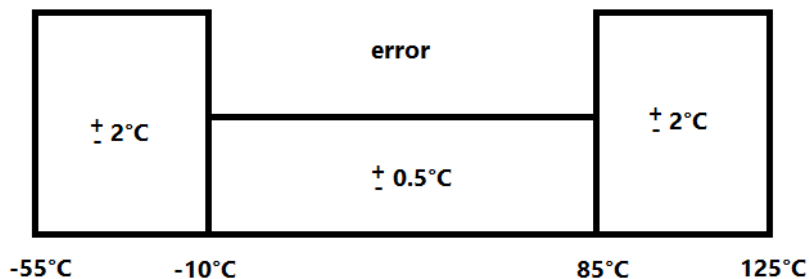
- 1) ROM láser de 64 bits.
- 2) Sensor de temperatura.
- 3) Alarma de temperatura no volátil activa TH y TL, y
- 4) Registro de configuración.

El sensor lo podemos alimentar desde 3V a 5.5V.

El rango de temperaturas que puede medir el DS18B20 está entre -55°C a 125°C , sin embargo, existe un error en temperaturas que van de -10°C y 85°C teniendo $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y para el resto de las temperaturas que es entre -55°C a 125°C el error es de $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$

Figura 6

Representación del error del sensor



Nota. Tomado y adaptado de Programar fácil, <https://programarfácil.com/blog/arduino-blog/ds18b20-sensor-temperatura-arduino/>

Tabla 2

Características del sensor DS18B20

Rango de alimentación:	3V – 5.5V
Rango de operación de temperatura:	-55°C – 125°C
Temperatura de almacenamiento:	-55°C – 125°C
Error en la medición entre 10°C a 85°C	+/- 0.5°C
Tamaño de la sonda:	6 x 50mm
Tipo de conector:	3P -2510
Resolución de temperatura:	9, 10, 11, 12 bit
Definición de los pines de conexión:	Cable rojo: VDD Cable negro: GND Cable amarillo: DQ
Longitud del cable:	1m
Encapsulado:	TO-92

Medición de temperatura. La resolución del DS18B20 se puede configurar a 9, 10, 11 o 12 bits, su estado predeterminado de fábrica es de 12 bits. Esto equivale a una resolución de temperatura de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0,125\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $0,0625\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al utilizar el comando T [44h], hay una conversión de temperatura y los datos térmicos se almacenan en la memoria del bloc de notas en un formato de complemento a dos con signo extendido de 16 bits.

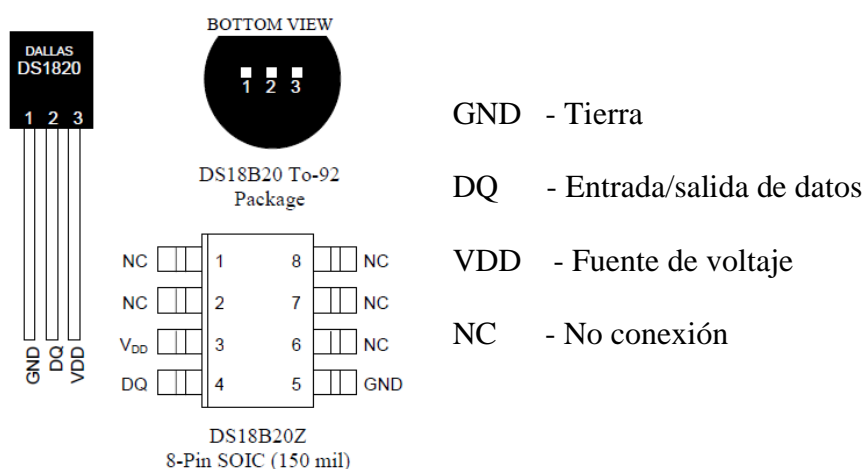
Esta información se puede recuperar a través de la interfaz de 1 cable mediante la emisión de un comando [BEh] una vez realizada la conversión. Los datos se transfieren a través del bus de 1 cable, primero el LSB.

La MSB del registro de temperatura contiene el bit de "signo" (S), que indica si la temperatura es positiva o negativa. (DFRobot, 2017)

Asignación de pines de DS18B20. Se utilizó el encapsulado TO-92, cuya disposición de pines es la siguiente:

Figura 7

Asignación de pines del sensor DS18B20

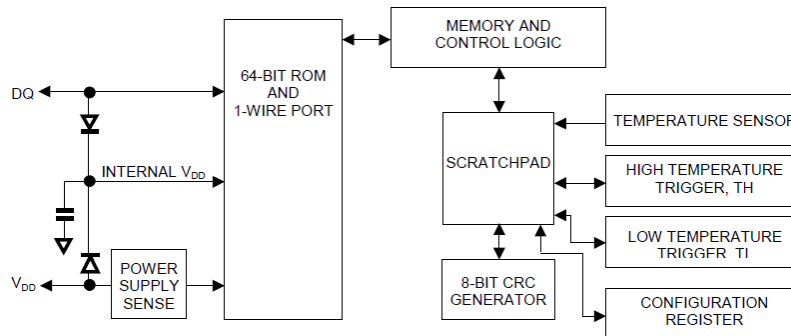


Nota. Imagen tomada de Dallas semiconductor, <https://www.maximintegrated.com/en/site-search.html?q=ds18b20%20datasheet&sort=relevancy>

Diagrama de bloques del DS18B20. El funcionamiento del sensor de temperatura se representa en el siguiente diagrama de bloques.

Figura 8

Diagrama de bloques del sensor DS18B20



Nota. Imagen tomada de Dallas semiconductor, <https://www.maximintegrated.com/en/site-search.html?q=ds18b20%20datasheet&sort=relevancy>

Sistema de censado de oxígeno disuelto

Sensor Gravity SEN0237

Descripción. El oxígeno disuelto es uno de los parámetros más importantes para evaluar la calidad del agua, el siguiente es un sensor de oxígeno de código abierto, compatible con Arduino, lo conforma una sonda galvánica que no necesita tiempo de polarización y está disponible en cualquier momento, la solución de llenado y la membrana son reemplazables lo que reduce sus costos.

Tiene un módulo convertidor de señales plug and play y código fuente abierto.

Este sensor puede tomar los datos de forma inmediata (DFRobot, 2017).

Figura 9

Sensor de concentración de oxígeno Gravity SEN0237



Nota. Tomado de DF Robot, <https://www.dfrobot.com/product-1628.html>

Características. Posee una sonda de muy buena calidad que no necesita tiempo de polarización, además cuenta con una solución química reemplazable en su cabezal de bajo mantenimiento.

Es compatible con tensiones de operación de 3.3 a 5.5 V presente en la mayoría de Arduino y microcontroladores del mercado.

Posee una salida analógica de 0 a 3V para utilizar con cualquier tipo de conversor A/D, y con una interfaz plug and play.

Rango de presión máxima de trabajo es de 50PSI y con una vida útil del electrodo de un año con un uso normal.

Se debe reemplazar la solución en el sensor una vez al mes y la membrana de 4 a 5 meses en aguas limpias.

La longitud del cable estándar es de 2 metros y posee un conector tipo BNC en la sonda (DFRobot, 2017).

El modo de empleo del dispositivo es el siguiente:

1. La solución de relleno es una solución de NaOH 0,5 mol / L. Debe verterlo en la tapa de la membrana antes de usarlo. Por favor, tenga precaución con la operación porque la solución es corrosiva. ¡Por favor use guantes! Si accidentalmente caen gotas sobre la piel, lávese la piel con abundante agua inmediatamente.
2. La membrana permeable al oxígeno en la tapa de la membrana es sensible y frágil. Tenga cuidado al manipularse. Deben evitarse las uñas y otros objetos afilados.
3. El sensor de OD consumirá un poco de oxígeno durante la medición. Revuelva suavemente la solución y deje que el oxígeno se distribuya uniformemente en el agua (DFRobot, 2017).

Tabla 2

Características del sensor SEN 0237

<i>Módulo sensor</i>	<i>Característica</i>
Punta de prueba galvánica	No necesita tiempo de polarización
Rango de detección:	0-20 mg/L
Rango de temperatura:	0-40 °C
Tiempo de respuesta:	Hasta el 98%, en 90 segundos a 25°C
Rango de presión:	0-50 PSI
Vida útil del electrodo:	1 año
Longitud del cable:	2m
Conector de prueba:	BNC
Voltaje de operación:	3.3V – 5.5V
Señal de salida:	0V – 3V

Dimensiones:	42 x 32mm
<i>Tarjeta convertidora de señal:</i>	
Voltaje de operación:	3.3 – 5.5V
Señal de salida:	Analógica, 0 – 3.0V con función ADC
Cable conector:	BNC
Interfaz Gravity	Plug and play

Medición de la concentración de oxígeno. La medición de la concentración de oxígeno se realiza por medio de un sensor electroquímico de precisión el cual usando una solución de Hidróxido de sodio (NaOH 0.5 mol/L) que atraviesa una membrana permeable basándose en la tasa de difusión del oxígeno molecular a través de una membrana plástica permeable al oxígeno, que recubre el elemento sensible de un electrodo y actúa a la vez como una barrera de difusión contra muchas impurezas que interfieren en otros métodos para la determinación de oxígeno disuelto (IDEAM, 2007).

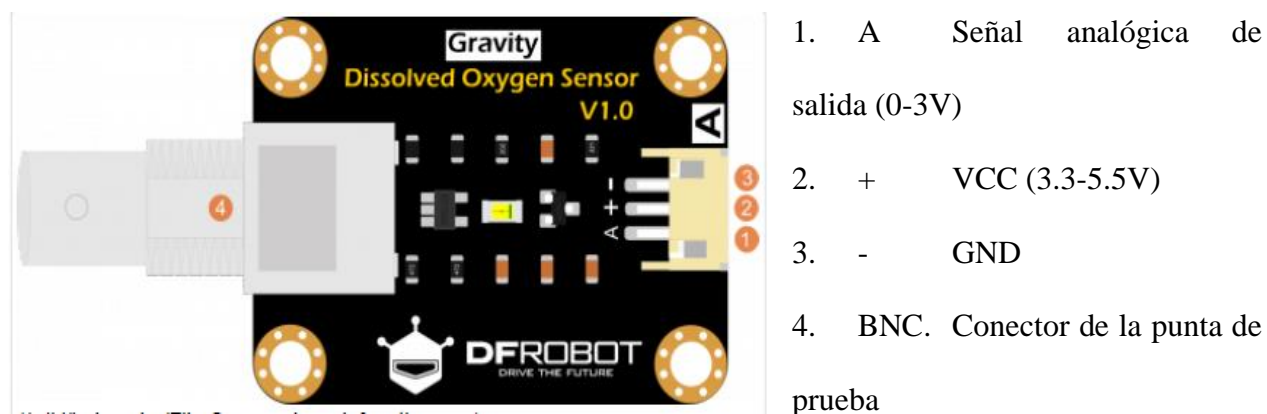
Una membrana permeable delgada, extendida sobre el sensor permeable al oxígeno cubre una celda electrolítica consistiendo en un cátodo de oro y un ánodo de plata, elementos del sensor aislantes del medio ambiente, excepto el oxígeno y ciertos gases permitidos a entrar. Cuando un voltaje polarizado es aplicado a través del sensor, el oxígeno se difunde a través de la membrana a una rata proporcional a la diferencia de presión a través de ella. Puesto que el oxígeno es rápidamente consumido por el cátodo, puede ser asumido que la presión interna del oxígeno en la membrana es cero (IDEAM, 2007).

Por esto, la cantidad de oxígeno difuso a través de la membrana es proporcional a la presión absoluta del oxígeno por fuera de la membrana. Si la presión del oxígeno se incrementa, más oxígeno pasa o se difunde a través de la membrana y más corriente fluye a través del sensor. Una presión más baja resulta en menor corriente (IDEAM, 2007).

En la siguiente imagen se presenta la configuración de sus pines.

Figura 10

Asignación de pines del sensor SEN0237

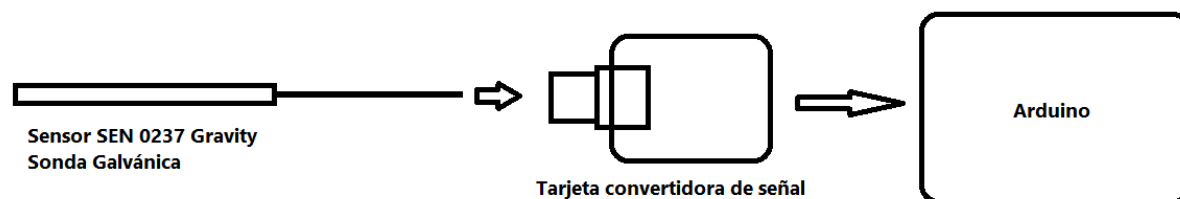


Nota. Tomado de DF Robot, <https://www.dfrobot.com/product-1628.html>

Diagrama de bloques. El siguiente es el diagrama de bloques del sensor de oxígeno SEN0237.

Figura 11

Diagrama de bloques del sensor SEN0237



Sistema de censado de pH

Sensor de pH DFRobot SEN 0161

Descripción. Este es un sensor que viene en kit y totalmente compatible con Arduino de características profesionales que lo hacen útil en aplicaciones industriales, posee una conexión simple y una vida útil de un año con lo que facilita el monitoreo del pH a largo plazo, adicionalmente contiene un led como indicador de encendido y un conector BNC y funciona bajo una interfaz PH2.0 con la cual es conectada a cualquier controlador Arduino en su puerto analógico.

Figura 12

Sensor de pH SEN 0161



Nota. Tomado de (DFRobot, 2017)

Características. Este sensor se puede utilizar para monitorear la calidad del agua y en procesos de acuicultura, posee una potencia en su módulo central de 5 V, con un tamaño de 43mm x 32mm, su rango de medición va de 0 a 14 pH, y en una temperatura que va de 0 a 60°C y tiene un potenciómetro de ajuste de ganancia y con una precisión de +/- 0,1 pH a 25°C.

Tabla 3

Características del sensor de pH DFrobot SEN 0161

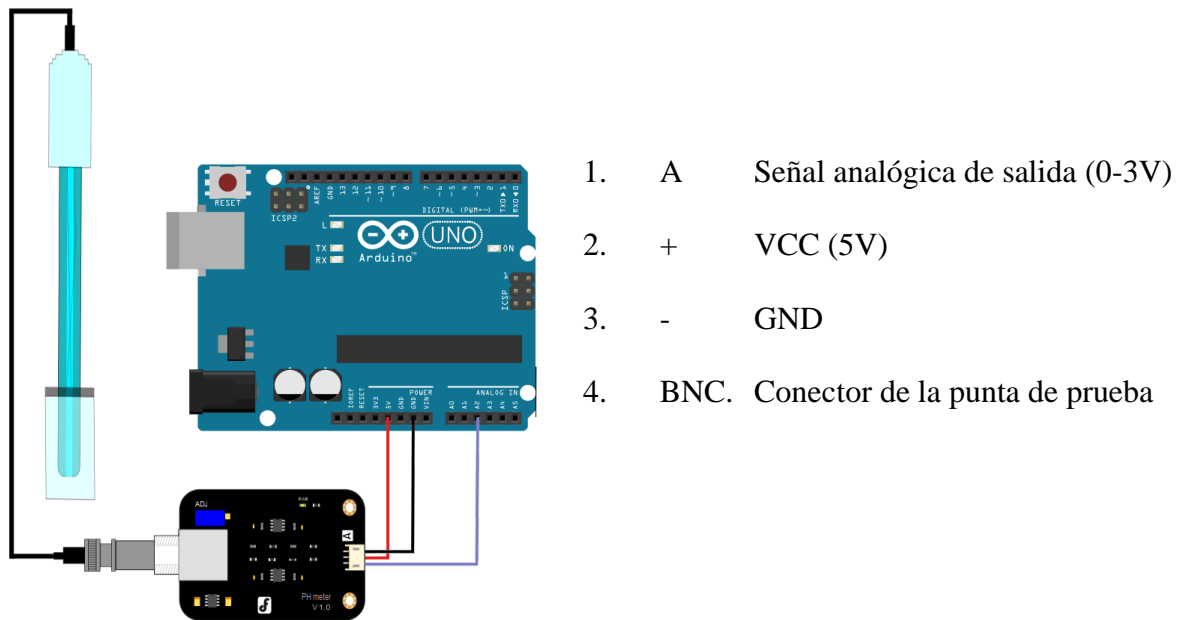
Característica	Valor
Potencia del módulo	5V
Tamaño del módulo	43mm x 32mm
Rango de medición	0-14pH
Temperatura de medición	0-60°C
Precisión	± 0,1pH (25°C)
Tiempo de respuesta	≤ 1 min
Tipo de conector	BNC
Interfaz	PH2.0 (parche de 3 pies)
Ajuste de ganancia	Potenciómetro
Indicador de encendido	Por medio de LED
Longitud del cable desde el sensor	660mm

Medición del pH. El sensor de pH tiene un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia, por medio de un amplificador detecta la diferencia de potencial eléctrico o voltaje entre los dos electrodos, siendo sensible a la concentración de iones hidrógeno y posteriormente convierte la diferencia de potencial en unidades de pH.

Conexión de pines del sensor.

Figura 13

Conexión de pines del sensor SEN 0161



Nota. Tomado de (DFRobot, 2017)

Sistema de procesamiento de datos

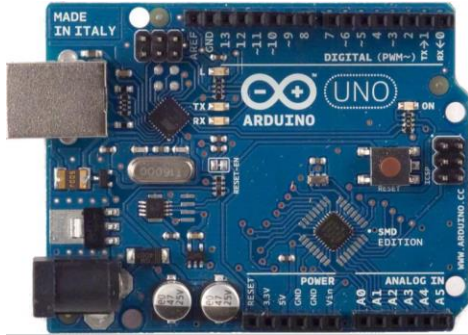
Arduino UNO

Descripción. Es importante comprender que Arduino no es solo una placa con un microcontrolador, es el resultado de los siguientes elementos: es una placa de hardware libre, software libre y un lenguaje de programación libre. Incorpora un microcontrolador que es reprogramable con una serie de pines para hacer la conexión de sensores y actuadores, posee una arquitectura de tipo AVR que es desarrollada y fabricada por Atmel. A su vez funciona bajo un entorno de desarrollo totalmente gratuito donde se pueden programar los algoritmos de todos los

proyectos y posteriormente cargados en el microcontrolador. Esta es conocida como Arduino UNO Rev3 figura 17 (Moreno & Córcoles, 2018).

Figura 14

Placa Arduino UNO



Nota. Tomado de (Blog de tecnologías, 2021)

Esta placa puede alimentarse con una conexión a una fuente externa, mediante puerto USB al computador, o a un puerto de alimentación.

Puede alimentarse con voltaje de 6 – 20 voltios si es una conexión externa, pero siempre internamente funcionara con 5v.

Comprende de 14 entradas/salidas digitales, numerados del 0 al 13 y conocidos como GPIO (General Purpose Input/Output), y su función principal es la conexión de sensores y actuadores para enviar y recibir información con una tensión de 5V.

También dispone de 6 entradas analógicas con una numeración que va de A0 a A5 pudiendo recibir voltajes en un rango de 0 a 5V.

Para suplir la necesidad de salidas analógicas se utilizan un subconjunto de pines digitales que son el 3, 5, 6, 9, 10, 11, y se denominan salidas PWM (Moreno & Córcoles, 2018). Está compuesto por el microcontrolador de comunicaciones ATmega 16U2, y el microcontrolador ATmega 328P (Moreno & Córcoles, 2018).

Sistema de visualización

Pantalla LCD 20 x 4

Descripción. Pantalla LCD de tipo alfanumérico de 4 filas x 20 columnas, backlight verde.

Esta comandado por el microcontrolador SPLC 780D, posee una interfaz IC2 para que pueda ser manejado con solo 4 líneas.

Funciona con una alimentación de 5VDC y una corriente de consumo máxima de 25mA.

(Gutiérrez & Iturralde, 2017)

Figura 15

Pantalla LCD 20 x 4



Nota. Tomado de (Blog de tecnologías, 2021)

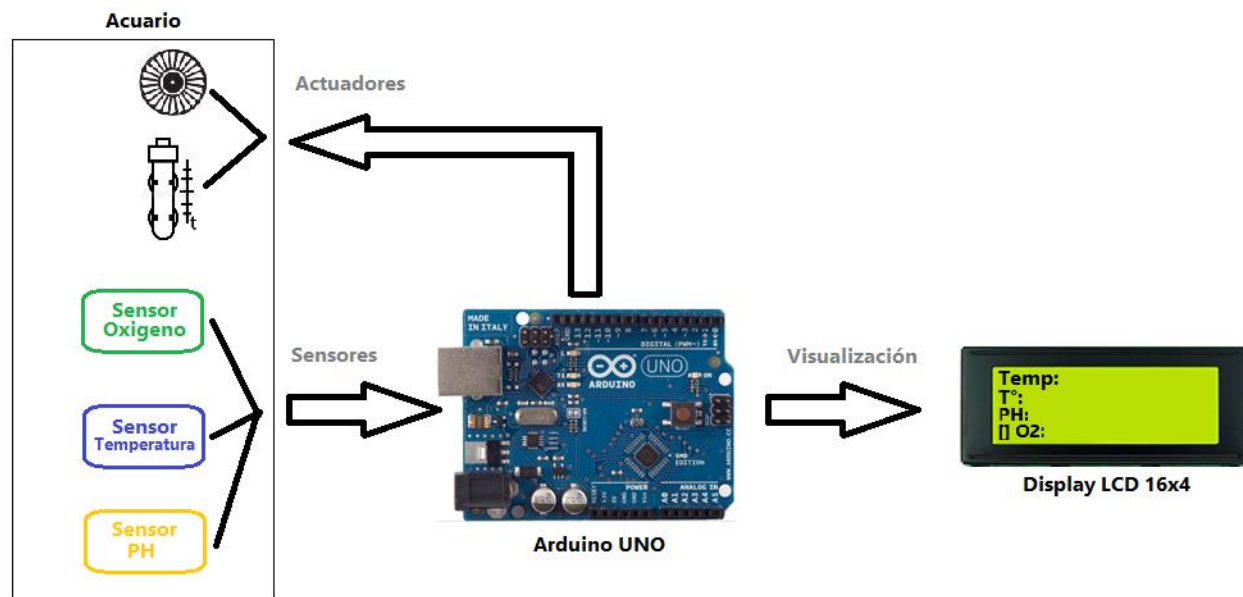
Fase 2 Diseño

En esta fase del proyecto se propone la creación de una hipótesis de funcionamiento que consiste en la utilización de un tanque de agua al que se le adicionan tres sensores para medir tres parámetros específicos del agua, posteriormente esa información es llevada a una placa de Arduino UNO, con la cual se procesan los datos y posteriormente son controlados dos parámetros, si estos no se encuentran en sus valores de referencia.

En la figura 19 se muestra un diagrama de bloques del sistema completo del proyecto.

Figura 16

Diagrama de bloques del sistema completo



Conexión del sensor de temperatura DS18B20 con Arduino

Al tener el protocolo 1-Wire siempre utilizaremos la misma configuración eléctrica.

Vamos a utilizar el encapsulado TO-92 recubierto con sonda impermeable, existiendo diferentes configuraciones de los colores de los cables, en nuestro caso donde viene un cable rojo, uno negro y uno verde, estos se conectan de la siguiente manera y como se ve en la figura 20:

Cable rojo: VDD

Cable negro: GND

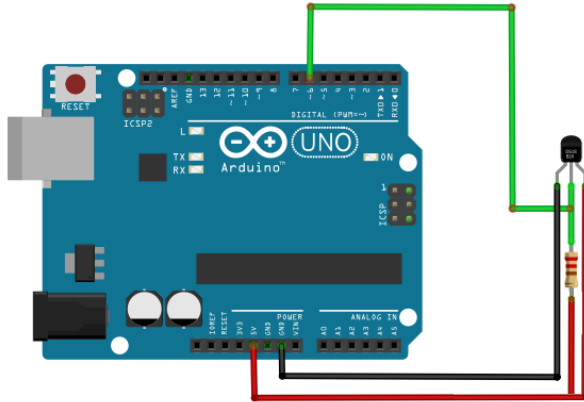
Cable verde: DQ

Para nuestro caso vamos a alimentar al DS18B20 a través del pin VDD por intermedio de una resistencia pull-up con el pin DQ, esta resistencia se pone para controlar el bus de comunicación, así de esta manera cuando un sensor empieza a transmitir la línea cambia de estado y se sabe que existe transmisión, esto en caso de que se conecten dos o más sensores con

1-Wire. La resistencia utilizada por norma general y de acuerdo con el fabricante es de $4.7K\Omega$. el sensor lo alimentamos con 5V, el pin DQ es conectado a la entrada digital 6 del Arduino UNO.

Figura 17

Esquema de conexión sensor DS18B20



La programación del dispositivo comienza con la inclusión de la librería OneWire y Dallas Temperature en la interfaz de Arduino, para que este funcione correctamente.

Este elemento nos permite determinar la temperatura en tiempo real dentro del acuario y a su vez por medio de un control determinar la temperatura a la que queremos que siempre este el agua.

Este sensor se conecta directamente al Arduino UNO por su pin digital 6 el cual está configurado como entrada, por medio de una resistencia o calentador para acuarios se eleva la temperatura hasta llegar al valor deseado y en ese momento se apaga para que la temperatura este estable, dependiendo de las necesidades de cada usuario del sistema, igualmente por medio de una pantalla LCD se visualiza la información donde se puede ver la temperatura en tiempo real y la temperatura a la cual se quiere que este el acuario.

Programación del sensor de temperatura DS18B20 con Arduino.

Para este proceso es necesario instalar las librerías One Wire y Dallas Temperature en el gestor de Arduino, ya instaladas todo será más fácil y el código será más pequeño, el objetivo es

que por medio del sensor de temperatura DS18B20 podemos medir la temperatura del agua del acuario por medio de un solo cable el cual entrega una señal digital con la temperatura real automáticamente, posterior a esto se compara esa temperatura con una que se selecciona con anterioridad y con esto se mantiene el agua a una temperatura estable por medio de un actuador (resistencia térmica).

De esta manera diseñamos el código Arduino para hacer funcionar el sensor de temperatura y que su lectura sea presentada en una pantalla LCD.

Figura 18

Código Arduino para el funcionamiento del sensor DS18B20

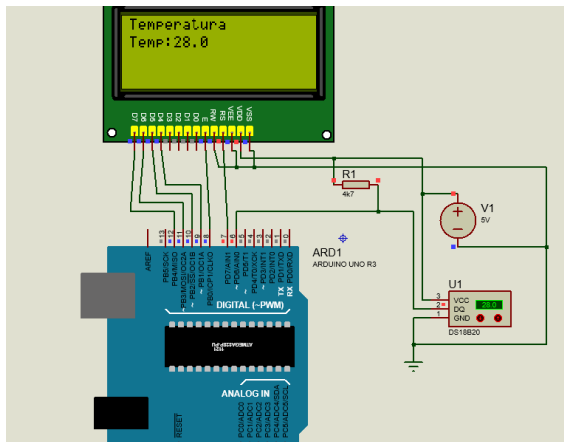
```

1 #include <LiquidCrystal.h>
2 #define PIN1 7
3 #define PIN2 8
4 #define PIN3 9
5 #define PIN4 10
6 #define PIN5 11
7 #define PIN6 12
8 LiquidCrystal lcd(PIN1, PIN2, PIN3, PIN4, PIN5, PIN6);
9 #include <OneWire.h>
10 #include <DallasTemperature.h>
11
12 OneWire ourWire(6);
13
14 DallasTemperature sensors(&ourWire);
15 void setup() {
16   delay(100);
17   lcd.begin(16, 2);
18   sensors.begin(); //Se inicia el sensor
19   pinMode(2, INPUT);
20   pinMode(PIN1, OUTPUT);
21   pinMode(PIN2, OUTPUT);
22   pinMode(PIN3, OUTPUT);
23   pinMode(PIN4, OUTPUT);
24   pinMode(PIN5, OUTPUT);
25   pinMode(PIN6, OUTPUT);
26 }
27
28 void loop() {
29   sensors.requestTemperatures();
30   float temp= sensors.getTempCByIndex(0);
31   lcd.setCursor(0,0);
32   lcd.print("Temperatura ");
33   lcd.setCursor(0,1);
34   lcd.print(" Temp:");
35   lcd.print(temp);
36   delay(200);
37 }

```

Figura 19

Simulación de funcionamiento del Sensor DS18B20 en Arduino



Conexión del sensor de oxígeno SEN0237 con Arduino

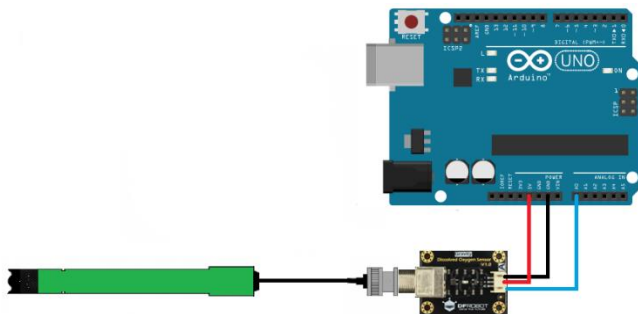
El sensor de oxígeno SEN0237 es compatible con Arduino, este kit incluye el electrodo para la medición de oxígeno disuelto y el circuito de acondicionamiento de señal lo que resulta en la fácil medición de la concentración de oxígeno.

Tiene tres pines de conexión el pin A es la salida de la señal analógica, + conecta la tensión de alimentación que debe estar comprendida entre 3,3V y 5V (VCC), se dispone de un pin que es GND y por último el conector BNC de la sonda de prueba.

Como su salida es analógica se conecta directamente al pin A0 de Arduino por medio del cable verde como se muestra en la figura 23. En principio este sensor se tiene que calibrar utilizando las soluciones adecuadas y por medio de un programa en Arduino que activa el sensor para ser usado. Puesto que no se cuenta con el sensor físico sabemos que su señal de salida es de entre 0V y 3,0V y su rango de medición va de 0 a 20mg/L de concentración de oxígeno disuelto, eso significa que cada mg/L equivale a 150mV si su comportamiento es lineal. Al tener una entrada analógica y con una resolución de 10bits tenemos que $1023/5000\text{mV}$ es igual a que por cada unidad binaria se tiene 4.8mV, teniendo esto en cuenta desarrollaremos la programación de Arduino para ser simulado en Proteus.

Figura 20

Esquema de conexión sensor de oxígeno Gravity SEN0237



La programación del dispositivo comienza con la inclusión de la librería `Arduino.h` para que este funcione correctamente.

Programación del sensor de oxígeno SEN 0237 con Arduino.

El objetivo es que por medio del sensor de concentración de oxígeno SEN0237 se pueda medir la concentración de oxígeno disuelto en el agua del acuario, posterior a esto se compara esa concentración con una que se selecciona con anterioridad y con esto se mantiene el agua estable por medio de un actuador (Turbina o aireador).

De esta manera se diseñó el código Arduino para hacer funcionar el sensor de oxígeno y que su lectura sea presentada en una pantalla LCD.

Figura 21

Código Arduino para el funcionamiento del sensor SEN023

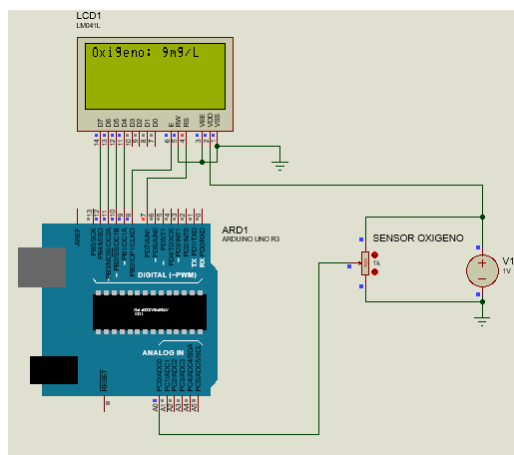
```

1  #include <LiquidCrystal.h>
2  #define PIN1 7
3  #define PIN2 8
4  #define PIN3 9
5  #define PIN4 10
6  #define PIN5 11
7  #define PIN6 12
8  LiquidCrystal lcd(PIN1, PIN2, PIN3, PIN4, PIN5, PIN6);
9  #include <Arduino.h>
10
11 #define VREF 5000//VREF(mv)
12 #define ADC_RES 1024//ADC Resolution
13
14 uint32_t raw;
15
16
17 void setup() {
18     delay(100);}
19 lcd.begin(16, 2);
20 sensors.begin();
21 pinMode (2, INPUT);
22 pinMode (PIN1, OUTPUT);
23 pinMode (PIN2, OUTPUT);
24 pinMode (PIN3, OUTPUT);
25 pinMode (PIN4, OUTPUT);
26 pinMode (PIN5, OUTPUT);
27 pinMode (PIN6, OUTPUT);
28 }
29
30 void loop() {
31 raw=analogRead(A1);
32     Serial.println("raw:\t"+String(raw)+"\tVoltage (mv) "+String(raw*VREF/ADC_RES
33     delay(1000);
34 lcd.setCursor (0,0);
35 lcd.print("{} OXIGENO ");
36 lcd.setCursor(0,1);
37 delay(200);
38 }

```

Figura 22

Simulación de funcionamiento del Sensor SEN0237 en Arduino



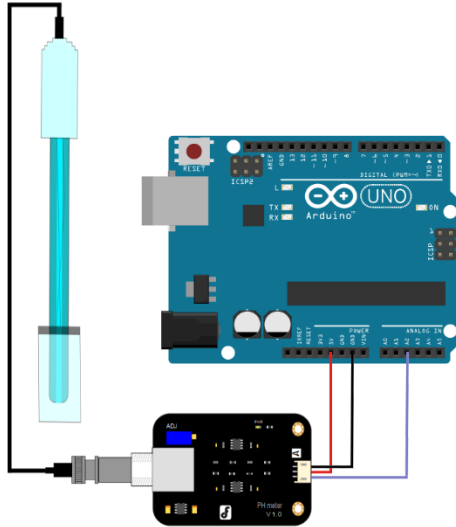
Conexión del sensor de pH SEN0161 con Arduino

El sensor de pH SEN0161 compatible con Arduino, este kit incluye el electrodo para la medición de pH y el circuito de acondicionamiento de señal lo que resulta en la fácil medición. Tiene tres pines de conexión el pin A es la salida de la señal analógica, + conecta la tensión de alimentación que debe estar comprendida entre 3,3V y 5V (VCC), se cuenta con un pin que es GND y por último el conector BNC de la sonda de prueba.

Como su salida es analógica se conecta directamente al pin A1 de Arduino como se muestra en la figura 26. En principio este sensor se tiene que calibrar utilizando las soluciones adecuadas y por medio de un programa en Arduino que activa el sensor para ser usado. Puesto que no se cuenta con el sensor físico sabemos que su señal de salida es de entre 0V y 3,0V y su rango de medición va de 0 a 14 de pH, eso significa que cada unidad de pH equivale a 215mV si su comportamiento es lineal. Al tener una entrada analógica y con una resolución de 10bits se tiene que $1023/5000\text{mV}$ es igual a decir que por cada unidad binaria tenemos 4.8mV, teniendo esto en cuenta se desarrolló la programación de Arduino para ser simulado en Proteus.

Figura 23

Esquema de conexión sensor de pH SEN0161



Programación del sensor de pH SEN0161 con Arduino.

El objetivo es que por medio del sensor de pH SEN0161 se pueda medir el pH en el agua del acuario, posterior a esto se compara si esa medición es mayor a la requerida se enciende un LED como signo de alarma. Inicialmente se incluyen las librerías DF robot PH, EEPROM,

De esta manera se diseñó el código Arduino para hacer funcionar el sensor de pH y que su lectura sea presentada en una pantalla LCD.

Figura 24

Código Arduino para el funcionamiento del sensor SEN0161

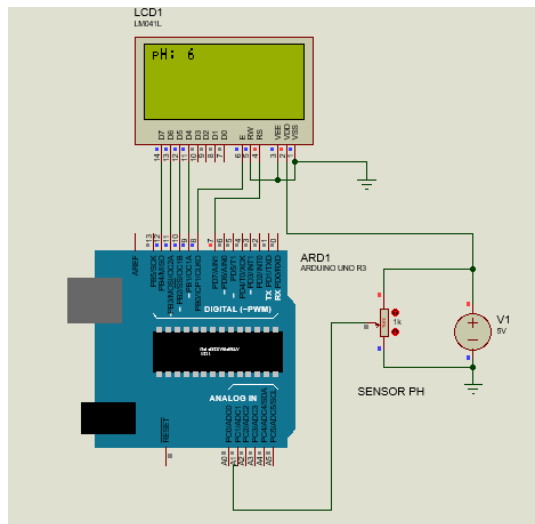
```

1 #include "DFRobot_PH.h"
2 #include <EEPROM.h>
3
4 #define PH_PIN A1
5 float voltage, pHValue, temperature = 25;
6 DFRobot_PH ph;
7 #include <LiquidCrystal.h>
8 #define PIN1 7
9 #define PIN2 8
10 #define PIN3 9
11 #define PIN4 10
12 #define PIN5 11
13 #define PIN6 12
14 LiquidCrystal lcd(PIN1, PIN2, PIN3, PIN4, PIN5, PIN6);
15 void setup()
16 {
17     Serial.begin(115200);
18     ph.begin();
19     delay(100);
20     lcd.begin(16, 2);
21     sensors.begin(); //Se inicia el sensor
22     pinMode(2, INPUT);
23     pinMode(PIN1, OUTPUT);
24     pinMode(PIN2, OUTPUT);
25     pinMode(PIN3, OUTPUT);
26     pinMode(PIN4, OUTPUT);
27     pinMode(PIN5, OUTPUT);
28     pinMode(PIN6, OUTPUT);
29 }
30
31 void loop()
32 {
33     static unsigned long timepoint = millis();
34     if(millis()-timepoint>1000){
35         timepoint = millis();
36         //temperature = readTemperature();
37         voltage = analogRead(PH_PIN)/1024.0*5000;
38         pHValue = ph.readPH(voltage, temperature);
39         lcd.begin();
40         lcd.print("temperature:");
41         lcd.print(temperature, 1);
42         lcd.print("^C pH:");
43         lcd.print(pHValue, 2);
44     }
45     ph.calibration(voltage, temperature);
46 }
47 }
48
49 float readTemperature()
50 {
51 }
52 }

```

Figura 25

Simulación de funcionamiento del Sensor SEN0161 en Arduino



Fase 3 Validación

El diseño está dado por los resultados obtenidos en el planteamiento de la solución, haciendo pruebas, analizando y validando su funcionamiento con el uso de herramientas computacionales de simulación como Proteus.

En el proceso de validación se usó el programa Proteus como herramienta computacional de simulación, se unificaron las conexiones que se realizaron de manera individual con el fin que el proyecto quedara consolidado, por un lado están los tres sensores, el de temperatura con salida digital, el de concentración de oxígeno disuelto con salida analógica y el sensor de pH también con salida analógica, la información de los tres parámetros que se están midiendo llega al Arduino UNO, como se puede observar en la figura 29. Se adicionaron LEDs como salidas a cada uno de los parámetros como indicadores de que los parámetros están por encima del rango deseado, a su vez en cuanto al monitoreo de la temperatura se adiciono un par de botones los cuales permiten elegir dentro de un rango la temperatura que se desea conservar en el acuario, que aumenta por medio de la activación de una resistencia que está conectada por medio de un Relevador de 5V. Para la concentración de oxígeno disuelto existe también un actuador que se enciende en caso de que los valores de oxígeno descendan a valores considerados normales para ayudar a oxigenar el agua que corresponde a una turbina, igualmente conectada a través de un relevador de 5V como se puede observar en la figura 29.

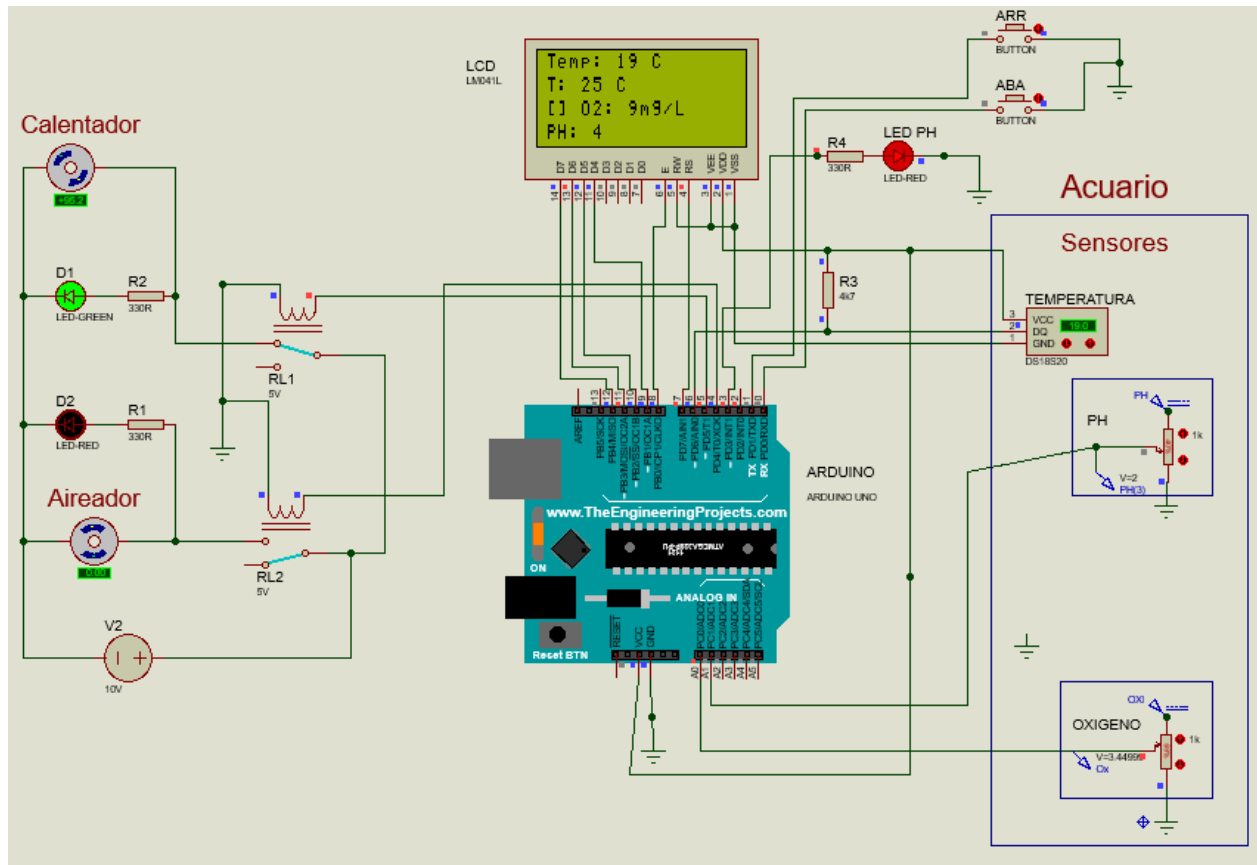
En el proceso de simulación se presentaron algunos inconvenientes en cuanto a los módulos y librerías que están disponibles específicamente para los sensores de oxígeno y pH, por lo cual se recurrió a su simulación por medio de potenciómetros que representaban dichos dispositivos.

Las mediciones resultaron satisfactorias y pudieron ser visualizadas en una pantalla LCD de 16x 4, al indicar la temperatura a la que se desea establecer el acuario el LED y la resistencia térmica se encendieron hasta alcanzar dicha temperatura, por otro lado, la concentración de oxígeno mínima a la que debe estar el agua se estableció en 10mg/L lográndose la activación de la turbina al llegar a dicho valor. Y en cuanto al nivel de pH, simplemente el dispositivo registra

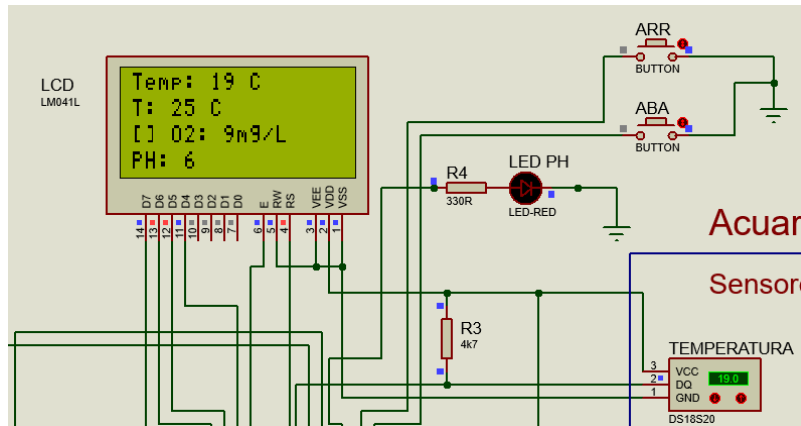
su valor y si se desea se puede programar para que un determinado valor se encienda el LED indicador.

Figura 26

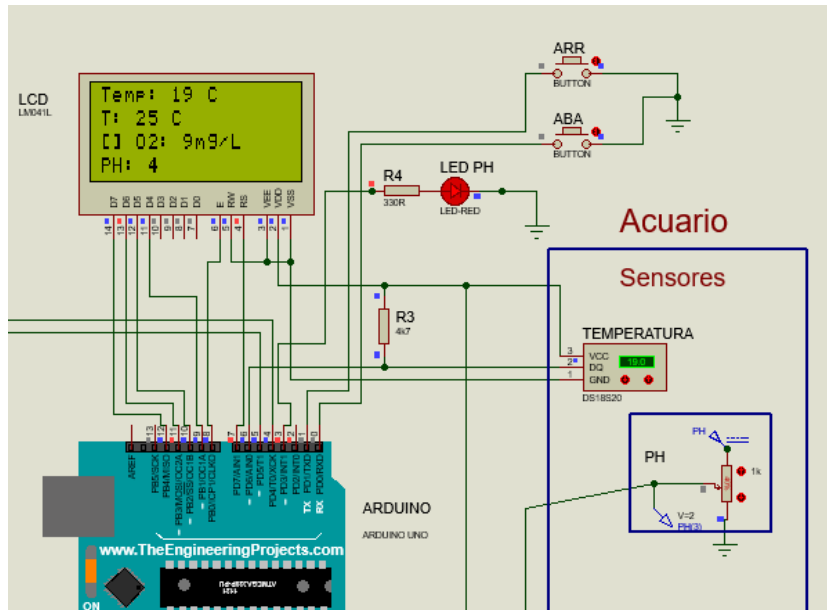
Esquema general de la validación del proyecto



Se observa en la figura 30 como corresponde la temperatura registrada en el sensor con la temperatura visualizada en la pantalla.

Figura 27*Visualización de la temperatura*

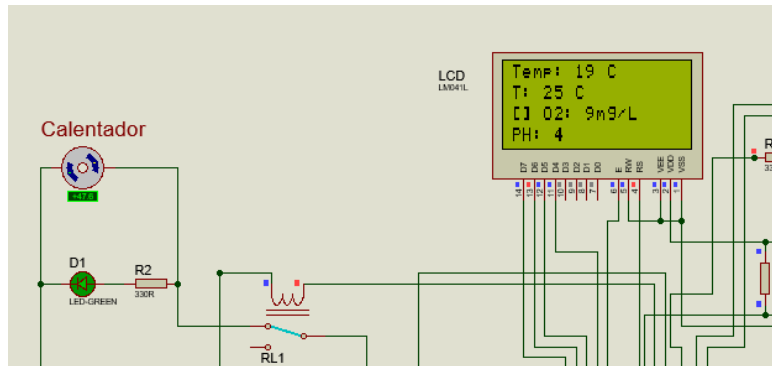
En la siguiente figura se observa que el LED del pH se enciende cuando su nivel es menor de 6, esta programación se hace dependiendo de las necesidades del operario.

Figura 28*Visualización del Led encendido cuando su nivel es inferior al esperado*

Se aprecia como se enciende el calentador de agua y el LED indicador cuando la temperatura es inferior a la deseada, figura 32.

Figura 29

Visualización del Led encendido cuando su nivel es inferior al esperado



Y como complemento gráfico se observa el inicio de la turbina aireadora cuando el nivel de oxígeno es menor de 10mg/L.

Figura 30

Visualización del aireador encendido

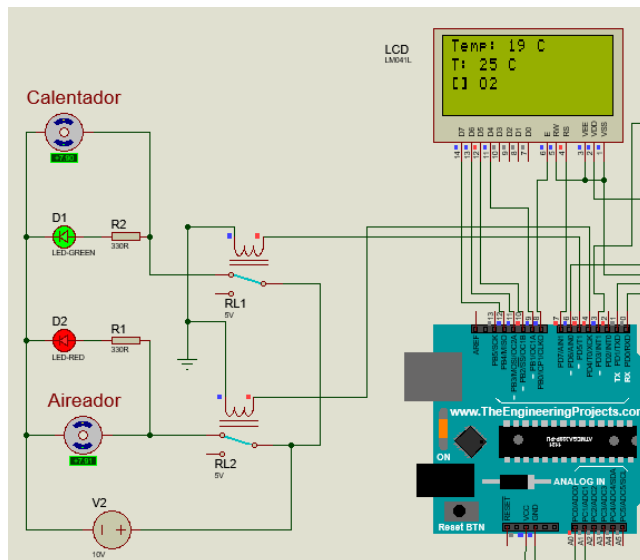


Tabla 3

Mediciones de los sensores dependiendo de sus valores analógicos y digitales

<i>Temperatura °C</i>	<i>Respuesta 10bits</i>	<i>[] O2 mg/L</i>	<i>Respuesta V</i>	<i>pH unidad</i>	<i>Respuesta V</i>
10	101110001	0	0	0	0
11	101110111	1	250mV	1	357mV
12	101111100	2	500mV	2	714mV
13	110000010	3	750mV	3	1071mV
14	110001000	4	1000mV	4	1428mV
15	110001101	5	1250mV	5	1785mV
16	110010011	6	1500mV	6	2143mV
17	110011001	7	1750mV	7	2500mV
18	110011110	8	2000mV	8	2857mV
19	110100100	9	2250mV	9	3214mV
20	110101010	10	2500mV	10	3571mV
21	110101111	11	2750mV	11	3929mV
22	110110101	12	3000mV	12	4286mV
23	110111011	13	3250mV	13	4643mV
24	111000000	14	3500mV	14	5000mV
25	111000110	15	3750mV		
26	111001100	16	4000mV		
27	111010010	17	4250mV		
28	111010111	18	4500mV		
29	111011101	19	4750mV		
30	111100011	20	5000mV		

Resultados y Análisis

En la elaboración del presente proyecto se ha hecho un análisis de las diferentes opciones que existen en el mercado para la satisfactoria solución del problema propuesto, dentro de ellas la utilización de sensores que sean accesibles y que brinden precisión sin ser muy costosos, hoy en día se pueden encontrar dispositivos de muy buena calidad y prestaciones que tienen la capacidad de ser utilizados con diferentes tipos de microcontroladores, sin embargo existe poca información técnica que sirva como ejemplo en la utilización y programación de dichos dispositivos.

En términos generales se han logrado los objetivos propuestos a pesar de los inconvenientes que se presentaron en su desarrollo, especialmente en la programación, pues se carece de librerías y módulos para ser simulados en Proteus. Sin embargo, el dispositivo es prometedor y en cuanto a su validación y simulación todo se ha podido lograr con la utilización de sistemas embebidos específicamente con el Arduino UNO, todos los parámetros se han podido medir de manera teórica y simulada, al igual que el control de la concentración de oxígeno y la temperatura y para un futuro estudio podemos implementarlo y crear un prototipo.

A pesar que el sistema únicamente ha sido diseñado y simulado en programas computacionales, al replicarlo de una manera física en el que se incluyen los componentes anteriormente explicados pretende que estén configurados en un solo cuerpo del que salen únicamente las sondas de los sensores para ser expuestos en el acuario de una manera muy sencilla, adicional a esto es muy fácil su puesta en marcha porque viene provisto de dos botones con los cuales se puede modificar la temperatura que tenga el acuario.

Lo bueno de este sistema es que es compacto y puede transportarse fácilmente, sin embargo, podría plantearse la necesidad de utilizar sistemas basados en Internet de las cosas que permitan de manera remota, visualizar y controlar dichos parámetros.

El prototipo se estima que inicialmente puede costar alrededor de COP \$1.128.000, sin embargo, al ser producido, su costo puede bajar considerablemente debido a los volúmenes que se manejen.

A pesar de su costo, que sería un obstáculo para su implementación, los grandes beneficios que puede traer la utilización de este dispositivo a los interesados en tener estas variables controladas, en pro del bienestar de los peces ornamentales, con fines ecológicos o comerciales, puede compensarse con mejores resultados económicos y productivos.

Conclusiones y Recomendaciones

La mejor manera de diseñar y desarrollar un proyecto electrónico es comenzar por la simulación de dicho dispositivo con algún tipo de herramienta computacional, pues facilita mucho la comprensión y el análisis que se le debe hacer a una hipótesis de funcionamiento, con este método he podido comprobar que es posible alcanzar dichos objetivos como son censar tres variables del agua en que habitan peces ornamentales y posteriormente intervenir en su control.

Teóricamente, mediante manipulación y programación se pueden lograr obtener mediciones reales y en tiempo real de los parámetros fisicoquímicos del agua, todo depende de la aplicación y el enfoque que se le quiere dar al dispositivo.

El control que se hizo de la temperatura y la concentración de oxígeno es satisfactoria, pues es un manejo que no representa complicación y que ya está descrito ampliamente en la ingeniería de control y automática.

El dispositivo electrónico diseñado ha solucionado el problema planteado desde el punto de vista teórico, sin embargo, es susceptible de mejorarse e implementarse dependiendo de los resultados obtenidos.

Bibliografía

- Ajiaco, R. E. (1987). *Peces Ornamentales Manejo y prevención de Enfermedades*. Villavicencio: Produmedios.
- Anzola Escobar, E. (2001). *Fundamentos de Acuicultura Continental*. Bogotá: INPA.
- Arboleda, D. A. (2005). Calidad del agua y mantenimiento de acuarios. *REDVET*, vol IV, num 8, 1-11.
- Bautista, J. C. (8 de Julio de 2011). Calidad de agua para el cultivo de tilapia en tanques de geomenbrana. (U. A. Nayarit, Ed.) *Revista Fuente*, 10-14.
- Blog de tecnologías. (2021). *Blog de Tecnologías*. Obtenido de <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/rsuagued/arduino/>
- Cala Cala, P. A. (2019). *Medio Ambiente y Diversidad de los Peces de Agua Dulce de Colombia*. Bogotá D.C.: Gente Nueva.
- Corona, L. G., Abarca, G. S., & Mares, J. (2014). *Sensores y Actuadores, Aplicaciones con Arduino*. Azcapotzalco, México DF: Grupo Editorial Patria.
- Creus, A. (2010). *Instrumentación Industrial* (8 ed.). Barcelona: Alfaomega.
- Dallas Semiconductor. (s.f.). *DS18B20 Programmable Resolution 1 Wire Digital Thermometer*. dalsemi.com.
- DFRobot. (2017). *DFRobot*. Obtenido de www.dfrobot.com
- Díaz López, H., & Vargas Gómez, Y. (2018). Diseño de un módulo electrónico para la crianza automatizada de peces mediante modelamiento multiparamétrico que simule las condiciones básicas necesarias para la crianza, en estanques artificiales en función de parámetros físico químicos. *Revista UIS Ingenierías*, 253-268.

- Franco, J., Moncaleano, E., & Ajiaco, R. (2021). Comportamiento del mercado de los peces ornamentales en Colombia. *Revista Ciencia y Agricultura UPTC*, 63-75. Obtenido de <https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n1.2021.11320>
- Granda, M., & Mediavilla, E. (2015). *Instrumentación electrónica: transductores y acondicionadores de señal*. Santander, Cantabria: Universidad de Cantabria.
- Gutiérrez, M., & Iturralde, S. (2017). *Fundamentos básicos de instrumentación y control*. Santa Elena: Ediciones UPSE.
- IDEAM. (2007). *Determinación de oxígeno disuelto por el método electrométrico Medidor de oxígeno YSI*. Colombia: IDEAM.
- Mandado Pérez, E., Mariño Espiñeira, P., & Lago Ferreiro, A. (1995). *Instrumentación Electrónica*. Barcelona: Marcombo.
- Maxim Integrated. (2019). *Maxim Integrated*. Obtenido de www.maximintegrated.com
- Mi controllers Lab. (s.f.). *miconrollerslab*. Obtenido de www.miconrollerslab.com
- Moreno, A., & Córcoles, S. (2018). *Arduino Edición 2018 Curso Práctico*. Barcelona: RAMA.
- Navarro Pérez, A., Padilla, J., & Prías, J. (2013). Construcción de un sistema de instrumentación para la medición de la temperatura, pH y oxígeno disuelto presentes en la piscicultura bajo condiciones de estanque artificial. *Scientia et Technica*, 401-408.
- Winsen Electronics Technology. (2015). *Winsen sensor*. Obtenido de www.winsen-sensor.com
- Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd. (2015). *Ammonia gas sensor MQ137*. China.