



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE
SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN DE CARÁCTER
COMPLEXIVO MODALIDAD: “ESTUDIO DE CASO”**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA ARDUINO PARA EL
MONITOREO Y CONTROL DEL PH Y TEMPERATURA
EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO.**

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Muñoz Pozo Christopher Josué

Tutor: Ing. Idalberto Macias Socarras,Phd

La libertad, 2024



**UNIVERSIDAD ESTATAL PEINSULA DE
SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA ARDUINO PARA EL
MONITOREO Y CONTROL DEL PH Y TEMPERATURA
EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO.**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Muñoz Pozo Christopher Josué

Tutor: Ing. Idalberto Macias Socarras,Phd

La libertad, 2024

CARTA DE ORIGINALIDAD

Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D

**DIRECTORA DE LA CARRERA DE AGROPECUARIA
UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

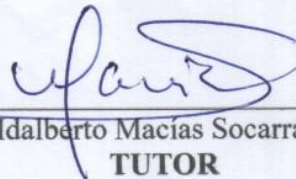
Presente,-

Cumpliendo con los requisitos exigidos por la Facultad de Ciencias Agrarias, carrera de Agropecuaria, envío a Ud. el componente práctico del examen complejo titulado "PROPUESTA DE UN SISTEMA ARDUINO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL PH Y TEMPERATURA EN UN SISTEMA HIDROPONICO.", para que se considere su sustentación, señalando los siguiente:

1. La investigación es original.
2. No existen compromisos ni obligaciones financieras con organismos estatales y privados que puedan afectar, el contenido, resultados o conclusiones de la presente investigación.
3. Constatamos que la persona designada como tutor/a es el/la responsable de generar la versión final de la investigación.
4. El/la tutor/a certifica la originalidad de la investigación y el desarrollo de la misma, cumpliendo con los principios éticos.



Christopher Josué Muñoz Pozo
AUTOR



Ing. Idalberto Macías Socarrás, PhD
TUTOR

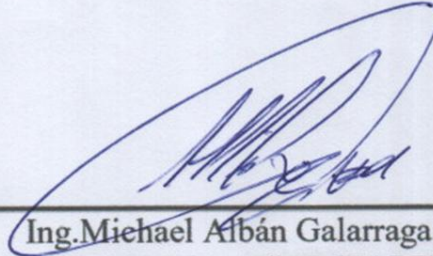
TRIBUNAL DE GRADO

Componente práctico de examen complejo, presentado por: **CHRISTOPHER JOSUE MUÑOZ POZO** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

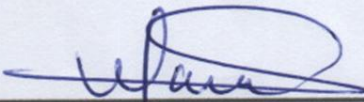
Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 17 de julio del 2024



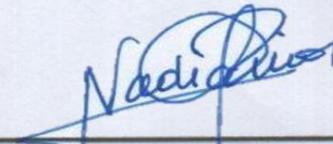
Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D.
**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



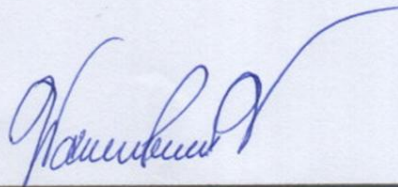
Ing. Michael Albán Galarraga, Msc
**PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Idalberto Macias Socarras, Ph. D.
**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph. D.
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Washintong Perero Vera
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO**

RESUMEN

La automatización de las labores del sector productivo con el pasar del tiempo ha dejado de ser metodología distópica en el sector, actualmente la necesidad de mantener control constante de las variaciones del entorno implica utilizar nuevas tecnologías para lograrlo. Arduino es una plataforma de uso libre que permite programar bajo criterios propios los requerimientos del sistema productivo. Esto ha motivado la propuesta siguiente para cultivos hidropónicos, utilizando los sensores PH-450C y Ds18b20 para la medición y control del PH y temperatura, dando uso libre al sistema de controlar los equipos de riego. Se utilizó la plataforma Tinkercad para realizar las simulaciones tomando en cuenta las limitaciones que esta misma tiene, precaviendo la necesidad de cada componente usando formulas aritméticas simples para obtener los datos esperados. Si bien los datos podrían variar con los tomados por un equipo profesional, el bajo costo y la exactitud que promete Arduino le hace una buena herramienta para el sector agropecuario.

Palabras claves: Tinkercad, Arduino, PH-450C, Ds18b20, automatización.

ABSTRACT

The automation of the productive sector tasks with the passage of time has ceased to be dystopian methodology in the sector, currently the need to maintain constant control of the variations of the environment involves using new technologies to achieve it. Arduino is a free use platform that allows programming under its own criteria the requirements of the production system. This has motivated the following proposal for hydroponic crops, using the PH-450C and Ds18b20 sensors for the measurement and control of PH and temperature, giving free use to the system to control the irrigation equipment. The Tinkercad platform was used to perform the simulations taking into account the limitations that this platform has, taking into account the needs of each component using simple arithmetic formulas to obtain the expected data. Although the data may vary from those taken by a professional equipment, the low cost and accuracy promised by Arduino makes it a good tool for the agricultural sector.

Keywords: Tinkercad, Arduino, PH-450C, Ds18b20, automation.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1. La Hidroponía	3
1.2. ¿Qué es Arduino?	3
1.3. Plataforma Arduino	3
1.3.1. Componentes de la placa Arduino	4
1.4. Arduino en la agricultura	5
1.5. Sistema automatizado	5
1.6. Sensor de pH	5
1.7. Sensor de temperatura	5
2. MATERIALES Y METODOS	6
2.1. Ubicación del proyecto	6
2.2. Materiales	6
2.2.3. Materiales electrónicos	6
2.2.4. Materiales informáticos	6
2.2.4. Equipos	6
2.3. Tipo de investigación	7
2.4. Metodología	7
2.4.1. Modelo 3D en Tinkercad	7
2.4.2. Componentes utilizados en el circuito.	7
2.4.3. Automatización del sistema	10
3. RESULTADOS y DISCUSIONES	11
4. CONCLUSIONES	12
5. RECOMENDACIONES	12
BIBLIOGRÁFICA	13

Indice de tablas

Tabla 1 . Componentes de la placa Arduino (Caiche, 2023)	4
Tabla 2 . Componentes externos del sistema Arduino (Caiche, 2023).....	4
Tabla 3 . Componentes del sistema prototipo y sus semejantes en el software Tinkercad (Romero, 2023)	7
Tabla 4 . Automatización del sistema de acondicionamiento del agua según su temperatura óptima. (Muñoz, 2024)	10
Tabla 5 . Automatización del sistema de acondicionamiento del PH en el sensor PH1 en el agua según sus niveles óptimos. (Muñoz, 2024)	10
Tabla 6 .Automatización del sistema, en el acondicionamiento del PH2 según los niveles óptimos. (Muñoz, 2024)	10

Tabla de Figuras

<i>Figura 1 . Sensor PH-4502C (Amazon, 2024)</i>	5
<i>Figura 2 . Sensor DS18B20 de temperatura para la placa Arduino</i>	5
<i>Figura 3 . Ubicación del proyecto (Google Earth, 2024)</i>	6
<i>Figura 4 . Modelo 3D de la aplicación física del prototipo en un sistema hidropónico</i>	7
<i>Figura 5 . Esquema del sistema Arduino para el monitoreo y control del cultivo Hidropónico (Muñoz, 2024)</i>	11

INTRODUCCIÓN

La hidroponía y el concepto por el cual fue conocido, data desde los años 600 A., con la construcción de los jardines colgantes de babilonia. Es de precisar que la terminología proviene del griego Hidro (Agua) y Ponnos (Trabajo) que textualmente lo dice, trabajo en el agua o trabajo en el agua (Beltramo y Giménez, 2015)

(López, 2018) Sin embargo en la actualidad el termino como tal es asociado a la agricultura y se utiliza para reconocer al conjunto de tácticas que permiten cultivar material vegetal exenta del factor suelo según la historia se le atribuye dicha técnica al Doctor William Frederick, desarrolló un sistema de cultivo libre de suelo en el año 1920. Este tipo de agricultura ha desarrollado técnicas alternantes para el sustrato, como las soluciones nutritivas; estacionarias o circundantes en el medio. Una gran ventaja que tienen los productores que optan por este método de producción es mejorar sus índice de cosecha, esto gracias a optimizar el espacio del de las plantas y reducir el área útil sin comprometer el rendimiento. Aunque cabe recalcar que no es para todos los cultivos, ni mucho menos se puede atribuir en la actualidad a la producción de especies perennes.

Pérez (2021) en su proyecto de grado de ingeniería enfatiza que Desde el 2005 de su creación Arduino se ha convertido en la alternativa tecnológica para la programación de mejor aceptación para la comunidad interesada en la tecnología robótica y automatización de sistemas por su bajo coste y una gama muy alta de paquetes tecnológicos que se pueden usar y realizar proyectos muy interesantes.

La tecnología Arduino y su aplicación en los sistemas de producción, en América Latina son herramientas de las más utilizadas, según la bibliografía consultada arroja que alrededor del 39 % de las personas utilizaban un sistema embebido de Arduino, por otro lado bajo esta misma tendencia los sensores más utilizados, corresponden a los que miden las variables más significantes en las investigaciones de desarrollo agrícola (Tovar Soto *et al.*, 2019)

Solano y Field, (2020) en su tesis de grado realizaron un modelo automático para el cultivo hidropónico donde concluyeron que la utilización de arduino en sus sistema

promueve la producción a bajo costo de plantas que ayudan a personas de bajos recurso y mejora el sustento alimenticio de las familias.

En el Ecuador no es ajeno el concepto de automatización de la agricultura hidropónica bajo un sistema Arduino, muchas investigaciones sobre modelos o prototipos se han publicado por universidades del País. Arias y Pasca (2022) propusieron un modelo de riego automático en el cultivo de fresa en la provincia de Tungurahua. Liriano y Rodríguez (2022) por otro lado aportaron un prototipo para riego hidropónico de lechuga *Simpson* en un modelo de granja vertical, así como Urdiales y Espín (2018) de la universidad ECOTEC. Presentaron su proyecto basado en arquitectura Arduino con la finalidad de monitorear un cultivo hidropónico.

Problema Científico

¿Con la implementación de un sistema en Arduino se puede medir el pH y temperatura del agua y a su vez monitorear la calidad del agua en cultivos hidropónicos?

Objetivo General

Desarrollar un sistema Arduino para el monitoreo del pH y temperatura del agua, utilizando el controlador y la plataforma de código abierto Arduino 1 para automatizar el control de agua en los sistemas de producción Hidropónicos.

Objetivos Específicos

1. Programar un sistema Arduino capaz de leer mediante un sensor de temperatura y pH simultáneamente en el agua.
2. Diseñar un esquema para la observación de la funcionalidad del diseño Arduino para el control de la calidad de agua.
3. Realizar pruebas prácticas con simulaciones de soluciones ácidas, alcalinas y neutras, en temperaturas distintas.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. La Hidroponía

A breves rasgos la Hidroponía se considera una alternativa más para la producción agrícola, optando por considerar al riego como el factor más significativo en estas actividades, por otro lado el entorno controlado que se mantiene en las instalaciones da paso para muchas de las investigaciones en cultivos hortícolas, siendo estos los más utilizados en la Hidroponía. (González, 2020).

Pertierra *et al.*, (2019) sostiene que la producción hidropónica puede ser automatizada también por sectores con ciclos de riego, por otro lado a su vez menciona que si bien es cierto se necesita una inversión significativa para la ejecución de este tiempo de agricultura, los costos de mantenimiento son bajos a consideración de la agricultura convencional.

1.2. ¿Qué es Arduino?

Arduino es una plataforma de programación que desarrolla hardware de libre acceso con la ayuda de un micro controlador. Se ayuda de un amplio inventario de sensores y circuitos donde puede ser incorporado. Desde su consolidación en el mercado ingenieril, tiene una comunidad bastante grande de seguidores y usuarios que eligen esta alternativa para realizar sus proyectos, tantos de investigación como comerciales. (Ingmecafenix, 2017)

1.3. Plataforma Arduino

La placa Arduino es un micro controlador bastante versátil en su rango de manejo, es capaz de operar en los sistemas operativos de Windows, macOS y Linux. Por otro lado también se caracteriza por tener un gama muy alta de alternativas de competente tecnológicos, además de tener el mercado más asequible a comparación de otros micro controladores y plataformas de programación desde el punto de vista económico (Caiche, 2023)

1.3.1. Componentes de la placa Arduino

La tabla 1 y tabla 2. Muestra los componentes más importantes de la placa Arduino.

Tabla 1. Componentes de la placa Arduino (Caiche, 2023)

<i>Componentes internos.</i>	<i>Función</i>
Pines digitales	Son 14 pines de conexiones disponibles para adjuntar dispositivo que realicen acciones.
Pines Analógicos	Pines que permiten leer valores de 0-1
Pin GND	Es el pin de tierra.
Botón reset	Reinicia el sistema.
Puerto USB	Es el encargado de alimentar, y enviar información al ordenador.

Tabla 2. Componentes externos del sistema Arduino (Caiche, 2023)

<i>Componentes externos</i>	<i>Función</i>
Tarjeta Arduino	Microcontrolador de uso libre ATMEL
Cable de datos	Permite el intercambio de información continua y energiza la placa Arduino
Cables Jumpers	Cable conductor de energía que permite cerrar conexiones entre la protoboard.
Protoboard	Placa conectada vertical y horizontalmente, se utiliza para ensamblar el hardware
Sensores	Cualquier dispositivo capaz de mandar información a la placa Arduino, los más utilizados, son los de humedad, proximidad y temperatura.
Dispositivos 12V	Cualquier dispositivo capaz de realizar una acción bajo positiva y negativa. Los más utilizados son, ventiladores, motores y bombillas.

1.4. Arduino en la agricultura

La tecnología en la agricultura, con el pasar de los años se va introduciendo cada vez más en este sector, ya sea para el control, de plagas, enfermedades o automatizar un sistema, de hecho Urdiales y Espín (2018) defienden que para tener una agricultura técnica se debería de tener un control y seguimiento de los datos cuantitativos en la producción, y esto se logra de mejor manera, con ayuda de dispositivos que midan constantemente las variaciones del entorno.

1.5. Sistema automatizado

Cuando el riego en los cultivos esta automatizado, se cubren mucho tiempo en las labores diarias de monitoreo. Los sensores que utiliza Arduino son bastantes buenos, de hecho se acercan demasiado a los que reflejan los equipos profesionales de medición, como los de humedad, temperatura y pH (Gujarro *et al.*, 2018)

1.6. Sensor de pH

El PH-4502C es un sensor de pH con electrodos E201-BNC, entrega una salida analógica que proporciona los datos de las mediciones. Tiene un potenciómetro integrado ajustable para diferentes necesidades.



Figura 1. Sensor PH-4502C (Amazon, 2024)

1.7. Sensor de temperatura

El DS18B20 es un sensor de temperatura compatible para la placa Arduino, en forma de sonda sumergible para mediciones en entornos acuáticos.



Figura 2. Sensor DS18B20 de temperatura para la placa Arduino

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Ubicación del proyecto

El prototipo fue ejecutado en la Comuna Río Seco, bajo condiciones ambientales.



Figura 3. Ubicación del proyecto (Google Earth, 2024)

2.2. Materiales

2.2.3. Materiales electrónicos

- ✓ Sensor de pH
- ✓ Sensor de temperatura
- ✓ Protoboard
- ✓ Placa Arduino
- ✓ Cables Jumpers
- ✓ Resistencias
- ✓ Pantalla I CD
- ✓ Electroválvula

2.2.4. Materiales informáticos

- ✓ Tinkercad
- ✓ Software Arduino

2.2.4. Equipos

- ✓ Cámara
- ✓ Ordenador portátil
- ✓ Cuaderno
- ✓ Lápiz

2.3. Tipo de investigación

El componente práctico de este proyecto se enmarca en un enfoque descriptivo con el cual poder proponer el prototipo para un sistema de control y monitoreo en cultivos Hidropónicos. Con esta forma de investigación se pretende conseguir en marcar los principales puntos que se deben tener en cuenta para programar el sistema y su correcto funcionamiento, así como también someterlo a pruebas para solventar su confiabilidad.

2.4. Metodología

2.4.1. Modelo 3D en Tinkercad

En la figura 3 se expone el sistema 3D realizado en Tinkercad para esquematizar el diseño en físico posible y la aplicación del mismo por el cual se propone para el prototipo.

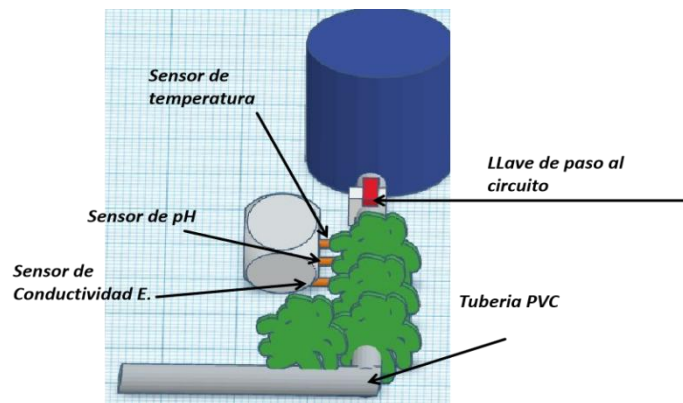


Figura 4. Modelo 3D de la aplicación física del prototipo en un sistema hidropónico

2.4.2. Componentes utilizados en el circuito.

El software Tinkercad permite utilizar mucho de sus componentes digitales simulando los dispositivos físicos como sensores y motores, es por esto que en la tabla 3 se muestran los equivalentes digitales, del prototipo en el sistema hidropónico.

Tabla 3. Componentes del sistema prototipo y sus semejantes en el software Tinkercad (Romero, 2023)

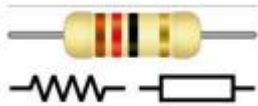
<i>Componente real</i>	<i>Equivalente en Tinkercad</i>	<i>Descripción</i>
Sensor de pH 4502 C 		Este sensor permite leer el pH del agua, en rangos de 1 a 14.

Sensor de temperatura
Ds18b20



Este sensor permite leer constantemente el agua, debido a que es una sonda sumergible

Resistencias



Resistencias

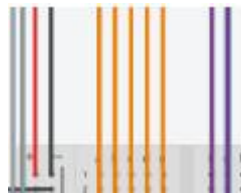


Este componente permite conectar de manera segura los componentes de diferente voltaje.

Cables jumpers



Cables jumpers



Son cables que permiten energizar los sensores y motores del circuito, así como puentear la placa.

Revelador eléctrico



Revelador eléctrico



Es un micro controlador de corriente para procesar la información del sensor y pueda ser leído por la placa

Pantalla lcd 16x2



Pantalla lcd 16 x2

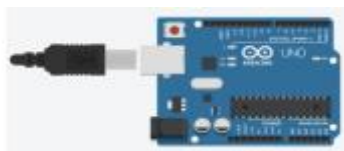


Es una pantalla de 16 pixeles en horizontal y 2 en vertical.

Placa Arduino 1

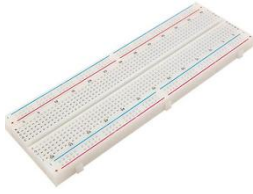


Placa Arduino 1

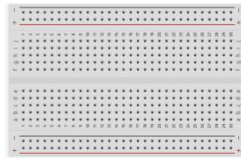


Esta es la placa Arduino que se utilizara para crear el prototipo, funciona con 5 v del ordenador.

Protoboard



Protoboard

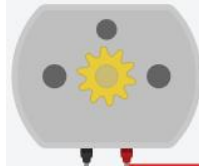


Esta placa está llena de puntos conectados de manera horizontal y permite una mejor conexión

Electroválvula



Electroválvula



Este dispositivo permite el paso de agua, para el control de la salinidad y temperatura

2.4.3. Automatización del sistema

El diseño del sistema fue realizado en la plataforma de programación Tinkercad utilizando los componentes disponibles bajo los criterios de riego y acondicionamiento de temperatura con monitoreos constantes según condiciones especificadas en la **Tabla 4 y Tabla 5**

Tabla 4. Automatización del sistema de acondicionamiento del agua según su temperatura óptima. (Muñoz, 2024)

<i>Temperatura del agua</i>	<i>Estado de la electrobomba</i>
21-28 °C	Apagado
> 28 °C	Encendido
< 21 °C	Encendido

Tabla 5. Automatización del sistema de acondicionamiento del PH en el sensor PH1 en el agua según sus niveles óptimos. (Muñoz, 2024)

<i>Niveles de PH1</i>	<i>Estado de las electrobombas</i>
5.5 - 6.5	Encendido EV1
> 6.5	Apagado EV1 Encendido EV2
< 5.5	Apagado EV1 Encendido EV2

Nota: considere EV1: Electroválvula que distribuye el agua; EV2: Electroválvula que pasa el agua por el filtro regulador de pH.

Tabla 6.Automatización del sistema, en el acondicionamiento del PH2 según los niveles óptimos. (Muñoz, 2024)

<i>Niveles de PH1</i>	<i>Estado de las electrobombas</i>
5.5 - 6.5	Encendido EV1
> 6.5	Apagado EV1 Encendido EV2
< 5.5	Apagado EV1 Encendido EV2

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Realizado el prototipo en Tinkercad este destaca por su versatilidad en el ejercicio de monitoreo para, lograr un control eficiente en las variables de temperatura y PH además de recolectar datos bastante exactos. El sensor Ds18b20 para la recolecta de datos térmicos, a pesar de sus cualidades tolerantes a cambios de temperatura altos, no se le exigió demasiado, debido a que los entornos en la Hidroponía por si mismos son bastante constantes tal como lo manifiesta Lazarte (2019) en su manual para la producción Hidroponía. Se logró programarlo de tal manera que el rango al cual se le mantuvo operativo oscilaban en los 20- 24 °C fueron tomados de manera correcta.

Se consiguió programar el prototipo funcional del sensor PH-4502C en Tinkercad a pesar de no tener una fórmula matemática específica que lo permite leer se utilizó la relación $(\text{Arduino} * \frac{14}{1023})$ donde se cancelan los intervalos de 0 y 5v (0-1023). Durante las simulaciones se logro obtener datos precisos de los sensores, y ademas las acciones de los componentes para mantener el control de los parámetros establecidos, tanto pH como temperatura.

Se presentó una prepeuesta simulada del esquema en Arduino para la automatización del sistema Hidropónico de tal manera se ve en la Figura 5. Además a la placa Arduino 1 se incorporó los sensores PH-450C y Ds18b20 para el monitoreo del pH y temperatura, respectivamente ambos estaban programados para accionar las electroválvulas que permitirán el paso del agua, si los niveles de pH y temperatura eran correctos, o cerrarlas y pasar por un filtro regulador de pH si los niveles del mismo estaban por debajo o encima del rango óptimo.

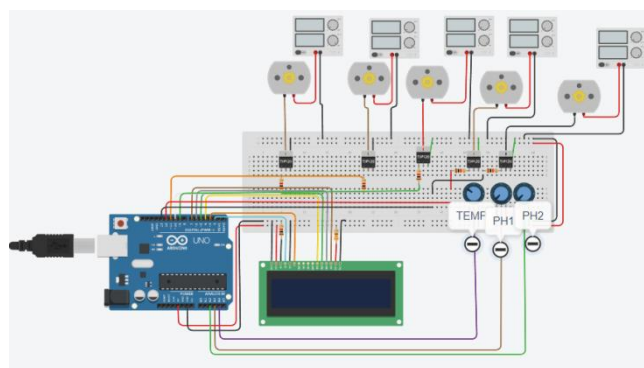


Figura 5. Esquema del sistema Arduino para el monitoreo y control del cultivo Hidropónico (Muñoz, 2024)

4. CONCLUSIONES

Se programó un sistema automático en la placa Arduino capaz de leer los cambios de salinidad y acidez en el agua simultáneamente, así como la temperatura del medio. Por medio de la plataforma Tinkercad se logró simular a escala real el comportamiento de los sensores, y las capacidades oportunas que brindaban al prototipo.

El diseño del prototipo fue evaluado en una simulación con Arduino, los sensores así como las electroválvulas se comportaron de acuerdo a las consideraciones que se les impuso en su programación, ante niveles altos o bajos el accionar del dispositivo fue tratar de controlar dichos parámetros de forma automática.

Las pruebas realizadas al prototipo evidenciaron la versatilidad así como la exactitud del programa para leer los datos del entorno. Durante las pruebas se simuló una elevación de temperatura y así mismo una pérdida de calidez en el agua, el programa fue capaz de leerlo y ordenar al sistema las acciones respectivas para el control de los cambios realizados.

5. RECOMENDACIONES

Al momento de realizar la programación se debería considerar la compatibilidad de componentes para realizar el prototipo, muchos de los sensores en el mercado son compatibles con la placa Arduino sin embargo, se necesita de un microcontrolador específico para que realice su trabajo de manera correcta.

Para la instalación del sistema en Arduino se debe considerar el voltaje del equipo que se está utilizando, los valores analógicos utilizan esta corriente eléctrica para procesar los datos, es así que una variación del sistema de 5 V podría arrojar datos erróneos en el ejercicio, se podría alimentar a la placa con una fuente externa regulada con algún regulador de voltaje como un cargador de 5 V o un multímetro.

BIBLIOGRÁFICA

Beltrano, J. and Giménez, D. (2015). *Cultivo en hidroponía*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).

López Elías, J., (2018). La producción hidropónica de cultivos. INDESIA (Arica). Available at: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v36n2/0718-3429-idesia-00801.pdf> [Consultado el 20 de May de 2024]

Pérez Fernández, E. (2021). “*Regarduino: sistema de riego remoto*”. Proyecto de grado. Universidad Oberta de Catalunya, Cataluña.

Tovar Soto, J. P.; Solórzano Suárez, J. D.S.; Badillo Rodríguez, A. and Rodríguez Cainaba, G. O., (2019). Internet de las cosas aplicado a la agricultura: estado actual. *Lámpsakos*. (22), 86–105.

Anaya Solano, D and Ojeda Field, L. (2020). Elaboración del prototipo de un sistema de control de variables atmosféricas automatizado para el cultivo de plantas bajo invernadero en ambiente indoor en la Región Caribe. Trabajo de pregrado [online] Universidad de la Costa. Available at: <https://hdl.handle.net/11323/6072> [Accessed: 5 de junio 2024]

Arias Gavilánez, D.H. and Paucar Tusa, D.E. (2022). *Implementación de un sistema automatizado de riego por goteo para mejorar la producción en una plantación de fresas*. Universidad Técnica de Cotopaxi.

Liriano Macías, J.B and Rodríguez Ramírez, S.J. (2022) “*Automatización de un sistema de riego hidropónico en una granja vertical mediante comunicación IOT*” trabajo de titulación. Universidad politécnica Salesiana.

Urdiales-Ponce, V. y Espín-Ortega, J., (2018). Monitoreo de un sistema hidropónico NFT a escala usando arquitectura Arduino (PARTE 1). *Revista Tecnología en Marcha*. 31(2), 147-158.

González José, W.I. (2020) “*Producción de lechuga hidropónica (Lactuca sativa l.) en sistema de raíz flotante bajo el efecto de 3 bioestimulantes*”. Trabajo de titulación. Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Pertierra Lazo, R.; Torres, C. Balmaseda Espinosa, C. (2019). Inversión en sistemas hidropónicos: análisis comparativo de materiales, escalas y sistemas. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 6 (2) pág. 15-23. DOI: 10.26423/rctu.v6i2.437

Ingmecafenix, 2017. “Arduino “*¿Qué es, ¿cómo funciona? y sus partes.*” Available at: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/programacion/arduino/> [Accesed: 25 May 2024]

Caiche Reyes, J.D., (2023). *Diseño de sistema de invernadero automatizado para forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) implementando el programa Arduino*. Trabajo de titulación. Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Romero Toala, C.D., (2023) *Diseño de un sistema para la automatización de un galpón de pollo Broiler en la etapa inicial con la aplicación de tecnología Arduino*. Trabajo de titulación Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Guijarro Rodríguez, A.A.; Cevallos Torres, L.T.; Preciado Maila, D.K, Zambrano Manzur, B.N., (2018) “Sistema Automatizado con Arduino”. *ESPACIOS*. Vol 39, N° 37, 27.