

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INFORMATICA,
CIENCIAS DE LA COMPUTACION, E INNOVACION
TECNOLOGICA**

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

**PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO
UTILIZANDO SENSORES PARA PROVEEDORES DE ALIMENTOS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO DE SISTEMAS**

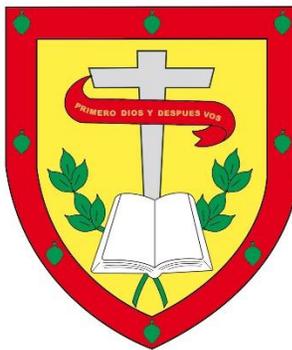
AUTOR: JONATHAN FERNANDO ZAMBRANO JARAMILLO

DIRECTOR: ING. JOSE ANTONIO CARRILLO ZENTENO, MGS.

CAÑAR - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INFORMATICA,
CIENCIAS DE LA COMPUTACION, E INNOVACION
TECNOLOGICA**

CARRERA DE INGENIERIA DE SISTEMAS

**PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO
UTILIZANDO SENSORES PARA PROVEEDORES DE ALIMENTOS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO DE SISTEMAS**

AUTOR: JONATHAN FERNANDO ZAMBRANO JARAMILLO

DIRECTOR: ING. JOSE ANTONIO CARRILLO ZENTENO, MGS.

CAÑAR - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Jonathan Fernando Zambrano Jaramillo portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0302585435. Declaro ser el autor de la obra: **“PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO UTILIZANDO SENSORES PARA PROVEEDORES DE ALIMENTOS”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cañar, 23 de Marzo del 2022

F: 

Jonathan Fernando Zambrano Jaramillo

C.I. 0302585435

CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jonathan Fernando Zambrano Jaramillo, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a blue oval. The signature is written over two horizontal lines. The name 'J. Carrillo' is clearly legible.

Ing. José Carrillo Zenteno, MSIG.

DIRECTOR DEL TRABAJO INVESTIGATIVO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Agradezco a nuestros docentes de la Universidad Católica de Cuenca “Extensión Cañar”, por las enseñanzas y haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi carrera universitaria.

Y por último agradezco al Ing. José Carrillo, por haber sido mi guía como tutor de tesis y así poder culminar mi trabajo de Investigación.

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mis padres Segundo y Emperatriz, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A mi hermano “Adrian” y hermana “Jessica” que son parte fundamental en mi vida gracias por todo su apoyo moral, siempre cada vez que lo necesitaba estaban ahí para apoyarme y darme sus consejos.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis consiste en el diseño de un prototipo de sistema de riego automatizado, que ayuda en el equilibrio de la humedad del suelo haciendo un uso eficiente del agua, conjuntamente usando un microcontrolador Arduino y sensores de humedad y ambiente. Para realizar el prototipo se debe tener dos sensores, uno que mida la humedad del suelo y el otro la humedad del ambiente, estos sensores transmitirán información al microcontrolador Arduino el cual decidirá según los parámetros y condición impuestos en el script si es necesario o no activar el riego automático, dando lugar al encendido de la bomba de agua. De esta manera se controla la humedad del suelo ayudando a evitar un exceso o déficit de la misma en el huerto. Para comprobar esto se realizaron pruebas en distintos ambientes de humedad del suelo dando resultados óptimos acorde a las condiciones impuestas para el funcionamiento del prototipo.

Palabras Clave: automatización, riego automático, arduino, sensores, microcontrolador.

ABSTRACT

The present thesis work entails the design of an automated irrigation system prototype, which helps to maintain the balance of soil moisture causing water to be used efficiently, along with the use of an Arduino microcontroller and humidity and environment sensors. To design such a prototype, it must have two sensors one, that measures the soil moisture, and the other, that measures the humidity of the environment. These sensors will transfer the information to the Arduino microcontroller, which then will decide according to both the parameters and conditions imposed on the script, whether it is necessary to activate the automatic irrigation resulting in turning on the water pump. Consequently, the soil humidity is controlled, helping to avoid an excess or deficit of humidity in the orchard. To validate it, tests were carried out in different soil moisture environments giving optimum results according to the conditions imposed on the operation of the prototype.

Keywords: automation, automatic irrigation, arduino, sensors, microcontroller

INDICE DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD	3
AGRADECIMIENTO	5
DEDICATORIA	6
RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
INDICE DE TABLAS	13
INDICE DE ILUSTRACIONES	14
INTRODUCCIÓN	16
CAPITULO I	17
MARCO REFERENCIAL.....	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.3. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.5. OBJETIVOS.....	20
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
1.5.2. OBJETIVO ESPECIFICO	20
1.6. LIMITACIONES	20
1.7. DELIMITACIONES	21
CAPITULO 2.....	22

MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	22
2.2. SUSTENTO TEÓRICO.....	23
2.2.1. Que es el Riego.....	23
2.2.2. Tipos de Riego.....	24
2.2.2. El Agua	26
2.2.3. El Suelo.....	28
2.2.4. Arduino	31
2.2.5. Componentes	32
2.2.6 Herramientas de Desarrollo del Prototipo	36
2.2.7 Análisis y estudio de las causas para un mal desarrollo de los cultivos	37
CAPITULO 3.....	41
MARCO METODOLOGICO.....	41
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACION	41
3.2 NIVEL INVESTIGATIVO	41
3.3 POBLACION Y MUESTRA	41
3.4 TIPOS DE MUESTREO.....	42
3.5 METODOS DE INVESTIGACION	42
3.6 ANALISIS COMPARATIVO DE PLACAS ARDUINO	42
3.7 ANALISIS COMPARATIVO DE SENSORES DE HUMEDAD	43

3.8 ANALISIS COMPARATIVO DE RELES.....	43
3.6 DESARROLLO	45
CAPITULO 4.....	49
DESARROLLO DEL PROTOTIPO	49
4.1 SELECCION DE COMPONENTES PARA EL DESARROLLO DEL PROTOTIPO.....	49
4.1.1 Arduino Nano v3	49
4.1.2 Sensor DHT11	49
4.1.3 Modulo Relé	50
4.1.4 Pantalla LCD	50
4.1.5 Modulo I2C.....	51
4.1.6 Sensor FC-28	51
4.2 DISEÑO DEL CIRCUITO Y SUS COMPONENTES EN LA HERRAMIENTA FRITZING.....	52
4.3 ESQUEMA DEL CIRCUITO DEL SISTEMA DE RIEGO	52
4.4 SÍMBOLOS ELECTRÓNICOS.....	53
4.5 CODIFICACIÓN Y CÓDIGO DEL SISTEMA DE RIEGO	53
4.6 RESULTADOS Y PRUEBAS DEL PROTOTIPO	58
4.6.1 Armado del prototipo.....	58
4.6.2 Prueba 1: El sensor del prototipo actúa en la tierra seca	58

4.6.3 Prueba 2: El sensor del prototipo actúa en tierra medio mojada	59
4.6.4 Prueba 3: El sensor del prototipo actúa en tierra mojada	60
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS.....	63
ANEXOS	73

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación de placas Arduino Fuente: Elaboración propia.	42
Tabla 2 Comparación de Sensores de humedad de suelo Fuente: Elaboración propia.	43
Tabla 3 Comparación de relés Fuente: Elaboración propia.	43
Tabla 4 Simbología de circuitos Fuente: Elaboración propia.	53
Tabla 5 Valores obtenidos en prueba 1 Fuente: Elaboración propia.	59
Tabla 6 Valores obtenidos en prueba 2 Fuente: Elaboración propia.	59
Tabla 7 Valores obtenidos en prueba 3 Fuente: Elaboración propia.	60

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Arduino NanoV3 Fuente: (ja-bots.com, s.f.)	32
Ilustración 2 Modulo Relé Fuente: (arcaelectronica.com, s.f.).....	33
Ilustración 3 Pantalla LCD 16x2 Fuente: (repuestoelectronico.blogspot.com, 2019).....	33
Ilustración 4 Módulo I2C Fuente: (geekbotelectronics.com, s.f.)	34
Ilustración 5 Sensor DHT11 Fuente: (hwlibre.com, s.f.).....	35
Ilustración 6 Sensor FC-28 Fuente: (luisllamas.es, 2016)	36
Ilustración 7 Herramientas para Diseño de PCBs en Arduino Fuente: Elaboración propia.	44
Ilustración 8 Sensores conectados al Arduino Fuente: Elaboración propia.....	45
Ilustración 9 Conexión módulo relé al arduino nano Fuente: Elaboración propia.	45
Ilustración 10 Modulo I2C y pantálla LCD Fuente: Elaboración propia.....	46
Ilustración 11 Proceso del diseño de circuito para el prototipo Fuente: Elaboración propia.	46
Ilustración 12 Codificación del script para el sistema de riego Fuente: Elaboración propia.	47
Ilustración 13 Sistema de riego funcionando Fuente: Elaboración propia.	47
Ilustración 14 Sistema de riego deja de regar Fuente: Elaboración propia.....	48
Ilustración 15 Nanov3 Fuente: Elaboración propia	49
Ilustración 16 DHT11 Fuente: Elaboración propia.....	50
Ilustración 17 Relé de 2 canales Fuente: Elaboración propia.	50
Ilustración 18 Pantalla LCD Fuente: Elaboración Propia.....	51
Ilustración 19 Modulo I2C Fuente: Elaboración propia.	51

Ilustración 20 Sensor de humedad de suelo FC-28 Fuente: Elaboración propia.	51
Ilustración 21 Diseño de Sistema de Riego en Fritzing Fuente: Elaboración propia.	52
Ilustración 22 Esquema electrónico del Sistema de riego Fuente: Elaboración propia. ..	52
Ilustración 23 Librerías de los componentes Arduino Fuente: Elaboración propia.....	54
Ilustración 24 Pines y Variables Fuente: Elaboración propia.	54
Ilustración 25 Configuración de entradas y salidas Fuente: Elaboración propia.....	55
Ilustración 26 Lectura y captura de valores de los componentes Fuente: Elaboración propia.	55
Ilustración 27 Impresión de datos en la pantalla LCD Fuente: Elaboración propia.	56
Ilustración 28 Condición para el riego automático Fuente: Elaboración propia.	56
Ilustración 29 Condición para el riego manual Fuente: Elaboración propia.	57
Ilustración 30 Armado del prototipo Fuente: Elaboración propia.	58

INTRODUCCIÓN

En la Sociedad moderna en la cual vivimos, resulta complejo el cuidado de un huerto doméstico, siendo las razones por falta de tiempo o de personal que ayude a facilitar el trabajo del mismo, llevando a la repercusión de que los huertos se secan o por la falta de hidratación.

Comercial Buscan es un distribuidor de alimentos el cual tiene los mismos problemas de que sus huertos no rinden lo suficiente debido a las causas ya mencionadas teniendo en cuenta estos factores se propone diseñar un prototipo de sistema de riego automático que ayudara a evitar estos problemas, ya que el sistema ayuda detectando la humedad del suelo y ambiente para así determinar si es necesario o no la activación y riego del huerto. El presente proyecto ayuda a evitar el uso excesivo del agua generado por un riego convencional, también ayuda a administrar mejor los nutrientes del suelo el cual es muy influyente al momento del desarrollo de los cultivos.

CAPITULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día el mundo pasa por muchos cambios mucho de ellos es la automatización que las empresas emplean para poder mejorar el tiempo y la producción de sus productos. Y esto también incluso ha llegado aplicarse en el campo de la agricultura pasando de una producción rudimentaria a una automatizada.

Una forma de tener una mejor producción en los campos agrícolas es la automatización del riego en el huerto, muchas empresas efectúan esta mejora dando resultados muy favorables en la producción de alimentos de primera clase.

En Ecuador muchas personas y empresas continúan usando métodos poco convencionales de riego, dando resultados poco favorables a los alimentos cosechados. Entonces para solucionar dicha deficiencia en el riego y ayudar a tener una mejor cosecha se ha venido implementando en los últimos años sistemas que ayuden a tener un mejor control de la distribución del riego en los cultivos.

Para solucionar dichos inconvenientes mencionados se propone implementar un prototipo sistema de riego automatizado en las distribuidoras de alimentos de la ciudad del Cañar contribuyendo a la mejora significativa de mayor producción, cosecha, ahorro de tiempo y costo de mano de obra de los alimentos.

Esto beneficiara mucho a los agricultores y personas que son de bajos recursos y desean automatizar el riego de sus terrenos para así ayudar al crecimiento de los cultivos logrando una cosecha mejor.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cómo un sistema de riego automatizado contribuirá a mejorar el crecimiento de los cultivos?
- ¿Será posible que el sistema de riego permita tener una mejor eficiencia del uso de agua?

1.3. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En su investigación (Bermúdez Alegre, 2014) manifiesta que:

La placa Arduino Leonardo permite una mayor facilidad para obtener comunicación con un ordenador, otro Arduino o incluso con distintos microcontroladores. El microcontrolador ATmega32u4 es el que nos permite la comunicación con nuestro ordenador a través de USB apareciendo como un puerto COM virtual (pág. 16).

Tomando en consideración la investigación del autor se determinó que el usar la placa arduino Leonardo en el proyecto facilitaría mucho la comunicación y rapidez del sistema.

Según los autores (Apaza Mamani & La Torre Javier, 2017) documenta que:

El sensor de humedad HIGRÓMETRO FC-28 es un sensor que mide la humedad del suelo, y fue utilizado en su proyecto para detectar cuanta humedad hay en la tierra y así el sistema pueda decidir cuándo activar el sistema de bombeo para el riego del huerto (pág. 62)

Esta investigación servirá para determinar el uso adecuado del sensor de humedad de tierra a implementar en el proyecto facilitando una mejor proyección e implementación en el proyecto.

Además se nombra a (Laverde Mena, 2016) donde el investigador explica que, los sensores de Temperatura son usados para la detección de incendios o la regulación de sistemas de calefacción, su aplicación también sirve para riego de cultivos mediante la obtención de la temperatura del ambiente, dependiendo de la intensidad de este y de cómo haya sido programado el sistema empieza con el riego de agua (pág. 44).

La investigación hecha por el autor ayuda a determinar el uso de este sensor en el proyecto, ya que nos indica que de acuerdo a la intensidad del sensor y de como vaya ser programado en el sistema nos ayudara a determinar si es necesario o no comenzar el riego automatico.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Como es de conocimiento de todos, el agua es uno de los principales recursos naturales indispensables en el planeta. Ya que gracias a este recurso es posible el desarrollo y producción de la humanidad de muchos ecosistemas que dependen de ello. El uso que se debe dar a diario tiene que ser de la mejor manera para poder sacarle el mayor provecho posible sin desperdiciarlo ya que en varias zonas de algunos países es escasa. Hoy en la actualidad se puede lograr sacar el mayor provecho gracias a diversas tecnologías y sistemas que se implementan dando una mejor eficacia del agua, y no solamente para el consumo humano sino también para la producción de alimentos.

Hoy en día muchas empresas toman más en consideración el implementar un sistema de riego que ayuda a mejorar sus producciones dejando atrás lo convencional ayudando a una mejora significativa en su producción.

El cuidado del terreno es fundamental para un buen desarrollo de los alimentos, un suelo en buenas condiciones con la humedad adecuada y temperatura permite sacar mayor provecho a los cultivos. Por tales motivos se ha propuesto implementar un prototipo de sistema de riego que ayude a la tecnificación y mejor uso del agua en el suelo, con el control de la temperatura y el regado de los cultivos se lo lograra minimizar el esfuerzo de la persona o mano de obra encargada de esta labor, solucionando el tiempo invertido y el esfuerzo físico que se necesite.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el prototipo del sistema automatizado de riego para proveedores de alimentos.

1.5.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Realizar un análisis y estudio sobre las causas que provocan un inadecuado desarrollo en los cultivos.
- Recopilar información sobre los distintos componentes e instructivos que se utilizaran en el proyecto de investigación.
- Desarrollar el prototipo del sistema automatizado utilizando la documentación e información recopiladas.

1.6. LIMITACIONES

En el desarrollo de este proyecto puede presentar ciertos problemas que a continuación de enuncian:

- El presupuesto requerido para la realización del proyecto.
- La falta del servicio de electricidad, la cual es necesaria para el funcionamiento del prototipo.

- La situación socioeconómica del país.

1.7. DELIMITACIONES

Este proyecto se llevara a cabo en la República del Ecuador, Provincia del Cañar, Cantón Cañar, sector Mangacusana, lugar donde se encuentra el huerto orgánico de cultivos.

Para la recopilación de información Bibliográfica y Linkografica obtenidos en la investigación del proyecto serán tomadas de los últimos 5 años.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Segun (Lopez Tarruella Pereo, 2018) en su proyecto utiliza la plataforma Arduino para el desarrollo de su dispositivo o sistema de riego. Además, el dispositivo cuenta con sensores de temperatura y humedad del aire, sensores de humedad de la tierra (uno por zona a controlar) y la capacidad de servidor web conectado a través de un cable de red Ethernet la cual facilita la interacción con el dispositivo de forma telemática para configurarlo y consultar las alarmas registradas por los sensores (pág. 3).

Tomando en consideracion lo explicado por el autor se puede determinar que para el desarrollo del proyecto, aplicar el uso de sensores de humedad de temperatura conectados a la placa Arduino.

(Escobar Manzaba & Farfán Orellana, 2018) explica en su investigación que su sistema está basado en una placa Arduino que por medio de relés controlan electroválvulas que permiten el paso del agua a través de tuberías para distribuirlas a cada una de las zonas de riego del cultivo, y en la que se emplean sensores como humedad del suelo y lluvia para medir las variables y tomar las decisiones de riego solamente cuando la planta lo necesite de manera automatizada (pág. 7).

Según lo explicado por los autores se considera el uso de relés en el proyecto, para el control de una bomba de agua que distribuya el agua en las tuberías del huerto de una manera mas efectiva y precisa.

Según (Vásconez Cuzco & Chamba Tenemaza, 2013) indican que en su trabajo su sistema cuenta con 2 sensores de nivel de agua, el uno ubicado en el reservorio de irrigación y el otro en un pozo localizado a 170m de distancia de la zona de cultivo que es donde se bombea el agua, estos controlan los niveles del reservorio y pozo, y el encendido de esta bomba es por comunicación inalámbrica, utilizando los módulos XBee pro ya que la distancia entre estos es larga (pág. 14).

De acuerdo a lo expuesto por los autores se considera implementar sensores de nivel de agua para controlar los niveles de agua del tanque considerando cuando notificar rellenar el tanque y determinar que el sistema riegue por falta de agua.

2.2. SUSTENTO TEÓRICO

2.2.1. Que es el Riego

Los cultivos para poder crecer y desarrollarse necesitan absorber agua del suelo. Cuando el contenido de humedad es bajo se dificulta la absorción, por ello es necesario regar para reponerla y que quede disponible para las plantas. Existen diferentes métodos de riego. No existe uno mejor que otro sino que cada uno se ajusta mejor a cada situación en particular, aunque presentan diferencias en la eficiencia de aplicación del agua (Demin, 2014, pág. 3).

2.2.1.1 Riego Tecnificado

El riego tecnificado o la tecnificación de riego se refiere al aprovechamiento eficiente del agua, a partir del uso adecuado de la tecnología en beneficio de la agricultura; está diseñado para saber cuándo, cuánto y cómo regar, permitiendo la aplicación en los cultivos de agua, fertilizantes y nutrientes de forma segura (Apaza Mamani & La Torre Javier, 2017, pág. 18).

2.2.2. Tipos de Riego

2.2.2.1. Riego por surcos

Este tipo de riego se diferencia únicamente del riego por escurrimiento en que la superficie del suelo está ondulada formando pequeños canales a lo largo de los que circula el agua de forma independiente. Una característica importante del riego por surcos es que la parcela puede tener una pendiente latera (Gonzalez & Plyana, 1994, pág. 17).

2.2.2.1.1. Ventajas

El riego por surco se adapta especialmente a los cultivos en línea dado que dicha disposición permite humedecer el volumen de suelo explorado por raíles y acercar o retirar la humedad conforme al comportamiento y las exigencias del cultivo. Se presta el riego por surcos a todos los tipos de suelos, con buena velocidad de infiltración y baja erodabilidad. Los costos de instalación y de operación del riego por surco no son elevados, ya que puede empleárselo con escasos trabajos de nivelación para la implantación de cultivos anuales (Duarte & Díaz, 2012, pág. 6).

2.2.2.1.2. Desventajas

Salinidad: no es conveniente regar por surcos en terrenos salinos o con agua con sales. La razón de esto es que al subir el agua por capilaridad, ascienden también las sales, produciéndose una mayor concentración de sales en "los lomos" (Duarte & Díaz, 2012, pág. 7).

2.2.2.2. Riego por Goteo

Los sistemas de riego por goteo permiten conducir el agua mediante una red de tuberías y aplicarla a los cultivos a través de emisores que entregan pequeños volúmenes de agua en forma periódica. El agua se aplica en forma de gota por medio de goteros. El

riego por goteo es un sistema presurizado donde el agua se conduce y distribuye por conductos cerrados que requieren presión (Liotta, 2015, pág. 5).

2.2.2.2.1. Ventajas

Perfecto para terrenos áridos arenosos y secos. Permite un ahorro significativo de agua. Su montaje requiere menos trabajo. No produce deslizamiento por la mínima cantidad que se utiliza. No genera erosión en la tierra. No produce daños ambientales graves. Es perfecto para cultivos ligeros. (Mahecha Vanegas, 2015, pág. 17)

2.2.2.2.2. Desventajas

La principal desventaja de este método es la facilidad con que los orificios de los goteros se obstruyen, principalmente cuando se utiliza agua de mala calidad y no se hace un filtrado adecuado de la misma. Necesita una buena supervisión del riego, pues cuando los goteros se obstruyen no se puede apreciar desde lejos y al taparse un gotero se produce un crecimiento desuniforme del cultivo (Mendoza Martínez, 2013, pág. 25).

2.2.2.3. Riego por Aspersión

El riego por aspersión consiste en aplicar el agua al suelo simulando una lluvia. Este efecto es conseguido gracias a la presión en que fluye el agua dentro de un sistema de tuberías y es expulsada al exterior a través de las boquillas de un aspersor (Peralta A & Simpfendörfer L, 2001, pág. 1).

2.2.2.3.1. Ventajas

Permite regar terrenos ondulados o poco uniformes sin necesidad de una nivelación o preparación previa del mismo, al contrario de lo que ocurre en riego por superficie. Se aprovecha más la superficie de cultivo ya que no hay que destinar parte del

suelo a canales y acequias. Además, el riego por aspersión puede ser utilizado en una gran variedad de suelos, incluso en aquellos muy ligeros o de textura arenosa que exigen riegos cortos y frecuentes. Es un método de riego que se adapta muy bien a las primeras fases de desarrollo de los cultivos, sobre todo durante la germinación de las semillas, donde son necesarios riegos ligeros pero frecuentes. Esto ocurre en algunos cultivos tales como zanahoria, remolacha, etc. También es un método muy útil para dar riegos de socorro y especialmente eficaz en la lucha contra heladas (Fernández Gómez, 2010, pág. 20).

2.2.2.3.2. Desventajas

El principal inconveniente del riego por aspersión es de carácter económico. Dependiendo del tipo de sistema que se implante podrá hacer falta una gran inversión inicial y/o de mantenimiento. A esto hay que añadirle el alto coste energético que supone el funcionamiento de la instalación, al necesitar importantes sistemas de bombeo para dotar a la red de la presión adecuada. El aporte de agua en forma de lluvia puede tener efectos negativos sobre algunos cultivos, ya que al humedecerse la parte aérea del cultivo aumenta el riesgo de desarrollo de enfermedades (Fernández Gómez, 2010, pág. 22).

2.2.2. El Agua

El agua es un elemento esencial para la vida. El 70 % de la superficie terrestre está cubierto por agua. Es esencial para el origen y evolución de todos los organismos vivos y ha sido, es y será un elemento fundamental para la humanidad y para las demás especies vivas. Todas las culturas, desde las más antiguas, se han desarrollado alrededor del agua. El agua se recicla continuamente por la evaporación causada por la energía solar. El ciclo

hidrológico consume diariamente más energía que la utilizada en toda la historia de la humanidad (IICA;, 2017, pág. 1).

La gran cantidad de agua dulce de las capas polares, glaciares y acuíferos profundos no es utilizable. El agua dulce que puede ser usada procede esencialmente de la escorrentía superficial del agua de lluvia, generada en el ciclo hidrológico. El agua se recicla continuamente por la evaporación causada por la energía solar. El ciclo hidrológico consume diariamente más energía que la utilizada en toda la historia de la humanidad (FAO;, 2002, pág. 1).

2.2.2.1. Concepto de Agua

El agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta; se la encuentra en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo. Es la fuente y el sustento de la vida, contribuye a regular el clima del mundo y con su fuerza formidable modela la Tierra. Posee propiedades únicas que la hacen esencial para la vida. Es un material flexible: un solvente extraordinario, un reactivo ideal en muchos procesos metabólicos; tiene una gran capacidad calorífica y tiene la propiedad de expandirse cuando se congela (Cirelli, 2012, pág. 148).

2.2.2.2. Estados del Agua

El agua se presenta en tres estados: Líquido, Sólido, Gaseoso. El estado sólido se caracteriza porque las partículas del agua se mantienen unidas a distancias relativamente pequeñas por grandes fuerzas. El movimiento de estas partículas durante este estado es “vibración” puesto que estas no se pueden desplazar por el espacio libremente. En el estado líquido, las fuerzas de las partículas son más débiles que en el anterior, por lo que estas partículas pueden moverse más libremente. Sin embargo, aún están cercanas unas de

otras, debido a esto, el agua adopta la forma del recipiente que la contiene ocupando un volumen fijo. Una propiedad que comparte el agua en estado líquido es que puede fluir. Por último, en estado gaseoso, las fuerzas entre las partículas son prácticamente nulas, otorgando así a éstas libertad de movimiento, con lo cual, la distancia entre éstas es mucho mayor que en los estados que he mencionado anteriormente (sólido y líquido). Por esto, las partículas del agua en estado gaseoso ocupan todo el volumen disponible del recipiente en el que se encuentra (Lopez Ortega, 2016, págs. 7-8).

2.2.2.3. El pH del Agua

El pH es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua. Se define como la concentración de iones de hidrógeno en el agua. La escala del pH es logarítmica con valores de 0 a 14. Un incremento de una unidad en la escala logarítmica, equivale a una disminución diez veces mayor en la concentración de iones de hidrógeno. Con una disminución del pH, el agua se hace más ácida y con un aumento de pH el agua se hace más básica (Iglesias, 2014, pág. 1).

2.2.3. El Suelo

El suelo es la capa superficial de la tierra y constituye el medio en el cual crecen las plantas. Es capaz de aportar los nutrientes fundamentales para el crecimiento de los vegetales y almacenar agua de lluvias cediéndola a las plantas a medida que la necesitan (INIA;, 2015, pág. 6).

2.2.3.1. Características del Suelo

Características de la superficie del suelo, como afloramientos rocosos, fragmentos gruesos rocosos, erosión inducida por el hombre, encostramiento y agrietamiento. También se pueden describir y registrar otras características de la superficie del suelo

como son: la ocurrencia de sales, arena descolorida, restos orgánicos, restos de lombrices, camino de hormigas, etc (Vargas Rojas, 2009, pág. 21).

2.2.3.2. Tipos de Suelos

- **Suelos arenosos**

Entre los tipos de suelos, el arenoso contiene partículas más grandes que el resto de los suelos. Es áspero y seco al tacto porque las partículas que lo componen están muy separadas entre ellas y no mantienen bien el agua. En los suelos arenosos el agua se drena rápidamente. Estos suelos no son los de mejor calidad para la agricultura ya que no retienen los nutrientes. Las plantas en suelos arenosos no tienen la oportunidad de aprovechar bien los nutrientes de forma eficiente por la velocidad con la que el agua se drena (Bellver, 2020).

- **Suelos humíferos o de tierra negra**

Llamamos suelos humíferos a aquellos suelos que ya cuentan con material orgánico descompuesto. En este tipo de suelos podemos ver organismos o microorganismos que pueden ser muy beneficiosos para sembrar. De esta manera, los suelos humíferos son los más elegidos para desarrollar actividades del terreno agrícola (Bellver, 2020).

- **Suelos arcillosos**

Los suelos arcillosos son un tipo de suelo que está formado por granos finos de color amarillento, arcilla en un 45%, retienen mucho el agua y forman charcos. También conocidos como suelos pesados, estos son potencialmente fértiles, ya que contienen nutrientes unidos a los minerales arcillosos en el suelo. Pero también contienen una alta proporción de agua

debido a la atracción capilar de los pequeños espacios entre las numerosas partículas de arcilla (Bellver, 2020).

2.2.3.3. La Humedad del Suelo

Es sencillo pensar que la humedad del suelo va a ser simplemente el agua que contenga el suelo, sin más. Tal afirmación es cierta, pero algo sesgada desde la visión agronómica. Hemos de definir en qué momento se mide la humedad del suelo (News, 2018).

2.2.3.4. Métodos para medir la Humedad del suelo

- **El Método del Tacto**

La determinación de la humedad del suelo por medio del tacto ha sido utilizada por muchos años por investigadores y agricultores por igual. Al apretar la tierra entre el pulgar y el dedo índice o al exprimir la tierra en la palma de la mano, se puede obtener una estimación bastante aproximada de la humedad en el suelo. Toma un poco de tiempo y algo de experiencia lograr esto, pero es un método comprobado (Martin & Carolina, 2017, pág. 2).

- **La Sonda De Neutrones**

La sonda de neutrones se ha utilizado extensamente en trabajos de investigación para determinar la humedad del suelo. Una sonda de neutrones contiene una fuente radioactiva que envía una cierta cantidad de neutrones rápidos. Estos neutrones rápidos son aproximadamente del tamaño de un átomo de hidrógeno, un componente esencial del agua. Cuando los neutrones rápidos chocan contra los átomos de hidrógeno, se vuelven más lentos. Un detector dentro de la sonda mide la proporción de los neutrones rápidos que salen y de los neutrones lentos que regresan (Martin & Carolina, 2017, pág. 2).

- **La Resistencia Eléctrica**

Otro método que ha sido utilizado por muchos años para determinar el contenido de humedad en el suelo es la medición de la resistencia eléctrica. Algunos dispositivos tales como los bloques de yeso y los sensores Watermark utilizan la resistencia eléctrica para medir la humedad del suelo. El principio físico de estos dispositivos es que el contenido de humedad se puede determinar por la resistencia al paso de corriente eléctrica entre dos electrodos en contacto con el suelo. Entre más agua haya en la tierra, más baja es la resistencia (Martin & Carolina, 2017, págs. 2-4).

2.2.4. Arduino

La historia de Arduino comenzó como un proyecto de tesis de maestría de Hernando Barragán y sus asesores Massio Banzi y Casey Reas. Su objetivo principal fue el crear una herramienta que fuera fácil de usar. El propósito de Arduino es el de poder ser usado por la mayoría de las personas, incluso sin tener un fuerte entrenamiento en programación y/o electrónica (Marmolejo, 2017).

2.2.4.1. Concepto de Arduino

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en una sencilla placa con entradas y salidas, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación Processing. Es un dispositivo que conecta el mundo físico con el mundo virtual, o el mundo analógico con el digital (Mecafenix, 2017).

2.2.5. Componentes

2.2.5.1. Arduino nano v3

Arduino Nano V3 es una pequeña y completa placa basada en el ATmega328. Tiene funcionalidad similar al Arduino UNO, pero con una presentación diferente. No posee conector para alimentación externa, y funciona con un cable USB Mini-B en vez del cable estándar (Rosado Cevallos, 2017, pág. 49).



Ilustración 1 Arduino NanoV3 Fuente: (ja-bots.com, s.f.)

2.2.5.2. Módulo Relé

Módulo de relevadores (relés) para conmutación de cargas de potencia, ideal para cargas externas tales como bombillas, motores etc. Los contactos de los relevadores están diseñados para conmutar hasta 10 A y 250 VAC (5 VCD), aunque recomendamos dejar un margen hacia abajo de estos límites. Las entradas de control se encuentran protegida con un diodo para minimizar el ruido percibido por el circuito de control mientras se realiza la conmutación de la carga. La señal de control puede provenir de cualquier circuito de control TTL o CMOS como un microcontrolador (Escalona Domínguez, 2019, pág. 119).

como: displays LCD alfanuméricos, teclados matriciales, LEDs, relays y más. Puede compartir el bus I2C con otros dispositivos y así ahorrar pines, por ejemplo: RTC, memoria, sensores. Se pueden manejar hasta 8 expansores PCF8574 en un mismo bus I2C y de esa forma manejar un total de 64 E/S utilizando tan solo 2 pines (Escalona Domínguez, 2019, pág. 60).



Ilustración 4 Módulo I2C Fuente: (geekbotoelectronics.com, s.f.)

2.2.5.5. Protocolo de comunicación I2C

I2C (Inter-Integrated Circuit Bus), es un bus de comunicación serial sincrónica desarrollado por Phillips Semiconductores a principios de los años 80's, con la principal intención de interconectar una cierta cantidad de dispositivos en sus equipos de radio y TV. Su uso se ha masificado y las aplicaciones en las cuales los circuitos integrados I2C son utilizados han crecido, hasta convertirlo en uno de los más populares estándares al momento de efectuar. Es una interface serial muy útil para comunicación con otros periféricos y dispositivos microcontroladores (Novoa Segovia, 2019, pág. 52).

2.2.5.6. Sensor de humedad y temperatura DHT11

El sensor de temperatura y humedad DHT11 presenta un complejo de sensores de temperatura y humedad con una salida de señal digital calibrada. Al utilizar la técnica

exclusiva de adquisición de señal digital y la tecnología de detección de temperatura y humedad, garantiza una alta fiabilidad y una excelente estabilidad a largo plazo. Este sensor incluye un componente de medición de humedad de tipo resistivo y un componente de medición de temperatura NTC, y se conecta a un microcontrolador de 8 bits de alto rendimiento, que ofrece excelente calidad, respuesta rápida, capacidad anti interferente y rentabilidad (Fernandez Alzate, 2019).

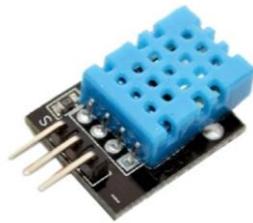


Ilustración 5 Sensor DHT11 Fuente: (hwlibre.com, s.f.)

2.2.5.7. Sensor de humedad de suelo FC-28

Este sensor es muy sencillo, mide la humedad por la variación de su conductividad. El sensor se distribuye con una placa que permite obtener la medición como una señal analógica o una señal de salida digital, esta se activa cuando la humedad superar un valor, esta placa tiene un circuito comparador y un potenciómetro. En si el funcionamiento es muy básico, cuando el valor medido esta entre 0-500 se concluye que el suelo está húmedo, mientras si sus valores oscilan entre 500 - 1023 se concluye que la humedad es casi nula, se puede decir que el suelo esta árido (Dávila Delgado & Vargas Jaramillo, 2018, pág. 17).

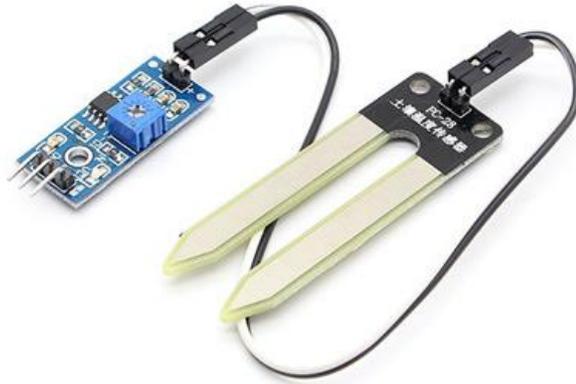


Ilustración 6 Sensor FC-28 Fuente: (luisllamas.es, 2016)

2.2.6 Herramientas de Desarrollo del Prototipo

2.2.6.1 Arduino IDE

IDE significa “Integrated Development Environment”: es un software oficial introducido por Arduino.cc, que se utiliza principalmente para editar, compilar y cargar el código en el dispositivo Arduino. Casi todos los módulos Arduino son compatibles con este software que es de código abierto y está disponible para instalar y comenzar a compilar el código sobre la marcha (Fezari & Dahoud, 2018, pág. 2).

2.2.6.2 Lenguaje de Programación C++

C++ es un lenguaje de programación, creado a mediados de 1980 por Bjarne Stroustrup, como extensión del lenguaje C. (Radial, Social, & Flores, 2001, pág. 3) En la actualidad, C++ es un lenguaje versátil, potente y general. Su éxito entre los programadores le ha llevado a ocupar el primer puesto como herramienta de desarrollo de aplicaciones, ya sea en Windows o GNU Linux (Radial, Social, & Flores, 2001, pág. 3).

2.2.6.3 Fritzing

Fritzing es un software para la automatización del diseño electrónico (Electronic Design Automation) para diseñadores, artistas y cualquier persona que tenga interés en la electrónica y el desarrollo de prototipos. El objetivo de Fritzing es proveer las herramientas que faciliten la documentación y el intercambio de proyectos (Humet, 2019, pág. 2).

2.2.7 Análisis y estudio de las causas para un mal desarrollo de los cultivos

En la actualidad se conoce muchas causas para un mal desarrollo en los cultivos pero en este proyecto de investigación se va a analizar las principales causas que afectan según la investigación y recopilación de información siguiente:

2.2.7.1 El constante cambio climático

La agricultura es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático a nivel mundial, ya que es altamente sensible a los cambios de temperatura y a los regímenes de precipitación. Los modelos climáticos prevén cambios drásticos en las condiciones climáticas en muchas regiones de mundo, incluyendo cambios en temperatura, precipitación e incremento en la frecuencia y severidad de eventos extremos como sequías y huracanes. Estos cambios tendrán efectos en el rendimiento y distribución de los cultivos (Viguera, Martínez Rodríguez, Donatti, Harvey, & Alpizar, 2017, pág. 7).

Se espera que los rendimientos de los granos básicos, como arroz, maíz y trigo, disminuyan significativamente a nivel mundial para el año 2050, con diferencias entre países en vías de desarrollo y los países desarrollados. Los precios mundiales de los alimentos incrementarán a consecuencia de la disminución de la producción global que se

espera debido a los efectos del cambio climático (Viguera, Martínez Rodríguez, Donatti, Harvey, & Alpizar, 2017, pág. 7).

2.2.7.2 Degradación en el suelo

El uso actual que se le da a la tierra, es el tema ambiental que hoy reviste mayor gravedad y, a la vez, mejores posibilidades para la región, siendo sus principales consecuencias la erosión y pérdida de fertilidad, la desertificación, la deforestación, la degradación de pasturas, la salinización y alcalinización de suelos bajo riego y la subutilización de tierras agrícolas de buena calidad (Rojas, 2008, pág. 5).

La modificación del ambiente, a través de la degradación de la tierra, es un proceso perjudicial que afecta negativamente el desarrollo de la población. Una de las consecuencias se da en el rendimiento de los cultivos, que va disminuyendo a medida que avanza la degradación. Con el tiempo, cambia también el uso que se da a esa tierra: de ser cultivable se convierte en área de pastoreo; luego, se cubre de maleza y, finalmente, se torna árida (Rojas, 2008, pág. 6).

2.2.7.3 Sequia

La sequía, un riesgo natural devastador, afecta a una porción significativa de la población mundial, particularmente a aquellos que viven en regiones semiáridas y áridas. Las consecuencias para las comunidades agrícolas pueden ser severas, frecuentemente revirtiendo los logros en seguridad alimentaria y reducción de pobreza, entorpeciendo los esfuerzos por lograr los ODS 1 y 2. Las sequías también puede agravar tensiones sociales y avivar disturbios sociales (FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura), 2017, pág. 5).

A pesar de los conocidos impactos de las sequías y la creciente disponibilidad de innovaciones tecnológicas y políticas para disminuirlas, la gestión y planificación de la sequía son muy frecuentemente pasadas por alto hasta que la crisis surge. Esta respuesta reactiva, provocada por la crisis, da lugar a un ámbito de políticas fragmentadas donde las intervenciones son aisladas sectorialmente y las estrategias de mitigación de la sequía tienen poco rendimiento (FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura), 2017, pág. 5).

2.2.7.4 Análisis de la información recopilada e investigada

Según la información recopilada se puede analizar que el cambio climático es uno de los principales y peores causantes para la baja producción agrícola ya que los cultivos son muchísimos más vulnerables a ese constante cambio de temperatura lo cual lleva a un desnivel en su producción, por otra parte está la sequía la cual se logra generar a partir de los constantes cambios climáticos que se produce a nivel mundial especialmente donde haya terrenos áridos o semiáridos causando una escases de alimentos en ciertos países dando lugar a la pobreza e incluso hambruna en ciertos países.

Por último esta la degradación del suelo que provoca infertilidad en el suelo siendo otro causante de una baja producción agrícola en los cultivos, pasando el tiempo también cambia el uso que le da al terreno que se va degradando poco a poco de ser cultivable a una simple área de pastoreo, luego se cubre completamente de maleza y la final se vuelve árida e infértil.

Entonces para contrarrestar en parte estas causas se ha venido desarrollando sistemas que puedan ayudar y sirvan de apoyo, ayudando a una mejoría en la producción de alimentos de los cultivos, ayudando a el consumo excesivo de agua y conservándola mejor, contrarrestando y

evitando los estragos que ocasiona el constante cambio climático que afecta consecutivamente los cultivos agrícolas.

Conclusión

Como conclusión se ha determinado que las principales causas de un desarrollo en los cultivos son la degradación del suelo, la sequía, y los constantes cambios climáticos los que afectan, y que para contrarrestar esto y hacer la producción mucho más eficiente se requiere de la intervención tecnológica dando lugar a los sistemas de riego automáticos que ayudan favorable y significativamente controlando en parte las causas ya mencionadas.

CAPITULO 3

MARCO METODOLOGICO

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACION

La presente investigación se realizará un análisis comparativo mediante el cual se puede observar diferentes tipos de placas Arduino, sensores de humedad y ambiente, relés y con esto determinar cuáles son las mejores opciones para el desarrollo del prototipo, también se analizará distintas herramientas de programación y diseño, de software libre o pagado de forma que la investigación tomará un enfoque mixto.

3.2 NIVEL INVESTIGATIVO

De acuerdo al tema investigativo en desarrollo la presente investigación será de tipo experimental, de campo y observacional, por la razón que se deberá realizar un prototipo con el cual se podrá ir observando cual es el mejor método de riego comparándolo frente al riego tradicional, esto implica que se deba realizar diversas pruebas en lugares determinados por el investigador.

3.3 POBLACION Y MUESTRA

Del universo se considera al centro Comercial Buscan. Al igual que la muestra se orienta al huerto de cultivos del Comercial Buscan.

La población es finita debido a que se conoce cuál es el número de huertos de cultivo lo cual ayuda al investigador al momento de recolectar información para el desarrollo del prototipo.

3.4 TIPOS DE MUESTREO

La población seleccionada representa a un solo campo por lo cual no es necesario ninguna técnica de muestreo.

3.5 METODOS DE INVESTIGACION

El método que se utilizara es el deductivo debido a que va de lo general hasta lo particular.

3.6 ANALISIS COMPARATIVO DE PLACAS ARDUINO

Para el análisis se realizó una tabla comparativa en donde se determina la placa Arduino a utilizar en el presente prototipo.

Modelo	Arduino Mega	Arduino Uno	Arduino Nano
Frecuencia	16Mhz	16Mhz	16Mhz
Memoria Ram	8KiB	2KiB	2KiB
Pines digitales	54	14	14
Pines Analógicos	16	6	8
Corriente	5v	5v	5v
Conexión USB	Si	Si	Si
Precio	\$23	\$30	\$8

Tabla 1 Comparación de placas Arduino Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla anterior para el presente proyecto se utilizara la placa Arduino nano en este caso la v3, siendo la más óptima, mejor precio y con características suficientes para solventar los procesos destinados a la misma.

3.7 ANALISIS COMPARATIVO DE SENSORES DE HUMEDAD

Modelo	FC-28	Funduino
Voltaje de corriente	3.3v – 5v	3.3v – 5v
Corriente de operación	35mA	20mA
Interfaz	VCC: Voltaje de alimentación GND: Tierra DO: Salida digital AO: Salida analógica	(-) Tierra (+) VCC (S) Output
Precio	\$2,50	\$1,50

Tabla 2 Comparación de Sensores de humedad de suelo Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la humedad del suelo se procedió a seleccionar el sensor de humedad FC-28 ya que tiene las mejores prestaciones en cuanto a precisión de detección.

3.8 ANALISIS COMPARATIVO DE RELES

Modelo	Rele 10A	Rele de estado	
		sólido 20A	Rele 30A
Capacidad	12v	110v – 220v	12v
Precio	\$2	\$47	\$6

Tabla 3 Comparación de relés Fuente: Elaboración propia.

El relé de 10A a 12v será el encargado de activar la bomba de agua en el prototipo, siendo este el apropiado tanto es su capacidad y soporte de corriente.

3.9 COMPARACION DE HERRAMIENTAS PARA DISEÑO Y SIMULACION DE ARDUINO

Nombre	Características	Costo
TinkerCad	Es gratuito y online Fácil de usar e intuitivo Actualización permanente	Es Software libre y gratuito
Proteus Desing Suite	Es completo y fácil de usar Gran comunidad Constante Actualización	El software es de paga y el paquete más económico es el de Proteus VSM for Arduino AVR tiene un precio de \$248
Fritzing	Documentación de prototipos basados en Arduino Se puede compartir prototipos con otros usuarios Fabricación de PCBs profesionales	Es Software y gratuito

Ilustración 7 Herramientas para Diseño de PCBs en Arduino Fuente: Elaboración propia.

Basado en la tabla anterior se emplea la herramienta Fritzing para la elaboración del esquema de circuito y conexión de los componentes del prototipo de sistema de riego automático.

3.6 DESARROLLO

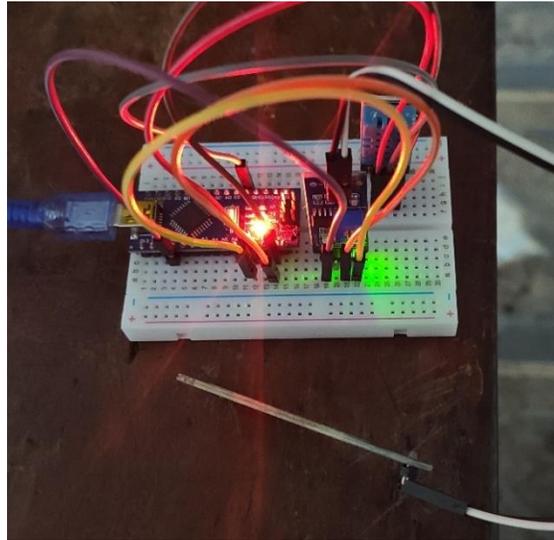


Ilustración 8 Sensores conectados al Arduino Fuente: Elaboración propia.

Conexión de los sensores a la placa Arduino como lo son: Sensor DHT11 o sensor de humedad del ambiente, sensor FC-28 o sensor de humedad.

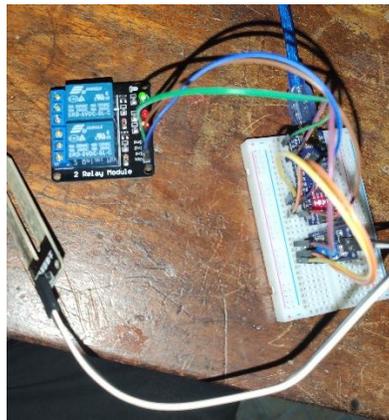


Ilustración 9 Conexión módulo relé al Arduino nano Fuente: Elaboración propia.

Módulo relé conectado a la placa Arduino funcionando junto con el sensor de tierra (sensor FC-28).

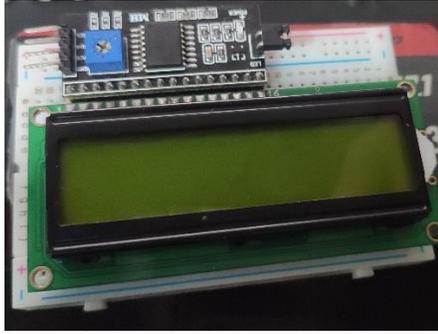


Ilustración 10 Modulo I2C y pantalla LCD Fuente: Elaboración propia.

Módulo I2C Conectado junto con la pantalla LCD para la visualización de los datos numéricos capturados por el resto de componentes del prototipo.

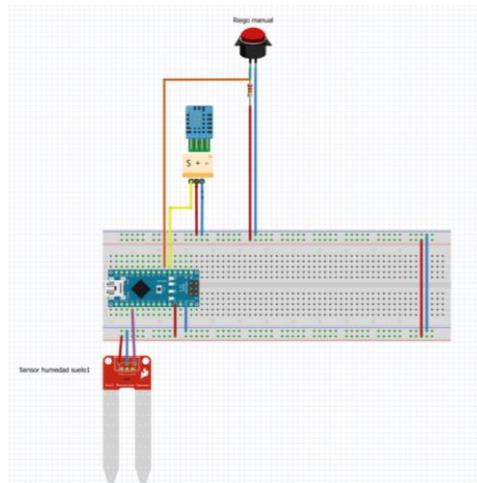


Ilustración 11 Proceso del diseño de circuito para el prototipo Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración de la conexión del prototipo y sus componentes se utiliza la herramienta Fritzing que ayuda a tener una visualización más clara de las conexiones con los componentes.



```
Sistema_Riego_Automatico Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

#include <DHT.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

int sensor = 2;
int temp, humedad;
int boton = 3;
const int bomba = 13;
const int humedadsuolo = A0;

DHT dht (sensor, DHT11);
int botonest = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();

  pinMode(humedadsuolo, INPUT);
  pinMode(bomba, OUTPUT);
  pinMode(boton, INPUT);
}
```

Ilustración 12 Codificación del script para el sistema de riego Fuente: Elaboración propia.

La codificación del script se lo realiza usando el lenguaje de programación C++ y en la interfaz y herramienta Arduino IDE ya que su uso e interfaz son más optimizadas para la placa Arduino.

```
Temperatura: 15°C Humedad: 80%
Humedad del suelo: 1019%
La tierra está seca, comienza el riego automático
Temperatura: 15°C Humedad: 80%
Humedad del suelo: 1019%
La tierra está seca, comienza el riego automático
Temperatura: 15°C Humedad: 80%
Humedad del suelo: 1019%
La tierra está seca, comienza el riego automático
Temperatura: 15°C Humedad: 80%
Humedad del suelo: 1020%
```

Ilustración 13 Sistema de riego funcionando Fuente: Elaboración propia.

Sistema de riego funcionando, al detectar que la **tierra esta húmeda** se activa la bomba de agua y procede con el riego automático, hasta que la tierra este húmeda según las condiciones programadas en el script.

```
La tierra está seca, comienza el riego automático
Temperatura: 15°C Humedad: 80%
Humedad del suelo: 776%
La tierra está seca, comienza el riego automático
Temperatura: 15°C Humedad: 80%
Humedad del suelo: 891%
La tierra está seca, comienza el riego automático
Temperatura: 15°C Humedad: 80%
Humedad del suelo: 692%
Temperatura: 15°C Humedad: 80%
Humedad del suelo: 594%
Temperatura: 15°C Humedad: 80%
Humedad del suelo: 551%
Temperatura: 15°C Humedad: 80%
Humedad del suelo: 545%
Temperatura: 15°C Humedad: 80%
Humedad del suelo: 530%
Temperatura: 15°C Humedad: 80%
Humedad del suelo: 526%
Temperatura: 15°C Humedad: 80%
Humedad del suelo: 521%
```

Ilustración 14 Sistema de riego deja de regar Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la ilustración anterior el sistema de riego ha determinado que la tierra esta húmeda por lo cual ha parado de regar.

A continuación en el capítulo 4 del presente trabajo investigativo se verá a más detalles el proceso de desarrollo del prototipo de investigación dando como resultado un óptimo sistema de riego automático.

CAPITULO 4

DESARROLLO DEL PROTOTIPO

4.1 SELECCION DE COMPONENTES PARA EL DESARROLLO DEL PROTOTIPO

En base a la información recopilada se decide usar los siguientes componentes para el desarrollo del prototipo:

4.1.1 *Arduino Nano v3*

La placa Arduino Nano v3 será la encargada de procesar la información otorgada por el resto de componentes siendo el centro de todo el prototipo.

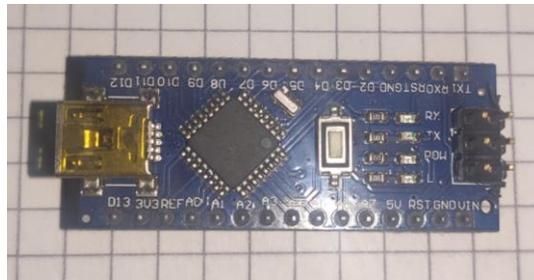


Ilustración 15 Nanov3 Fuente: Elaboración propia

4.1.2 *Sensor DHT11*

El sensor DHT11 proporcionará la información de la humedad y temperatura ambiente la cual es parte clave para la activación del sistema.

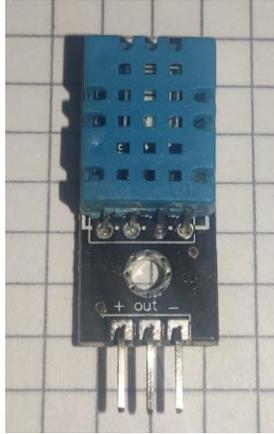


Ilustración 16 DHT11 Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Modulo Relé

El módulo relé será el encargado de la activación de la bomba en base a los parámetros impuestos en función, junto con los demás componentes y la placa Arduino.

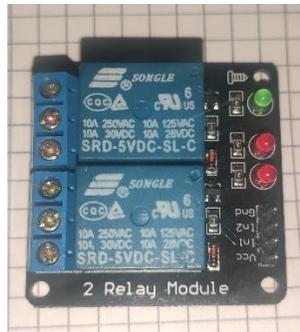


Ilustración 17 Relé de 2 canales Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Pantalla LCD

Para la visualización de los datos y estado del funcionamiento del sistema se usará una pantalla LCD de 16x2 que ayudará a la interpretación de los mismos.

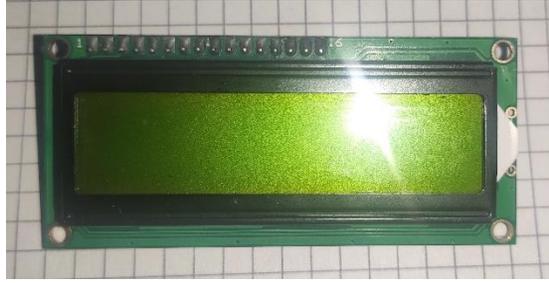


Ilustración 18 Pantalla LCD Fuente: Elaboración Propia

4.1.5 Modulo I2C

El módulo I2C facilitara la comunicación y conexión con la placa Arduino y la pantalla LCD ayudando a simplificar el proceso del desarrollo del sistema.

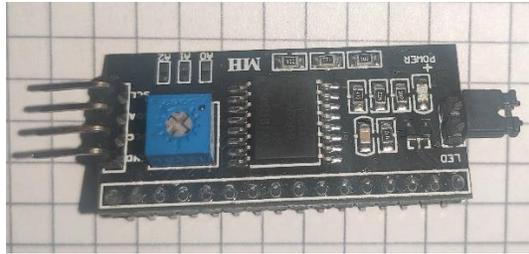


Ilustración 19 Modulo I2C Fuente: Elaboración propia.

4.1.6 Sensor FC-28

El sensor FC-28 proporcionará la información de la humedad del suelo para así poder determinar en qué estado se encuentra y el sistema procederá a decidir si activar el riego o no.

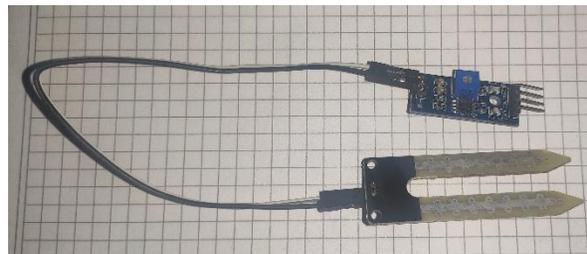


Ilustración 20 Sensor de humedad de suelo FC-28 Fuente: Elaboración propia.

4.2 DISEÑO DEL CIRCUITO Y SUS COMPONENTES EN LA HERRAMIENTA

FRITZING

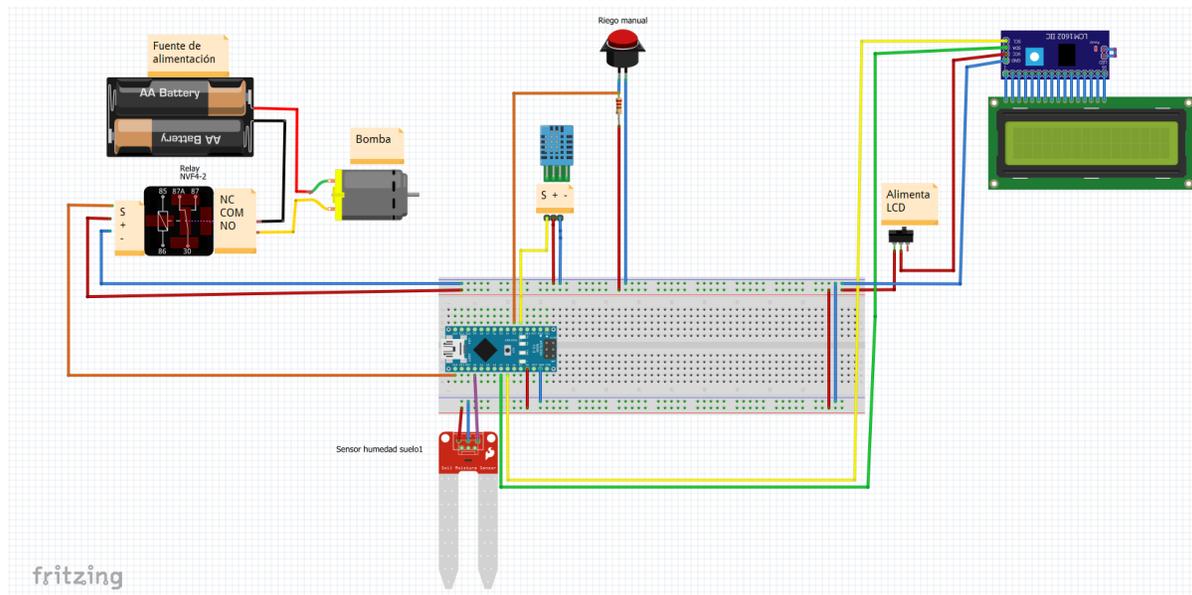


Ilustración 21 Diseño de Sistema de Riego en Fritzing Fuente: Elaboración propia.

4.3 ESQUEMA DEL CIRCUITO DEL SISTEMA DE RIEGO

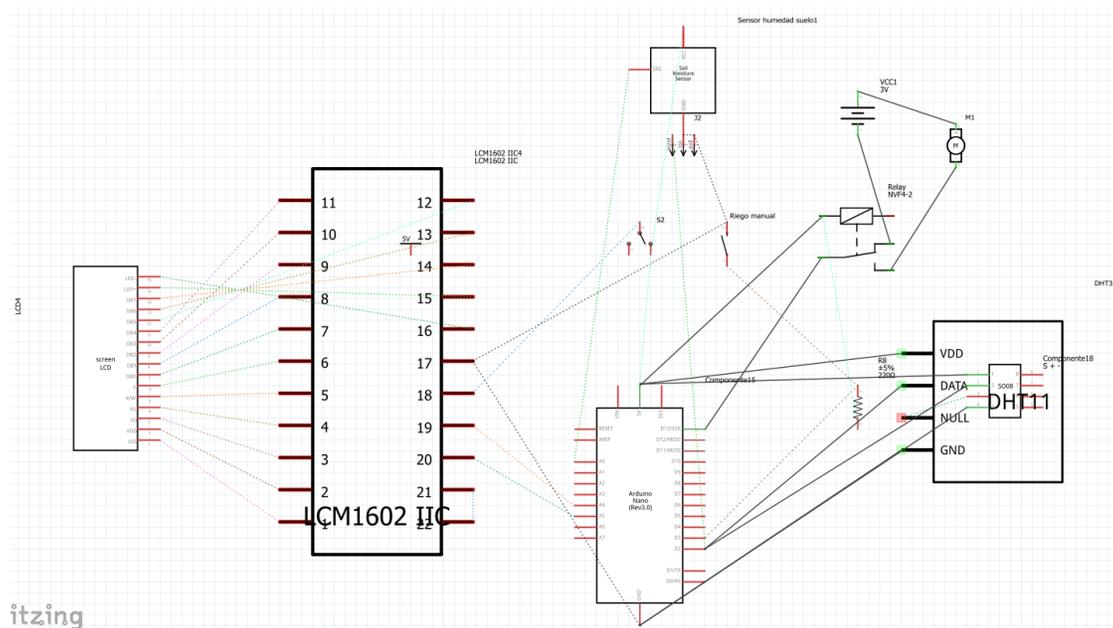


Ilustración 22 Esquema electrónico del Sistema de riego Fuente: Elaboración propia.

4.4 SÍMBOLOS ELECTRÓNICOS

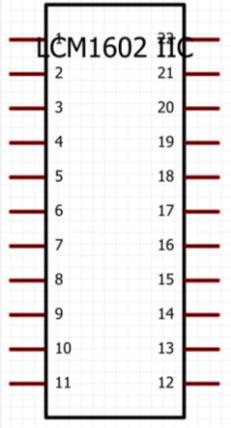
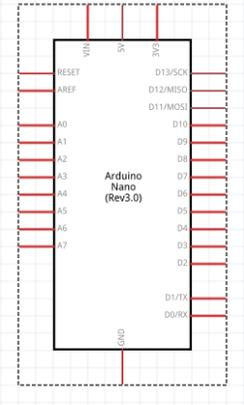
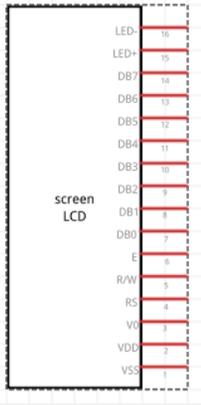
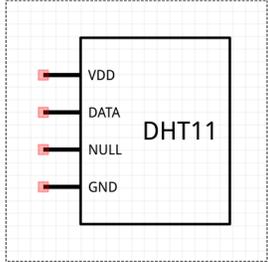
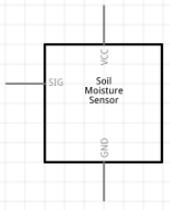
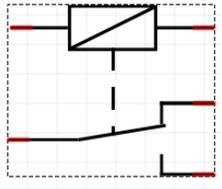
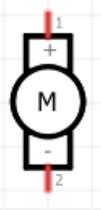
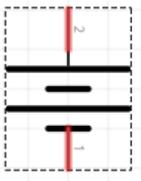
Módulo I2C	Arduino Nano v3	Pantalla LCD	Sensor DHT11
			
Resistencia	Sensor de Suelo	Relé	Motor
			
Bateria			

Tabla 4 Simbología de circuitos Fuente: Elaboración propia.

4.5 CODIFICACIÓN Y CÓDIGO DEL SISTEMA DE RIEGO

Para la codificación del sistema de riego se utiliza la herramienta Arduino IDE la cual permite declarar las variables, hacer la estructura y funciones necesarias para el script del mismo.

```
#include <DHT.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```

Ilustración 23 Librerías de los componentes Arduino Fuente: Elaboración propia.

Primero se declara las librerías necesarias para el funcionamiento correcto de los componentes que se utilizan en el prototipo, como lo son: la librería para el sensor DHT11, librería para el módulo I2C y especificando el tamaño de la pantalla.

```
int sensor = 2;
int temp, humedad;
int boton = 3;
const int bomba = 13;
const int humedadsuelo = A0;

DHT dht (sensor, DHT11);
int botonest = 0;
```

Ilustración 24 Pines y Variables Fuente: Elaboración propia.

Configurar pines y variables que se utiliza con la placa arduino:

- sensor = 2, ping 2 para el valor del sensor DHT11.
- temp, humedad, variables de temperatura y humedad del DHT11.
- botón = 3, pin 3 para activar la bomba manualmente.
- bomba = 13, pin 13 para la bomba.
- Humedadsuelo = A0, A0 para el sensor de humedad del suelo.
- dht (sensor, DHT11), configuro el modelo del sensor DHT. Es el DHT11.
- botonest = 0, Inicalizo en 0 el estado del botón.

```

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();

  pinMode(humedadsuelo, INPUT);
  pinMode(bomba, OUTPUT);
  pinMode(boton, INPUT);

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
}

```

Ilustración 25 Configuración de entradas y salidas Fuente: Elaboración propia.

Se inicia el puerto serie a 9600 para posteriormente iniciar el sensor DHT11. Luego se configura entradas y salidas de los principales componentes: “humedadsuelo” como entrada, “bomba” como salida, “botón” como entrada.

Para la pantalla LCD, primero se inicializa el LCD luego se activa la luz de fondo, se limpia lo que hay en la pantalla y se inicializa el cursor en el punto “0,0”.

```

void loop()
{
  int SensorValue = analogRead(humedadsuelo);
  int botonest = digitalRead(boton);

  humedad = dht.readHumidity();
  temp = dht.readTemperature();

  Serial.print("Temperatura: "); Serial.print(temp);
  Serial.print("°C Humedad: "); Serial.print(humedad); Serial.println("%");

  Serial.print("Humedad del suelo: "); Serial.print(SensorValue); Serial.println("%");
  delay(500);
}

```

Ilustración 26 Lectura y captura de valores de los componentes Fuente: Elaboración propia.

Primero se lee el valor de la humedad y se introduce en SensorValue después lee lo que marca el botón, posteriormente lee e introduce los valores de temperatura y humedad en las variables temp y humedad. A continuación se imprime por el puerto de serie los valores de temperatura y humedad del DHT11, así como el valor de la humedad del suelo.

```

lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("DHT:");
lcd.print(temp);
lcd.print("C/");
lcd.print(humedad);
lcd.print("%");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("HS:");
lcd.print(SensorValue);
lcd.print("%");

```

Ilustración 27 Impresión de datos en la pantalla LCD Fuente: Elaboración propia.

En este apartado del código se imprimirá en la pantalla LCD los datos como lo es la temperatura en “°C”, el porcentaje de la humedad del ambiente y la humedad en la que se encuentra el suelo en porcentajes.

```

if (SensorValue >= 700)
{
    Serial.println("La tierra está seca, comienza el riego automático");
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Riego automatico");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("HS:");
    lcd.print(SensorValue);
    lcd.print("%");
    digitalWrite(bomba, HIGH);
    delay(3000);
    digitalWrite(bomba, LOW);
    delay(2000);

    if (botonest == 0)
    { Serial.println("No se puede activar riego manual. Riego automático activo");
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("Regando automatico");
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("NO MANUAL");
      delay(1000);
    }
}

```

Ilustración 28 Condición para el riego automático Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la ilustración anterior esta, muestra el código donde va el valor que se considera seco y hay que regar, siendo este el valor de 700 para la condición, que si el sensor de suelo detecta un valor mayor o igual al designado en el script entonces comienza el riego automático. El sistema regara durante 3 segundos y espera a comprobar dos segundos más

para determinar si la tierra está lo suficientemente húmeda y acorde a los valores asignados en la condición.

Por otra parte se agrega la condición para el botón del riego manual, si el riego automático está activo no se puede usar el riego manual.

```
if (SensorValue < 700)
{
  if (botonest == 0) {
    Serial.println("Regando de forma manual");
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Riego manual");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("HS:");
    lcd.print(SensorValue);
    lcd.print("%");
    digitalWrite(bomba, HIGH);
  }
  if (botonest == 1) {
    digitalWrite(bomba, LOW);
  }
}
```

Ilustración 29 Condición para el riego manual Fuente: Elaboración propia.

La condición para activar el riego manual es la siguiente: el sistema deberá detectar que la humedad del suelo es menor a 700, entonces se podrá activar el riego manual de ser necesario o a consideración del usuario, esto se puede observar en la ilustración 29.

4.6 RESULTADOS Y PRUEBAS DEL PROTOTIPO

4.6.1 Armado del prototipo

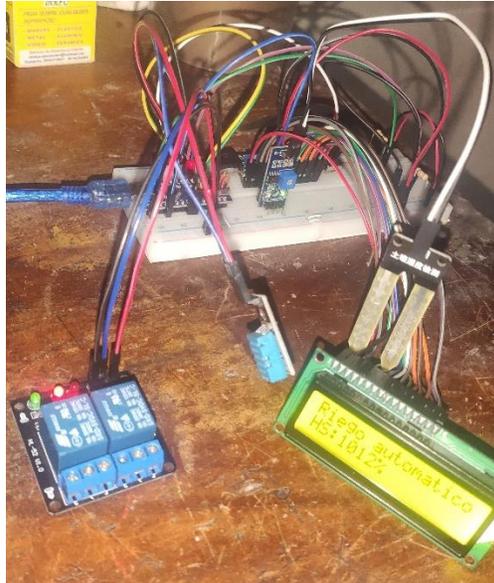


Ilustración 30 Armado del prototipo Fuente: Elaboración propia.

Prototipo conectado con sus respectivos componentes y en funcionamiento, como se observa en la ilustración anterior, al no estar plantado en la tierra o húmedo el sensor de humedad del suelo, este detecta que está seco entonces, el relé activa la bomba de agua por lo cual procede a realiza el riego automático.

4.6.2 Prueba 1: El sensor del prototipo actúa en la tierra seca

Al introducir el sensor de humedad en la caja del prototipo con tierra seca. Y se determina que el sistema de riego actúa y se activa bajo la condición de humedad baja en la tierra.

Temperatura	Humedad del suelo	Humedad ambiente
15 °C	1009%	84%
15 °C	1008%	84%
15 °C	1010%	84%
15 °C	1011%	84%
15 °C	1009%	84%
15 °C	1009%	84%

Tabla 5 Valores obtenidos en prueba 1 Fuente: Elaboración propia.

4.6.3 Prueba 2: El sensor del prototipo actúa en tierra medio mojada

Al introducir el sensor de humedad en la caja del prototipo con tierra medio mojada. Se determinó que el sistema de riego actúa y se activa bajo la condición de humedad media en la tierra.

Temperatura	Humedad del suelo	Humedad ambiente
15 °C	969%	82%
15 °C	947%	82%
15 °C	907%	82%
15 °C	930%	82%
15 °C	879%	82%
15 °C	906%	82%

Tabla 6 Valores obtenidos en prueba 2 Fuente: Elaboración propia.

4.6.4 Prueba 3: El sensor del prototipo actúa en tierra mojada

Al introducir el sensor de humedad en la caja del prototipo con tierra mojada. Se determinó que el sistema de riego no se activa bajo la condición de humedad alta en la tierra.

Temperatura	Humedad del suelo	Humedad ambiente
15 °C	698%	82%
15 °C	670%	82%
15 °C	659%	82%
15 °C	667%	82%
15 °C	638%	82%
15 °C	648%	82%

Tabla 7 Valores obtenidos en prueba 3 Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

- El uso de sistemas de riego automatizados en la actualidad es algo novedoso que ayuda a las personas y el medio ambiente, reduciendo el consumo excesivo del agua y el tiempo que se dispone para un riego tradicional de los huertos.
- Este prototipo ayuda a evitar la erosión de los terrenos.
- El uso de este prototipo ayuda a evitar la pérdida de minerales en el suelo.
- La utilización de herramientas como Arduino ayudan en el avance tecnológico, además de mejorar los sistemas de riego actuales.
- El costo reducido de los componentes del presente prototipo hacen que cualquier persona tenga acceso a estos sistemas de riego automático, debido a su fácil uso e instalación.

RECOMENDACIONES

- Para mejorar el funcionamiento del prototipo de investigación es agregar un sensor de nivel de agua para medir la cantidad disponible de la misma que se encuentre en el tanque del huerto.
- Implementar una base de datos y de la misma manera un aplicativo web, los cuales permita la gestión remota de los datos que se recopilen del prototipo.
- Implementar un aplicativo móvil favorecerá mucho la gestión del sistema de riego automático mediante un módulo bluetooth.

REFERENCIAS

- Apaza Mamani, D. F., & La Torre Javier, I. J. (11 de Diciembre de 2017). Diseño E Implementacion De Un Sistema Automatizado Para Riego Tecnificado Basado En El Balance De Humedad De Suelo Con Tecnología Arduino En El Laboratorio De Control Y Automatizacion Epime 2016. *Universidad Nacional del Altiplano*, 18. Obtenido de repositorio.unap.edu.pe:
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5970/Apaza_Mamani_Darwin_Fray_La_Torre_Javier_Irvin_Jhons.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- arcaelectronica.com. (s.f.). *arcaelectronica.com*. Obtenido de arcaelectronica.com:
<https://www.arcaelectronica.com/blogs/tutoriales/modulo-rele-de-1-2-4-y-8-canales-arduino>
- Arrieta, V. (13 de Noviembre de 2018). *arcaelectronica.com*. Obtenido de arcaelectronica.com:
<https://www.arcaelectronica.com/blogs/tutoriales/uso-de-flotadores-sensores-de-nivel-arduino>
- Bellver, E. (03 de Abril de 2020). *tendenzias*. Obtenido de tendenzias:
<https://tendenzias.com/eco/tipos-de-suelos/>
- Bermúdez Alegre, D. (12 de Junio de 2014). Riego de huerta automatizado por Arduino. *Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales*, 78. Obtenido de academica-e.unavarra:
<https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/13166>
- Bolaños, D. (2016). Módulo de relés. 1-10. Obtenido de
<https://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/moduloRele.pdf>

Cauas, D. (2015). variables de Daniel Cauas. *Biblioteca electrónica de la universidad Nacional de Colombia*, 12. Obtenido de <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36805674/1-Variables-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1639369061&Signature=bucOIJssB4Bu~7zUWLZfmp8yKQ0x84nVQOLp2fpk2zE7L1bFGyftp5bBK3pjoX7-JbjAr-zby0aq3hwdW5W9x0nCXtrdO1cuOr3wuppz0zzFLq5Qy5jYRJMM9-J1lvTAO61fpnT~0Du00jRA>

Cirelli, F. A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 148. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

Dávila Delgado, H., & Vargas Jaramillo, J. (2018). Sistema de fácil análisis y almacenamiento de medidas con Arduino a través de protocolo de comunicación Xbee. 17. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8982/T621.30287%20D259.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Demin, P. (21 de Mayo de 2014). Métodos de riego : fundamentos , usos y adaptaciones. *Aporte para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego.*, 3. Obtenido de [inta.gob.ar: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf)

Duarte, O., & Díaz, E. (2012). Tecnología de Tierras y Aguas I. *Tecnología de Tierras y Aguas I*, 6-7. Obtenido de <http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/riego/Archivos/Cap%2012%20-%20Riego%20por%20Surcos.pdf>

- Escalona Domínguez, R. (2019). Guía Del Curso Arduino Kit. 119. Obtenido de [http://www.eet476.edu.ar/documentos/Aula%20Virtual/ABBONIZIO-6TM%20\(1\).pdf](http://www.eet476.edu.ar/documentos/Aula%20Virtual/ABBONIZIO-6TM%20(1).pdf)
- Escobar Manzaba, C. D., & Farfán Orellana, K. J. (17 de Agosto de 2018). DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CULTIVOS AUTOMATIZADOS EN EL RECINTO PLAYA SECA DEL CANTÓN EL TRIUNFO. 7. Obtenido de repositorio.ug.edu.ec: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/36909/1/Tesis%20Sistema%20de%20riego%20Automatizado-%20Escobar-Farfan.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura). (2017). Seminario Internacional sobre Sequía y Agricultura. *Pronosticar, Planificar, Preparar: Cómo evitar que la sequía se convierta en hambruna*, 5. Obtenido de <https://www.fao.org/3/bs902s/bs902s.pdf>
- FAO;. (16 de Octubre de 2002). *fao.org*. Obtenido de *fao.org*: <http://www.fao.org/3/y3918s/Y3918S.pdf>
- Fernandez Alzate, O. (23 de Octubre de 2019). *codigoelectronica.com*. Obtenido de *codigoelectronica.com*: <http://codigoelectronica.com/blog/dht11-datasheet#mouser>
- Fernández Gómez, R. (2010). *MANUAL DE RIEGO PARA AGRICULTORES Módulo 3. Riego por Aspersión*. Sevilla: Junta de Andalucía Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera Consejería de Agricultura y Pesca. Obtenido de https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160240Riego_por_aspersixn.pdf
- Fezari, M., & Dahoud, A. (2018). Integrated Development Environment “ IDE ” For Arduino. *ResearchGate*, 2. Obtenido de <https://www.researchgate.net/profile/Mohamed-Fezari->

2/publication/328615543_Integrated_Development_Environment_IDE_For_Arduino/link
s/5bd8c6d24585150b2b9206df/Integrated-Development-Environment-IDE-For-
Arduino.pdf

GARDENEAS, C. (02 de Diciembre de 2016). *gardeneas.com*. Obtenido de *gardeneas.com*:
<https://gardeneas.com/ventajas-del-riego-por-goteo-y-desventajas/>

geekbotelectronics.com. (s.f.). *geekbotelectronics.com*. Obtenido de *geekbotelectronics.com*:
<https://geekbotelectronics.com/tienda/producto/modulo-i2c-para-lcd/>

GONZÁLEZ, E. (17 de Septiembre de 2018). *gardeneas*. Obtenido de *gardeneas*:
<https://gardeneas.com/ventajas-del-riego-por-aspersion/>

Gonzalez, J. M., & Plyana, E. (1994). Principios básicos del riego por superficie. *Hoja
Divulgativa: Ministerio De Agricultura Pesca Y Alimentacion*, 17. Obtenido de
mapa.gob.es: [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1994_10-
11.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1994_10-11.pdf)

HIDROPONÍA, C. (9 de Abril de 2015). *hidroponia.mx*. Obtenido de *hidroponia.mx*:
[https://hidroponia.mx/que-es-el-riego-
tecnificado/#:~:text=El%20riego%20tecnificado%20o%20la,cultivos%20de%20agua%2
C%20fertilizantes%20y](https://hidroponia.mx/que-es-el-riego-tecnificado/#:~:text=El%20riego%20tecnificado%20o%20la,cultivos%20de%20agua%20C%20fertilizantes%20y)

Humet, E. (2019). Fritzing: Primeros pasos. *Camino hacia el Silencio*, 2. Obtenido de
<https://fritzing.org/media/uploads/learning/translations/Fritzing-PrimerosPasos.pdf>

hwlibre.com. (s.f.). *hwlibre.com*. Obtenido de *hwlibre.com*: <https://www.hwlibre.com/dht11/>

Iglesias, J. (2014). Folleto Informativo pH. *Folleto Informativo*, 1. Obtenido de

<https://docplayer.es/17084950-Folleto-informativo-ph.html>

IICA;. (2017). *El agua para la agricultura de las americas*. Mexico: Content Delivery Mexico

(CODEX+). Obtenido de

<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6148/BVE17109367e.pdf;jsessionid=765EE88C9E22B8945A59A17677E3B4AA?sequence=1>

INIA;. (20 de Mayo de 2015). *inia.uy*. Obtenido de inia.uy:

<http://inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/EI%20Suelo%2020%20de%20mayo.pdf>

ja-bots.com. (s.f.). *ja-bots.com*. Obtenido de ja-bots.com: <https://ja-bots.com/producto/arduino-nano-v3-0/>

Juan Carlos Vazcones Cuzco, F. d. (01 de Mayo de 2013). *dspace*. Obtenido de dspace:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5304/1/UPS-GT000434.pdf>

Laverde Mena, J. A. (01 de enero de 2016). Sistema Automatizado De Riego Por Aspersión Para El Jardín Ubicado En La Parte Lateral Del Bloque De Aulas #2 De Uniandes Quevedo.

104. Obtenido de dspace:

<http://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/4642/1/TUQIS001-2016.pdf>

Liotta, M. (2015). Guía para la asistencia Técnica Agrícola de Nayarit. *Inta*, 5. Obtenido de

https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf

Lopez Ortega, M. S. (2016). *"El ciclo del agua": Unidad didáctica para educación infantil.*

Ocaña-Moral, María-Teresa: Jaén: Universidad de Jaén. Obtenido de

<https://hdl.handle.net/10953.1/4071>

Lopez Tarruella Pereo, R. J. (Junio de 2018). *openaccess.* Obtenido de openaccess:

[http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/81107/5/rlopez-](http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/81107/5/rlopez-tarruellaTFG0618memoria.pdf)

[tarruellaTFG0618memoria.pdf](http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/81107/5/rlopez-tarruellaTFG0618memoria.pdf)

Lopez, R. J. (01 de Junio de 2018). *openaccess.* Obtenido de openaccess:

[http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/81107/5/rlopez-](http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/81107/5/rlopez-tarruellaTFG0618memoria.pdf)

[tarruellaTFG0618memoria.pdf](http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/81107/5/rlopez-tarruellaTFG0618memoria.pdf)

luisllamas.es. (19 de Enero de 2016). *luisllamas.es.* Obtenido de luisllamas.es:

<https://www.luisllamas.es/arduino-humedad-suelo-fc-28/>

Mahecha Vanegas, J. A. (2015). Generalidades de los sistemas de gestion de calidad. *Desregem,*

17. Obtenido de

[https://repository.uniminuto.edu/jspui/bitstream/10656/6575/9/CARTILLA%20ANEXA](https://repository.uniminuto.edu/jspui/bitstream/10656/6575/9/CARTILLA%20ANEXA%20MAHECHA%20VANEGAS%20JAIRO%20ANDRES.pdf)

[%20MAHECHA%20VANEGAS%20JAIRO%20ANDRES.pdf](https://repository.uniminuto.edu/jspui/bitstream/10656/6575/9/CARTILLA%20ANEXA%20MAHECHA%20VANEGAS%20JAIRO%20ANDRES.pdf)

Marmolejo, R. E. (18 de Octubre de 2017). *hetpro-store.* Obtenido de hetpro-store:

[https://hetpro-store.com/TUTORIALES/que-es-](https://hetpro-store.com/TUTORIALES/que-es-arduino/#:~:text=Historia%20de%20Arduino&text=La%20histor%3%ADa%20de%20)

[arduino/#:~:text=Historia%20de%20Arduino&text=La%20histor%3%ADa%20de%20](https://hetpro-store.com/TUTORIALES/que-es-arduino/#:~:text=Historia%20de%20Arduino&text=La%20histor%3%ADa%20de%20)

[Arduino%20comenz%3%B3,que%20fuera%20f%3%A1cil%20de%20usar.&text=Ard](https://hetpro-store.com/TUTORIALES/que-es-arduino/#:~:text=Historia%20de%20Arduino&text=La%20histor%3%ADa%20de%20)

[uino%20tambi%3%A9n%20es%20una%20plataforma,de%20Hardware%20libre%2C](https://hetpro-store.com/TUTORIALES/que-es-arduino/#:~:text=Historia%20de%20Arduino&text=La%20histor%3%ADa%20de%20)

[%20](https://hetpro-store.com/TUTORIALES/que-es-arduino/#:~:text=Historia%20de%20Arduino&text=La%20histor%3%ADa%20de%20)

- Martin, E., & C. M. (10 de Julio de 2017). Métodos para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego. *College of Agriculture, University of Arizona (Tucson, AZ)*, 2-4. Obtenido de repository.arizona.edu: <http://hdl.handle.net/10150/625275>
- Mecafenix, I. (25 de Abril de 2017). *ingmecafenix*. Obtenido de ingmecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/arduino/>
- Mendoza Martínez, A. E. (2013). Riego por Goteo. *CENTA*, 25. Obtenido de <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/riego/Riego%20por%20goteo.pdf>
- News, A. (28 de Mayo de 2018). *gruposacsa*. Obtenido de gruposacsa: <http://www.gruposacsa.com.mx/humedad-del-suelo-se-comporta-importancia/>
- Novoa Segovia, B. S. (2019). SISTEMA DE TELECONTROL Y ORIENTACION REMOTA DE ANTENAS DIRECCIONALES PUNTO A PUNTO. 52. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29252/1/Tesis_%20t1541ec.pdf
- Olarte, M. (2006). Investigación documental. *Instrumentos de investigacion*, 1-9. Obtenido de http://profesores.fi-b.unam.mx/jlfl/Seminario_IEE/tecnicas.pdf
- Patiño, A. A. (2014). Diseño Y Elaboracion De La Guia Para Sistemas Digitales Con Arduino Uno R3. 78. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/71397874.pdf>
- Peralta A, J. M., & Simpfendörfer L, C. (2001). Riego por Aspersión. *Fao*, 1. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/40180/NR26419.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Radial, B., Social, S., & Flores, L. (2001). Manual de Programacion en Lenguaje C++. *Revista Tecnica de la Facultad de Ingenieria Universidad del Zulia*, 232. Obtenido de <https://paginas.matem.unam.mx/pderbf/images/mprogintc++.pdf>
- Raffino, M. E. (16 de Junio de 2020). *concepto.de*. Obtenido de concepto.de: <https://concepto.de/agua/>
- Raffino, M. E. (22 de Junio de 2020). *concepto.de*. Obtenido de concepto.de: <https://concepto.de/estados-del-agua/>
- Raffino, M. E. (18 de Junio de 2020). *concepto.de*. Obtenido de concepto.de: <https://concepto.de/suelo/>
- repuestoelectronico.blogspot.com. (3 de Junio de 2019). *repuestoelectronico.blogspot.com*. Obtenido de repuestoelectronico.blogspot.com: <https://repuestoelectronico.blogspot.com/2019/06/display-lcd-16x2-backlight-azul-1602.html>
- Rojas, A. (2008). La degradación del suelo y sus efectos sobre la población La degradación del suelo y sus efectos sobre la población. *Poblacion y desarrollo*, 5-6. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5654360>
- Rosado Cevallos, M. I. (2017). Diseño de un sintetizador digital directo de frecuencia controlado con Arduino nano para un radioreceptor definido por software. 49. Obtenido de <http://201.159.223.180/bitstream/3317/9591/1/T-UCSG-POS-MTEL-86.pdf>
- Sela, G. (12 de Febrero de 2020). *smart-fertilizer management*. Obtenido de smart-fertilizer management: <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/pH-alkalinity/>

- Sierra Cevallos, D. A. (2008). Propuesta De Nuevas Prácticas De La Materia Microcontroladores Utilizando La Placa Arduino Mega 2560 Como Complemento Y Mejora Del Curso Actua. 15. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/101984/D-84457.pdf>
- Tamayo, M. (2009). Abouhamad, Apuntes de investigación en ciencias sociales, pág. 52. 1. *Abouhamad, Apuntes de investigación en ciencias sociales*, 1-23. Obtenido de https://trabajodegradoucm.weebly.com/uploads/1/9/0/9/19098589/tipos_de_investigacion.pdf
- Tec. Hidráulico Mario Liotta, R. C. (2015). *Riego por Goteo*. San Juan: UCAR.
- Uriarte, J. M. (25 de Mayo de 2019). *caracteristicas.co*. Obtenido de [caracteristicas.co](https://www.caracteristicas.co/suelo/): <https://www.caracteristicas.co/suelo/>
- Vargas Rojas, R. (2009). Guía para la descripción de suelos. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*, 21. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a0541s/A0541S.pdf>
- Vásconez Cuzco, J. C., & Chamba Tenemaza, F. d. (Mayo de 2013). Diseño E Implementacion De Un Sistema De Riego Automatizado Y Controlado De Forma Inalambrica Para Una Finca Ubicada En El Sector Popular De Balerio. *Universidad Politécnica Salesiana*, 14. Obtenido de dspace.ups.edu.ec: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5304/1/UPS-GT000434.pdf>
- Viguera, B., Martínez Rodríguez, R., Donatti, C., Harvey, C., & Alpízar, F. (2017). Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica , estrategias de mitigación y adaptación. Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional-CATIE). *Catie*, 7. Obtenido de

https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/cascade_modulo-2-impactos-del-cambio-climatico-en-la-agricultura-de-centroamerica.pdf

ANEXOS

Huerto de cultivos del Comercial Buscan.



Bomba utilizada para el riego del huerto.



Sensor de humedad introducido en la tierra del huerto.



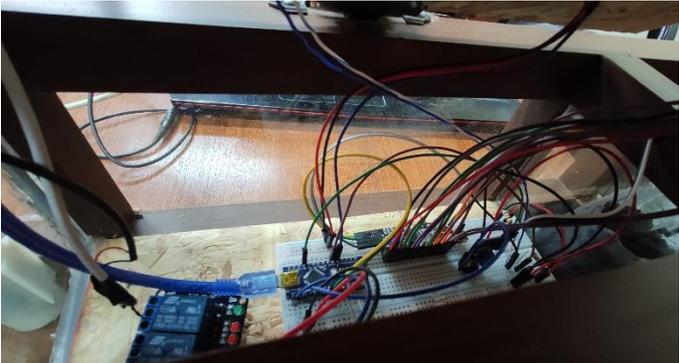
Sistema de riego conectado a la bomba de agua.



Inicio y carga del script al prototipo.



Prototipo armado en su respectiva caja





Jonathan Fernando Zambrano Jaramillo portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0302585435. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO UTILIZANDO SENSORES PARA PROVEEDORES DE ALIMENTOS”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cañar, 06 de abril de 2022

F: 

Jonathan Fernando Zambrano Jaramillo

C.I. 0302585435