

Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2024,
Volumen 8, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4

**PROTOTIPO DEL DISEÑO DE INVERNADERO
AUTOMATIZADO PARA EL DESARROLLO DE
HABILIDADES DE METROLOGÍA EN
ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**PROTOTYPING THE DESIGN OF AN AUTOMATED
GREENHOUSE FOR THE DEVELOPMENT OF METROLOGY
SKILLS IN ELECTRICAL MECHANICAL ENGINEERING
STUDENTS**

Alejandro Sánchez Moreno

Universidad Veracruzana, México

Olga Regina Rosas Tolentino

Universidad Veracruzana, México

Ervin Jesus Álvarez Sánchez

Universidad Veracruzana, México

Guillermo Alvaro Hernandez Viveros

Universidad Veracruzana, México

Pablo Israel Guzmán Martínez

Universidad Veracruzana, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12347

Prototipo del Diseño de Invernadero Automatizado para el Desarrollo de Habilidades de Metrología en Estudiantes de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Alejandro Sánchez Moreno¹

alejasanchez@uv.mx

<https://orcid.org/0009-0008-8228-4372>

Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería
Mecánica Eléctrica Xalapa
México

Olga Regina Rosas Tolentino

olrosas@uv.mx

<https://orcid.org/0009-0004-4714-6565>

Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería
Mecánica Eléctrica Xalapa
México

Ervin Jesus Álvarez Sánchez

eralvarez@uv.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0790-0429>

Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería
Mecánica Eléctrica Xalapa
México

Guillermo Alvaro Hernandez Viveros

guilhernandez@uv.mx

<https://orcid.org/0009-0009-7088-4669>

Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería
Mecánica Eléctrica Xalapa
México

Pablo Israel Guzmán Martínez

paguzman@uv.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3517-038X>

Universidad Veracruzana, Unidad de Estudios
de Posgrado
México

RESUMEN

Este estudio explora la importancia del desarrollo de habilidades de programación electrónica y la metrología, en la formación en estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica eléctrica mediante la comprensión del funcionamiento de los semáforos y control de un prototipo de invernadero automatizado utilizando metrología, electrónica y programación. Se implementaron estrategias metodológicas que incluyeron el diseño y programación del semáforo en Arduino, así como el uso de sensores para mejorar su eficiencia. Los resultados obtenidos mostraron un mayor conocimiento en electrónica, programación y parámetros de funcionamiento de los semáforos. Además, se destacó la importancia de la automatización en la optimización de procesos, como en el caso del riego en un invernadero controlado. Este estudio proporcionó una experiencia educativa significativa en el campo de la ingeniería, demostrando la utilidad y versatilidad de la tecnología Arduino en aplicaciones prácticas.

Palabras clave: metrología, prototipo, arduino, protoboard, matlab

¹ Autor principal.

Correspondencia: alejasanchez@uv.mx

Prototyping the Design of an Automated Greenhouse for the Development of Metrology Skills in Electrical Mechanical Engineering Students

ABSTRACT

This study explores the importance of the development of electronic programming skills and metrology in the training of mechanical and electrical engineering students by understanding the operation of traffic lights and control of an automated greenhouse prototype using metrology, electronics and programming. Methodological strategies were implemented that included the design and programming of the traffic light in Arduino, as well as the use of sensors to improve its efficiency. The results obtained showed an increased knowledge in electronics, programming and operating parameters of traffic lights. In addition, the importance of automation in process optimization was highlighted, as in the case of irrigation in a controlled greenhouse. This study provided a significant educational experience in the field of engineering, demonstrating the usefulness and versatility of Arduino technology in practical applications

Keywords: metrology, prototyping, arduino, protoboard, matlab

Artículo recibido 13 junio 2024

Aceptado para publicación: 16 julio 2024



INTRODUCCIÓN

La Metrología es una experiencia educativa del área de formación disciplinar que se encuentra dentro de la malla curricular de la carrera de Ingeniería en Mecánica Eléctrica de la Universidad Veracruzana, la metrología es importante en la formación del estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica, porque le proporciona las herramientas para identificar las variables que intervienen en un proceso, así como conocer las metodologías de calibración, las entidades nacionales e internacionales que norman este proceso y a diseñar sistemas de adquisición de datos. Para ello es importante que el estudiante pueda identificar las variables que intervienen en un proceso, con base en las leyes de la física, para seleccionar el instrumento de medición que se ajuste a los requerimientos del proceso mismo y de las normas nacionales e internacionales, mediante una actitud de seguridad, responsabilidad social. Por lo consiguiente es necesario para enriquecer la experiencia heurística del estudiante sobre los saberes teóricos de la experiencia educativa la aplicación metodologías de aprendizaje adecuadas como la metodología de Aprendizaje basado en proyectos (ABPy), esta metodología permite crear aprendizajes gracias a la realización de una producción concreta. A través de una serie de etapas, los alumnos colaboran, guiados por el o la docente, para responder a una problemática, resolver una situación o responder a una pregunta, apoyándose en un tema que suscita su interés (Subsecretaría de Educación Básica ,2022), por lo que un prototipo del diseño de un invernadero automatizado, empleando componentes electrónicos como son los leds, resistencias, Arduino (placa y aplicación), conectores y cable USB y claro la programación, será muy bueno para el control de los cambios de color, con ayuda de algoritmos se podrán manejar los tiempos que cada uno de los colores tendrán y cada cuanto estos deberían de ir cambiando, ya que el monitoreo preciso de la humedad es esencial en una amplia gama de aplicaciones, desde la agricultura hasta la tecnología de construcción y la climatización. En la investigación realizada se abordó la experiencia de la medición, comprendiendo las determinaciones experimentales y teóricas a cualquier nivel de incertidumbre en cualquier campo de la ciencia y la tecnología (Escamilla, 2015), es decir; sobre la metrología llevada a la práctica por los estudiantes, contemplando el análisis, funcionamiento, calibración y las aplicaciones prácticas de un sensor de humedad. Para el desarrollo de la práctica es importante que los estudiantes estén familiarizados con algunos saberes teóricos y heurísticos, como lo es la programación con Arduino, que es un entorno de



desarrollo integrado gratuito, puesto que el hardware y el software de Arduino son de código abierto, se puede descargar el diseño del hardware de Arduino y construir el suyo propio o utilizarlo como punto de partida para su propio proyecto, basado en Arduino dentro del diseño o, simplemente, para entender cómo funciona Arduino, esto mismo con el software (Banzi & Shiloh, 2019), Arduino UNO es una placa de microcontrolador basada en el ATmega328P. Dispone de 14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un cabezal ICSP y un botón de reinicio. También, es necesario aplicar la electrónica, por medio del protoboard, que es una placa de pruebas que permite interconectar elementos electrónicos sin la necesidad de soldar componentes, se utilizan para construir circuitos o sistemas electrónicos, se emplea normalmente para realizar pruebas experimentales de circuitos electrónicos (Peña, 2020). Si la prueba es satisfactoria, el circuito se diseña en una placa de cobre y se solda para evitar el riesgo de que se desconecte cualquier componente. Si la prueba no es satisfactoria, es fácil cambiar las conexiones y reemplazar los componentes. Fritzing es una iniciativa de hardware de código abierto para desarrollar software para diseñar hardware electrónico, que hace que la electrónica sea accesible como material creativo para cualquier persona (Hoffman, 2018). Por lo tanto, este programa permitirá a los estudiantes generar prototipos o convertir el diseño de circuitos en una representación gráfica directa en la computadora, antes de que se monten en la práctica. El software está escrito en lenguaje de programación C++, y usa el framework Qt. Por otro lado, debemos considerar el empleo de Matlab, que puede ser utilizado en computación matemática, modelado y simulación, análisis y procesamientos de datos, visualización y representación de gráficos, así como para el desarrollo de algoritmos (Gilat, 2021), Matlab es empleado en la Universidad Veracruzana en cursos básicos y avanzados en matemáticas, ciencias y, especialmente en ingeniería, por eso se contempla para esta práctica, por su gran aporte en el desarrollo y diseño de prototipos. Se debe considerar, el saber teórico sobre sensor de humedad del suelo FC-higrómetro, para esto se contempla el sensor FC-28 es un higrómetro que tiene por objetivo medir y detectar el nivel de la humedad presente en el suelo. Este sensor es ideal para monitorear el nivel de humedad las plantas y del suelo. Cuenta con un potenciómetro integrado que permite ajustar el valor de umbral, cuando la humedad del suelo es menor a este valor la salida digital mantendrá un valor “Alto”, cuando la humedad del suelo es superior al valor de umbral



establecido, la salida digital del módulo conmutara a un estado “Bajo”. Son ampliamente empleados en sistemas automáticos de riego para detectar cuando es necesario activar el sistema de bombeo (Juanjo, 2019). Para poder llevar a cabo este proyecto se trabajó con un invernadero controlado a través de un dispositivo electrónico el cual nos informara la temperatura y humedad de este en todo momento, con la finalidad de maximizar la producción y efectividad. Todo esto producido en conjunto con el software Arduino. Con ello se pretende tener un funcionamiento controlado del riego que se le da al invernadero mediante códigos enviados del Arduino a la placa y de esta a los sensores con los que se cuentan. Con cada sensor se obtendrán los puntos necesarios en donde se requiera agua o la temperatura este sobre o por debajo del indicado.

Finalmente, con el desarrollo de este trabajo se tiene como objetivo explorar la relación entre la programación electrónica y la metrología, por medio del desarrollo de algoritmos de control que aseguran que los instrumentos de medición funcionen correctamente y produzcan resultados confiables. Es importante que los estudiantes analicen, comprendan y desarrollen sus habilidades con este tipo de prácticas, ya que muchas aplicaciones, especialmente en la industria y la investigación científica, se utilizan dispositivos electrónicos que requieren mediciones precisas y control automatizado.

METODOLOGÍA

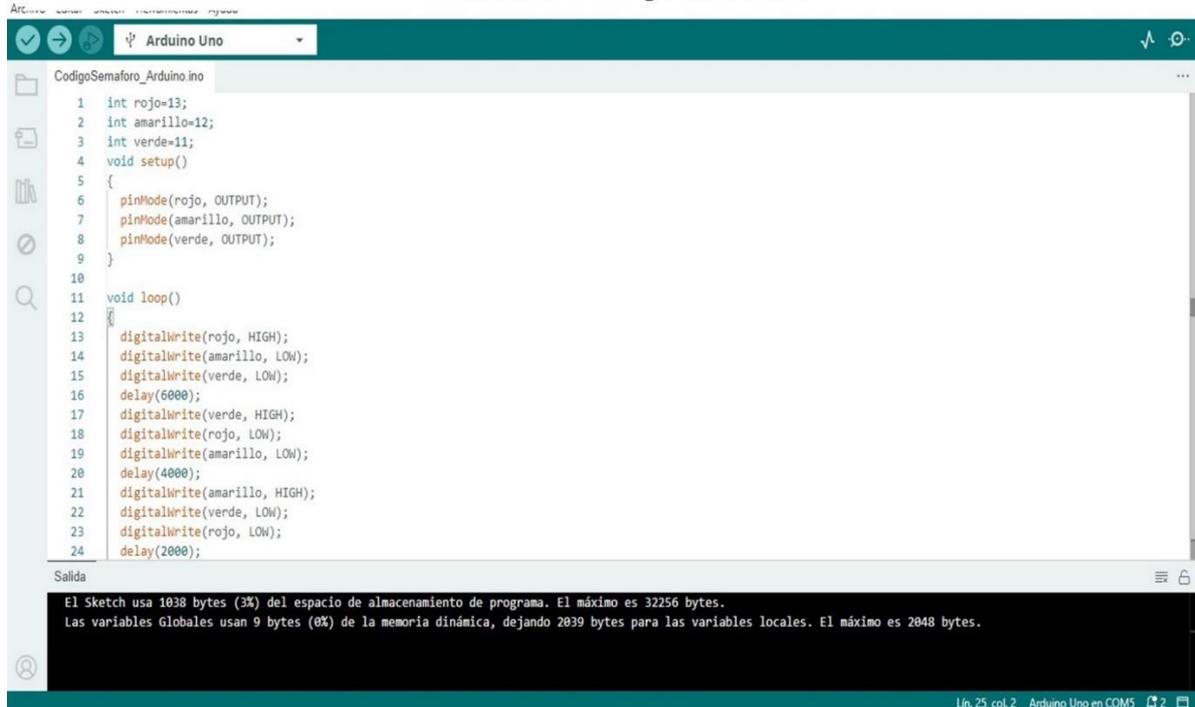
La metodología utilizada en el estudio se centra en la aplicación práctica de conceptos teóricos a través del diseño y desarrollo de prototipos tecnológicos por parte de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mecánica Eléctrica, con un enfoque aplicativo y descriptivo, y utilizando un diseño experimental y observacional para evaluar el funcionamiento de los prototipos.

Práctica “Funcionamiento de un semáforo con Arduino”

El desarrollo se realizó desde 3 diferentes medios, el escribir las líneas de código en el software de Arduino (ver ilustración 1) para posteriormente descargarlo en la placa física (hardware). Las líneas de código son las indicaciones para la operación del semáforo que hace uso de las luces led de color, verde, naranja y rojo. El familiarizarse con este software es el primer paso para llevar a cabo el cometido del curso, el realizar un proyecto más complejo que hace uso de las herramientas que se usan en esta práctica. Las líneas de programación fueron proporcionadas por el académico a cargo de facilitar la experiencia educativa.



Ilustración 1. Código de Arduino



```
1 int rojo=13;
2 int amarillo=12;
3 int verde=11;
4 void setup()
5 {
6   pinMode(rojo, OUTPUT);
7   pinMode(amarillo, OUTPUT);
8   pinMode(verde, OUTPUT);
9 }
10
11 void loop()
12 {
13   digitalWrite(rojo, HIGH);
14   digitalWrite(amarillo, LOW);
15   digitalWrite(verde, LOW);
16   delay(6000);
17   digitalWrite(verde, HIGH);
18   digitalWrite(rojo, LOW);
19   digitalWrite(amarillo, LOW);
20   delay(4000);
21   digitalWrite(amarillo, HIGH);
22   digitalWrite(verde, LOW);
23   digitalWrite(rojo, LOW);
24   delay(2000);
}
```

Salida

El Sketch usa 1038 bytes (3%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 32256 bytes.
Las variables Globales usan 9 bytes (0%) de la memoria dinámica, dejando 2039 bytes para las variables locales. El máximo es 2048 bytes.

Lín. 25, col. 2 Arduino Uno en COM5

Diagrama de Fritzing

Para realizar el prototipo del semáforo se hizo uso de fritzing (ver ilustración 2), ubicando cada uno de los elementos utilizados para recrearlo como estaba en el protoboard, una vez que se tuvo listo el diagrama se analizó muy bien que estuviera ubicado cada uno de los elementos involucrados, cuidando que no se pasara algún error mínimo de equivocación (ver ilustración 3).

Ilustración 2. Diagrama en *Fritzing*

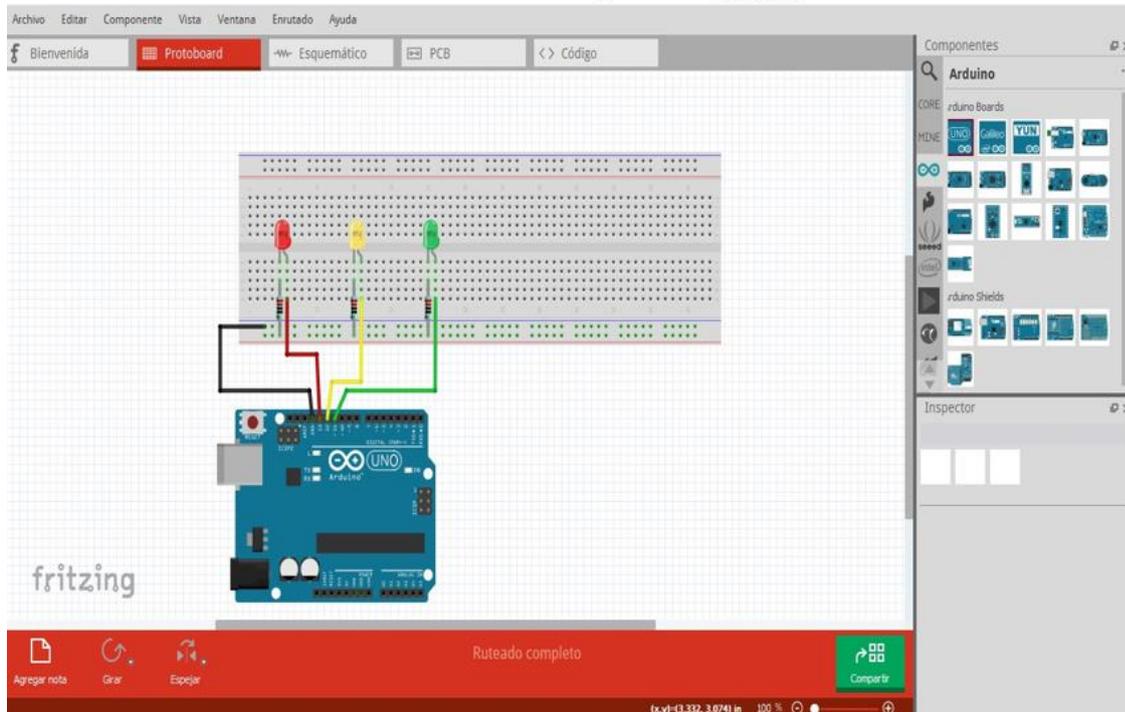
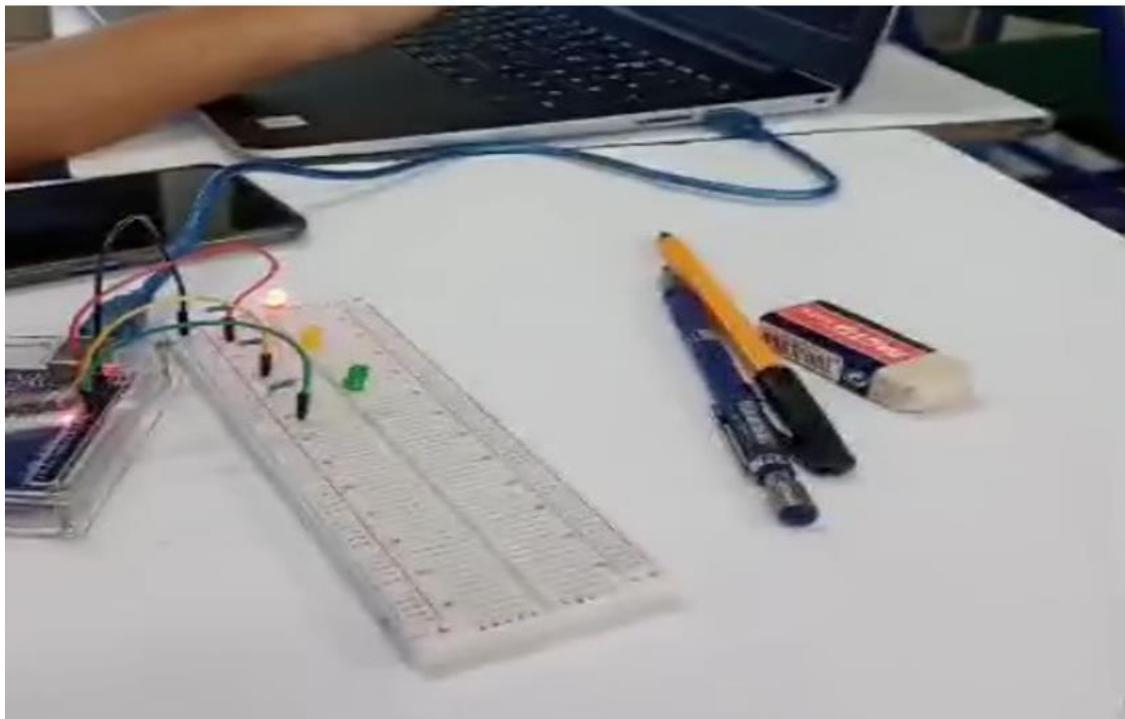


Ilustración 3. Semáforo en función



Después de realizar las debidas correcciones, se cargó el código en Arduino para hacer funcionar el semáforo, con 6 seg. para el rojo, 2 seg. para el amarillo y 4 seg para el verde (ver ilustración 4 y 5).

Ilustración 4. Semáforo en rojo

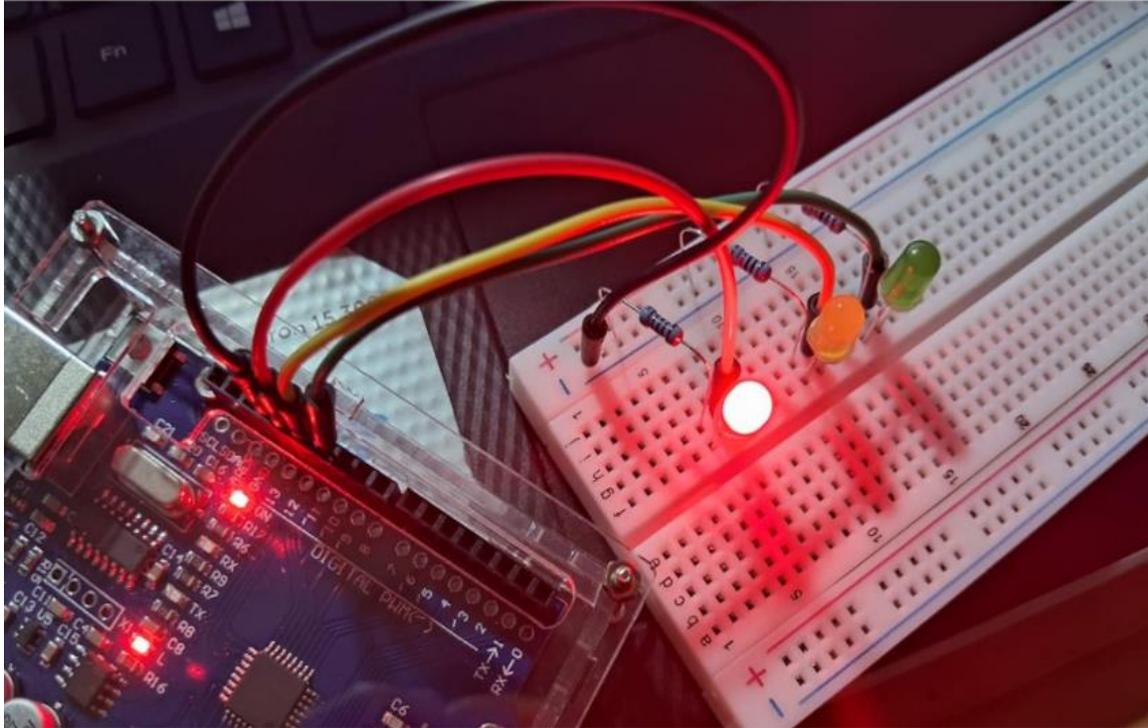
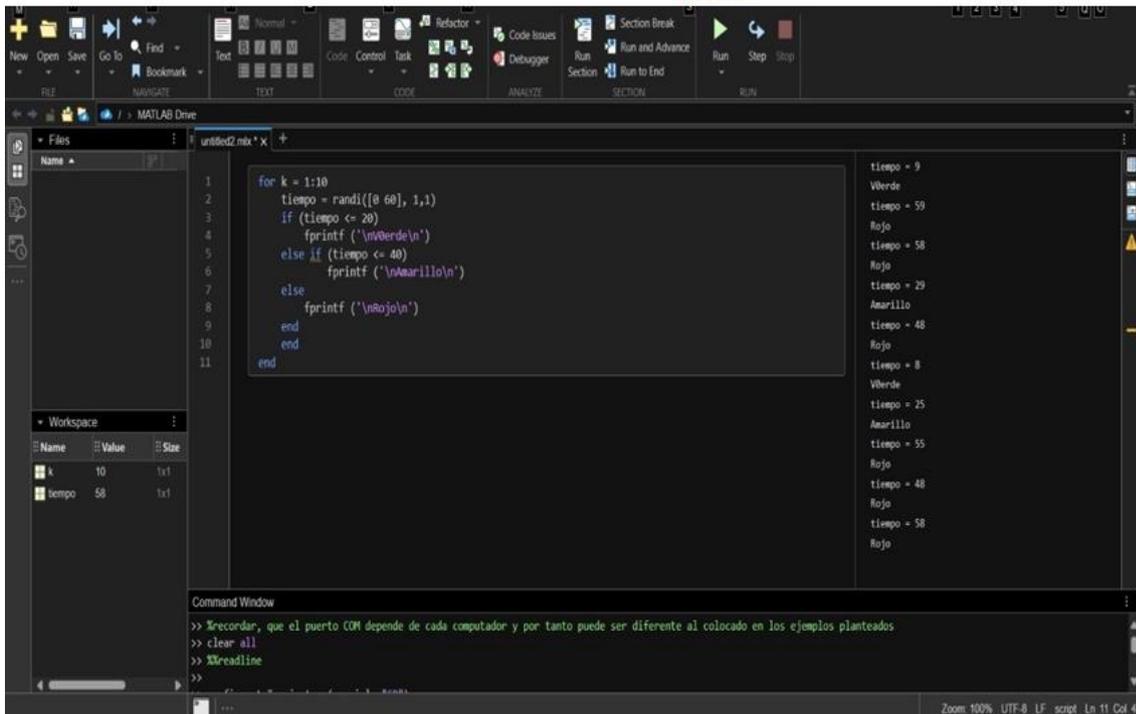


Ilustración 5. Sketch de matlab



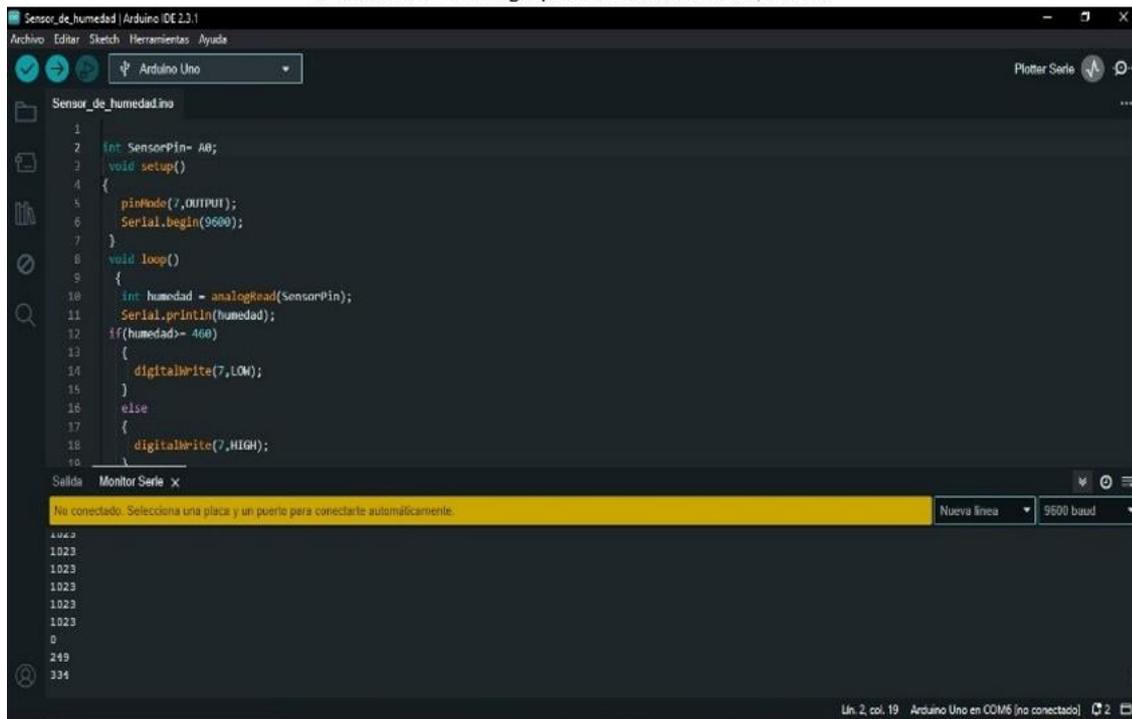
Proyecto de invernadero automatizado

Práctica “Funcionamiento del sensor de humedad”

El desarrollo se realizó desde 3 diferentes medios, el escribir las líneas de código en el software de Arduino (ver ilustración 6) para posteriormente descargarlo en la placa física (hardware). Las líneas de

código son las indicaciones para la operación de las señales que recibirá el sensor para detectar alguna particularidad si la tierra se encuentra seco o húmedo. El familiarizarse con este software es el primer paso para llevar a cabo el cometido del curso, el realizar un proyecto más complejo que hace uso de las herramientas que se usan en esta práctica. Las líneas de programación fueron proporcionadas por académico a cargo de facilitar la experiencia educativa.

Ilustración 6. Código para el sensor de humedad

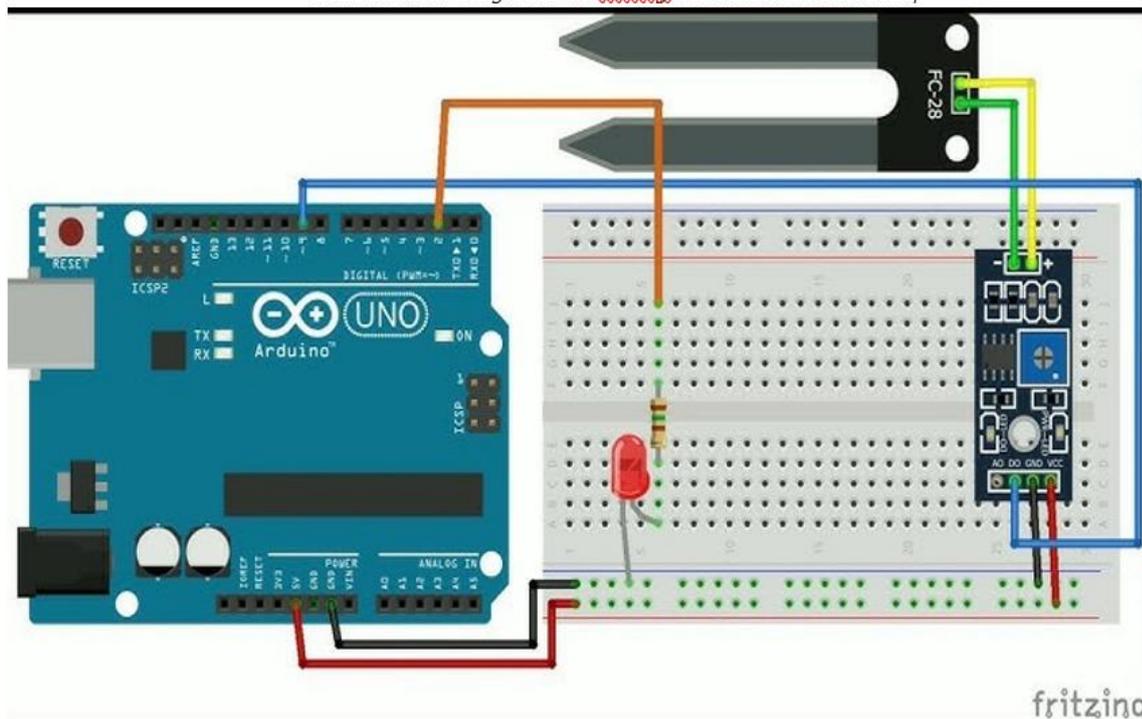


```
Sensor_de_humedad | Arduino IDE 1.8.1
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
Arduíno Uno
Sensor_de_humedad.ino
1
2 int SensorPin= A0;
3 void setup()
4 {
5   pinMode(7,OUTPUT);
6   Serial.begin(9600);
7 }
8 void loop()
9 {
10  int humedad = analogRead(sensorPin);
11  Serial.println(humedad);
12  if(humedad>= 400)
13  {
14    digitalWrite(7,LOW);
15  }
16  else
17  {
18    digitalWrite(7,HIGH);
19  }
20 }
Salida Monitor Serie x
No conectado. Selecciona una placa y un puerto para conectarte automáticamente. Nueva línea 9600 baud
1023
1023
1023
1023
1023
0
249
334
Lin. 2, col. 19 Arduíno Uno en COM6 [no conectado]
```

Diagrama de Fritzing

Para realizar el prototipo del sensor se hizo uso de fritzing (ver ilustración 7), ubicando cada uno de los elementos utilizados para recrearlo como estaba en el protoboard, una vez que se tuvo listo el diagrama se analizó muy bien que estuviera ubicado cada uno de los elementos involucrados, cuidando que no se pasara algún error mínimo de equivocación (ver ilustración 8).

Ilustración 7. Diagrama en fritzing del sensor de humedad



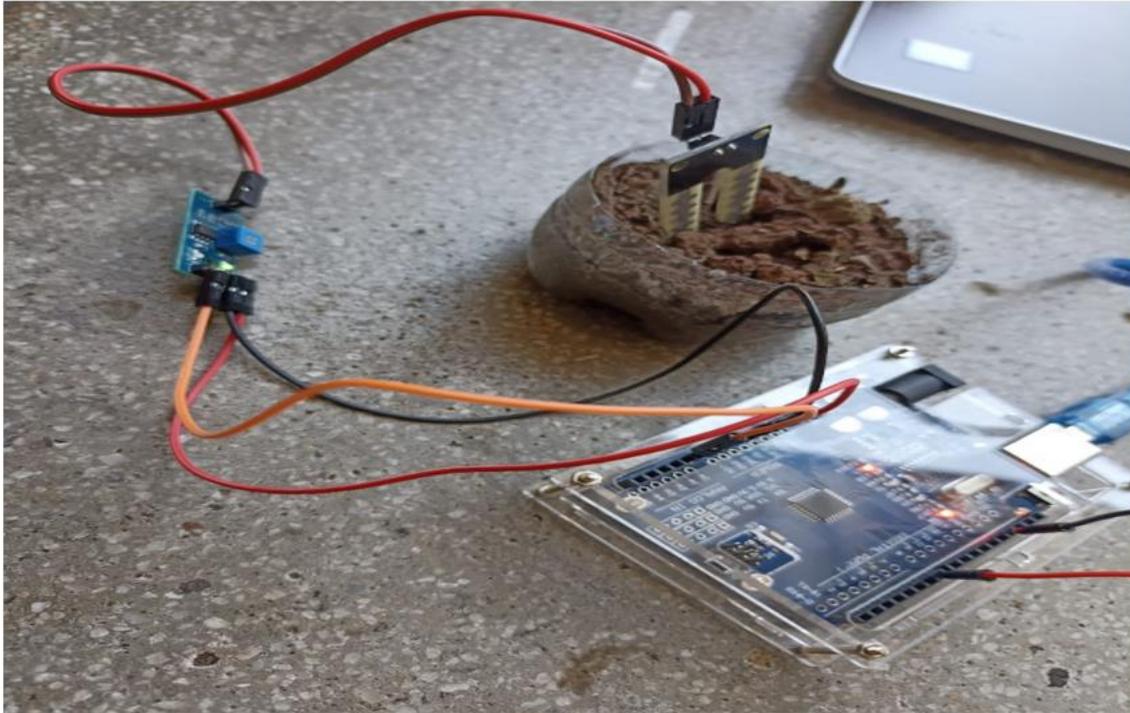
Después de realizar las debidas correcciones, se cargó el código en el Arduino para así hacer funcionar el sensor(ver ilustración 8), en este caso se toma un poco de tierra seca y se introduce el sensor este automáticamente tiene de detectar que le falta humedad así que debe de prender un led, una vez ya humedecido la tierra el led debe apagarse indicando que la tierra ya está húmeda (ver ilustración 9).

Ilustración 8. Sketch de matlab

```
16 hold on;
17 while contador<20
18     readline(pserial)
19     ylim([0 100]);
20     xlim([0 20]);
21     dato=fscanf(pserial,"%f,%f");
22     hum(contador)=dato(1);
23     tem(contador)=dato(2);
24     plot(hum);
25     plot(tem);
26     drawnow;
27     contador=contador+1;
28 end
29
30 fclose(pserial);
31 delete(pserial);
32 % Guardar los datos en un archivo de excel
```

Command Window
Error in dh (line 23)
hum(contador)=dato(1);

Ilustración 9. Prototipo terminado



Prototipo de invernadero automatizado

El prototipo de invernadero automatizado se realizó mediante una maqueta tipo pecera, donde se organizan los cables, la bomba, los sensores y se acomodan buscando que su funcionamiento sea muy bien diseñado y tenga un buen funcionamiento.

El desarrollo se inicia teniendo una base para la maqueta, teniendo en cuenta todo lo que se le agregara de decoración, cableado, bomba, sensores y demás complementos para calcular como se acomodara cada cosa (ver ilustración 10).

Ilustración 10. Base para la maqueta



Se comienza a analizar como será mejor el acomodo de cableado para un mejor funcionamiento y que podamos ver cuando los leds se enciendan (ver ilustración 11).

Ilustración 11. Análisis del acomodo de circuitos



Al tener todo muy bien pensado, se comienza a cubrir con el plástico toda la base que será utilizada como invernadero a modo de que no se tengan fugas de agua cuando la bomba comience su función (ver

ilustración 12).

Ilustración 12 Cerrado de la Base

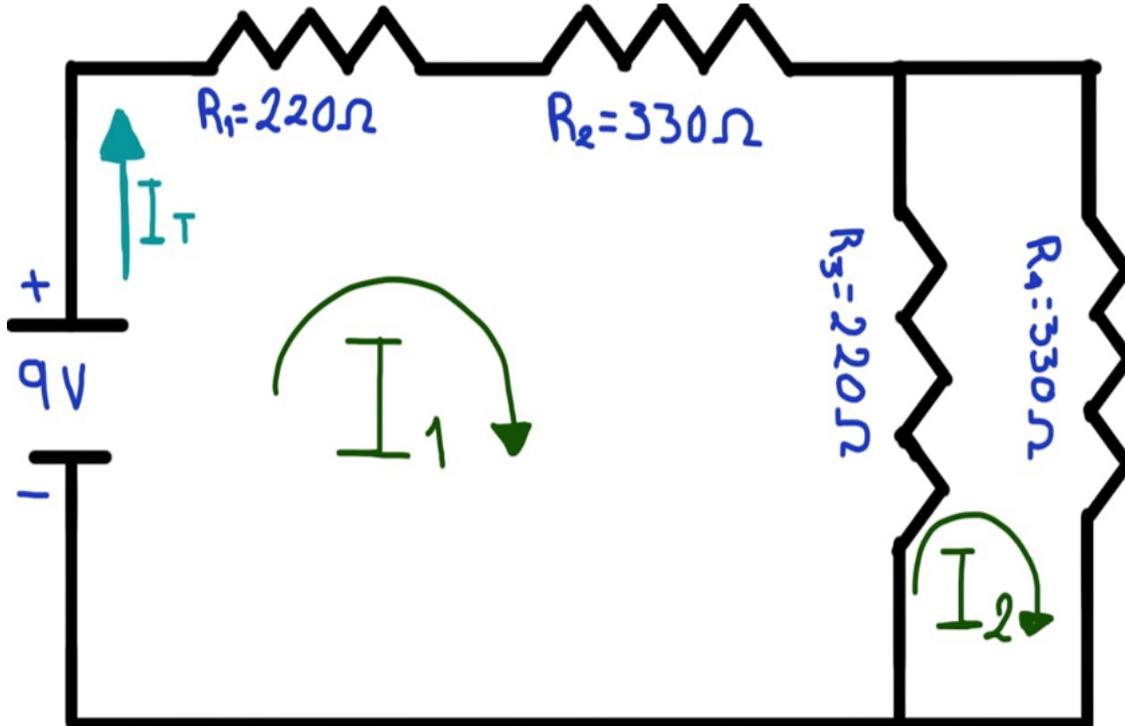


Cuando se termina de cubrir la base, se asegura muy bien con cinta y se le agrega la decoración deseada, teniendo en cuenta que se debe de ver el proceso de riego que se generara y a su vez todo lo que los componentes analizaran.

Práctica: “uso del multímetro”

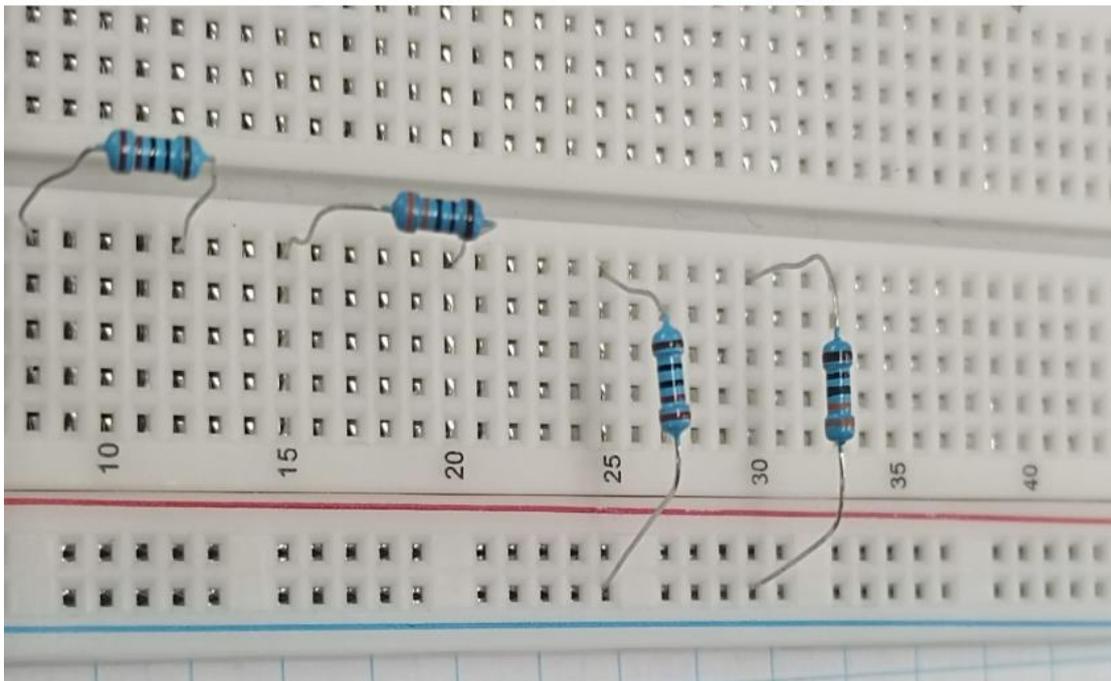
En esta práctica se busca realizar un análisis de un circuito (ver ilustración 13), con dos resistencias de 220 ohms, dos resistencias de 330 ohms y una pila de 9 volts.

Ilustración 13. Circuito a analizar.



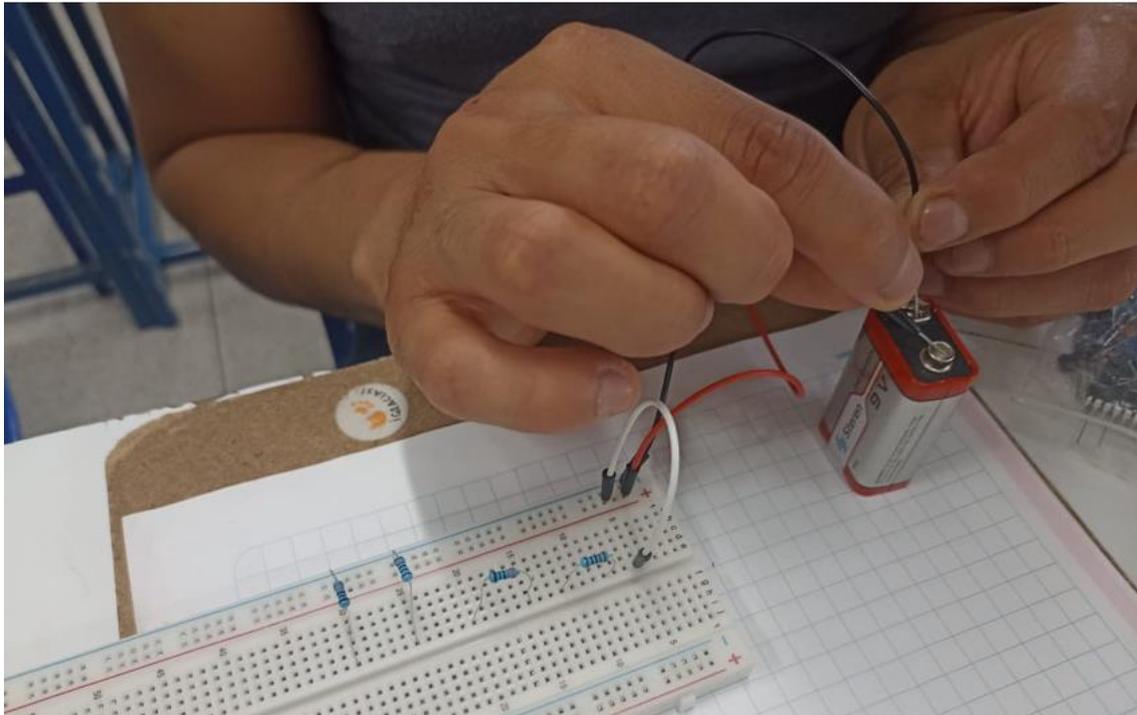
Se crea el circuito solicitado por el profesor, las resistencias se colocan en el protoboard a manera de que este vaya formado conforme al circuito solicitado (ver ilustración 14).

Ilustración 14. Acomodo de resistencias en el protoboard.



Se conecta un puente a manera que se puedan medir las resistencias, en estas se pone un lado en las resistencias 1 y 2 y la otra en las resistencias 3 y 4; esto para poder conectar la pila en el protoboard conforme al circuito (ver ilustración 15).

Ilustración 15. Circuito completo



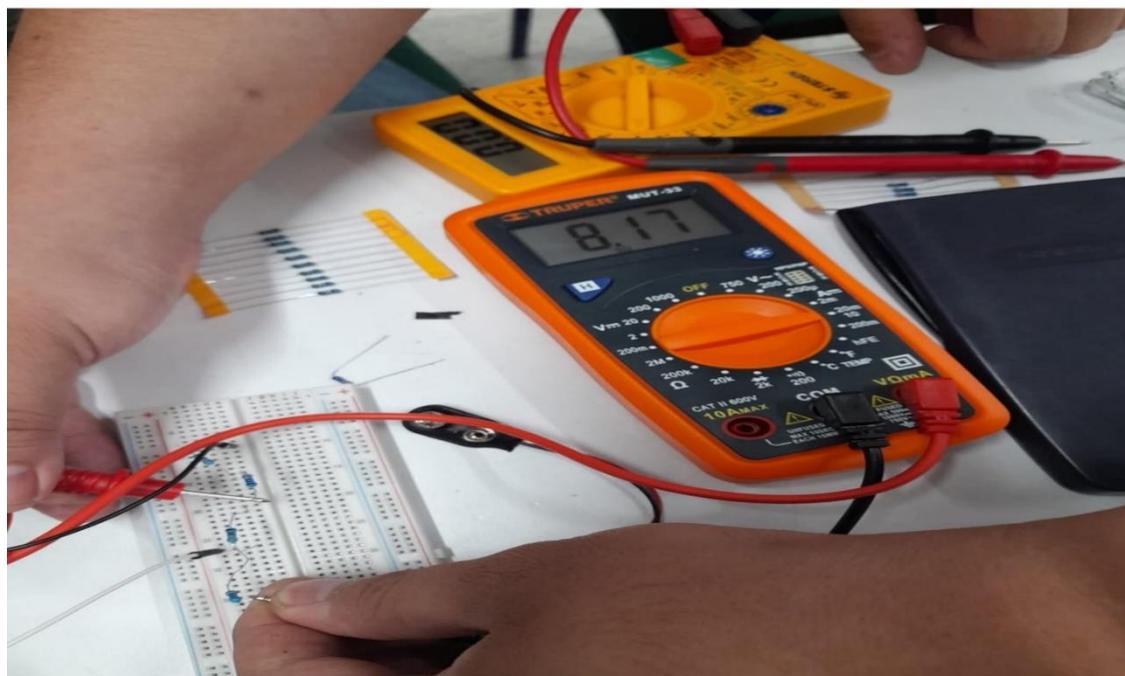
Una vez que el circuito está bien armado, se comienzan a realizar las cuentas necesarias para obtener sus potencias y voltajes (ver ilustración 16).

Ilustración 16 Fórmulas y funciones

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 220\Omega \\
 R_2 &= 330\Omega \\
 R_3 &= 220\Omega \\
 R^* &= 330\Omega \\
 E_{q1} &= \frac{220(330)}{220 + 330} = 132\Omega \\
 E_{q2} &= 220 + 330 + 132 = 682\Omega \\
 R_T &= 682\Omega \\
 I &= \frac{V}{R} = \frac{90}{682} = 13.19mA \\
 \text{Corriente 1:} & \\
 220I_1 + 330I_2 + 220(I_1 - I_2) &= 9 \\
 220I_1 + 330I_2 + 220I_1 - 220I_2 &= 9 \\
 440I_1 + 110I_2 &= 9 \\
 -220I_1 + 550I_2 &= 0 \\
 \text{Corriente 2:} & \\
 220(I_2 - I_1) + 330(I_2) &= 0 \\
 220I_2 - 220I_1 + 330I_2 &= 0 \\
 550I_2 - 220I_1 &= 0 \\
 \text{Valores de corrientes:} & \\
 I_1 &= 18.59mA \\
 I_2 &= 7.43mA \\
 \text{Voltajes:} & \\
 VR_1 &= (18.59)(220) = 4.0898V \\
 VR_2 &= (18.59)(330) = 6.1347V \\
 VR_3 &= (220)(18.59 - 7.43) = 2.4552V \\
 VR^* &= (330)(7.43) = 2.4519V
 \end{aligned}$$

Al tener listos todos los datos, se fueron comprobando con el multímetro, para ver si los datos obtenidos manualmente eran correctos o no (ver ilustración 17).

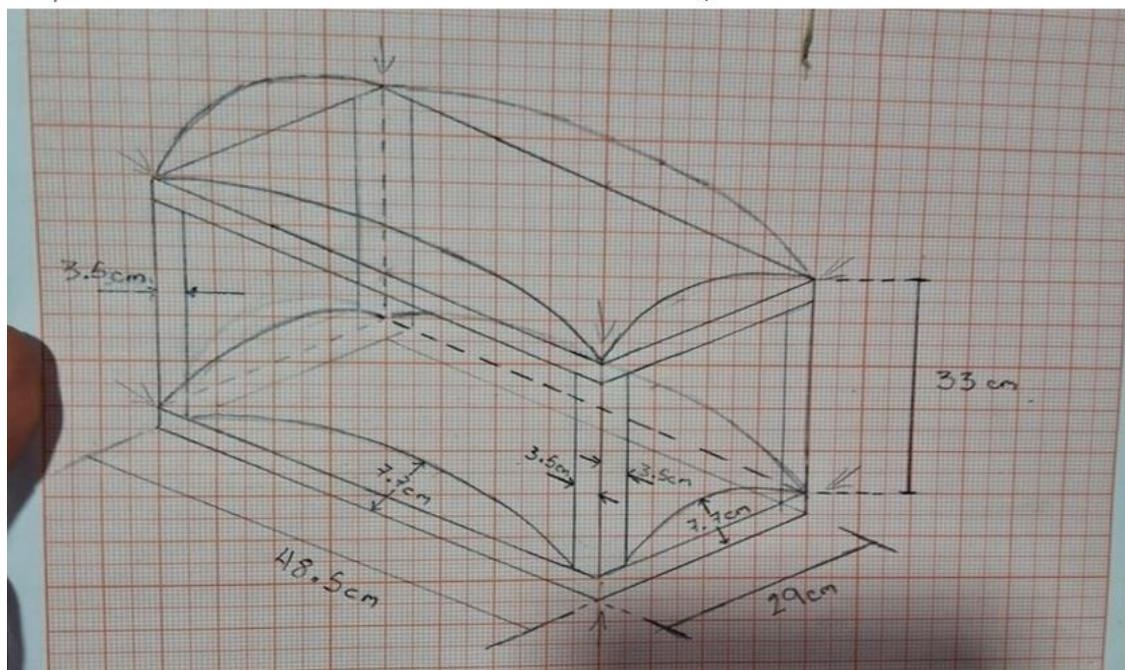
Ilustración 17. Comprobación de datos



Invernadero automatizado (Parte final)

Una vez que se tiene la maqueta completa, se comienza a realizar el armado complementario de todo lo que lo hará funcionar de una manera adecuada. Además se van tomando mediciones del prototipo y se van realizando los planos para presentar datos más precisos de todo lo que es utilizado en la realización de la maqueta (ver ilustración 18).

Ilustración 18 Medidas de la maqueta



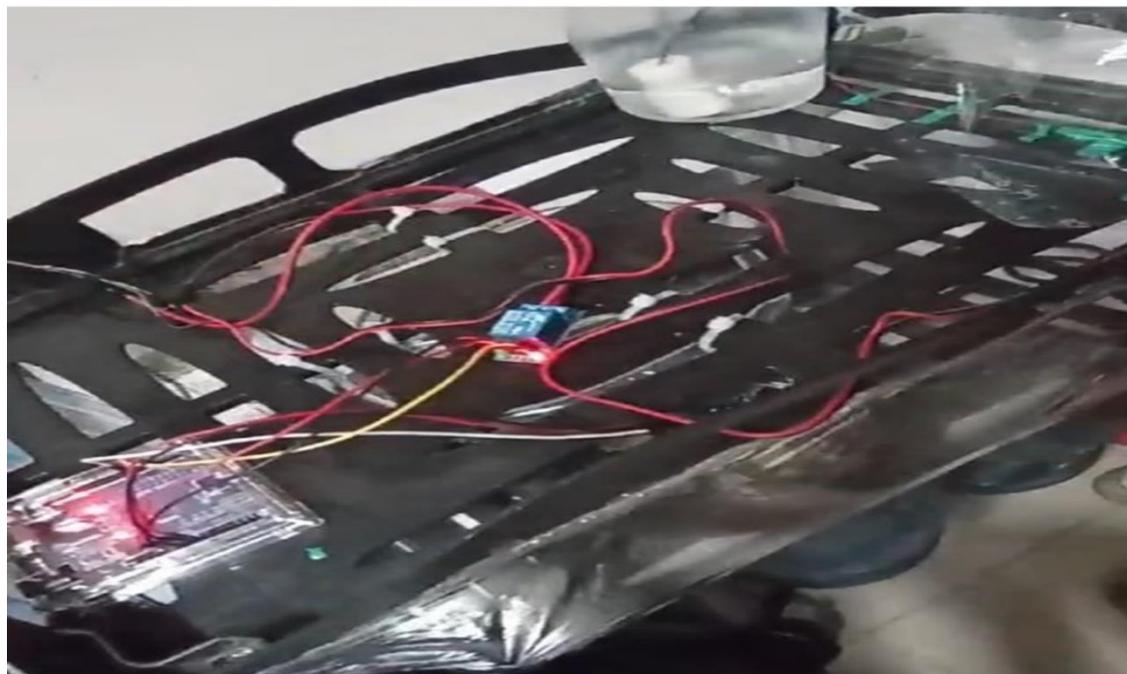
Se coloca la manquera, a manera de que se de un riego adecuado (en espiral), esta se asegura con cinchos para que no se caiga y aguante la presión del agua; también se comienza a pegar el tanque de agua (ver ilustración 19).

Ilustración 19 Pegado del Tanque Agua



Se siguen realizando el armado de circuito sobre la maqueta y para un mejor acomode se le da espacio a todo el cableado evitando que los cables se revuelvan y que se distingan muy bien en donde se encuentra cada sensor y la bomba de agua. Se revisa que estén muy bien colocados y en función para comenzar con su funcionamiento (ver ilustración 20).

Ilustración 20. Funcionamiento del circuito



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La necesidad de la práctica y su vinculación con la formación de los profesionales de Ingeniería es una discusión que data de hace varias décadas, buscando a partir de diferentes estrategias una mayor consolidación al medio que articule e impacte en la formación teórica; se plantea que la enseñanza tome caminos predominantemente prácticos sobre aspectos de investigación, específicamente para el caso particular de la ciencia de la Metrología

La implementación de la metodología de aprendizaje basado en proyectos (ABPy) en la creación y desarrollo del prototipo de invernadero automatizado demostró ser una estrategia efectiva para involucrar a los estudiantes en un enfoque práctico y colaborativo. A través de la realización de una producción concreta, los estudiantes pudieron aplicar sus conocimientos teóricos en un contexto real, lo que les permitió adquirir habilidades prácticas en metrología, electrónica y programación. Además, la experiencia con el desarrollo de estas prácticas para el prototipo mostraron un aumento significativo en el conocimiento de los estudiantes en áreas como electrónica, programación y control de parámetros. La interacción con el sistema automatizado les proporcionó una comprensión más profunda de los conceptos teóricos y prácticos relacionados con el funcionamiento de un invernadero y la importancia de la metrología en este contexto.

CONCLUSIONES

Con este proyecto se logró ayudar a los estudiantes a conocer algunos de los fundamentos de electrónica, programación y parámetros que se manejan, así como de los diversos componentes que se utilizan para que funcionen adecuadamente tanto sensores como actuadores en un prototipo.

También el manejar arduino y fritzing sirve en el proceso de aprendizaje en una modalidad práctica virtual, ya que se pueden realizar pruebas sin que se presente el problema de dañar componentes al llevar a cabo una conexión no adecuada de los mismos.

De manera específica, el sensor de humedad permite enlazar todos los conocimientos de las áreas de metrología, electrónica y programación con los parámetros que se manejan dentro del funcionamiento de un invernadero automatizado, obteniéndose no solo beneficios académicos sino también el buscar contar con proyectos aplicados en beneficio de la sociedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banzi, M. & Shiloh, M. (2019). Introducción a Arduino. Cuarta edición. Editorial Anaya Multimedia.
- Da Silva Santos, F., & López Vargas, R. (2020). Efecto del Estrés en la Función Inmune en Pacientes con Enfermedades Autoinmunes: una Revisión de Estudios Latinoamericanos. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 1(1), 46–59. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v1i1.9>
- Escamilla, Adolfo. (2015). *Metrología y sus aplicaciones*. Instituto Politécnico Nacional. Primera Edición Ebook. México. Grupo Editorial Patria.
- <https://www.google.com.mx/books/edition/Metrolog%C3%ADa/YtJUCwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=metrologia&printsec=frontcover>
- Fernández, Y. (23 septiembre de 2022). Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno. Xataka. <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-comofunciona-que-puedes-hacer-uno>
- Gilat, A. (2021). *Matlab: Una introducción con ejemplos prácticos*. (J.A. Macás, Trans.) Editorial Reverté (Obra original publicada en 2006).
- Juanjo. (27 de octubre de 2019). Medir la humedad de la tierra con Arduino y un higrómetro. DitecnoMakers. <https://ditecnomakers.com/medir-la-humedad-de-la-tierra-con-arduino-y-un-higrometro-fc-28/CC-BY-NC-SA>
- Hoffman, J. (2018). *Mastering Arduino*. Primera edición. Packt Publishing.



- Icaza Cárdenas, C. K., Riquero Pincay, C. J., & Márquez Villegas, V. T. (2023). Comunicación estratégica para el sector turístico sustentable. *Emergentes - Revista Científica*, 3(2), 70–87. <https://doi.org/10.60112/erc.v3i2.34>
- MathWorks.(2023). El lenguaje del cálculo técnico. Matlab.Consultado desde: <https://la.mathworks.com/products/matlab.html#:~:text=MATLAB%20es%20una%20plataforma%20de,desarrollar%20algoritmos%20y%20crear%20modelos>
- Martínez Hernández , R. (2023). Blended Learning en el aprendizaje de idiomas: Una revisión de la literatura académica. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica* , 3(2), 113–138. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v3i2.36>
- Martínez, O., Aranda , R., Barreto , E., Fanego , J., Fernández , A., López , J., Medina , J., Meza , M., Muñoz , D., & Urbieto , J. (2024). Los tipos de discriminación laboral en las ciudades de Capiatá y San Lorenzo. *Arandu UTIC*, 11(1), 77–95. Recuperado a partir de <https://www.uticvirtual.edu.py/revista.ojs/index.php/revistas/article/view/179>
- Peña, Claudio A. (2020). *Descubriendo Arduino*. Primera edición. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Six Ediciones, 2020.
- Rubio Rodríguez, A. D., & Leon Reyes, B. B. (2024). Actividades Deportivas para Mejorar el Aprendizaje en la Materia de Física . *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 5(2), 398–409. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i2.139>
- Ruiz Díaz Benítez, J. R. (2023). Diseño de una Arquitectura de Referencia en la Logística de Abastecimiento Inteligente de Almacenes mediante el uso de Tecnologías de la Industria 4.0. Caso Almacenes retail de la Ciudad de Pilar. *Revista Veritas De Difusão Científica*, 4(2), 55–70. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v4i2.46>
- Subsecretaria de Educación Básica (2022). *Metodologías. Aprendizaje Basado en Proyectos: la metodología ideal para educar a los nuevos ciudadanos globales*. Consultado desde: <https://educacionbasica.sep.gob.mx/aprendizaje-basado-en-proyectos/>
- Vidal-Silva, Cristian, Lineros, Matías I., Uribe, Guillermo E., & Olmos, César J.. (2019). Electrónica para Todos con el Uso de Arduino: Experiencias Positivas en la Implementación de Soluciones Hardware-Software. *Información tecnológica*, 30(6), 377-386. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600377>

