



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE SOFTWARE**

TEMA:

FUNDAMENTOS DE AGRONOMÍA Y BIOLOGÍA

AUTORES:

ESCANDÓN ROCA ADAN ALI

GÓMEZ MOLINA JOSÉ ANDRÉS

PEREZ CHEVEZ ABRAHAM NATANAEL

ASIGNATURA:

MODELOS MATEMATICOS Y SIMULACION

DOCENTE:

MORALES TORRES FABRICIO

PERIODO:

Abril 2025 a Julio 2025

MILAGRO-ECUADOR

Sistema de monitoreo en tiempo real con Arduino

y visualización web interactiva

Resumen

Este informe documenta la creación y puesta en marcha de AgroDuino, un sistema que permite el monitoreo en tiempo real de la humedad del suelo. AgroDuino combina hardware y software a través de un sensor resistivo FC-28-B conectado a una placa Arduino, junto con una interfaz gráfica desarrollada en Python utilizando Dash. El proyecto tiene como objetivo ofrecer una herramienta de fácil acceso para la agricultura inteligente, que permita ver los niveles de humedad del suelo y generar alertas automáticas para facilitar las decisiones sobre el riego.

Palabras clave

Humedad del suelo, Agricultura inteligente, Sensor FC-28-B, Dash (Python)

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, se trata de un reto fundamental para la agricultura el uso eficiente del agua, sobre todo en áreas en las que este recurso es escaso. La utilización del riego tradicional sin control puede provocar un consumo de agua desmedido, lo que repercute negativamente en el medio ambiente y en la productividad agrícola. Ante esta problemática, el desarrollo de herramientas tecnológicas para vigilar el estado del suelo se ha vuelto una necesidad en el sector agroindustrial. Este informe detalla el diseño y la puesta en marcha del sistema AGRODUINO, una solución económica y de fácil implementación que posibilita el monitoreo en tiempo real de la humedad del suelo a través de un sensor conectado a una placa Arduino. Los datos recolectados se transfieren a una computadora mediante un puerto USB, y un programa elaborado en Python con el framework Dash los visualiza a través de una interfaz gráfica amigable y responsive.

2. FUNDAMENTO TEORICO

La práctica del monitoreo de la humedad del suelo es esencial para la agricultura moderna, ya que facilita la optimización del uso del agua, previene el estrés hídrico en las plantas y contribuye a mejorar el rendimiento de los cultivos. Para llevar a cabo esta

medición de manera automatizada, se utilizan sensores específicos que transforman características físicas del suelo en señales eléctricas que los microcontroladores pueden interpretar. El proyecto AGRODUINO utiliza el sensor de humedad FC-28-B, un sensor resistivo que mide la cantidad de agua en el suelo a partir de los cambios en la conductividad eléctrica. El sensor consta de dos componentes metálicos que, al introducir agua en el suelo, permiten el flujo de agua. A mayor humedad del suelo, la conductividad aumenta y, en consecuencia, la resistencia eléctrica entre las varillas disminuye. Cuando se usa en modo analógico, el sensor produce un voltaje que corresponde al grado de humedad. Este voltaje se captura mediante una entrada analógica de Arduino mediante la función analogRead().

El Arduino proporciona un valor analógico que es un número en el rango de 0 a 1023, donde:

- ❖ Un valor próximo a 1023 indica terreno seco (alta resistencia).
- ❖ Un valor próximo a 0 indica un suelo con alta humedad (baja resistencia).

Para convertir la lectura analógica del sensor FC-28 en un valor porcentual de humedad del suelo, se utiliza la función map() de Arduino, que ajusta el rango de valores del sensor (0 a 1023) a un rango porcentual de 100% (suelo completamente húmedo) a 0% (suelo completamente seco). La fórmula correcta es la siguiente:

```
humedad = map(analogRead(pinSensor), 0, 1023, 100, 0);
```

Esta conversión considera que un valor bajo en la lectura analógica (cercano a 0) representa alta humedad en el suelo, mientras que un valor alto (cercano a 1023) indica que el suelo está seco.

Tras la conversión del valor, el Arduino envía el dato a la computadora mediante el puerto serial USB. Un programa en Python que usa la biblioteca pyserial recibe y procesa esta información en tiempo real en la computadora. Posteriormente, se utilizan los datos

para crear representaciones gráficas y generar alertas visuales, recomendaciones de riego y registros históricos mediante el framework Dash.

Estos sensores resistivos son apropiados para aplicaciones educativas o de bajo costo, pero es importante considerar que su exposición prolongada al suelo puede dañar las varillas metálicas y acortar su vida útil. Para aplicaciones más complejas o a largo plazo, es aconsejable tener en cuenta los sensores capacitivos, que brindan mayor durabilidad y precisión.

3. DISEÑO DEL SISTEMA

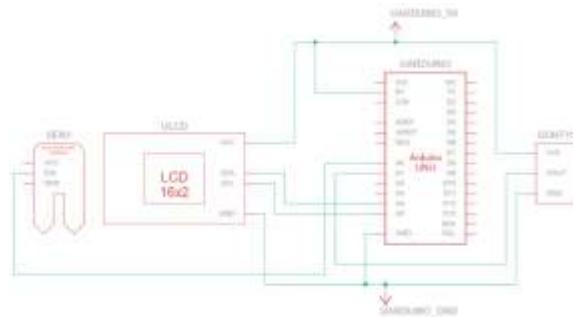
El diseño del sistema AGRODUINO combina componentes de hardware y software para ofrecer una solución integral de monitoreo ambiental. Se presenta a continuación la arquitectura general del sistema, así como sus conexiones físicas y el flujo de datos.

3.1 ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA

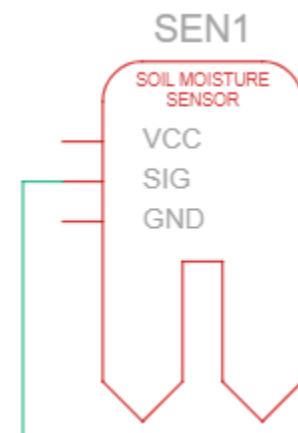
El sistema está compuesto por tres capas principales:

1. Capa de sensado (Hardware)
 - 1.1 Sensor resistivo de humedad del suelo FC-28-B.
 - 1.2 Placa Arduino UNO encargada de adquirir la señal analógica del sensor y convertirla en un dato digital interpretable.
2. Capa de comunicación
 - 2.1 Transmisión de datos vía puerto serial USB desde el Arduino hacia la computadora, a una velocidad de 9600 baudios.
 - 2.2 Utilización de la biblioteca pyserial en Python para leer los datos desde el puerto COM correspondiente.
3. Capa de visualización (Software)
 - 3.1 Aplicación desarrollada con Python y el framework Dash.
 - 3.2 Interfaz web responsive que muestra los datos en tiempo real mediante gráficos, indicadores y tablas.
 - 3.3 Generación de alertas según el nivel de humedad detectado.

3.2 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL HARDWARE



Sensor de Humedad del Suelo FC-28-B



El sensor FC-28-B es un sensor resistivo que mide la humedad del suelo, utilizado para determinar el contenido de agua en un medio de cultivo (como tierra). La detección de humedad por parte de este sensor se realiza a través del cambio en la conductividad entre sus dos sondas metálicas, las cuales se introducen directamente en el suelo.

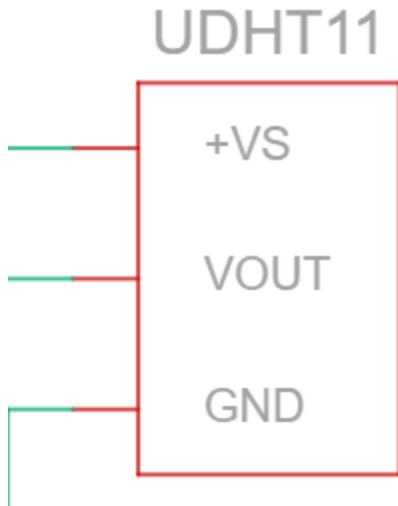
Funcionamiento

Cuando el suelo se encuentra seco, su resistencia eléctrica aumenta, generando una señal analógica baja. Con la humedad del suelo, la resistencia se reduce y el voltaje de salida crece. Un microcontrolador puede interpretar este valor analógico como una medida del porcentaje de humedad en el suelo.

Conexiones del sensor

- ❖ **VCC:** Se conecta al pin de 5V del Arduino UNO, proporcionando energía al sensor.
- ❖ **GND:** Se conecta al pin GND del Arduino, como referencia de tierra.
- ❖ **SIG:** conectado al pin A0 del Arduino, el cual recibe la señal analógica que representa el nivel de humedad.

DHT11



El DHT11 es un sensor digital que permite medir la temperatura ambiental y la humedad relativa. En este proyecto, su función principal es proporcionar la temperatura en tiempo real del entorno, complementando así el monitoreo de las condiciones agrícolas junto con el sensor de humedad del suelo.

El módulo usado cuenta con tres pines identificados como:

- ❖ **+VS:** se conecta al pin de 5V del Arduino (alimentación).
- ❖ **VOUT:** se conecta al pin A1 del Arduino (salida de datos).
- ❖ **GND:** se conecta al pin de GND del Arduino (tierra).

Las lecturas que este sensor proporciona en formato digital a través de la línea VOUT son procesadas por el microcontrolador y mostradas en una pantalla LCD. También se envían por puerto serial para su análisis en el sistema Dash del usuario. Se localiza fuera del suelo, expuesto al entorno en el que se halla el cultivo.

Pantalla LCD 16x2 con Módulo I2C



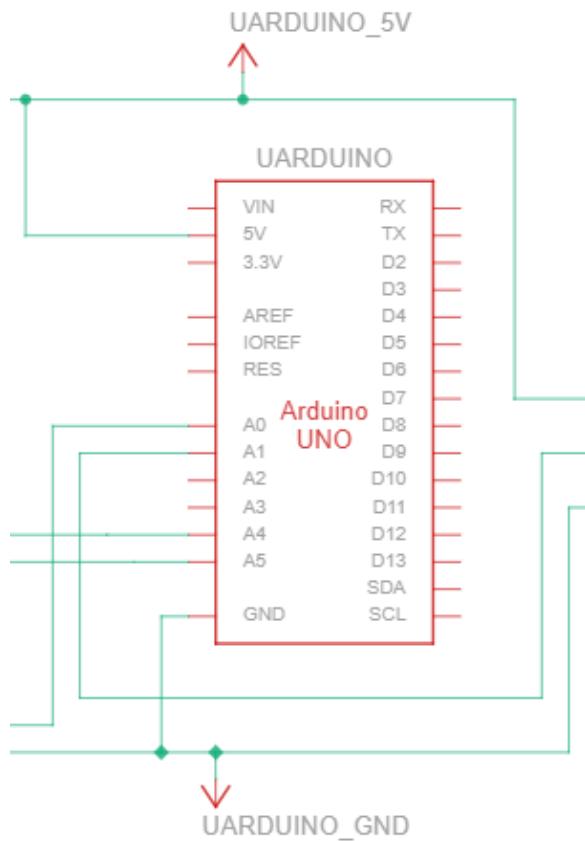
Este proyecto utiliza una pantalla LCD de 16x2 con interfaz I2C para mostrar los valores actuales de humedad del suelo y temperatura ambiente, así como el estado del terreno. Es un elemento clave para proporcionar información visual directa, sin necesidad de una computadora.

Este módulo cuenta con cuatro pines:

- ❖ **VCC:** se conecta al pin de 5V del Arduino (alimentación).
- ❖ **GND:** se conecta al pin de GND del Arduino (tierra).
- ❖ **SDA:** se conecta al pin A4 del Arduino Uno (línea de datos I2C).
- ❖ **SCL:** se conecta al pin A5 del Arduino Uno (línea de reloj I2C).

El protocolo I2C permite reducir el número de cables necesarios (de 16 a solo 2 para datos), lo que facilita la conexión y el diseño del circuito. La pantalla muestra mensajes sobre la humedad del suelo, la temperatura actual y un estado interpretado del suelo (SECA, ÓPTIMA, MUY HÚMEDA), con actualizaciones cada pocos segundos.

Arduino UNO



El microcontrolador principal del sistema es el Arduino UNO, que funciona como el cerebro del proyecto. Su tarea consiste en procesar las señales de los sensores conectados, tomar decisiones lógicas y enviar los datos al monitor serial y a la pantalla LCD.

En este proyecto, se utiliza el Arduino UNO R3, el cual se conecta a los diferentes módulos y sensores mediante sus pines digitales y analógicos:

- ❖ **Pin A0:** recibe la señal analógica del sensor de humedad del suelo (FC-28-B).
- ❖ **Pin A1:** conectado al pin de salida del sensor de temperatura DHT11 (VOUT).
- ❖ **Pines A4 (SDA) y A5 (SCL):** se usan para la comunicación I2C con la pantalla LCD 16x2 con módulo I2C.
- ❖ **Pin 5V:** proporciona voltaje de alimentación estable a los sensores (a través del protoboard).
- ❖ **Pin GND:** tierra común para todos los componentes conectados.

El Arduino se conecta a la computadora mediante un puerto USB, lo que posibilita el envío de datos seriales (como temperatura y humedad) al software creado en Python con Dash. Asimismo, el estado del sistema se

puede ver en tiempo real a través del monitor serial o la pantalla LCD.

El Arduino UNO permite una fácil integración de sensores y módulos debido a su compatibilidad y facilidad de programación, lo que lo convierte en una pieza clave para la automatización de mediciones agrícolas como las utilizadas en este proyecto.

3.2 Flujo de datos

- ❖ **Medición:** El sensor FC-28-B se inserta en el suelo y genera una señal analógica proporcional a la humedad del terreno.
- ❖ **Adquisición:** El Arduino UNO lee la señal a través del pin analógico A0 usando la función analogRead().
- ❖ **Procesamiento inicial:** El Arduino convierte el valor (0–1023) a porcentaje (0–100%) y lo transmite por el puerto serial usando Serial.println(valor).
- ❖ **Comunicación:** La computadora recibe los datos a través del puerto USB utilizando pyserial.
- ❖ **Visualización:** La aplicación en Dash representa los datos en tiempo real con:
 - Medidores tipo gauge.
 - Gráficas de barras de tendencia.
 - Tabla de historial de lecturas.
 - Alertas automáticas según los niveles de humedad.

4. DESARROLLO DEL SOFTWARE

El desarrollo del Software de AGRODUINO se centró en crear una interfaz que permita monitorear en tiempo real, a partir de la combinación de lecturas de datos desde un sensor físico y una visualización web interactiva. Se utilizó Python 3 como lenguaje de programación, junto con bibliotecas especializadas para el manejo de hardware, visualización y diseño de interfaz.

4.1 Herramientas

- ❖ **Python 3.x:** Lenguaje principal del sistema.
- ❖ **Dash (Plotly):** Framework para construir dashboards web con componentes interactivos.

- ❖ **Dash Bootstrap Components:** Para aplicar estilos y diseños modernos basados en Bootstrap.
- ❖ **PySerial:** Biblioteca que permite la comunicación con dispositivos conectados vía puerto serial.
- ❖ **Plotly Graph Objects:** Generación de gráficos interactivos como medidores (gauges) y gráficos de barras.
- ❖ **Threading:** Para realizar la lectura del puerto serial y reconexión en segundo plano, sin bloquear la interfaz.

4.2 Flujo general del programa

- ❖ **Detección del puerto del Arduino:**
 - Se identifican los puertos conectados que contienen descripciones como "Arduino" o "CH340".
 - Si no se encuentra un puerto válido, el programa se detiene.
- ❖ **Lectura continua de datos del sensor:**
 - Se lanza un hilo (threading.Thread) que escucha constantemente el puerto serial.
 - El sensor FC-28-B entrega un valor entre 0 y 1023 que es transformado a porcentaje.
 - Los datos son almacenados con marca de tiempo en una lista que actúa como historial.
- ❖ **Reconexión automática:**
 - Otro hilo monitorea el estado del puerto y, en caso de desconexión, intenta restablecer la comunicación sin reiniciar el programa.
- ❖ **Visualización en tiempo real:**
 - El valor de humedad se representa con un medidor semicircular (gauge) animado.
 - Se muestra también una barra de "Porcentaje de Agua".
 - La tabla de historial despliega los últimos 10 datos registrados.
 - Un gráfico de barras muestra la tendencia de la humedad del suelo.
 - Indicadores de tareas (estimación del tiempo de riego) y lecturas óptimas por hora se representan con barras de progreso.

- ❖ **Notificaciones automáticas:**
 - Cuando el valor de humedad cae por debajo de 30%, se emite una alerta de suelo seco.
 - Si el valor supera el 80%, se alerta sobre exceso de humedad.
 - Si se encuentra entre 30% y 80%, se indica que el suelo está en buenas condiciones.
 - En caso de desconexión del Arduino, se notifica al usuario en la interfaz.
- ❖ **Lectura de temperatura ambiente:**
 - El sensor DHT11 conectado al pin A1 de las placas Arduino proporciona una temperatura en grados Celsius.
 - En cada ciclo del programa se lleva a cabo la lectura, junto con la humedad del suelo.
 - Un valor de temperatura no válido (como NaN) se ignora temporalmente y se muestra un mensaje de error en la consola.
 - Estos datos se envían también por el puerto serial para su visualización en el tablero de la aplicación.
- ❖ **Visualización de temperatura en pantalla LCD:**
 - El sistema muestra los valores de temperatura y humedad en una pantalla LCD I2C conectada al Arduino, además de en el dashboard.
 - La primera línea del LCD indica el porcentaje de humedad y la temperatura con un decimal de precisión.
 - La segunda línea muestra el estado del suelo: "SECA", "OPTIMA" o "MUY HUMEDA".
- ❖ **Notificaciones por temperatura (en la interfaz):**
 - Si la temperatura ambiente cae por debajo de los 20°C, el sistema genera la siguiente alerta:
 - "⚠ Temperatura demasiado baja, riesgo para las plantas."
 - Cuando sobrepasa los 30 °C, aparece el siguiente aviso:
 - "⚠ Temperatura demasiado alta, riesgo para las plantas."
 - Si la temperatura oscila entre 20 °C y 30 °C, se considera un valor aceptable y se indica:
 - "✅ Temperatura óptima."
 - Con el fin de optimizar la experiencia del usuario, estas notificaciones se agrupan

con las alertas por humedad en un único panel.

5. PRUEBAS Y VALIDACION DEL SISTEMA

Se realizaron diversas pruebas funcionales para comprobar que el sistema AgroDuino funciona correctamente en un entorno controlado. Con este fin, se empleó un sensor de humedad del suelo FC-28-B (resistivo) conectado a una placa Arduino UNO, además de un sensor de temperatura DHT11 y una pantalla LCD I2C para proporcionar retroalimentación visual directa.

Los tests se llevaron a cabo en tres diferentes escenarios, simulando diversos niveles de humedad en el suelo para verificar la exactitud del sensor y la capacidad de respuesta del software. Asimismo, se llevó a cabo un seguimiento de la comunicación entre el microcontrolador Arduino y la interfaz de usuario (creada con Dash y Python).

Condición del suelo	Humedad detectada	Mensaje mostrado en la App	Estado esperado
Tierra completamente seca	Menor al 30%	Suelo muy seco, ¡necesita riego!	Alerta de riego urgente
Tierra ligeramente húmeda	Entre 30% y 80%	Suelo en buen estado	Estado óptimo de humedad
Tierra muy húmeda	Mayor al 80%	Suelo muy húmedo, no riegue	Alerta de riego innecesario

❖ Escenario 1:

- Tierra seca.

El sensor se introdujo en suelos completamente secos. La lectura mostró un porcentaje de humedad inferior al 30 %, lo que activó correctamente una alerta en la aplicación y presentó un gráfico de barras con valores bajos.

❖ Escenario 2:

- Tierra húmeda.

Se incorporó agua al sustrato, lo que hizo que el nivel de humedad

superara el 80%. El sistema reaccionó con el mensaje adecuado y realizó un ajuste visual de los indicadores.

❖ Escenario 3:

- Humedad media.

Se registraron valores entre el 30% y el 80%, lo que dio lugar a la notificación de "suelo en buen estado" y a la representación gráfica de un área segura para las plantas.

A lo largo de toda la fase de pruebas:

- ❖ La conexión entre el Arduino y el sistema de visualización se mantuvo firme.
- ❖ Los datos se mostraron en tiempo real utilizando gauges circulares, gráficos de barras y tablas dinámicas.
- ❖ Se comprobó la función de reconexión automática al desconectar y volver a conectar el Arduino, demostrando resiliencia ante fallos temporales de comunicación.

Validación del Sensor de Temperatura

Se llevaron a cabo pruebas adicionales para comprobar el rendimiento del sensor de temperatura DHT11, que también está conectado a la placa Arduino. Esto se hizo además de medir los niveles de humedad del suelo. Este componente posibilita el control de la temperatura del entorno y la transmisión de sus mediciones mediante el puerto serie para que aparezcan en el dashboard.

Las condiciones térmicas del entorno fueron alteradas artificialmente durante las pruebas con el fin de observar la reacción del sistema ante temperaturas bajas, normales y altas. Más adelante se presenta la respuesta del sistema en cada escenario:

Condición del suelo	Rango de temperatura	Mensaje mostrado en la App	Estado esperado
Temperatura baja	Menor al 20C muy frio	Temperatura demasiado baja, riesgo para las plantas	Alerta crítica
Temperatura optima	Entre 20C y 30C	Temperatura optima	Estado seguro

Temperatura elevada	Mayor a 30C muy caliente	Temperatura demasiado alta, riesgo para las plantas	Alerta critica
---------------------	--------------------------	---	----------------

- ❖ **Condiciones frías (<20 °C):** Al simular un ambiente frío, se constató que el sistema activó la alerta correspondiente en el panel de notificaciones, señalando un riesgo para las plantas.
- ❖ **Condiciones normales (20-30 °C):** Bajo las condiciones típicas del laboratorio, el sensor captó valores que se encontraban en el rango óptimo, lo que provocó que la aplicación mostrara el mensaje de “temperatura óptima”.
- ❖ **Condiciones cálidas (>30 °C):** Se registraron temperaturas superiores a 35 °C al aplicar una fuente de calor moderada cerca del sensor, lo que activó correctamente la alerta de riesgo por calor excesivo.

El sistema reaccionó de manera apropiada en cada ocasión, lo que confirma que el sensor DHT11 fue correctamente leído y que los datos fueron con precisión procesados. La temperatura se mostró en una pantalla LCD (en el hardware) y en la interfaz gráfica (en la PC), lo que facilitó el monitoreo ambiental en tiempo real.

6. CONCLUSION

El proyecto AgroDuino logró la exitosa integración de componentes electrónicos y herramientas de desarrollo web para crear un sistema funcional que monitorea la humedad del suelo. La instalación del sensor FC-28-B, sumada a la visualización dinámica en tiempo real de datos a través de Dash, hizo posible el desarrollo de una solución clara, intuitiva y económica.

Las pruebas llevadas a cabo confirmaron la capacidad del sistema para detectar y representar con precisión diferentes niveles de humedad, emitiendo alertas oportunas según los rangos establecidos. La experiencia del usuario se ve mejorada de forma notable gracias a la interfaz gráfica, que le permite interpretar con rapidez el estado del terreno.

References

1. [1] M. Banzi and M. Shiloh, *Getting Started with Arduino*, 3rd ed. Sebastopol, CA: Maker Media, 2014.
2. [2] S. Monk, *Programming Arduino: Getting Started with Sketches*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill Education, 2017.
3. [3] A. McEwen and H. Cassimally, *Designing the Internet of Things*. Chichester, UK: Wiley, 2013.
4. [4] M. Margolis, *Arduino Cookbook*, 2nd ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2011.
5. [5] S. Monk, *Practical Electronics for Inventors*, 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2016.
6. [6] S. J. Chapman, *Essentials of MATLAB Programming*, 2nd ed. Boston, MA: Cengage Learning, 2010.
7. [7] Plotly Technologies Inc., “Dash User Guide and Documentation,” 2023. [Online]. Available: <https://dash.plotly.com>. [Accessed: 25-Jun-2025].
8. [8] Aosong Electronics, DHT11 Digital Temperature and Humidity Sensor Datasheet, 2020. [Online]. Available: https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/DHT11.pdf. [Accessed: 25-Jun-2025].
9. [9] Electronics Hub, FC-28 Soil Moisture Sensor Module Datasheet, 2020. [Online]. Available: <https://www.electronicshub.org/soil-moisture-sensor-arduino/>. [Accessed: 25-Jun-2025].
10. [10] Python Software Foundation, The Python Language Reference, 2024. [Online]. Available: <https://docs.python.org/3/reference/>. [Accessed: 25-Jun-2025].