



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

**Carrera de Software**

**Modalidad Presencial**

**Tema:**

**“Desarrollo de un software estadístico de variables meteorológicas, para la determinación de las necesidades y programación de riego de los cultivos a campo abierto y bajo invernadero, Hcda. El Prado.”**

**Autores:**

**ANDRANGO PERALBO ISMAEL SEBASTIÁN Y LEIVA SANGOLQUI STEVEN OMAR**

**Tutor: ING. EDUARDO MAURICIO CAMPAÑA ORTEGA**

**SANGOLQUÍ, AGOSTO 2023**





- **INTRODUCCIÓN**
  - Antecedentes
  - Problemática
- **OBJETIVOS**
  - Objetivo general
  - Objetivos específicos
  - Alcance
- **ESTADO DEL ARTE**
- **CONSTRUCCION DE LA SOLUCION**
  - Requisitos
  - Arquitectura de la solución
  - Patrón de diseño
- **IMPLEMENTACIÓN**
- **PRUEBAS**
- **VALIDACION**
- **VIDEO**
- **CONCLUSIONES**

# *Agenda*





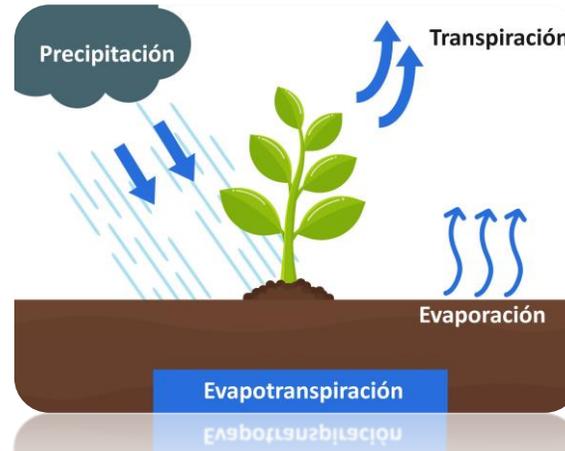
- **INTRODUCCIÓN**
  - Antecedentes
  - Problemática
- **OBJETIVOS**
  - Objetivo general
  - Objetivos específicos
  - Alcance
- **ESTADO DEL ARTE**
- **CONSTRUCCION DE LA SOLUCION**
  - Requisitos
  - Arquitectura de la solución
  - Patrón de diseño
- **IMPLEMENTACIÓN**
- **PRUEBAS**
- **VALIDACION**
- **VIDEO**
- **CONCLUSIONES**



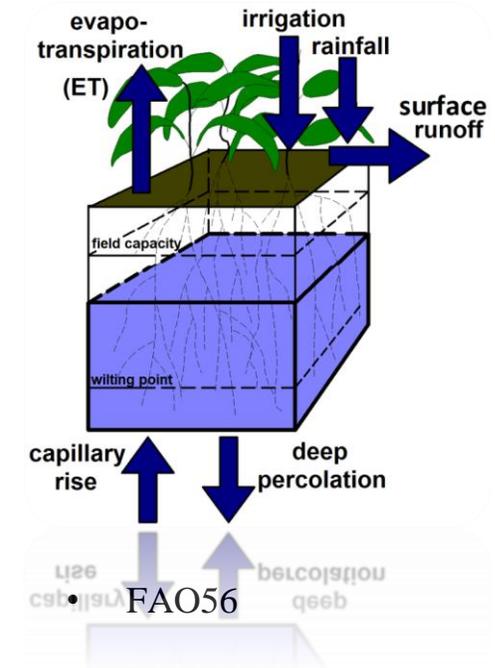
# Antecedentes



- Necesidad de riego
- Agua
- Gestión eficiente del riego



- Evotranspiración de los cultivos (ETc)
- Evotranspiración del cultivo de referencia (ETo)
- Coeficiente del cultivo (Kc)

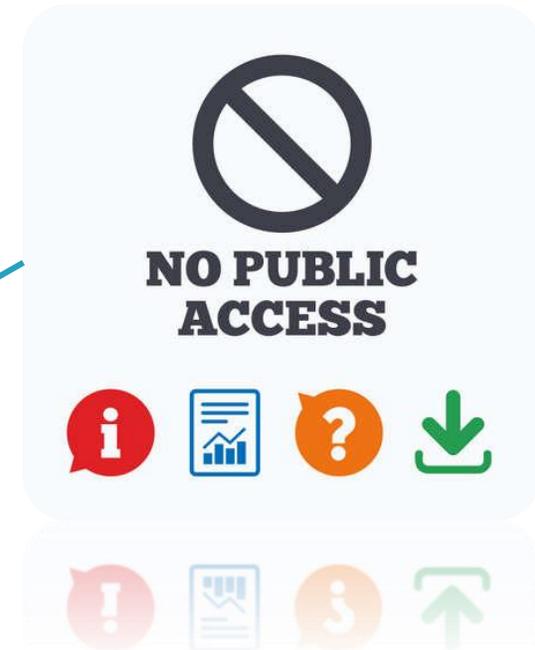




- **INTRODUCCIÓN**
  - Antecedentes
  - **Problemática**
- **OBJETIVOS**
  - Objetivo general
  - Objetivos específicos
  - Alcance
- **ESTADO DEL ARTE**
- **CONSTRUCCION DE LA SOLUCION**
  - Requisitos
  - Arquitectura de la solución
  - Patrón de diseño
- **IMPLEMENTACIÓN**
- **PRUEBAS**
- **VALIDACION**
- **VIDEO**
- **CONCLUSIONES**



# Problemática



**MALA GESTIÓN DE LOS CULTIVOS**



- INTRODUCCIÓN
  - Antecedentes
  - Problemática
- **OBJETIVOS**  

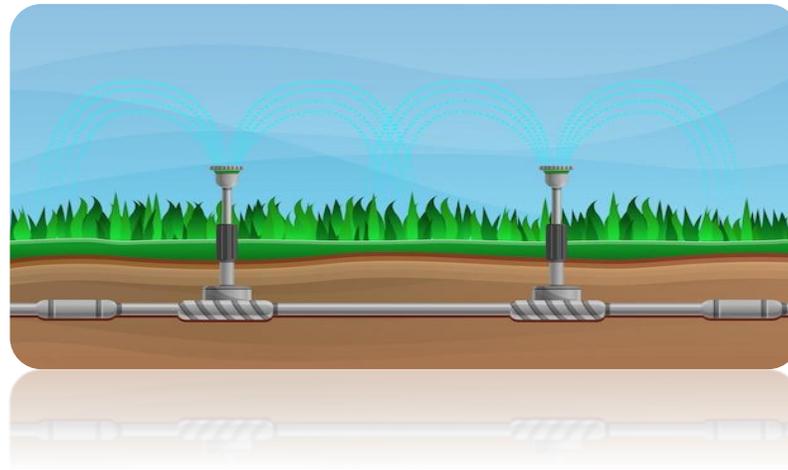
  - **Objetivo general**
  - Objetivos específicos
  - Alcance
- ESTADO DEL ARTE
- CONSTRUCCION DE LA SOLUCION
  - Requisitos
  - Arquitectura de la solución
  - Patrón de diseño
- IMPLEMENTACIÓN
- PRUEBAS
- VALIDACION
- VIDEO
- CONCLUSIONES





# *Objetivo general*

Cuantificar, promediar y graficar variables meteorológicas de manera diaria, decenal, mensual y anual, mediante el desarrollo de una aplicación computacional, para determinar las necesidades y programación del riego de los cultivos a campo abierto y bajo invernadero.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



- INTRODUCCIÓN
  - Antecedentes
  - Problemática
- **OBJETIVOS**
  - Objetivo general
  - **Objetivos específicos**
  - Alcance
- ESTADO DEL ARTE
- CONSTRUCCION DE LA SOLUCION
  - Requisitos
  - Arquitectura de la solución
  - Patrón de diseño
- IMPLEMENTACIÓN
- PRUEBAS
- VALIDACION
- VIDEO
- CONCLUSIONES





# *Objetivos específicos*

Estado del arte referente al funcionamiento del sistema de riego y su relación con las variables meteorológicas

Diseñar un software para promediar, cuantificar y graficar variables meteorológicas.

Desarrollar el aplicativo que conforman el sistema del software "YAKUTARPUY"

Validar la experiencia del usuario

Realizar el análisis de resultados del sistema.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



- INTRODUCCIÓN
  - Antecedentes
  - Problemática
- **OBJETIVOS**
  - Objetivo general
  - Objetivos específicos
  - **Alcance**
- ESTADO DEL ARTE
- CONSTRUCCION DE LA SOLUCION
  - Requisitos
  - Arquitectura de la solución
  - Patrón de diseño
- IMPLEMENTACIÓN
- PRUEBAS
- VALIDACION
- VIDEO
- CONCLUSIONES

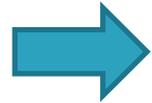




# *Alcance*

El alcance del proyecto es desarrollar un software que automatice el cálculo de las necesidades de riego para invernaderos y a campo abierto. El sistema utilizará datos de estaciones meteorológicas y aplicará fórmulas para calcular diversos parámetros como la evaporación, precipitación y necesidades de riego. El procesamiento de los datos de las estaciones meteorológicas es fundamental y se basa en un modelo de datos almacenado en un archivos planos. Además, el sistema será responsive, adaptándose a diferentes dispositivos para una experiencia de usuario fluida.





- INTRODUCCIÓN
  - Antecedentes
  - Problemática
- OBJETIVOS
  - Objetivo general
  - Objetivos específicos
  - Alcance
- **ESTADO DEL ARTE**
- CONSTRUCCION DE LA SOLUCION
  - Requisitos
  - Arquitectura de la solución
  - Patrón de diseño
- IMPLEMENTACIÓN
- PRUEBAS
- VALIDACION
- VIDEO
- CONCLUSIONES



## Revisión de la Literatura

### Criterios de inclusión y exclusión



### Grupo de control

Código	Título	Términos relevantes
CS1	Software Evaporium para el cálculo de la evapotranspiración potencial	Evapotranspiración, software, Python, Penman-Monteith, Evapotranspiración de referencia, Variables, Procesamiento de datos
CS2	Use of the Irrimodel Software for drip irrigation programming In Maize Cultivation (Zea mays L.):	Eficiencia de Riego, Agua, Variabilidad Climática, Cultivo, Modelos de Programación Integral, Software, Internet, Tecnología, Plataforma Computacional,
CS3	Software educativo para la estimación de la evapotranspiración de referencia (ETo) basado en el método de Penman-Monteith	Evapotranspiración, Software, Agroclimatología, Ecuación de Penman-Monteith, Fórmulas, Datos de entrada, Climatología Agroambiental
CS4	Software para la emisión de recomendaciones de riego y drenaje en caña de azúcar y otros cultivos	Requerimientos de Riego, Cultivos, Necesidades de Agua del Cultivo, Factores climáticos Software, Tecnologías de la información y comunicación, Sistema Software, Arquitectura cliente servidor, Importación de datos
CS5	CROPWAT Estimación de la reducción porcentual en rendimientos de cultivos de maíz y frijol	Evapotranspiración, Datos Climatológicos, Cultivos, Requerimientos de riego, Programación de riego, Software, Computadoras, Programas de simulación

# Estado del Arte

## Construcción de la cadena de búsqueda



Cadena de búsqueda	Resultados IEEE Xplore	Resultados ACM
(("software" OR "web platform") AND ("evapotranspiration") AND ("irrigation requirement") AND ("penman-monteith"))	12	123
Aplicando los criterios de inclusión y exclusión ya mencionados se da como resultado lo siguiente:		
(("software" OR "web platform") AND ("evapotranspiration") AND ("irrigation requirement") AND ("penman-monteith"))	3	3

## Selección de estudios primarios

- **EP1:** HidroMORE 2: Una versión optimizada y paralela de HidroMORE
- **EP2:** Investigación y diseño de sistema de riego de precisión basado en red neuronal artificial.
- **EP3:** Nube ETWatch: API para la generación de datos regionales de evapotranspiración real.
- **EP4:** Evaluación de modelos de inteligencia artificial para el modelado real de la evapotranspiración de cultivos en tierras de cultivo de maíz con cobertura y sin cobertura.
- **EP5:** Evaluación multisitio de un algoritmo de programación de riego SWAT mejorado para la producción de maíz (*Zea mays* L.) en las Grandes Llanuras del Sur de EE. UU..
- **EP6:** Tecnologías de la información y la comunicación para la mejora de la programación del riego.



# *Estado del Arte*

## **Caracterización de los estudios primarios**

- Uso de softwares para el cálculo de la evapotranspiración.
- Uso de plataformas en la nube para acceder a los datos de forma rápida y precisa.
- Los resultados de los estudios reportan una mejora en la eficiencia del riego, reducción del desperdicio del agua y aumento de la producción de cultivos.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



- INTRODUCCIÓN
  - Antecedentes
  - Problemática
- OBJETIVOS
  - Objetivo general
  - Objetivos específicos
  - Alcance
- ESTADO DEL ARTE
- • **CONSTRUCCION DE LA SOLUCION**
  - Requisitos
  - Arquitectura de la solución
  - Patrón de diseño
- IMPLEMENTACIÓN
- PRUEBAS
- VALIDACION
- VIDEO
- CONCLUSIONES





# *Requisitos Funcionales*

## *Requisitos Funcionales*

*Iniciar sesión*

*Crear cuenta*

*Crear proyecto*

*Guardar proyecto*

*Importar datos climáticos*

*Procesar datos climáticos*

*Visualizar datos climáticos*

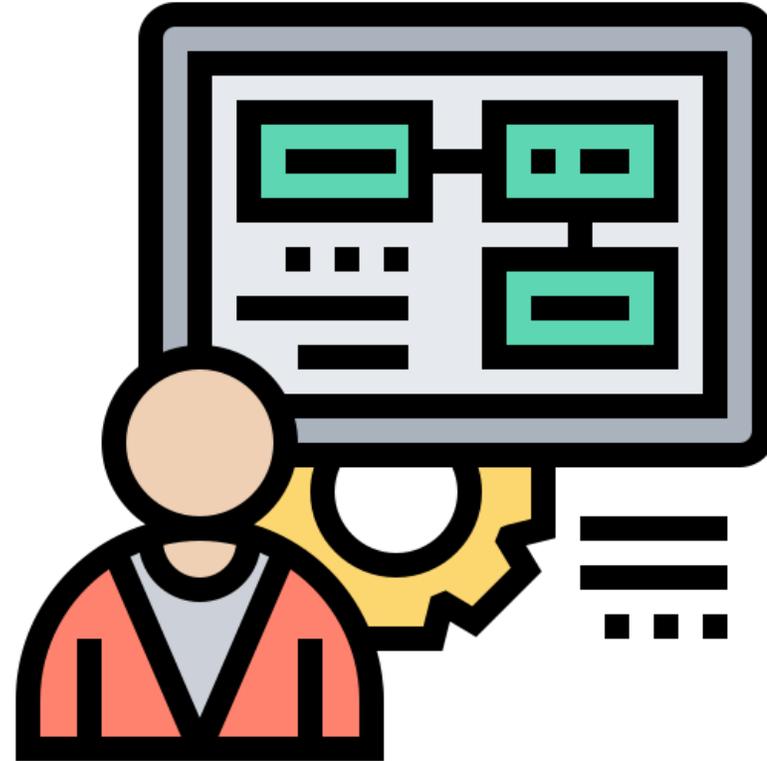
*Graficar datos climáticos*

*Calcular la evapotranspiración*

*Calcular la precipitación efectiva*

*Calcular la necesidad de riego*

*Calcular la programación de riego*



# *Requisitos No Funcionales*



## *Requisitos No Funcionales*

*Tiempo de respuesta*

*Utilización de colores*

*Métodos de acceso*

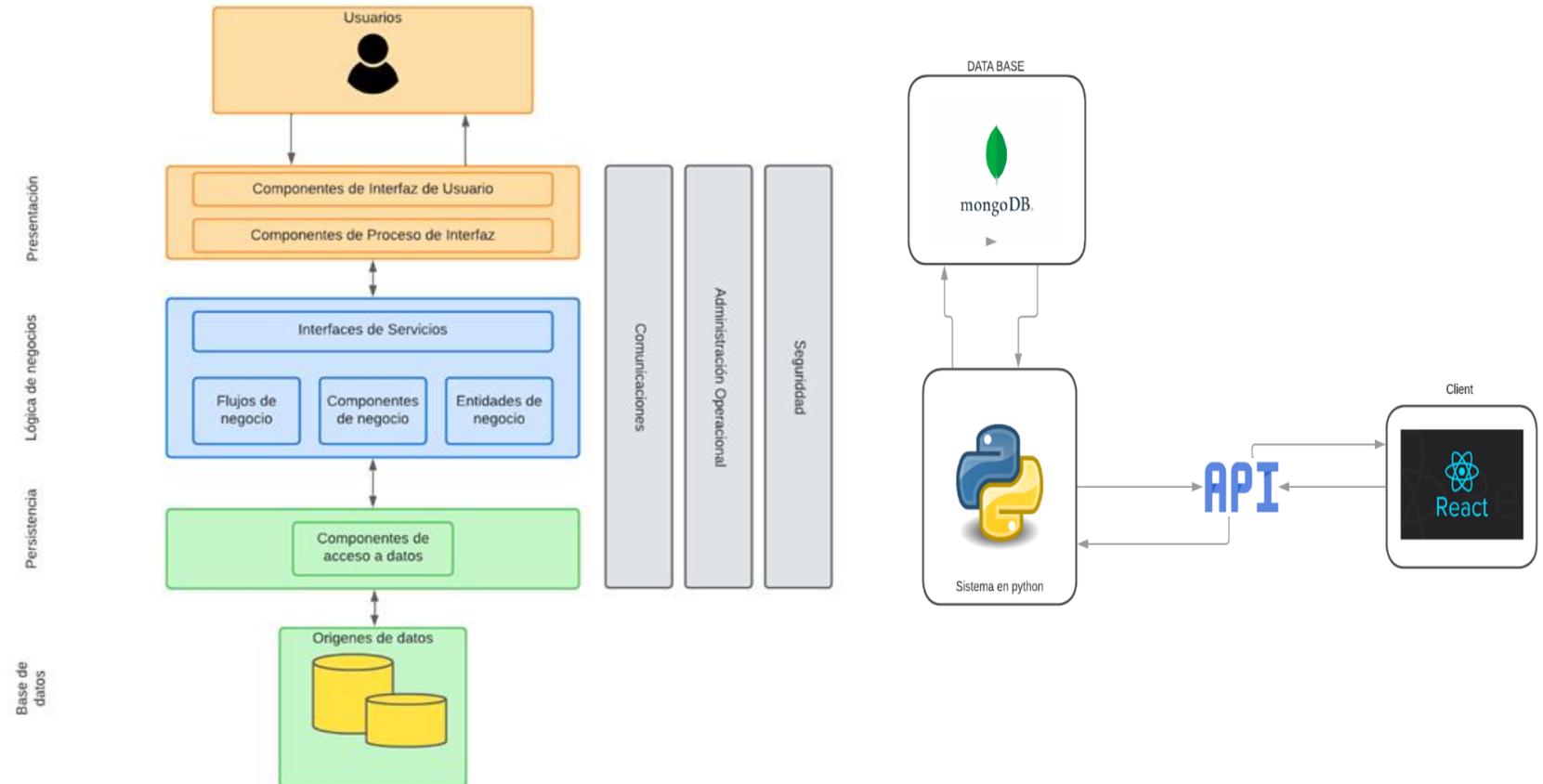
*Plataforma Open Source*

*Accesibilidad*

*Mantenibilidad*

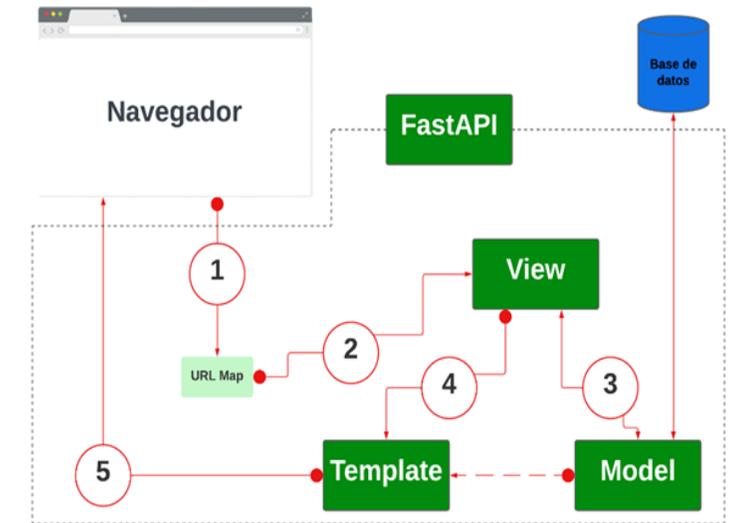
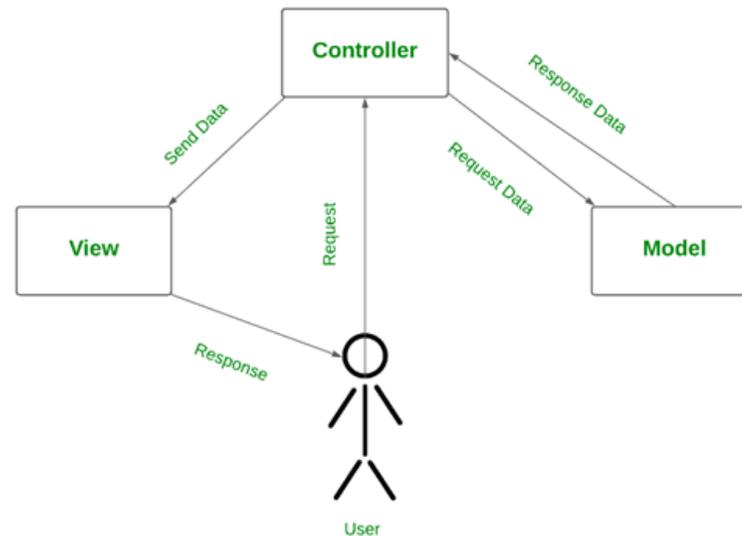
# Arquitectura N capas

- Capa de presentación
- Capa de Negocio
- Capa de Persistencia
- Capa de Datos



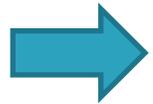
## Modelo Vista Controlador (MVC)

- **Modelo:** Es la capa donde se trabaja con los datos
- **Vista:** Responsable de mostrar la interfaz y datos del modelo
- **Controlador:** Responde a las acciones que se solicitan en la aplicación





- INTRODUCCIÓN
  - Antecedentes
  - Problemática
- OBJETIVOS
  - Objetivo general
  - Objetivos específicos
  - Alcance
- ESTADO DEL ARTE
- CONSTRUCCION DE LA SOLUCION
  - Requisitos
  - Arquitectura de la solución
  - Patrón de diseño
- **IMPLEMENTACIÓN**
- PRUEBAS
- VALIDACION
- VIDEO
- CONCLUSIONES



$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

donde:

$ET_o$	evapotranspiración de referencia ( $\text{mm día}^{-1}$ )
$R_n$	radiación neta en la superficie del cultivo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )
$R_a$	radiación extraterrestre ( $\text{mm día}^{-1}$ )
$G$	flujo del calor de suelo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )
$T$	temperatura media del aire a 2 m de altura ( $^{\circ}\text{C}$ )
$u_2$	velocidad del viento a 2 m de altura ( $\text{m s}^{-1}$ )
$e_s$	presión de vapor de saturación (kPa)
$e_a$	presión real de vapor (kPa)
$e_s - e_a$	déficit de presión de vapor (kPa)
$\Delta$	pendiente de la curva de presión de saturación de vapor.
$\gamma$	constante psicrométrica ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

- Presión de vapor de saturación ( $e_s$ )

$$e_s = \frac{e^0(T_{max}) + e^0(T_{min})}{2}$$

(6)

- Presión de saturación de vapor a la temperatura de aire ( $e^0$ )

$$e^0 = 0.6108 * \exp \left[ \frac{17.27 * T}{T + 237.3} \right]$$

- Presión real de vapor ( $e_a$ )

$$e_a = \frac{HR_{media}}{100} e^0(T_{media})$$

Para seguir con el cálculo de la  $ET_o$  también es necesario hacer el cálculo de la pendiente de

$$\Delta = \frac{4098 * \left[ 0.6108 * \exp \left( \frac{17.27 * T}{T + 237.3} \right) \right]}{(T + 237.2)^2}$$



# *Implementación*

## *Módulos de la aplicación*

*Módulo de procesamiento de datos*

*Módulo de clima*

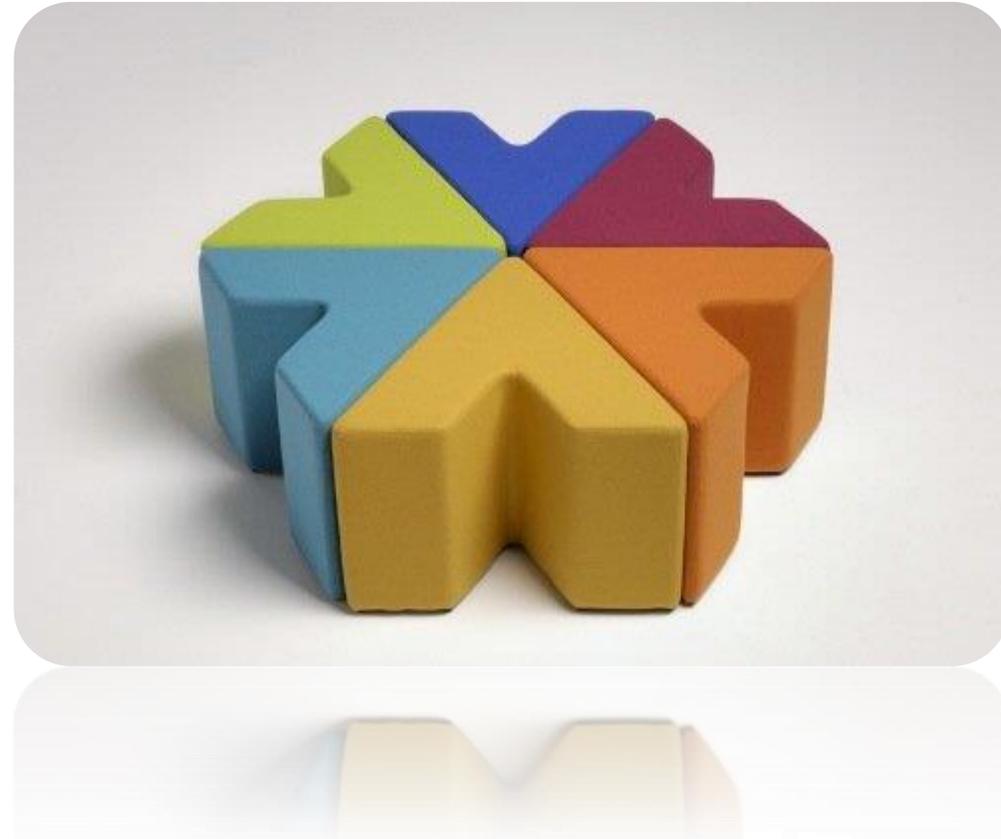
*Submódulo de precipitación efectiva*

*Submódulo de suelo*

*Submódulo de cultivo*

*Módulo de necesidad de riego*

*Módulo de programación de riego*



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# *Implementación*

## *Selección de herramientas*

***Back – End ----- PYTHON – FASTAPI***

*Sintaxis clara y legible*

*Gran comunidad y bibliotecas*

*Facilidad de integración*

*Flexibilidad y versatilidad*

*Gran rendimiento con optimización*

***Front – End ----- REACT – JAVASCRIPT***

*Componentes*

*Declarativo*

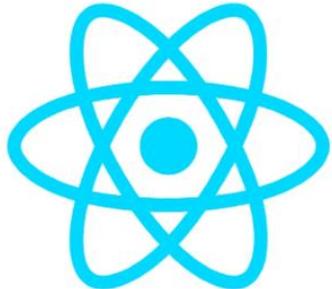
*Reutilización de código*

*Compatibilidad con otras tecnologías*

*React ecosistema*

*Aplicaciones de una sola página (SPA)*

 **FastAPI**

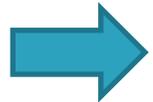
 **React**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



- INTRODUCCIÓN
  - Antecedentes
  - Problemática
- OBJETIVOS
  - Objetivo general
  - Objetivos específicos
  - Alcance
- ESTADO DEL ARTE
- CONSTRUCCION DE LA SOLUCION
  - Requisitos
  - Arquitectura de la solución
  - Patrón de diseño
- IMPLEMENTACIÓN
- **PRUEBAS**
- VALIDACION
- VIDEO
- CONCLUSIONES





# Pruebas

```
def delete_csv_file():...
def test_createProject_success(db_connection_mock):...
def test_createProject_project_exists(db_connection_mock):...
def test_getProcessDataRange_not_found(db_connection_mock):...
def test_getProcessDataRange_found(db_connection_mock):...
def test_getProcessData_not_found(db_connection_mock):...
def test_getProcessData_found(db_connection_mock):...
client = TestClient(app)
def test_getDocByUsername_success(db_connection_mock):...
def test_getDocByUsername_no_documents(db_connection_mock):...
def test_getProcessDataRange_success(db_connection_mock):...
def test_getProcessDataRange_existing_data(db_connection_mock):...
def test_getProcessDataRange_no_data(db_connection_mock):...
```

```
PS C:\Users\s_lei\Desktop\YAKUTARPUY-BACK> pytest test_project.py
platform win32 -- Python 3.10.8, pytest-7.4.0, pluggy-1.2.0
rootdir: C:\Users\s_lei\Desktop\YAKUTARPUY-BACK
plugins: anyio-3.6.2, asyncio-0.21.1, mock-3.7.0
asyncio: mode=strict
collected 11 items

test_project.py .....

===== 11 passed in 1.61s ===== [100%]
```

## Unit Testing

```
from fastapi.testclient import TestClient
from controllers.testcontroller import calculateProm
from main import app
from datetime import datetime
from models.ImportProject import ProjectModel
import pandas as pd
import pytest
from unittest.mock import MagicMock
from fastapi import status

@pytest.fixture
def db_connection_mock():
    # Mock de la conexión a la base de datos
    db_mock = MagicMock()
    return db_mock

def test_creatPrecipitation_success(db_connection_mock):...
def test_creatPrecipitation_existing_data(db_connection_mock):...
def test_getPrecipitation_success(db_connection_mock):...
def test_getPrecipitation_not_found(db_connection_mock):...
```

Application

Unit Testing

Mock server  
requests-mock





- INTRODUCCIÓN
  - Antecedentes
  - Problemática
- OBJETIVOS
  - Objetivo general
  - Objetivos específicos
  - Alcance
- ESTADO DEL ARTE
- CONSTRUCCION DE LA SOLUCION
  - Requisitos
  - Arquitectura de la solución
  - Patrón de diseño
- IMPLEMENTACIÓN
- PRUEBAS
- **VALIDACION**
- VIDEO
- CONCLUSIONES





# *Validación*

- Software intuitivo
- Rapidez
- Validación de errores
- Recomendable



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



- INTRODUCCIÓN
  - Antecedentes
  - Problemática
- OBJETIVOS
  - Objetivo general
  - Objetivos específicos
  - Alcance
- ESTADO DEL ARTE
- CONSTRUCCION DE LA SOLUCION
  - Requisitos
  - Arquitectura de la solución
  - Patrón de diseño
- IMPLEMENTACIÓN
- PRUEBAS
- VALIDACION
- **VIDEO**
- CONCLUSIONES





- **INTRODUCCIÓN**
  - Antecedentes
  - Problemática
- **OBJETIVOS**
  - Objetivo general
  - Objetivos específicos
  - Alcance
- **ESTADO DEL ARTE**
- **CONSTRUCCION DE LA SOLUCION**
  - Requisitos
  - Arquitectura de la solución
  - Patrón de diseño
- **IMPLEMENTACIÓN**
- **PRUEBAS**
- **VALIDACION**
- **VIDEO**
- **CONCLUSIONES**



# *Conclusiones*



*Éxito en los objetivos  
planteados*



*Mejora la planificación  
agrícola*



*Herramienta que ayuda en la  
gestión de recursos*



*Gracias por su  
atención*



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA