
OPTIMIZACIÓN DE RIEGO Y APLICACIÓN DE FERTILIZANTE ROBÓTICO EN INVERNADEROS USANDO PYTHON, FLASK, XML, TDA PROPIOS Y REPORTES AUTOMATIZADOS CON GRAPHVIZ PARA EL SISTEMA GUATERIEGOS 2.0

202405516 – Selvin Raúl Chuquiej Andrade

Resumen

El presente ensayo aborda el desarrollo de un sistema automatizado de riego y aplicación de fertilizante, denominado GuateRiegos 2.0, implementado en el curso de Introducción a la Programación y Computación. El proyecto representa una propuesta innovadora en el contexto nacional e internacional, al integrar conceptos de programación orientada a objetos, estructuras dinámicas de datos y procesamiento de archivos XML, para optimizar recursos esenciales como agua y fertilizante en invernaderos. La simulación con drones permite calcular tiempos óptimos, litros y gramos aplicados por dron, así como generar reportes estadísticos y gráficos mediante Graphviz, todo dentro de una interfaz web desarrollada con Flask.

La postura principal asumida en este trabajo es la necesidad de soluciones tecnológicas sostenibles que respondan a la creciente demanda de eficiencia agrícola, reduciendo desperdicios y fortaleciendo la seguridad alimentaria

Palabras clave

Riego automatizado, drones, invernaderos, Python, estructuras de datos, sostenibilidad.

Abstract

This essay addresses the development of an automated irrigation and fertilizer application system, called GuateRiegos 2.0, implemented in the Introduction to Programming and Computing course. The project represents an innovative proposal in the national and international context, integrating object-oriented programming concepts, dynamic data structures, and XML file processing to optimize essential resources such as water and fertilizers in greenhouses. Drone simulation allows for the calculation of optimal timing, liters, and grams applied by drone, as well as the generation of statistical reports and graphs using Graphviz, all within a web interface developed with Flask.

The main position taken in this work is the need for sustainable technological solutions that respond to the growing demand for agricultural efficiency, reducing waste, and strengthening food security.

Keywords

Automated irrigation, drones, greenhouses, Python, data structures, sustainability..

Introducción

El presente ensayo se centra en el análisis y desarrollo de un sistema de riego automatizado mediante drones, denominado GuateRiegos 2.0, orientado a optimizar el uso de agua y fertilizante en invernaderos. En un contexto donde la agricultura demanda mayor eficiencia y sostenibilidad, este proyecto ofrece una alternativa tecnológica innovadora que combina programación orientada a objetos, estructuras dinámicas de datos y la manipulación de archivos XML para simular y controlar procesos agrícolas.

El propósito principal es demostrar cómo la integración de herramientas como Python, Flask y Graphviz, junto con Tipos Abstractos de Datos diseñados por el estudiante, permite resolver un problema real con impacto técnico, económico y ambiental. ¿Cómo garantizar un riego eficiente reduciendo desperdicios? ¿De qué forma la automatización puede contribuir a la productividad agrícola nacional? Estas interrogantes guiarán la argumentación, presentando aportes que evidencian la relevancia del proyecto en el ámbito académico y en la innovación tecnológica aplicada al agro.

Desarrollo del tema

1) Bases teóricas de la automatización agrícola

La automatización agrícola se apoya en principios de la ingeniería, informática y agronomía para diseñar soluciones que reduzcan la intervención manual y aumenten la eficiencia de los procesos productivos. La agricultura de precisión se ha consolidado como un enfoque clave a nivel internacional, integrando sensores, sistemas de información y dispositivos autónomos para tomar decisiones basadas en datos.

El uso de drones como herramientas de apoyo se ha expandido en países como Estados Unidos, Israel y España, donde se utilizan para fumigación, mapeo y monitoreo de cultivos. En Guatemala, la implementación de drones para riego y fertilización

abre un campo poco explorado, con un alto potencial para mejorar la competitividad del sector agrícola.

En este proyecto, el respaldo teórico se sustenta en los Tipos Abstractos de Datos (TDA), esenciales para estructurar la información en memoria dinámica. Esto asegura la organización de drones, plantas y planes de riego sin depender de estructuras predefinidas de Python, fortaleciendo las competencias algorítmicas del estudiante.

2) Contexto técnico y disciplinar

El desarrollo de GuateRiegos 2.0 responde a la necesidad de integrar conocimientos de programación orientada a objetos con la solución de un problema real. La decisión de utilizar Python como lenguaje de base garantiza simplicidad y potencia, mientras que Flask provee una interfaz web accesible para el usuario final.

La restricción de no emplear estructuras propias de Python (list, dict, tuple, set) obliga a implementar listas enlazadas, pilas y colas como TDA, lo cual fomenta la creatividad y fortalece la comprensión de memoria dinámica. A través de estos TDA se gestionan las instrucciones de riego, los movimientos de drones y la contabilización de consumos.

El manejo de archivos XML resulta fundamental para el intercambio de información. Los archivos de entrada definen la configuración de invernaderos, drones y planes de riego, mientras que los archivos de salida documentan tiempos, consumos y acciones realizadas. Finalmente, el uso de Graphviz como herramienta de visualización permite generar representaciones gráficas de los TDAs, aportando claridad en la explicación del funcionamiento interno del sistema.

3) Impactos económicos, sociales y ambientales

Desde la perspectiva económica, la optimización en el uso de agua y fertilizante reduce costos de producción, lo que permite que pequeños y medianos agricultores incrementen su rentabilidad. A su vez, el sistema puede escalar hacia explotaciones más grandes, beneficiando a empresas agrícolas con mayores exigencias de eficiencia.

En el plano social, la adopción de tecnologías accesibles y comprensibles promueve la democratización de la innovación agrícola, ofreciendo a comunidades rurales herramientas que facilitan el manejo de cultivos. La incorporación de estas tecnologías también contribuye a la capacitación de nuevas generaciones en temas de programación aplicada y sostenibilidad agrícola.

En lo ambiental, la automatización del riego se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, especialmente en el uso responsable del agua. La reducción de desperdicios impacta de manera directa en la conservación de acuíferos y suelos, lo que representa un aporte relevante frente a la crisis climática global.

4) Reflexión y propuestas técnicas

El simulador GuateRiegos 2.0 plantea un escenario experimental que abre nuevas oportunidades para el futuro. Una de las principales reflexiones se centra en la escalabilidad del sistema: si bien es eficaz en invernaderos pequeños, la complejidad aumenta en cultivos extensivos, lo que demandaría el uso de algoritmos de planificación más avanzados.

Entre las propuestas técnicas destaca la incorporación de sensores IoT para medir humedad del suelo y nutrientes en tiempo real, integrando estos datos al simulador para ajustar las decisiones de riego. Asimismo, la aplicación de inteligencia artificial podría mejorar la secuenciación de tareas,

priorizando cultivos con mayor necesidad de agua o fertilizante.

Otro aspecto relevante es la posibilidad de enlazar el sistema con plataformas de gestión agrícola ya existentes, permitiendo generar reportes comparativos y bases de datos históricas. Con ello, se construiría un sistema integral capaz de evolucionar desde una solución académica hacia un producto real con impacto en el sector agroindustrial guatemalteco.

Conclusiones

El proyecto GuateRiegos 2.0 evidencia cómo la integración de drones, estructuras de datos propias y programación orientada a objetos puede transformar un proceso agrícola tradicional en una práctica eficiente, sostenible e innovadora. La implementación de TDA diseñados por el estudiante demuestra que es posible resolver problemas reales sin depender de estructuras predefinidas, fortaleciendo las competencias técnicas y fomentando el pensamiento algorítmico.

Entre los principales aportes destacan la optimización del recurso hídrico y el fertilizante, la reducción de costos de producción y la contribución a la sostenibilidad ambiental, todos ellos factores de gran relevancia en el contexto guatemalteco. A nivel académico, el proyecto vincula teoría y práctica, mostrando la utilidad de la informática en áreas no tradicionales.

Quedan abiertas preguntas para la reflexión: ¿cómo escalar esta solución a plantaciones más extensas?, ¿qué papel jugarán la inteligencia artificial y el internet de las cosas en el futuro del agro automatizado?

Referencias bibliográficas

Escuela de Ciencias y Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. (2025). Proyecto 2: Introducción a la Programación y Computación 2. Documento de trabajo académico.

C. J. Date. (1991). An introduction to database systems. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science*, 327(5967), 828–831.

Diagrama de actividades con los principales algoritmos

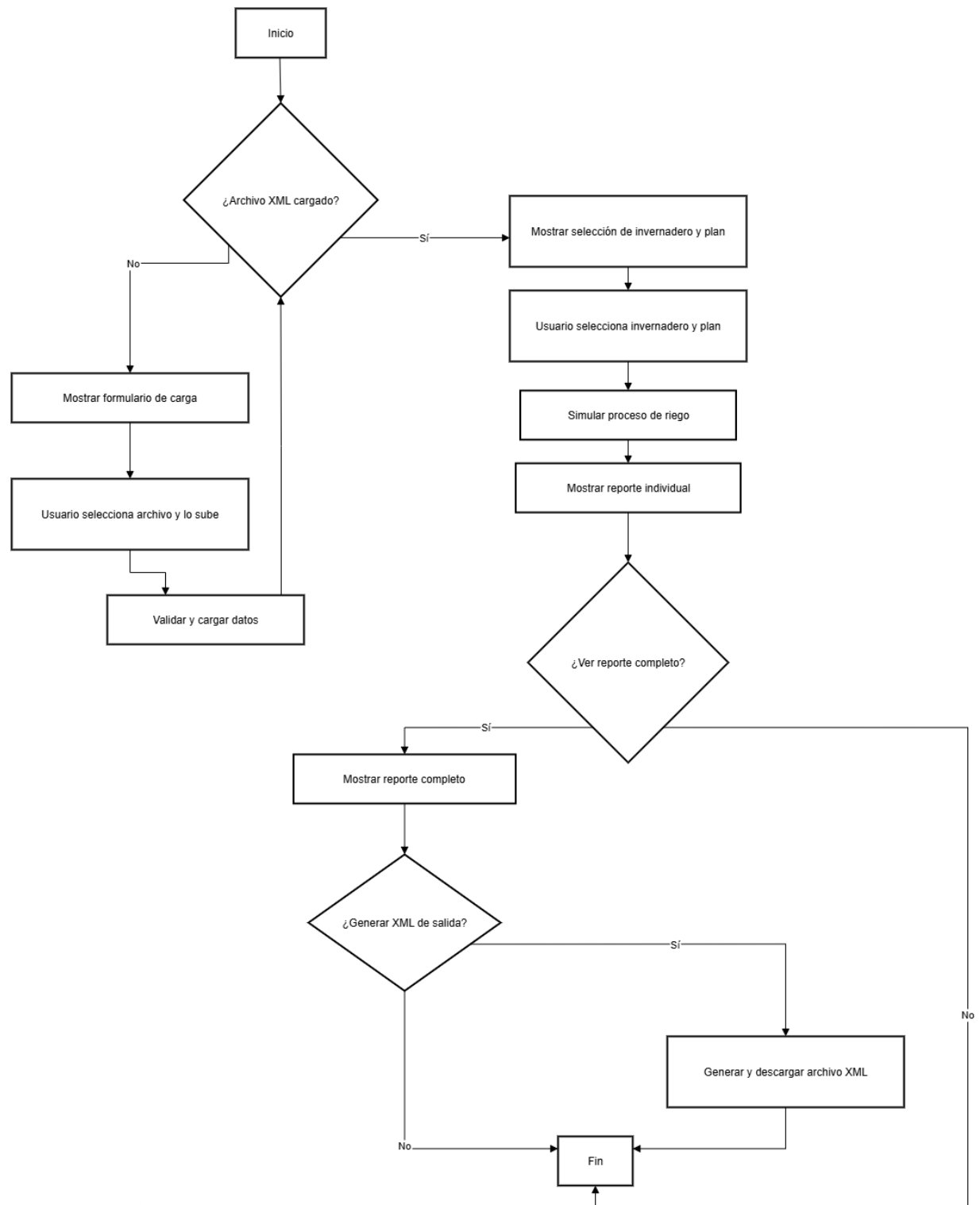


Diagrama de Clases

