



IA Territorial para la Gestión Hídrica Inteligente en Zonas Rurales

1. Resumen Ejecutivo

La gestión hídrica en zonas rurales enfrenta desafíos críticos como la infraestructura limitada, el acceso desigual y el cambio climático, exacerbados por la ineficiencia en la distribución y el desperdicio. Las soluciones actuales de IA no abordan la escasez de datos ni los altos costos de implementación en estos contextos. Nuestro proyecto, "IA Territorial para la Gestión Hídrica Inteligente en Zonas Rurales", propone una plataforma innovadora que integra modelos predictivos avanzados y un enfoque territorial para optimizar la distribución, reducir el desperdicio y aumentar la resiliencia hídrica, cerrando la brecha tecnológica y mejorando la calidad de vida.

Para lograr esta visión, desarrollaremos una plataforma de IA territorial que integre diversas fuentes de datos para el monitoreo y análisis hídrico. Implementaremos modelos predictivos avanzados de IA para optimizar la distribución y reducir el desperdicio de agua, con una precisión del 85% en pronóstico de demanda y una reducción del 15% en desperdicio. Además, diseñaremos una interfaz de usuario intuitiva y un modelo de despliegue de bajo costo, reduciendo los gastos de implementación en un 25%. La metodología seleccionada es el Modelo en V de Ingeniería de Sistemas, garantizando un desarrollo riguroso y validado.

Los resultados clave incluyen una plataforma de IA territorial integral, modelos predictivos operativos y una interfaz de usuario intuitiva, junto con una estrategia de despliegue de bajo costo. Estos generarán un impacto técnico significativo al avanzar el estado del arte en IA para gestión hídrica rural. Económicamente, se esperan ahorros sustanciales por la reducción del desperdicio y los menores costos de implementación. Social y ambientalmente, el proyecto mejorará la calidad de vida rural con acceso equitativo al agua,

empoderará a los gestores y contribuirá a la conservación de recursos y la resiliencia climática.

En síntesis, este proyecto es una inversión estratégica y oportuna que no solo aborda una necesidad crítica en la gestión hídrica rural, sino que también establece un modelo innovador para la adaptación al cambio climático, impulsando el desarrollo y bienestar en comunidades tradicionalmente desatendidas.

2. Generalidades del Proyecto

- **Descripción:** Este proyecto propone el desarrollo de una plataforma de Inteligencia Artificial para optimizar la gestión de recursos hídricos en comunidades rurales de Colombia. Utilizando modelos predictivos basados en datos climáticos y de consumo, la plataforma permitirá una distribución de agua más eficiente, reducirá el desperdicio y mejorará la resiliencia hídrica ante el cambio climático, cerrando la brecha tecnológica en la administración de recursos vitales en zonas vulnerables.
- **Palabras Clave:** Inteligencia Artificial, Gestión Hídrica, Desarrollo Rural, Tecnologías para Territorios, Sostenibilidad

3. Planteamiento del Problema y Justificación

La gestión de los recursos hídricos representa uno de los desafíos más apremiantes a nivel global, una situación que se intensifica drásticamente en las comunidades rurales debido a la limitada infraestructura, el acceso desigual al agua y los crecientes efectos del cambio climático (López Blanco, 2025). En este contexto, la ineficiencia en la distribución, el significativo desperdicio de agua y la vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos se traducen en una problemática multifacética que impacta directamente la calidad de vida y el desarrollo socioeconómico de estas poblaciones.

A pesar de los avances en la aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) para la optimización hídrica, como lo evidencian estudios sobre modelos predictivos y análisis de big data que mejoran la eficiencia operativa (Noriega-Murrieta, 2025), la literatura subraya una brecha crítica en su implementación equitativa y adaptada. Específicamente, las soluciones actuales no abordan de manera efectiva la limitada disponibilidad y calidad de datos en entornos rurales, los altos costos de implementación inicial y la integración compleja de fuentes de información heterogéneas (La Escuela del Agua, s.f.). Esta situación genera una profunda desigualdad digital, dejando a las comunidades más vulnerables sin acceso a tecnologías que podrían asegurar su resiliencia hídrica, tal como advierte López Blanco (2025) sobre los riesgos de ampliar las brechas existentes.

Este proyecto surge como la respuesta directa y necesaria a estas limitaciones, proponiendo el desarrollo de la plataforma "IA Territorial para la Gestión Hídrica Inteligente en Zonas Rurales". Al integrar modelos predictivos avanzados basados en datos climáticos y de consumo, junto con un enfoque territorial que considera las particularidades locales y la participación comunitaria, esta iniciativa superará las deficiencias de los enfoques genéricos. La plataforma no solo optimizará la distribución de agua y reducirá el desperdicio mediante una gestión proactiva, sino que también ofrecerá una solución accesible y de bajo costo, diseñada específicamente para cerrar la brecha tecnológica y operativa en la administración de recursos vitales en contextos rurales.

La implementación de esta plataforma es estratégica y oportuna, pues no solo aborda una necesidad crítica en la gestión hídrica rural colombiana, sino que también establece un modelo innovador para la adaptación al cambio climático. Su impacto se proyecta en una mejora sustancial de la eficiencia operativa para las organizaciones gestoras, una mayor resiliencia hídrica para las comunidades rurales y una contribución significativa a la equidad y la sostenibilidad a nivel regional. Este proyecto representa un paso fundamental hacia una gestión del agua más inteligente, justa y preparada para los desafíos del futuro, posicionándose como un catalizador de desarrollo y bienestar en zonas tradicionalmente desatendidas.

4. Marco Teórico y Estado del Arte

4.1. Introducción al Dominio

La gestión de recursos hídricos es un desafío global, acentuado en comunidades rurales por la limitada infraestructura, el acceso desigual y los impactos crecientes del cambio climático (López Blanco, 2025). En este contexto, la Inteligencia Artificial (IA) emerge como una herramienta estratégica para la optimización y sostenibilidad del agua. La IA, a desigual y los impactos crecientes del cambio climático (López Blanco, 2025). En este contexto, la Inteligencia Artificial (IA) emerge como una herramienta estratégica para la optimización y sostenibilidad del agua. La IA, a través de sus diversas ramas como el aprendizaje automático y el análisis de Big Data, permite desarrollar modelos predictivos capaces de procesar grandes volúmenes de información climática, de consumo y de infraestructura para anticipar patrones, identificar anomalías y facilitar la toma de decisiones informadas.

La aplicación de la IA en la gestión hídrica inteligente busca transformar los sistemas tradicionales, a menudo reactivos, en modelos proactivos y eficientes. Esto es particularmente relevante en zonas rurales, donde la digitalización y la implementación de tecnologías avanzadas pueden cerrar brechas significativas en la administración de un recurso vital (Noriega-Murrieta, 2025). El enfoque territorial de la IA implica no solo la aplicación de algoritmos, sino también la consideración de las particularidades geográficas, socioeconómicas y culturales de cada comunidad, promoviendo una gestión más equitativa y resiliente frente a escenarios de escasez o exceso hídrico.

4.2. Revisión de la Literatura (Literature Review)

La literatura reciente subraya la creciente integración de la IA en la gestión del agua. **Noriega-Murrieta (2025)**, en su estudio sobre la "Optimización inteligente de la infraestructura hídrica rural con big data y predicción en Latinoamérica", destaca cómo los modelos predictivos y el análisis de datos masivos han mejorado la eficiencia operativa y la anticipación de fallas en redes de distribución con precisiones de hasta el 85%. Este trabajo enfatiza el impacto positivo de tecnologías como sensores IoT y gemelos digitales en la sostenibilidad del servicio hídrico rural, proporcionando evidencia directa para la aplicabilidad en la región.

Por su parte, **López Blanco (2025)**, en "Inteligencia artificial en la gestión hídrica: retos educativos, éticos y profesionales", reconoce el potencial estratégico de la IA para una gestión sostenible del agua, pero advierte sobre los desafíos éticos, educativos y el riesgo de ampliar las desigualdades si no se garantiza la equidad en el acceso a estas tecnologías, especialmente en regiones en desarrollo. Este autor enfatiza la necesidad de un enfoque interdisciplinario que articule el saber técnico con la reflexión ética y la comprensión del contexto

social.

Olcina Cantos (2024), al analizar la "Planificación y gestión del agua en España en el contexto del cambio climático", si bien se centra en un contexto europeo, resalta la necesidad de una adaptación de la planificación hídrica, pasando de una política de oferta continua a una gestión de la demanda y la incorporación de recursos hídricos alternativos. Estos principios son directamente aplicables a la gestión hídrica rural en Colombia, donde la resiliencia ante el cambio climático es primordial.

En el ámbito de la modelización hidrológica, **Vázquez-Ochoa et al. (2021)** desarrollaron un "Modelo hidrológico, calidad del agua y cambio climático: soporte para la gestión hídrica de la cuenca del río Soto la Marina". Este estudio es relevante porque aborda la disponibilidad y calidad del agua bajo escenarios de cambio climático, demostrando cómo la modelización predictiva es crucial para entender y gestionar los recursos hídricos a largo plazo.

Finalmente, **Sánchez Órdenes (s.f.)** en "Infraestructura multifuncional para la resiliencia hídrica y social de comunidades rurales en zonas áridas", aunque sin año de publicación específico en el resumen, aborda la integración de prácticas locales con nuevas infraestructuras para fomentar la resiliencia en comunidades rurales frente al estrés hídrico y el cambio climático. Este enfoque destaca la importancia de soluciones contextualizadas y participativas, alineándose con la propuesta territorial del proyecto.

4.3. Tecnologías y Enfoques Actuales (State of the Art)

El estado del arte en gestión hídrica inteligente se caracteriza por la convergencia de diversas tecnologías y enfoques. Los **modelos predictivos** basados en algoritmos de aprendizaje automático son fundamentales, utilizando datos históricos y en tiempo real sobre clima, patrones de consumo, niveles de embalses y calidad del agua para prever la demanda y la disponibilidad. Estos modelos permiten una distribución más eficiente y la anticipación de eventos extremos como sequías o inundaciones (Noriega-Murrieta, 2025; Vázquez-Ochoa et al., 2021).

La **Internet de las Cosas (IoT)** juega un papel crucial mediante el despliegue de sensores inteligentes para monitorear parámetros hídricos en tiempo real, incluyendo humedad del suelo, niveles de agua en reservorios, calidad del agua y detección de fugas en la infraestructura. Estos datos son transmitidos a plataformas centralizadas, a menudo basadas en la nube, para su análisis mediante **Big Data y IA** (Noriega-Murrieta, 2025; Telefónica Tech, s.f.). Ejemplos incluyen sistemas de riego inteligente que ajustan el suministro de agua según las condiciones climáticas y del suelo (HydroPoint, s.f.).

Además, el concepto de "**Smart Water**" engloba soluciones tecnológicas avanzadas como la filtración por membranas, la desalinización eficiente y el reciclaje de aguas residuales, maximizando el aprovechamiento del recurso y reduciendo el desperdicio (Stepbywater.com, s.f.). La **gestión de la demanda** se ha vuelto un pilar esencial, utilizando la IA para influir en los patrones de consumo a través de información y tarifas dinámicas, complementando las estrategias de oferta (Olcina Cantos, 2024; Nudelman, 2024). La implementación de **gemelos digitales** también está emergiendo como una técnica para simular y optimizar el rendimiento de la infraestructura hídrica en entornos virtuales antes de su aplicación física (Noriega-Murrieta, 2025).

4.4. Brechas de Conocimiento y Oportunidades (Knowledge Gaps & Opportunities)

A pesar de los avances, existen brechas significativas en la aplicación de la IA para la gestión hídrica inteligente en zonas rurales, particularmente en contextos como el colombiano. Una limitación clave es la **disponibilidad y calidad de los datos**: la implementación de modelos de IA requiere grandes volúmenes de datos precisos y actualizados, lo cual es a menudo un desafío en entornos rurales con infraestructura de monitoreo limitada (La Escuela del Agua, s.f.; Agua.unam.mx, s.f.). La **integración de sistemas y fuentes de datos heterogéneas** representa otro obstáculo, ya que la información puede provenir de distintas entidades y formatos.

Los **costos de implementación inicial** de tecnologías de IA, sensores IoT y la infraestructura de comunicación necesaria (como banda ancha rural) pueden ser prohibitivos para comunidades rurales con recursos limitados (La Escuela del Agua, s.f.; Digital-strategy.ec.europa.eu, s.f.). Además, la **interpretabilidad y confianza en los resultados** de algunos modelos de IA, especialmente los de "caja negra", son puntos críticos que requieren atención para fomentar la adopción por parte de los operadores y usuarios (La Escuela del Agua, s.f.; Agua.unam.mx, s.f.).

Existe una brecha en la **equidad y la inclusión digital**, ya que las soluciones basadas en IA suelen implementarse primero en regiones desarrolladas, lo que puede aumentar las desigualdades tecnológicas en zonas vulnerables (López Blanco, 2025). Esto crea una oportunidad para desarrollar soluciones de IA que sean accesibles, de bajo costo y adaptadas a las realidades específicas de las comunidades rurales, promoviendo la **resiliencia hídrica territorial**. El proyecto propuesto busca abordar estas brechas mediante el desarrollo de una plataforma adaptada, que considere las particularidades locales y promueva la participación comunitaria en la gestión del agua.

5. Objetivos

Objetivo General

Desarrollar e implementar una plataforma de Inteligencia Artificial territorial para la gestión hídrica inteligente que optimice la distribución, reduzca el desperdicio y aumente la resiliencia hídrica en zonas rurales, cerrando la brecha tecnológica y mejorando la calidad de vida de sus comunidades.

Objetivos Específicos

1. Objetivo: Desarrollar y validar una plataforma de IA territorial que integre diversas fuentes de datos para el monitoreo y análisis hídrico en zonas rurales.

- **Específico (S):** Diseñar, desarrollar y probar una plataforma tecnológica que permita la recolección, integración y procesamiento de datos heterogéneos (climáticos, de consumo, de infraestructura y socioeconómicos) relevantes para la gestión del agua en entornos rurales, con un enfoque territorial.
- **Medible (M):** La plataforma deberá integrar exitosamente al menos 4 tipos de fuentes de datos distintas (e.g., estaciones meteorológicas, sensores de flujo, registros históricos de consumo, datos geográficos) con una tasa de éxito de integración de datos del 90% y una disponibilidad del 95% para análisis en un entorno de prueba simulado.

- **Alcanzable (A):** Este objetivo es factible dado el estado actual de las tecnologías de integración de datos y Big Data, y la experiencia del equipo en desarrollo de sistemas inteligentes y gestión de información geográfica.
- **Relevante (R):** Aborda directamente la problemática de la limitada disponibilidad y calidad de datos, y la integración compleja de fuentes de información heterogéneas, sentando las bases para la toma de decisiones informada.
- **Plazo (T):** Completar el desarrollo y la validación de la integración de datos de la plataforma en los primeros 12 meses del proyecto.

2. **Objetivo:** Implementar modelos predictivos avanzados basados en IA para optimizar la distribución y reducir significativamente el desperdicio de agua en sistemas hídricos rurales.

- **Específico (S):** Integrar y validar algoritmos de inteligencia artificial (e.g., machine learning, redes neuronales) dentro de la plataforma para predecir patrones de consumo, detectar anomalías, optimizar rutas de distribución y anticipar la escasez o el exceso de agua.
- **Medible (M):** Los modelos predictivos deberán alcanzar una precisión de pronóstico de la demanda hídrica del 85% y una tasa de detección de anomalías del 90% en escenarios simulados. Se demostrará una reducción potencial del desperdicio de agua de al menos un 15% en los sistemas piloto.
- **Alcanzable (A):** Es realista gracias a los avances en IA y análisis de datos, que permiten el desarrollo de modelos robustos incluso con datos limitados, complementado con técnicas de transferencia de aprendizaje.
- **Relevante (R):** Contribuye directamente a resolver la ineficiencia en la distribución y el significativo desperdicio de agua, que son problemas centrales de la gestión hídrica en zonas rurales.
- **Plazo (T):** Desarrollar, entrenar y validar los modelos predictivos en los primeros 18 meses del proyecto.

3. **Objetivo:** Diseñar e implementar una interfaz de usuario intuitiva y un modelo de despliegue de bajo costo para asegurar la accesibilidad y adopción de la plataforma por parte de las comunidades y gestores rurales.

- **Específico (S):** Crear una interfaz de usuario amigable y modular que facilite la interacción con la plataforma, y desarrollar una estrategia de implementación que minimice los costos iniciales y operativos para las organizaciones gestoras y las comunidades rurales.
- **Medible (M):** La interfaz de usuario obtendrá una puntuación de usabilidad de al menos 4.5 sobre 5 en pruebas con usuarios finales rurales. Se documentará una reducción del 25% en los costos de implementación y operación en comparación con soluciones comerciales equivalentes.
- **Alcanzable (A):** Este objetivo es viable mediante el uso de tecnologías de código abierto, metodologías de diseño centrado en el usuario y la participación activa de las comunidades rurales en el proceso de diseño.

- **Relevante (R):** Aborda la brecha crítica de la desigualdad digital, los altos costos de implementación y la complejidad de las soluciones actuales, garantizando que la tecnología sea útil y adoptable por las poblaciones más vulnerables.
- **Plazo (T):** Completar el diseño de la interfaz y la estrategia de despliegue de bajo costo para el mes 20 del proyecto, con validación final al mes 24.

6. Metodología Propuesta

Framework Seleccionado: Modelo en V de Ingeniería de Sistemas

La selección del Modelo en V de Ingeniería de Sistemas se justifica por la naturaleza integral de este proyecto de I+D. Dada la necesidad de desarrollar una plataforma compleja que integra diversas fuentes de datos (Objetivo 1), implementar modelos predictivos avanzados de IA con requisitos de precisión estrictos (Objetivo 2), y asegurar una interfaz de usuario intuitiva con un despliegue de bajo costo (Objetivo 3), este framework proporciona un enfoque estructurado y riguroso. El Modelo en V enfatiza la verificación y validación en cada etapa del ciclo de vida, lo cual es crucial para garantizar la fiabilidad del sistema, la calidad de la integración de datos y el rendimiento de los modelos de IA, minimizando riesgos y asegurando que el producto final cumpla con todos los objetivos y expectativas.

Fases Principales de la Metodología:

- **Fase 1: Análisis de Requisitos del Sistema** - Se definirán detalladamente todos los requisitos funcionales y no funcionales para la plataforma de IA territorial, la integración de datos, los modelos predictivos y la interfaz de usuario, en colaboración con las comunidades rurales.
- **Fase 2: Diseño del Sistema y Arquitectura** - Se establecerá la arquitectura de alto nivel de la plataforma, incluyendo el diseño de la base de datos, la estructura de los módulos, las interfaces entre componentes y la estrategia de integración de datos.
- **Fase 3: Diseño Detallado de Componentes** - Se especificarán los diseños internos de cada módulo de software, los algoritmos de IA, los protocolos de comunicación con sensores y la lógica de la interfaz de usuario.
- **Fase 4: Implementación y Codificación** - Se procederá al desarrollo del código fuente de los módulos, la configuración de la infraestructura de datos, el entrenamiento de los modelos de IA y la construcción de la interfaz de usuario.
- **Fase 5: Pruebas Unitarias** - Cada componente o módulo desarrollado será verificado individualmente para asegurar que funciona correctamente y cumple con su diseño específico.
- **Fase 6: Pruebas de Integración** - Se probará la interacción y comunicación entre los diferentes módulos y subsistemas para asegurar que funcionan de manera conjunta como se espera.
- **Fase 7: Pruebas del Sistema** - La plataforma completa será validada contra todos los requisitos del sistema definidos en la Fase 1, evaluando su rendimiento, seguridad y funcionalidad general en un entorno simulado.

- **Fase 8: Pruebas de Aceptación por el Usuario (UAT)** - Las comunidades y gestores rurales participarán en la validación final de la plataforma, asegurando que cumple con sus necesidades operacionales y expectativas de usabilidad y adopción.
- **Fase 9: Despliegue, Operación y Mantenimiento** - La plataforma será implementada en un entorno real, se establecerán los protocolos de operación y se definirá un plan para su mantenimiento y evolución continua.

7. Plan de Ejecución y Gestión

Cronograma de Actividades

7.1. Cronograma de Actividades

Fase	Actividad / Hito Clave	Entregable Principal	Duración Estimada (Semanas)
Fase 1: Análisis de Requisitos del Sistema	<i>Definición detallada de requisitos funcionales y no funcionales en colaboración con las comunidades rurales.</i>	6	
1.1. Levantamiento y análisis de requisitos funcionales y no funcionales de la plataforma y datos.	Documento de Requisitos del Sistema (DRS)	4	
1.2. Especificación de requisitos técnicos para los modelos de IA y sus fuentes de datos.	Especificación de Requisitos de IA	2	
Fase 2: Diseño del Sistema y Arquitectura	<i>Establecimiento de la arquitectura de alto nivel, diseño de base de datos y estrategia de integración de datos.</i>	8	
2.1. Diseño de la arquitectura general de la plataforma y esquema de la base de datos.	Documento de Arquitectura del Sistema (DAS)	5	
2.2. Elaboración de la estrategia y protocolos para la integración de datos heterogéneos.	Plan de Integración de Datos	3	
Fase 3: Diseño Detallado de Componentes	<i>Especificación de diseños internos de módulos, algoritmos de IA y lógica de la interfaz de usuario.</i>	10	

3.1. Diseño detallado de módulos de software, APIs y componentes de microservicios.	Documentos de Diseño Detallado de Módulos (DDDM)	5	
3.2. Diseño de los algoritmos de inteligencia artificial y modelos predictivos.	Especificaciones de Algoritmos de IA	5	
Fase 4: Implementación y Codificación	<i>Desarrollo del código fuente, configuración de infraestructura de datos, entrenamiento de modelos de IA y construcción de la interfaz.</i>	28	
4.1. Desarrollo de los módulos backend de la plataforma y configuración de la infraestructura de datos.	Código Fuente de la Plataforma (Módulos Backend)	12	
4.2. Implementación y entrenamiento de los modelos predictivos de IA.	Modelos de IA Entrenados v1.0	10	
4.3. Desarrollo frontend de la interfaz de usuario.	Código Fuente de la Interfaz de Usuario	6	
Fase 5: Pruebas Unitarias	<i>Verificación individual de cada componente o módulo para asegurar su correcto funcionamiento.</i>	6	
5.1. Ejecución de pruebas unitarias para los módulos de la plataforma y APIs.	Informes de Pruebas Unitarias (Plataforma)	3	
5.2. Ejecución de pruebas unitarias para los algoritmos y modelos de IA.	Informes de Pruebas Unitarias (Modelos IA)	3	
Fase 6: Pruebas de Integración	<i>Pruebas de interacción y comunicación entre los diferentes módulos y subsistemas.</i>	6	
6.1. Pruebas de integración de la plataforma con las diversas fuentes de datos.	Informe de Pruebas de Integración (Datos)	3	
6.2. Pruebas de integración de los modelos de IA con la plataforma y UI.	Informe de Pruebas de Integración (IA/UI)	3	
Fase 7: Pruebas del Sistema	<i>Validación de la plataforma completa contra todos los requisitos del sistema en un entorno simulado.</i>	8	

7.1. Pruebas de rendimiento, escalabilidad y seguridad del sistema completo.	Informe de Pruebas del Sistema (Rendimiento/Seguridad)	4	
7.2. Validación de la precisión y fiabilidad de los modelos predictivos de IA.	Informe de Validación de Modelos IA	4	
Fase 8: Pruebas de Aceptación por el Usuario (UAT)	<i>Participación de las comunidades y gestores rurales en la validación final de la plataforma.</i>	8	
8.1. Diseño y ejecución de casos de prueba centrados en el usuario con participantes rurales.	Plan de Pruebas UAT	4	
8.2. Recopilación y análisis de feedback de usuarios para ajustes y mejoras.	Informe de Feedback de Usuarios y Ajustes	4	
Fase 9: Despliegue, Operación y Mantenimiento	<i>Implementación de la plataforma en un entorno real, establecimiento de protocolos de operación y plan de mantenimiento.</i>	16	
9.1. Preparación de la estrategia de despliegue de bajo costo y documentación técnica/de usuario.	Estrategia de Despliegue y Documentación	8	
9.2. Implementación piloto de la plataforma en zonas rurales seleccionadas y capacitación a usuarios.	Plataforma en Operación (Piloto)	4	
9.3. Establecimiento de protocolos de operación, monitoreo y plan de mantenimiento evolutivo.	Plan de Operación y Mantenimiento	4	

Matriz de Riesgos

7.2. Matriz de Riesgos

#	Riesgo Potencial	Probabilidad	Impacto	Estrategia de Mitigación
---	------------------	--------------	---------	--------------------------

1	Dificultad en la Recopilación y Validación de Requisitos con Comunidades Rurales Relacionado con: Fase 1: Análisis de Requisitos del Sistema (1.1. Levantamiento y análisis de requisitos)	Medium	High	Implementar talleres de diseño participativo con líderes comunitarios y usuarios clave, utilizando ayudas visuales. Establecer múltiples ciclos de retroalimentación y asegurar la participación de facilitadores locales con conocimiento cultural.
2	Modelos de IA no Alcanzan la Precisión o Fiabilidad Requerida Relacionado con: Fase 4: Implementación y Codificación (4.2. Implementación y entrenamiento de los modelos predictivos de IA) y Fase 7: Pruebas del Sistema (7.2. Validación de la precisión y fiabilidad de los modelos predictivos de IA)	Medium	High	Realizar una exploración y preprocesamiento de datos robusto desde el inicio. Emplear diversas técnicas de IA (ej. métodos de ensamble, aprendizaje por transferencia). Establecer métricas claras de rendimiento al principio del proyecto y realizar evaluación continua y refinamiento iterativo de los modelos. Considerar modelos más simples como respaldo.
3	Retrasos en la Integración de Fuentes de Datos Heterogéneas Relacionado con: Fase 2: Diseño del Sistema y Arquitectura (2.2. Elaboración de la estrategia y protocolos para la integración de datos heterogéneos) y Fase 6: Pruebas de Integración (6.1. Pruebas de integración de la plataforma con las diversas fuentes de datos)	High	Medium	Realizar un análisis detallado de las fuentes de datos en fases tempranas. Definir APIs claras y contratos de datos. Utilizar middleware o plataformas de integración de datos. Desarrollar un plan de integración incremental con pruebas tempranas y asignar tiempo de contingencia en el cronograma.
4	Baja Adopción o Resistencia por Parte de los Usuarios Finales (Comunidades Rurales) Relacionado con: Fase 8: Pruebas de Aceptación por el Usuario (UAT) y Fase 9: Despliegue, Operación y Mantenimiento (9.2. Implementación piloto de la plataforma en zonas rurales seleccionadas y capacitación a usuarios)	Medium	High	Involucrar a los usuarios desde la fase inicial de levantamiento de requisitos (Fase 1). Diseñar una interfaz de usuario intuitiva y amigable. Proporcionar capacitación integral y culturalmente sensible, junto con soporte continuo. Destacar los beneficios tangibles del sistema. Realizar programas piloto con "campeones" locales.
5	Problemas de Infraestructura y Conectividad en Zonas Rurales para el Despliegue Relacionado con: Fase 9: Despliegue, Operación y Mantenimiento (9.1. Preparación de la estrategia de despliegue de bajo costo y 9.2. Implementación piloto de la plataforma en zonas rurales seleccionadas)	High	Medium	Diseñar el sistema para operar eficientemente con ancho de banda limitado y conectividad intermitente (ej. capacidades offline, sincronización de datos). Explorar soluciones de hardware de bajo costo (ej. computación en el borde). Realizar evaluaciones de sitio tempranas y establecer alianzas con proveedores de telecomunicaciones locales o centros comunitarios.

8. Resultados e Impactos Esperados

8.1. Resultados Esperados (Entregables)

- **Plataforma de IA Territorial para la Gestión Hídrica:** Una plataforma tecnológica integral y validada que integra exitosamente diversas fuentes de datos (climáticos, de consumo, infraestructura y socioeconómicos) para el monitoreo y análisis hídrico en zonas rurales, conforme al Objetivo Específico 1.
- **Modelos Predictivos de IA Operativos:** Un conjunto de algoritmos de inteligencia artificial (machine learning, redes neuronales) integrados y validados dentro de la plataforma, capaces de predecir la demanda hídrica, detectar anomalías y optimizar la distribución, logrando una reducción potencial del desperdicio de agua, conforme al Objetivo Específico 2.
- **Interfaz de Usuario Intuitiva y Modular:** Una interfaz de usuario diseñada bajo principios de usabilidad y centrada en el usuario rural, que facilita la interacción con la plataforma y el acceso a la información y funcionalidades, conforme al Objetivo Específico 3.
- **Estrategia y Modelo de Despliegue de Bajo Costo:** Un plan detallado y validado para la implementación y operación de la plataforma, que minimiza los costos iniciales y operativos, asegurando su accesibilidad y adopción por parte de las comunidades y gestores rurales, conforme al Objetivo Específico 3.

8.2. Impactos Esperados

- **Impacto Técnico/Científico:**

Este proyecto avanzará significativamente el estado del arte en la aplicación de la Inteligencia Artificial y el análisis territorial para la gestión hídrica, especialmente en contextos rurales. Se desarrollarán nuevas metodologías para la integración de datos heterogéneos y la creación de modelos predictivos robustos en entornos con información limitada. La plataforma creará un nuevo paradigma para la toma de decisiones basada en datos, sentando las bases para futuras investigaciones en resiliencia hídrica y cierre de la brecha tecnológica en áreas rurales.

- **Impacto Económico:**

La optimización de la distribución y la reducción del desperdicio de agua en al menos un 15% generarán ahorros sustanciales en los costos operativos para las organizaciones gestoras y las comunidades rurales. La implementación de un modelo de despliegue de bajo costo (reducción del 25% frente a soluciones comerciales) facilitará la adopción masiva, mejorando la eficiencia y la sostenibilidad económica de los sistemas hídricos rurales. Esto contribuirá a una mayor competitividad y seguridad hídrica, mitigando riesgos económicos asociados a la escasez.

- **Impacto Social/Ambiental:**

Socialmente, el proyecto mejorará directamente la calidad de vida de las comunidades rurales al garantizar un acceso más equitativo y resiliente al agua potable, reduciendo la incertidumbre y el estrés asociados a su gestión. Empoderará a los gestores y usuarios con herramientas intuitivas para la toma de decisiones informadas, cerrando la brecha digital y fomentando la participación comunitaria. Ambientalmente, la significativa reducción del desperdicio de agua y la optimización de su uso contribuirán a la conservación de un recurso vital, promoviendo prácticas de gestión más sostenibles y aumentando la resiliencia de los ecosistemas hídricos frente al cambio climático.

9. Referencias Bibliográficas

- Agua.unam.mx. (s.f.). AGUA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL. Recuperado de <https://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/impluvium/numero32.pdf>
- Cruz-Ángeles, J. (2024). Inteligencia Artificial y Seguridad Hídrica: desafíos y oportunidades para el Derecho de la Unión Europea. *Revista Española de Derecho Europeo*, (2), 177-198.
- Digital-strategy.ec.europa.eu. (s.f.). *La banda ancha rural permite una gestión del agua inteligente y* Recuperado de <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/library/rural-broadband-enables-smart-and-responsible-water-management>
- HydroPoint. (s.f.). *Tecnologías - Agua y Agricultura* IICA. Recuperado de <https://aguayagricultura.iica.int/tecnologias>
- La Escuela del Agua. (s.f.). *Inteligencia Artificial y gestión del Agua*. Recuperado de <https://www.laescueladelagua.com/ia-y-gestion-del-agua/>
- López Blanco, I. A. (2025). Inteligencia artificial en la gestión hídrica: retos educativos, éticos y profesionales. *Revista Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad*, 2(1), 1-15.
- Noriega-Murrieta, J. (2025). Optimización inteligente de la infraestructura hídrica rural con big data y predicción: Evidencias para Latinoamérica. *Revista de Investigación en Ciencias de la Computación y Sistemas de Información*, 1(1), 1-12.
- Nudelman, M. (2024). Participación y modelos de simulación. El caso de la gestión del agua. *Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación Social*, 14(2), 1-10.
- Olcina Cantos, J. (2024). Planificación y gestión del agua en España en el contexto del cambio climático. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 96, 1-25.
- Sánchez Órdenes, E. (s.f.). *Infraestructura multifuncional para la resiliencia hídrica y social de comunidades rurales en zonas áridas: el paisaje cultural de la Quebrada de Totoral Bajo*. [Tesis doctoral/Maestría, Universidad Politécnica de Madrid].
- Stepbywater.com. (s.f.). *Smart Water: Cómo la tecnología puede transformar la gestión hídrica*. Recuperado de <https://stepbywater.com/smart-water-como-la-tecnologia-puede-transformar-la-gestion-hidrica/>
- Telefónica Tech. (s.f.). *Riego Inteligente en agricultura: eficiencia y sostenibilidad* Recuperado de <https://telefonicatech.com/blog/riego-inteligente-en-agricultura-eficiencia-y-sostenibilidad-con-iot>
- Vázquez-Ochoa, L. A., Correa-Sandoval, A., Vargas-Castilleja, R. del C., Vázquez-Sauceda, M. de la L., & Rodríguez-Castro, J. (2021). Modelo hidrológico, calidad del agua y cambio climático: soporte para la gestión hídrica de la cuenca del río Soto la Marina. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 12(4), 1-20.