

Prototype of a Device for Fire Warning in Agricultural Areas in Puno - Peru

Nylder Baca-Terroba, Bach¹, Abby Torres-Barboza, Bach², Matias Valdivia-Naveros, Bach³, Camila Juarez-Alvarez, Lic⁴, Paola Meza Gomez, Mg⁵, Edmundo Aparicio-Maldonado, Mg⁶, Jaime Villegas-Medina, Mg.⁷
Universidad Católica de Santa María, Peru,
¹nylder.baca@estudiante.ucsm.edu.pe, ²abby.torres@estudiante.ucsm.edu.pe, ³matias.valdivia@estudiante.ucsm.edu.pe,
⁴71625685@estudiante.ucsm.edu.pe, ⁵pmezag@ucsm.edu.pe, ⁶eapario@ucsm.edu.pe, ⁷jvillegasmedina@ucsm.edu.pe

Abstract– *In agricultural areas, early and effective fire detection is crucial to mitigate significant economic and environmental losses. In Peru, more than 2,000 forest fires were reported in 2020, affecting vast agricultural areas and causing considerable damage to local production and biodiversity. These statistics highlight the urgency of implementing advanced technologies for fire prevention and management in the country. This article presents an advanced agricultural fire detection system that uses solar energy and subway batteries to operate autonomously and sustainably. This system incorporates state-of-the-art smoke and fire detectors, audible alerts, and a camera with real-time transmission to a mobile application. In addition, it is crucial to gauge satisfaction and feedback on the prototype to ensure that it meets and needs of the users.*

Keywords– *Early fire detection, photovoltaic power, electronic board, audible alerts, mobile application.*

Prototipo de Dispositivo para Alerta de Incendios en Zonas Agrícolas en Puno - Perú

Nylder Baca-Terroba, Bach¹, Abby Torres-Barboza, Bach², Matias Valdivia-Naveros, Bach³, Camila Juarez-Alvarez, Lic⁴, Paola Meza Gomez, Mg⁵, Edmundo Aparicio-Maldonado, Mg⁶, Jaime Villegas-Medina, Mg.⁷

Universidad Católica de Santa María, Peru,

¹nylder.baca@estudiante.ucsm.edu.pe, ²abby.torres@estudiante.ucsm.edu.pe, ³matias.valdivia@estudiante.ucsm.edu.pe,

⁴71625685@estudiante.ucsm.edu.pe, ⁵pmezag@ucsm.edu.pe, ⁶eapario@ucsm.edu.pe, ⁷jvillegasmedina@ucsm.edu.pe

Resumen— En áreas agrícolas, la detección temprana y efectiva de incendios es crucial para mitigar pérdidas económicas y ambientales significativas. En Perú, se reportaron más de 2,000 incendios forestales en 2020, afectando vastas áreas agrícolas y causando daños considerables a la producción local y la biodiversidad. Estas estadísticas destacan la urgencia de implementar tecnologías avanzadas para la prevención y gestión de incendios en el país. Este artículo presenta un sistema avanzado de detección de incendios agrícolas que utiliza energía solar y baterías subterráneas para operar de manera autónoma y sostenible. Este sistema incorpora sensores de humo y fuego, alertas audibles y una cámara con transmisión en tiempo real a una aplicación móvil. Además, es crucial medir la satisfacción y opiniones sobre el prototipo para asegurar que cumpla con las expectativas y necesidades de los usuarios.

Palabras Claves: Detección temprana de incendios, energía fotovoltaica, placa electrónica, alertas audibles, aplicación móvil

I. INTRODUCCIÓN

La productividad agrícola es un factor clave en la seguridad alimentaria de cualquier región, ya que la disponibilidad y acceso a alimentos dependen en gran medida de la eficiencia y capacidad de los sistemas agrícolas para producir cultivos de manera constante y sostenible, necesario para una sociedad que está en constante crecimiento.

En el presente año en Perú, se han registrado 759 incendios forestales en territorio nacional, afectando a más de 6 mil hectáreas, generando a la población y a los agricultores frustración, por no saber cómo prevenir los incendios en las zonas agrícolas [1].

Los incendios provocan serios efectos en la salud y la vida de las personas, además del deterioro ambiental. Es importante destacar que el 98 % de los incendios forestales son causados por la actividad humana, principalmente debido a la acción de quemar para eliminar residuos en terrenos agrícolas. Desde el año 2000 hasta la actualidad, se han reportado más de 37,214 incendios forestales o de vegetación en todo el país, según datos del MINAM (Ministerio del Ambiente) [2].

Otra consecuencia negativa de los incendios en zonas agrícolas son las pérdidas económicas, debido a que los incendios destruyen los campos de cultivo, afectando de manera directa a la producción. También, los sistemas de riego, cercas y almacenes que se encuentran en las zonas, muchas veces son afectados por el siniestro, siendo dañadas o en su mayoría de veces destruidas, generando mayores gastos por parte de los agricultores. Los incendios a su vez degradan la calidad del suelo, afectando su fertilidad y capacidad productiva. Esto impacta de forma negativa en futuras cosechas, reduciendo la productividad a largo plazo y generando aumento en costos operativos para poder darle una rehabilitación a la tierra.

Lamentablemente, los métodos de detección actuales carecen de precisión y monitoreo en tiempo real; esto genera una motivación al desarrollo de soluciones avanzadas. Este artículo presenta un enfoque innovador que utiliza tecnología solar para mejorar la eficiencia de detección y los tiempos de respuesta en incendios agrícolas. Por ello, se propone esta solución para mitigar los impactos negativos y proteger las actividades agrícolas en la región.

En este contexto, la presente investigación se organiza en secciones que abordan los antecedentes tecnológicos, la metodología aplicada, el diseño del prototipo, los resultados obtenidos de las encuestas y finalmente las conclusiones y recomendaciones.

II. ANTECEDENTES

En el 2020 se realizó un estudio sobre un sistema integrado de detección de incendios que utiliza la IoT (Internet de las Cosas) y la técnica de procesamiento de imágenes para ciudades inteligentes, la propuesta se basaba en sensores para monitorear parámetros ambientales y procesar la información a través de sensores y aplicaciones de IoT. El sistema de detección de incendios propuesto es la combinación de tecnologías de sensores inalámbricos, UAV y computación en la nube [3].

Además, en otra investigación se presentó el prototipo de una unidad de videovigilancia para reconocer y señalar la

presencia de incendios forestales mediante la explotación de dos algoritmos de aprendizaje automático integrados que se ejecutan en un dispositivo de bajo consumo. Los modelos toman muestras de audio e imágenes como sus respectivas entradas, lo que permite la detección oportuna de incendios [4].

Por otro lado, existe otro estudio donde se propuso la utilización de técnicas de inteligencia artificial, específicamente Deep Learning con redes neuronales convolucionales (CNN), para abordar este problema. Este sistema propuesto analiza imágenes en tiempo real capturadas por cámaras IP y almacenadas en un servidor en la nube. Su objetivo principal es detectar señales de incendios y notificar rápidamente a los usuarios a través de una aplicación móvil, asegurando el conocimiento oportuno. Durante las evaluaciones, el modelo logró una precisión del 93,07 % [5].

De igual forma se generó un sistema agrícola inteligente de dos etapas de extremo a extremo basado en DRL. En la etapa uno, se propuso el modelo DQN habilitado por ACO (MACO-DQN) para descargar tareas que incluyen detección de incendios, detección de plagas, monitoreo del crecimiento de cultivos, programación de riego, monitoreo del suelo, monitoreo del clima, monitoreo de campo, etc. El modelo MACO-DQN descarga la tarea a dispositivos de red de borde, niebla o nube según la latencia, el consumo de energía y la potencia de cómputo. Una vez que la tarea se descarga a los dispositivos informáticos (borde, niebla o nube), la tarea de predicción y monitoreo de varias actividades agrícolas se realiza en la etapa dos. En la segunda etapa, propusimos un modelo DQN basado en DRL (RL-DQN) para predecir y monitorear actividades de tareas agrícolas [6].

III. METODOLOGÍA

Según [7], para calcular el tamaño de la muestra de una población finita, se utiliza la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \dots (1)$$

Donde:

p: Proporción de individuos que tienen una característica.

q: Proporción de individuos que no tienen la característica.

Z: El número de unidades de desviación (Se utilizará el 90%, siendo el valor de $Z = 1.645$).

N: Tamaño de la población.

d: El error muestral considerado (Se utilizará el 90% siendo el valor de $d = 0.1$).

n: Tamaño de la muestra de la población.

Considerar, que el tamaño de la población (N) será la población total de la ciudad de Puno en Perú, y según el Instituto Nacional de Estadística e Informática [8], es de 1.172 697 habitantes.

$$n = \frac{1172697 * 1.645^2 * 0.5 * 0.5}{0.1^2 * (1172697 - 1) + 1.645^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 100 \text{ encuestas}$$

Con el fin de complementar la validación técnica del dispositivo propuesto, se aplicó una encuesta estructurada a 100 pobladores de zonas agrícolas de la región de Puno.

El objetivo de la encuesta fue medir tres aspectos fundamentales:

- 1) El nivel de percepción del riesgo frente a incendios agrícolas,
- 2) La aceptación social de un sistema de alerta temprana basado en IoT y energía solar,
- 3) La disposición de los agricultores a recomendar o adoptar este tipo de tecnología.

El cuestionario incluyó 12 preguntas, con ítems cerrados (opción múltiple), dicotómicos (sí/no) y escala Likert de 5 puntos (1 = muy en desacuerdo, 5 = muy de acuerdo).

La selección de encuestados fue no probabilística, abarcando agricultores, comuneros y representantes de juntas de usuarios de riego en Puno. El instrumento fue aplicado presencialmente en un lapso de dos semanas, con una duración promedio de 10 minutos por participante.

Este diseño metodológico permitió recoger información cuantitativa y cualitativa que complementa los resultados técnicos del prototipo, fortaleciendo el rigor científico de la propuesta.

IV. MÉTODOS Y MATERIALES

Para el desarrollo de la propuesta se ha utilizado los siguientes componentes:

- Caja protectora: Elaborada con material resistente al fuego para proteger los componentes electrónicos
- Placa electrónica: Encargada del procesamiento de información y gestión de energía [9].
- Sensor de gas: Detecta gases generados por la combustión, esencial para la detección temprana de incendios [10].
- Regulador de voltaje: Controla y estabiliza el voltaje para asegurar un funcionamiento estable del sistema [9].
- Módulo GSM: Permite la comunicación remota para enviar alertas sobre la detección de incendios [10].
- Cámara web: Fotografía el área de detección del incendio y transmite imágenes al aplicativo móvil para alertas visuales.
- Megáfonos: Emite alertas audibles para notificar sobre la presencia de incendios, asegurando que las personas cercanas sean alertadas rápidamente.

- Paneles fotovoltaicos: Captan y convierten la energía solar en eléctrica para garantizar el funcionamiento continuo del sistema [9].

V. PRESUPUESTO

Para el desarrollo de la propuesta se especificó los equipos y materiales necesarios, es importante mencionar que los precios están en dólares americanos.

TABLA I
PRESUPUESTO ESTIMADO DEL PROTOTIPO DE DISPOSITIVO DE ALERTA DE INCENDIOS

Componentes	Cantidad	Precio
Placa Electrónica	1	\$/ 105
Sensor de gas		\$/ 20
Sistema fotovoltaico (Panel, Controlador y Batería)	1	\$/ 600
Modulo GSM	1	\$/ 35
Megáfono	1	\$/ 25
Cámara Web	1	\$/35
Caja protectora	1	\$/ 30
Regulador de voltaje 5V	1	\$/ 20
	Total	\$/ 870

VI. DISEÑO DE LA PROPUESTA

El sistema de detectores de incendios y humo está diseñado para ser desplegado en zonas específicas de interés agrícola, aprovechando una fuente de energía esférica cargada por un panel solar principal con respaldos adicionales. Esto garantiza un suministro energético confiable incluso en condiciones climáticas adversas o periodos prolongados de baja luz solar. Cada unidad de detector incluye un módulo de cámara compacto integrado, que captura fotografías detalladas de los eventos de incendio o humo.

Al detectar la presencia de incendios o humo, el sistema transmite inmediatamente las imágenes capturadas a una aplicación móvil especialmente desarrollada. Esta aplicación permite a los agricultores visualizar en tiempo real la ubicación precisa y la magnitud del incidente, facilitando decisiones rápidas sobre acciones de respuesta. Los agricultores pueden evaluar la gravedad de la situación y aplicar medidas necesarias para proteger efectivamente cultivos y vida silvestre.

La integración de esta tecnología ofrece numerosas ventajas. Empodera a los agricultores con capacidades de alerta temprana, permitiendo medidas de combate proactivas para mitigar posibles pérdidas. Además, la integración fluida con servicios de bomberos locales y autoridades garantiza una intervención rápida y esfuerzos coordinados para contener y extinguir incendios de manera eficiente.

La propuesta de automatización del sistema de detección de humo en áreas agrícolas se enfoca en integrar tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia y la respuesta ante emergencias. Esto incluye la implementación de detectores de humo y fuego de última generación con sensores de temperatura para una detección precisa y temprana. Además, se establecerá un sistema de energía sostenible mediante paneles solares y baterías de respaldo, garantizando operación continua incluso en condiciones adversas. La automatización centralizada permitirá monitoreo en tiempo real a través de una plataforma basada en la nube, con capacidad para generar alertas automáticas y coordinar respuestas rápidas con autoridades locales, fortaleciendo así la capacidad de mitigación de riesgos y protección de cultivos y recursos naturales.

Esta propuesta no solo busca mejorar la seguridad agrícola, sino también promover prácticas sostenibles al reducir el impacto ambiental y aumentar la eficiencia operativa. La integración de inteligencia artificial para el análisis de datos y la respuesta automatizada ante emergencias garantizará una gestión proactiva de incidentes, facilitando decisiones informadas y rápidas por parte de los agricultores y las autoridades competentes. Con una implementación adecuada y una planificación de expansión futura, este sistema no solo optimizará la detección de humo en entornos agrícolas, sino que también sentará las bases para una gestión más efectiva y sostenible de emergencias en el sector agrícola a largo plazo (ver fig. 1).

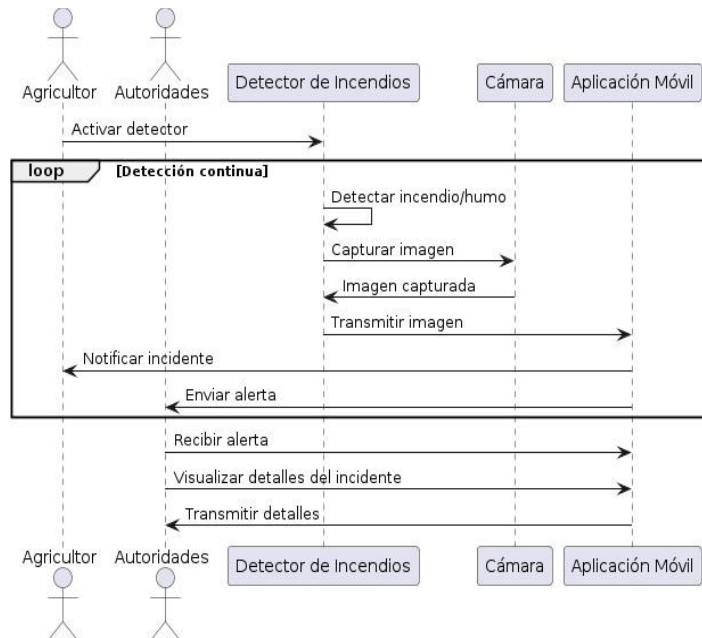


Fig. 1 Diagrama de proceso

En comparación con métodos tradicionales de detección (como rondas manuales o alarmas convencionales), el prototipo propuesto presenta varias ventajas:

- Funciona de manera autónoma gracias al sistema fotovoltaico, asegurando operación continua sin depender de la red eléctrica.
- Integra detección múltiple (sensor de gas + cámara + módulo GSM), lo que aumenta la precisión frente a falsas alarmas.
- Permite la transmisión en tiempo real a una aplicación móvil, brindando a los agricultores información inmediata sobre la ubicación y magnitud del incendio.
- Ofrece una solución escalable y de bajo costo relativo, en contraste con sistemas basados en drones o estaciones fijas de alto costo.

Estas características lo convierten en una alternativa viable y sostenible para comunidades agrícolas con recursos limitados, ya que en el transcurso del tiempo logra pagarse lo invertido.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las encuestas aplicadas a los agricultores de Puno validan la pertinencia del prototipo, destacando su efectividad percibida en la protección de cultivos, la precisión en la detección de incendios y la utilidad de la aplicación móvil. Estos hallazgos confirman su factibilidad técnica y social, además de resaltar su potencial para fortalecer la gestión ambiental y la respuesta ante emergencias en el sector agrícola.

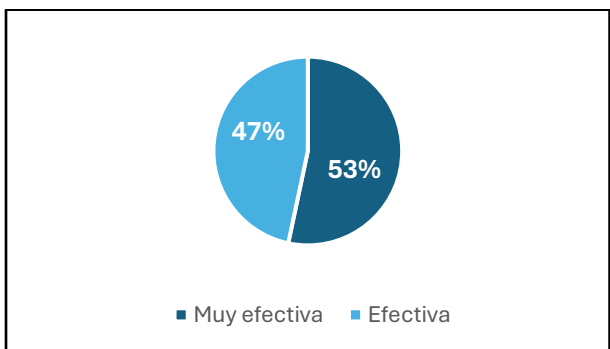


Fig. 2 Protección de cultivos y recursos naturales:

Los encuestados consideran que el sistema propuesto es efectiva en la protección de cultivos y recursos naturales. Esto indica una percepción positiva sobre la capacidad del sistema para mitigar riesgos y minimizar impactos ambientales (ver fig. 2)

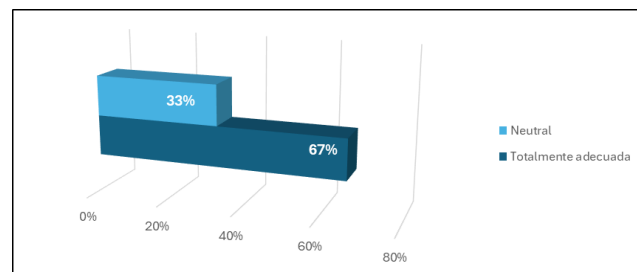


Fig. 3: Integración del sistema fotovoltaico

El 67% considera que la integración de un sistema fotovoltaico es adecuado para garantizar la operación continua del sistema, reflejando confianza en su capacidad para mantenerse operativo incluso en condiciones adversas (ver fig.3).

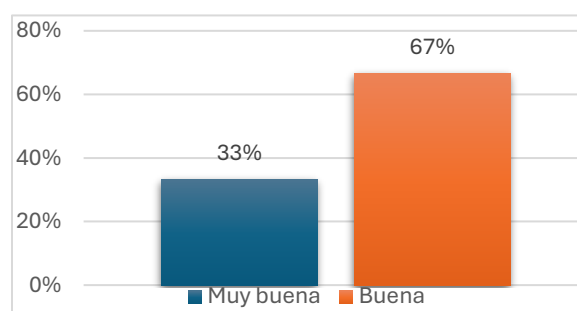


Fig. 4 Coordinación y respuesta con autoridades locales:

Todos considera que la propuesta ofrece una buena coordinación y respuesta con las autoridades locales y servicios de emergencia, lo cual es esencial para una gestión efectiva de situaciones de emergencia (ver fig. 4).

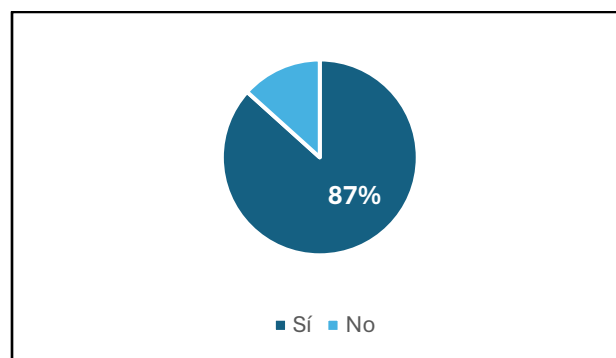


Fig. 5: Efectividad en situaciones reales de emergencia

El 87% cree que la propuesta sería efectiva en situaciones reales de emergencia, lo cual es un indicativo positivo de confianza en la capacidad del sistema para cumplir su propósito principal (ver fig. 5).

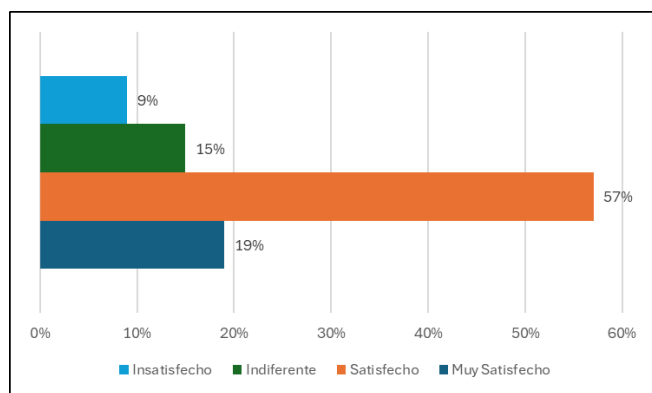


Fig. 6 Satisfacción de la propuesta

El 76% de los encuestados se siente satisfecho con la propuesta presentada del sistema es adecuada, lo cual es crucial para una respuesta rápida y precisa ante emergencias de humo e incendios (ver fig. 5).

La mayoría de los encuestados estaría dispuesta a recomendar esta propuesta del sistema de detección de humo a otros agricultores o entidades similares, destacando una aceptación generalizada y confianza en sus beneficios, ya que les beneficiara a largo plazo [3].

Los resultados de la encuesta indican una recepción mayoritariamente positiva hacia la propuesta del sistema de detección de humo en áreas agrícolas. La efectividad percibida en la protección de cultivos, la precisión de detección, y la utilidad de la aplicación móvil son puntos destacados que refuerzan la viabilidad y el valor agregado del sistema. Además, la adecuada integración del sistema fotovoltaico [12] y la capacidad de coordinación con autoridades locales [13] son aspectos valorados positivamente por los encuestados.

Sin embargo, algunas sugerencias adicionales podrían incluir mejoras en la interoperabilidad con otros sistemas de emergencia [14], la expansión de capacidades de análisis de datos para una respuesta aún más proactiva [4], y la consideración de costos operativos a largo plazo. Estas mejoras podrían fortalecer aún más la implementación y adopción del sistema en diferentes contextos agrícolas

VIII. CLIENTES

El presente proyecto tiene como nicho de mercado las juntas de usuarios de la región de Puno [15].

- Junta De Usuarios Del Distrito De Riego Inambari Carabaya
- Junta De Usuarios Del Distrito De Riego Ramis
- Junta De Usuarios De Agua Del Sector Hidráulico Menor Huancané

- Junta De Usuarios Del Sector Hidráulico Menor Cabanillas – Lampa
- Junta De Usuarios De Agua Ilave

La junta de usuarios es una agrupación que reúne a todos los propietarios de una zona de riego, quienes se asocian de manera obligatoria según la Ley, con el objetivo de gestionar de manera autónoma y colectiva las aguas públicas, sin fines de lucro, con el fin de que se pueda mejorar los servicios.

La junta de usuarios deberá considerar invertir en un sistema de alarma contra incendios para las zonas agrícolas debido a que sus beneficios están directamente relacionados con la protección de los recursos, la productividad y la seguridad alimentaria.

Un sistema de alarma contra incendios en zonas agrícolas protege los recursos productivos y la infraestructura de riego, previniendo daños a cultivos, maquinarias y suelos que podrían afectar la seguridad alimentaria y generar pérdidas económicas. Además, mitiga el impacto ambiental al evitar la destrucción de vegetación y biodiversidad. Esta inversión fortalece la resiliencia de la comunidad ante desastres, garantizando la continuidad de la producción y el cumplimiento de regulaciones de seguridad, beneficiando así a toda la comunidad.

IX. CONCLUSIÓN

Basado en la encuesta, el 76% considera que el sistema de detección de humo en áreas agrícolas satisface para proteger cultivos y recursos naturales, con una alta precisión de detección y adecuada integración con un sistema fotovoltaico que logra tener disponibilidad de energía los 365 días del año, además con la integración de una aplicación móvil es valorada por su utilidad en la gestión de alertas, como la coordinación con autoridades locales es vista como buen complemento, siendo percibida efectiva en situaciones de emergencia y recomendada ampliamente en su implementación.

X. RECONOCIMIENTO

Expresar nuestro sincero agradecimiento a la Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales de la Universidad Católica de Santa María, en particular a la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Católica de Santa María, por proporcionarnos los conocimientos fundamentales que han sido de gran ayuda en la elaboración de este documento científico.

XI. REFERENCIAS

- [1] Diario La República, "La República Sostenible," La República, [En línea]. Disponible en: <https://especial.larepublica.pe/la-republica-sostenible>. [Accedido: 14-ago-2024]
- [2] Ministerio del Ambiente Perú, "Ministerio del Ambiente realiza monitoreo de condiciones que podrían provocar incendios forestales,"

- Gob.pe, [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/948870-ministerio-del-ambiente-realiza-monitoreo-de-condiciones-que-podrian-provocar-incendios-forestales>. [Accedido: 14-ago-2024].
- [3] A. Sharma, P. Singh, y Y. Kumar, "An Integrated Fire Detection System using IoT and Image Processing Technique for Smart Cities," *Sustainable Cities and Society*, vol. 61, p. 102332, 2020, doi: 10.1016/j.scs.2020.102332.
 - [4] G. Peruzzi, A. Pozzebon, y M. Van Der Meer, "Fight Fire with Fire: Detecting Forest Fires with Embedded Machine Learning Models Dealing with Audio and Images on Low Power IoT Devices," *Sensors*, vol. 23, p. 783, 2023, doi: 10.3390/s23020783.
 - [5] L. Said, H. Touati, A. Herida, S. Kerbab, y A. Sairi, "An AI-based Image Recognition System for Early Detection of Forest and Field Fires," *European Journal of Forest Engineering*, vol. 9, 2023, doi: 10.33904/ejfe.1322396.
 - [6] G. Devarajan, N. Murugan, T. V. Ramana, V. Thangathurai, U. Ghosh, y W. Alnumay, "DDNSAS: Deep reinforcement learning based deep Q-learning network for smart agriculture system," *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, vol. 39, p. 100890, 2023, doi: 10.1016/j.suscom.2023.100890.
 - [7] P. López-Roldán, S. Fachelli "Metodología de la Investigación Social Cuantitativa". Universitat Autònoma de Barcelona. 2015.
 - [8] Instituto Nacional de Estadísticas e informática, "Censo del departamento de Puno", 2022, <https://censo2017.inei.gob.pe/censos-2017-departamento-de-puno-tiene-1-172-697-habitantes/> (accessed Jun. 19, 2024).
 - [9] J. Esquicha-Tejada and J. Copa-Pineda, "Integration of an IoT system - Photovoltaic system to optimize the consumption of drinking water in the irrigation of gardens in the City of Arequipa," Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, no. July 2020, pp. 27–31, 2020, doi: 10.18687/LACCEI2020.1.1.212.
 - [10] X. Pérez-Palomino, K. Rosas-Paredes, and J. Esquicha-Tejada, "Low-Cost Gas Leak Detection and Surveillance System for Single Family Homes Using Wit.ai, Raspberry Pi and Arduino," *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. 16, no. 9, pp. 206–216, 2022, doi: 10.3991/ijim.v16i09.30177.
 - [11] J. Esquicha-Tejada and J. Copa-Pineda, "Alternatives of IoT irrigation systems for the gardens of Arequipa", *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. 15, no. 22, pp. 4–21, 2021. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i22.22653>
 - [12] E. F. Morocho Barros y J. W. Ríos Barrera, "Implementación de un sistema de monitoreo y posicionamiento geográfico para la prevención de incendios forestales mediante una red sensorial," Tesis de licenciatura, Universidad del Azuay, 2021.
 - [13] J. Y. Restrepo Dearco y J. A. Linero Terán, "Ruta estratégica para la detección temprana de incendios forestales," 2024.
 - [14] M. A. Balta Sevillano, "Implementación y optimización de un sistema de comando y control con capacidades de integración e interoperabilidad para el soporte de las operaciones en situaciones de crisis y/o emergencias nacionales," Tesis doctoral, Escuela Militar de Chorrillos Coronel Francisco Bolognesi, 2020.
 - [15] Autoridad Nacional del Agua (ANA), "Directorio de las Organizaciones de Usuarios de Agua," Ana.gob.pe, [En línea]. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/organizaciones-de-usuarios-directorio-de-las-organizaciones-de-usuarios-de-agua>. [Accedido: 16-ago-2024].