

# Captura de variables para alerta temprana de incendios forestales y su almacenamiento para integración a sistemas de predicción mediante utilización de redes inalámbricas de sensores

Rodrigo Atilio Elgueta<sup>1</sup> and Miguel Mendez-Garabetti<sup>1-2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Mendoza, Dirección de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Mendoza, Argentina  
rodrigo.elgueta@um.edu.ar

<sup>2</sup> Free and Open Source Software/Hardware Research Laboratory (FOSSHLab), Argentina  
miguel.mendez@um.edu.ar

**Resumen.** Las catástrofes naturales producen grandes pérdidas y perjuicios ambientales. Los incendios forestales, se encuentran entre ellas. Actualmente, existen diversas tecnologías con el fin de obtener variables del entorno que sirvan para tomar acciones y disminuir su daño, una de las tecnologías utilizadas, son las redes de sensores inalámbricas (Wireless Sensor Networks, o bien WSN). En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo planificar el despliegue de una WSN para la cuantificación de variables ambientales que permitan detectar incendios. Esto permitiría la obtención de información sobre los incendios y datos de utilidad para la extinción de los mismos mediante el conocimiento del comportamiento de un incendio forestal en progreso ayudando a la toma de decisiones acertadas en el plan de mitigación. Para ello, es necesario que los datos, sean utilizados en modelos de predicción de comportamiento de incendios forestales, como por ejemplo, el método conocido como WRF-SFIRE (Modelo de simulación de tiempo y clima acoplado a un modelo de propagación de incendios). Para ello, la red propuesta, pretende además de hacer un seguimiento de incendios y nutrir de variables de entrada a modelos predictivos de comportamiento del fuego, convertirse en una herramienta de utilidad para minimizar los daños causados por este tipo de fenómenos.

**Palabras clave:** redes de sensores inalámbricos; detección temprana de incendios forestales; WRF-SFIRE; sofocación de incendios forestales; predicción de comportamiento de incendios forestales.

## 1 Introducción

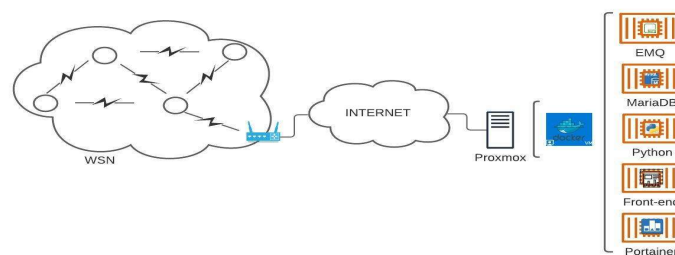
Un incendio forestal es un fuego que se propaga libremente con efecto no deseado para la vegetación y sin estar sujeto a control humano. Cuando afecta zonas no boscosas ni aptas para la forestación, se incluye el término incendio rural [1]. Con las condiciones apropiadas para su expansión, puede recorrer extensas superficies causando importantes pérdidas ecológicas, económicas y sociales [2]. Durante años se ha trabajado en el desarrollo de diferentes herramientas para la lucha contra incendios en cada una de sus fases [3] [4] [5].

Los métodos de predicción utilizados en incendios forestales incluyen: Métodos estadísticos, basados en el análisis de datos históricos de incendios forestales, identificación de patrones y tendencias. utilizados para predecir la probabilidad de que ocurra un incendio forestal en un área determinada. Debido al tamaño del conjunto de datos y la complejidad de las operaciones que deben efectuarse, puede requerirse la utilización de sistemas de alto rendimiento y procesamiento paralelo (HPC, High performance Computing) para resolver el problema en el menor tiempo posible [6]. Las redes inalámbricas de sensores, además de utilizarse como sistema de detección de incendios en tiempo real, permiten el almacenamiento de valores medidos a fin complementarse con los sistemas de predicción integrando variables reales a los mismos con fin de reducir la brecha de incertidumbre del modelo y evitar cálculos en base a estimaciones indirectas [7].

En el presente se desarrolla un proyecto de utilización de una WSN con componentes de bajo costo para la recolección de datos necesarios para detección de incendios forestales a fin de generar alertas tempranas de ocurrencia de incendios así como la infraestructura necesaria para el almacenamiento de dichos valores para permitir su utilización por modelos de predicción.

## 2 Desarrollo

La infraestructura general planteada en el presente, se puede descomponer en los siguientes elementos: WSN para la adquisición de datos. Una puerta de enlace para conexión y envío de datos a internet. La utilización de servicios específicos para el tratamiento de la información. Particularmente, en el presente se utilizó contenedores para los siguientes servicios: EMQ para la administración de mensajes MQTT. MariaDB como base de datos para el almacenamiento de variables obtenidas, Python como lenguaje para generar interfaces y adaptación de variables. Se optó por la utilización de contenedores en función de su adaptabilidad, portabilidad y posibilidad de brindar escalabilidad. En función a que cada sensor enviará datos a la red y los mismos serán almacenados y procesados a fin de obtener información, se puede establecer que los mismos, son parte de la IoT (Internet de las cosas) [8].



**Fig. 1.** Infraestructura propuesta para la puesta en marcha de una WSN para la captura y almacenamiento de datos de comportamiento de incendios forestales..

Para la WSN existen diferentes tecnologías, entre ellas las más importantes son: IEEE 802.15.4, ZigBee e IEEE 802.11 b/g/n [13]. Asimismo, para la presente, por motivos

de costos, se realizó un laboratorio utilizando componentes con el estándar IEEE 802.11 b/g/n de bajo consumo configurados con una topología en mesh con una lógica jerárquica donde se designan nodos como “cluster-head” con mayor responsabilidad para controlar a otros nodos. Asimismo, como se mencionó con anterioridad, para la WSN sería útil contar con infraestructuras WSN híbridas a fin de obtener mayor alcance para el muestreo.

En cuanto a la transmisión de los datos obtenidos, se utilizó el protocolo MQTT. Éste permite la comunicación de dispositivos de Internet de las cosas (IoT) que generalmente tienen que transmitir y recibir datos a través de una red con recursos restringidos y un ancho de banda limitado. Además, MQTT admite la mensajería entre dispositivos a la nube y la nube al dispositivo [14]. Para ello, se codificó el mensaje MQTT a fin de organizar de mejor manera la adquisición y escritura de datos. De este modo, en la prueba de laboratorio se utilizó la siguiente codificación:

“Id Nodo”, “Temperatura”, “Humedad”, “Monóxido de Carbono”

De este modo, como ejemplo de dato enviado por un nodo en un momento determinado podría ser:

0038,27.34,79.14,0.99

Respecto al almacenamiento de datos, se utiliza un cliente basado en python que a través de una suscripción con el broker MQTT recibe los datos transmitidos por la WSN y los almacena en una base de datos tipo MariaDB.

### 3 Resultados

En pruebas en laboratorio, se montó en ubicaciones específicas una WSN equipada con sensores de temperatura, humedad y monóxido de carbono, sobre dispositivos Wifi ESP 8255. Como protocolo de conexión se utilizó el protocolo IEEE 802.11 b/g/n configurado como mesh.

Respecto a la infraestructura, se utilizó contenedores para la implementación de cada servicio: Broker MQTT para la administración de la mensajería de los datos, Python para la suscripción a mensajería, adaptación de datos e integración a la base de datos y finalmente MariaDb como base de datos de almacenamiento de los datos.

Al tratarse de una infraestructura basada en contenedores, el despliegue puede automatizarse, permite escalabilidad y portabilidad ya que podría trabajar tanto en entornos físicos, como virtuales.

De esta manera, los sistemas de predicción de comportamiento de incendios forestales, podrán acceder a los datos almacenados en la Base de datos a fin de mejorar su rendimiento de procesamiento al adquirir variables medidas a través de la WSN.

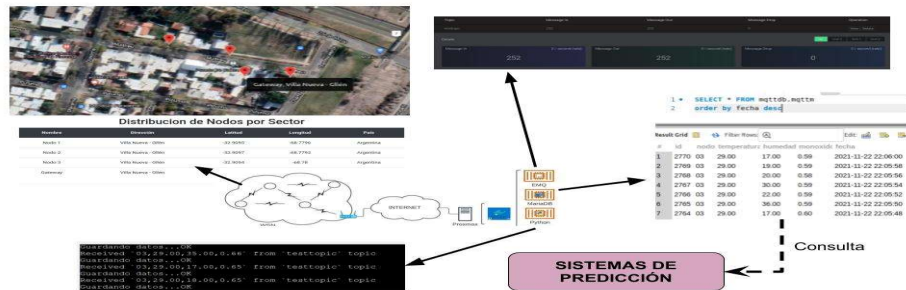


Fig. 2. Prueba de laboratorio con WSN e infraestructura completa para el monitoreo de comportamientos de incendios forestales.

## 4 Conclusiones

El presente proyecto posee el potencial para implementarse tanto en equipos de monitoreo estáticos como en aquellos desplegados sobre frentes de incendio. O bien formar parte de otras tecnologías y topologías de red mediante la configuración de pequeñas células WSN distribuidas en los extremos de otra red de mayor alcance para la recolección de datos. Respecto a la incorporación de datos a sistemas de predicción, el almacenamiento de datos permite que a partir de los mismos, se realicen conversiones de medidas y se utilicen como entradas de variables en sistemas de predicción de comportamientos de incendios. Finalmente el despliegue de la infraestructura en contenedores, permite la escalabilidad y portabilidad de la infraestructura.

## References

1. «¿Qué es un incendio forestal?», Argentina.gob.ar, 15 de marzo de 2018. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/fuego/conocemas/incendioforestal> (2023).
2. J. E. G. Mora, «INCENDIOS FORESTALES: causas e impactos», El Antoniano, vol. 135, n.o 1, Art. n.o 1, 2020, doi: 10.51343/anto.v135i1.866.
3. P. N. Omi, Forest fires: a reference handbook. Santa Barbara, Calif: ABC-CLIO, 2005.
4. E. A. Johnson y K. Miyanishi, Eds., Forest fires: behavior and ecological effects. San Diego, Calif: Academic Press, Inc, 2001.
5. J. G. Flores Garnica y D. A. Rodriguez Trejo, Incendios forestales : definiendo el problema, ecología y manejo, participación social, fortalecimiento de capacidades, educación y divulgación. México: Mundi-Prensa, 2006.
6. J. Strappa, P. Caymes-Scutari, y G. Bianchini, «A Parallel Novelty Search Metaheuristic Applied to a Wildfire Prediction System». arXiv, 23 de julio de 2022. Consultado: 26 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://arxiv.org/abs/2207.11646>
7. R. Azzam, T. M. Fernández-Steege, C. Arnhardt, H. Klapperich, y K.-J. Shou, Monitoring of landslides and infrastructures with wireless sensor networks in an earthquake environment. Santiago, 2011.
8. J. S. Rueda y J. M. Talavera Portocarrero, «Similitudes y diferencias entre Redes de Sensores Inalámbricas e Internet de las Cosas: Hacia una postura clarificadora», Rev. Colomb. Comput., vol. 18, n.o 2, pp. 58-74, dic. 2017, doi: 10.29375/25392115.3218.