

## PROTOTIPO DE MONITOREO Y ALARMA PARA LA DETECCIÓN DE HELADAS BLANCAS EN SECTORES RURALES DE SOGAMOSO

### Prototype of Monitoring and Alarm for the Detection of White Frosts in Rural Sectors of Sogamoso

Fabián Andrés Salamanca-Figueroa<sup>1</sup>, Christian Camilo Cárdenas-Gamboa<sup>1</sup>, Willmar Arbey Suarez-Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Esp. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, (Boyacá, Colombia).  
*fabian.salamanca@openmailbox.org, willmar.suarez@uptc.edu.co.*

<sup>2</sup>Universidad de Pamplona, (Casanare, Colombia). *christian.cardenas@uptc.edu.co*

*(Recibido octubre 20 de 2017 y aceptado noviembre 08 de 2017)*

#### Resumen

El presente artículo muestra el diseño de un prototipo de monitoreo y alarma que permite la detección de heladas blancas y sirve de base para el desarrollo de un prototipo que posibilite la detección y predicción de heladas negras. El dispositivo, muestra las variables atmosféricas de temperatura y humedad, las comunica a un servidor local (Broker) mediante WiFi y el protocolo MQTT, éste a su vez retransmite la información útil a otros dispositivos finales, como celulares y computadoras. El sistema es capaz de alertar mediante una alarma y permitir la comunicación de estos eventos a los diferentes dispositivos finales. Para lograr ésto, fue necesario seleccionar los dispositivos, tecnologías y protocolos convenientes, realizar un diseño y validarlo por medio de la emulación de las condiciones de temperatura y humedad adecuadas.

**Palabras clave:** Agricultura; heladas; IoT; MQTT; 802.11; WiFi.

#### Abstract

The next article shows of prototype of monitoring and alarm that it allows for the detection of white frost, which is the base to develop a prototype for detention and predictions of other types of frost. The device shows the atmospheric variables of temperature and humidity, this data is sent to a local server broker with Wifi protocol MQTT. This one retransmit the info to end devices like cellphones and laptops. The system is capable of alerting with an alarm and it allows for the events communication to different end devices. To do this was necessary to select the appropriate devices, technologies and protocols, design and validate them, emulating the appropriate temperature and humidity conditions.

**key words:** Agriculture; frost; IoT; MQTT; 802.11; WiFi.

### 1. INTRODUCCIÓN

En Colombia, las heladas se presentan generalmente en los altiplanos de los departamentos de Cundinamarca, Nariño y Boyacá, según indica el IDEAM, Sogamoso se encuentra dentro de las áreas críticas para la presentación de heladas, con una probabilidad de más del 90% (en 9 de cada 10 años, puede presentarse al menos una helada durante el año). [1] Estos descensos

significativos de la temperatura ambiente, especialmente en horas de la madrugada, quemar los cultivos y en la mayoría de los casos, no es posible la prevención por parte del campesinado. En el año 2015, el 30% de los cultivos y pastos en la región central del departamento de Boyacá fueron quemados por el hielo [2], se estima que la afectación llega ser de 5000 hectáreas de cultivos de hortalizas, legumbres y frutas, otras 6000 Hectáreas de papa y 8000 en pastizales. La consecuencia directa de este fenómeno es la pérdida de cultivos por congelamiento, lo que se

traduce en menor productividad y, por ende, desabastecimiento de alimentos en algunas centrales de abastos del país y su consecuente subida de precio. Además, desanima la inversión en el sector agro y afecta la economía familiar campesina.

Entre los métodos usados para la protección de cultivos en áreas rurales esta la implementación de sistemas meteorológicos, las cuales constan de diferentes mini-estaciones gobernadas por una estación central que procesan la información obtenida, generando alarmas por la aparición de vientos Zonda o por la llegada de heladas. Este sistema logra predecir con varias horas de antelación la posible formación de heladas [3]. De la misma manera, la predicción de las heladas se pueden llevar a cabo, desplegando sensores a través de los cultivos como en el del proyecto PECH[4], Estas formas de monitoreo, generalmente suelen hacer uso del Internet de las cosas (IoT), [5] las cuales se están implementando en Europa, en cultivos de vino, creando sistemas Eco Inteligentes, [6] estos dispositivos pueden hacer uso de una conexión Ethernet, WiFi, ZigBee, Z-Wave, o Bluetooth, con la finalidad de poder enviar y recibir información de los datos obtenidos por los sensores. [7-8]

Para alcanzar el objetivo del prototipo funcional, primero se realizó una selección apropiada de tecnologías, protocolos y dispositivos. Posteriormente, se diseñó y validó el prototipo mediante una prueba en campo, obteniendo los valores de temperatura y humedad en un periodo de 12 horas. Dado que no se presentaron las condiciones de helada, se procedió a la emulación del sistema, donde se modificaron los valores de temperatura y humedad, corroborando que el sistema de alarma (buzer) se activa adecuadamente respecto al cambio de las variables y que los dispositivos finales permiten visualizar el estado de alarma y variables como temperatura y humedad.

## 2. SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS, PROTOCOLOS Y DISPOSITIVOS

Dentro de las tecnologías inalámbricas consideradas Tabla 2, Wi-Fi y Bluetooth son las más

económicas, mientras que ZigBee es más costosa. La especificación Bluetooth se descarta debido a su limitado alcance, entretanto, ZigBee si bien no se usa por ser la más costosa, (pues en algunos casos va a requerir de hardware adicional como Gateways), resulta ser una tecnología bastante interesante por su bajo consumo energético y demás características [9] acordes al proyecto, además de haber demostrado su utilidad en proyectos locales de sensores de red inalámbrica. [10-11] WiFi resulta ser la más adecuada para el sistema por su tasas de transferencia y alcance. Entre otras razones se opta por Wi-Fi, porque, es una tecnología madura, comercialmente más asequible, económica y que dota de la posibilidad de integrar la red de sensores a una red existente que permita o no acceso a Internet.

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) es uno de los principales protocolos usados en IoT, el cual se caracteriza por tener gran flexibilidad y está orientado a la comunicación de sensores, además de consumir poco ancho de banda, puede ser utilizado en la mayoría de dispositivos. Mencionar que MQTT aborda la seguridad mediante tres aspectos como son: identidad, autenticación y autorización, agregando una capa extra de seguridad al permitir establecer conexiones cifradas. Este protocolo clasifica los elementos que participan en la red en divulgadores, suscriptores y Brokers (servidores). [12]

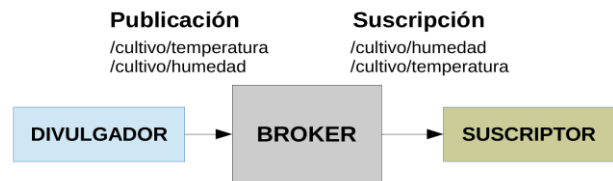


Figura 1. Protocolo MQTT.

Los divulgadores y suscriptores envían y reciben información respectivamente, Figura 1. Estos siempre se conectan a un tercer participante, denominado Broker el cual es un servicio (software) que implementa el protocolo MQTT y que establece la comunicación; hace de intermediario entre los divulgadores y los suscriptores.

**Tabla 1.** Selección de dispositivos

<b>CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE UTILIZADO</b>			
	<b>DHT22</b>	<b>RASPBERRY PI 3</b>	<b>ESP8266</b>
<b>Precio en dólares</b>	\$6.5	\$35	\$3 -8.7
<b>Tamaño</b>	14X18X5.5mm	8.6X5.4X1.7	21X11mm
<b>Memoria</b>	N/A	1 GB	96k
<b>Voltaje de entrada</b>	3.3 V– 6 V	5V	3.3V
<b>Sistema Operativo /firmware</b>	N/A	Raspbian	MycroPython
<b>Rango Medida Temperatura</b>	-40°C a 80°C	N/A	N/A
<b>Precisión Temperatura</b>	<+/-0.5°C	N/A	N/A
<b>Rango medida Humedad</b>	0 - 99.9% RH	N/A	N/A
<b>Precisión Humedad</b>	2% RH	N/A	N/A

En la Tabla 1, se destacan características de los dispositivos seleccionados, entre estas están: el consumo energético, la conectividad, los estándares, además del costo y otras características que resultan ser representativas para el diseño del sistema. Estas plataformas de

desarrollo abiertas, involucran facilidad de programación, buena integración con otros dispositivos, sin embargo, tienen que estar adaptadas a ambientes externos.

**Tabla 2.** Selección de tecnologías

<b>Comparación de tecnologías Inalámbricas</b>			
	<b>Wi-fi</b>	<b>Bluetooth</b>	<b>ZigBee</b>
<b>Tasas de transferencia</b>	54 a 1300 Mbps	3Mbps	250kbps(2.4GHz) 40kbps(915MHz) 20kbps(868MHz)
<b>Alcance</b>	1-100 m	1-10 m	1-75 m

<b>Número de dispositivos</b>	32	8	255/65535
<b>Frecuencia</b>	2.4Ghz 5 Ghz	868MHz 2.4GHz	2.4 y 5GHz
<b>Precio</b>	Accesible	Accesible	Elevado

### 3. DISEÑO DEL SISTEMA

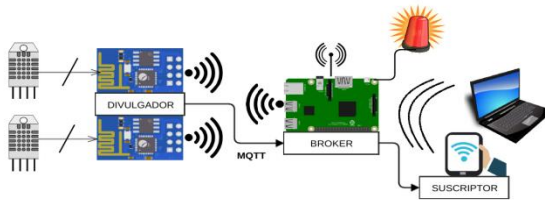


Figura 2. Diagrama bloques del sistema

Este sistema está compuesto por un divulgador el cual trasmite los datos obtenidos por los sensores DHT22 mediante protocolo MQTT (Sobre el protocolo 802.11) a un bróker (servidor). El usuario puede visualizar los valores de temperatura y humedad a través de un suscriptor, el cual puede ser un dispositivo móvil. Así mismo cuando la temperatura se descende por debajo de los 0 °C y la humedad de más del 60% de humedad relativa [13] se activa una alarma. Figura2.

La lógica del software que gobierna el dispositivo divulgador\*, (ESP8266), Figura 3; en primer lugar, realiza la configuración de los sensores, WiFi, MQTT. Una vez inicializado el cliente MQTT, el sistema entra en bucle infinito, el sensor (DHT22) realiza la lectura de temperatura y humedad, estos datos son enviados al Broker haciendo uso del protocolo 802.11n y MQTT.

Se implementa la lógica en el lenguaje MicroPython por sus características, como su flexibilidad, portabilidad y gran cantidad de librerías estándar.

\*<https://github.com/fandres/Monitor-heladas/blob/master/Code/main.py>

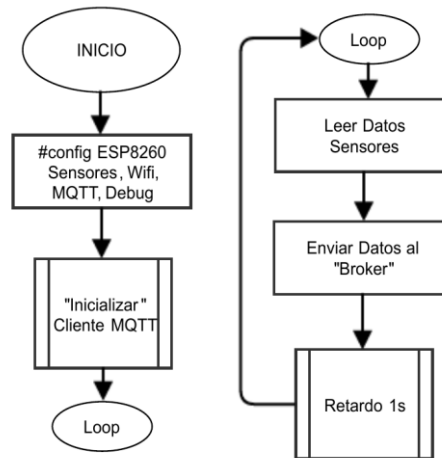


Figura 3. Algoritmo del dispositivo divulgador

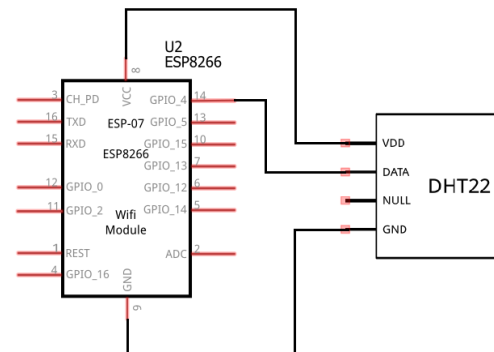


Figura 4. Diagrama eléctrico-Nodos

Como se expone en la figura 4 las conexiones del diagrama eléctrico en los nodos, es bastante simple, para la alimentación se uso una batería 18650 puesta en contacto de manera directa al modulo wifi 18650, esto es así porque la batería entrega normalmente 3.7 Voltios, aunque normalmente se recomienda el uso de un regulador de voltaje a 3.3 V como el AMS1117. Para el conexionado del sensor solo se requiere de alimentación, tierra y un GPIO (GPIO4 para el prototipo) del ESP8266.

En la Figura 5, se muestra el esquema eléctrico del Broker, orientado a la activación y detección o

pausa de la alarma. Se requiere hacer una adaptación de voltaje y corriente, ya que la Raspberry pi 3 es compatible con 3.3 y 5 Voltios DC y una corriente de 50 mA. Para la activación de la alarma se usó un pequeño Buzzer, el cual es alimentado gracias a un driver de corriente simple,

con base en la lógica de un transistor NPN. Por otro lado, para la acción de detención de la alarma, basto con un pulsador en serie con un divisor de tensión; como se observa en la figura 6, se hace uso de una interrupción de entrada para la detección de un flanco de subida.

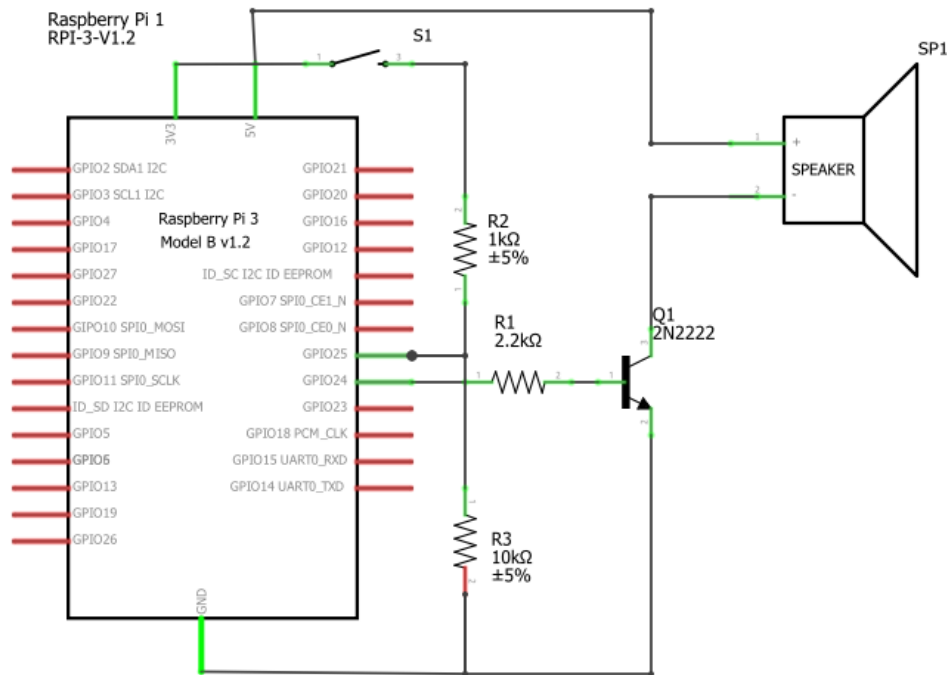


Figura 5. Diagrama eléctrico Bróker

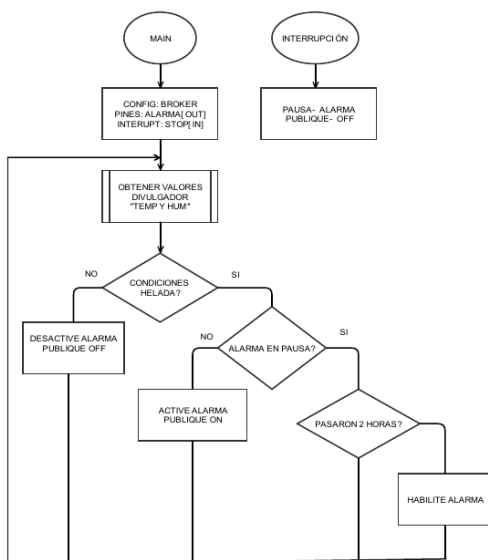


Figura 6. Algoritmo Bróker

La Raspberry pi 3, utiliza el sistema operativo Debian GNU/Linux (Raspbian) frente a otras alternativas como ubuntu, Fedora (Pidora), Arch

Linux, entre muchas otras. Raspbian destaca por tener la comunidad más grande, un consumo eficiente de los recursos del sistema, ser modular, flexible y poseer buen soporte y documentación.

Así mismo se implementa el Broker MQTT haciendo uso del software Mosquitto. Se configuró la Raspberry pi con el propósito de activar los servicios de MQTT y el punto de acceso WiFi automáticamente. De igual modo se desarrolló un script en Python, Figura 6\*, que se encarga de gestionar la información enviada por los divulgadores con el fin de determinar si existe una helada en desarrollo, si es así, alertar mediante un Buzzer al usuario, con la opción de pausar (mediante un pulsador) esta alarma por 2 horas. Por último el script reenvía la información que el suscriptor requiere, como temperatura, humedad y el estado de alarma. Para finalizar esta etapa, se cambian las contraseñas por defecto y se cierran los puertos no usados.

\*[https://github.com/fandres/Monitorheladas/blob/master/Broker/python\\_paho\\_broker.py](https://github.com/fandres/Monitorheladas/blob/master/Broker/python_paho_broker.py)

## 5. PROTOTIPO FUNCIONAL

Es importante destacar que para este prototipo la distancia entre nodos o divulgadores y el sistema central (Broker), no permiten distancias grandes, para el caso del prototipo, en pruebas en campo con alta cobertura vegetal y ruido solo se alcanzaron 27 metros, esto es lógico, dado que tanto el transmisor (Broker) como el receptor (ESP8266) no cuentan con las antenas adecuadas, son antenas simples, diseñadas para PCB, que resultan funcionales. En la Figura 7, es claro que, tanto la unidad central (Broker) como la unidad divulgadora (ESP8266) cuentan con una carcasa, que dan protección a los componentes internos.



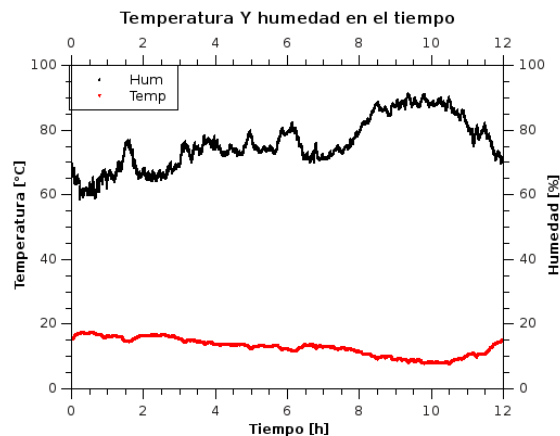
**Figura 7.** Prototipo Funcional

En la parte inferior derecha se observa el broker, éste internamente está compuesto por la Raspberry pi 3 y el sistema de alarma (buzzer), éstos son alimentados con energía externa, que la suministra un cargador de pared que entrega 5V a 2 Amp, así mismo sobresaliendo de la carcasa está un pulsador, con el cual se pausa la alarma. En la parte superior derecha se muestra el sistema divulgador compuesto por el sensor de temperatura y humedad (en blanco), el cual se ubica en la parte exterior de la carcasa, mientras que la parte interior se encuentra el ESP8266, alimentado por una batería de litio recargable de 2600 mAh. El sistema, también está integrado con un dispositivo móvil, para este caso, con un smartphone que hace uso del software MQTT Dash, que actúa como cliente MQTT y permite

visualizar la temperatura, la humedad y el estado de alarma (On/Off).

La Figura. 8, muestra la captura de datos como resultado del funcionamiento del prototipo en un periodo de 12 horas, para la cual, no se presentaron las condiciones atmosféricas de una helada blanca, aunque es de destacar que la humedad alcanzó un pico de 89% y la temperatura un mínimo de 9 Grados.

Para corroborar el funcionamiento correcto del sistema de alarma se establecieron condiciones de temperatura y humedad específicas (27°C y 55%) de tal manera que elevando la temperatura se activaría la alarma, el resultado fue el esperado tanto para la activación sonora del buzzer como para la visualización en el smartphone.



**Figura 8.** Monitoreo de temperatura y humedad

A futuro se espera la inclusión de nuevas variables atmosféricas que además de monitorear, posibiliten la predicción de las diferentes tipos de heladas, mediante algoritmos de predicción basados en Redes Neuronales. De igual modo es recomendable adaptar una pantalla que muestre la información y que permita realizar ajustes o configuraciones. Se puede optimizar el sistema de alimentación, que cuente con baterías recargables de mayor capacidad y paneles solares de tal forma que brinde mayor autonomía energética. La información recolectada por los diferentes sistemas, puede centralizarse gracias a IoT y el almacenamiento en la nube, lo que permite al usuario acceder a los archivos desde cualquier lugar y en cualquier momento. Asimismo, es primordial, abarcar el diseño e implementación con medidas de seguridad, que protejan la seguridad y

la privacidad tanto de los datos como del usuario.

La distancia requerida va a ser dependiente del entorno donde se encuentre el cultivo y se va a requerir del uso de antenas externas y del cálculo de la ganancia de estas, tanto para el módulo Wi-Fi (ESP8266) como para la Raspberry pi existen soluciones que permiten el uso de antenas externas.

El consumo energético de los dispositivos Wi-Fi debe ser posteriormente evaluado con algoritmos de ahorro energético, ya que solamente se hace uso de la red regularmente. Para el caso del ESP8266 existe en modo sueño profundo (Deep Sleep) el cual permite apagar todo el hardware del dispositivo con excepción del reloj de tiempo real, el cual después de un tiempo despierta al dispositivo, es así como se logra alargar el uso de manera radical.

### CONCLUSIONES

Se realizó un sistema capaz de monitorear y responder ante condiciones específicas de una helada blanca, permitiendo visualizar las variables físicas y alertar al usuario mediante un sistema de alarma.

El prototipo diseñado es flexible, dado que admite la inclusión de nuevas variables ambientales, permitiendo la detección y predicción de heladas negras con la posibilidad de ser adaptado a nuevas condiciones de monitoreo de cultivos. Asimismo es escalable ya que permite integrar varios módulos divulgadores.

La implementación del protocolo MQTT abre puertas para el diseño de nuevas herramientas que permitan monitorizar y controlar diferentes variables atmosféricas, así mismo su implementación en diferentes áreas sin mayor complejidad.

### REFERENCIAS

[1] P. Cmp, C. O. N. El, and C. Presente, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM Subdirección de Meteorología Bogotá, D. C., 2012.

[2] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. 2017. Boletines, Avisos Y Alertas - Boletines, Avisos Y Alertas - IDEAM.

Retrieved November 28, 2017 (<http://www.ideam.gov.co/web/pronosticos-y-alertas/boletines-avisos-y-alertas>).

[3] A. Lage and J. C. Correa, "Weather station with celular communication network," in 2015 XVI Workshop on Information Processing and Control (RPIC), 2015, pp. 1–5.

DOI: <https://doi.org/10.1109/RPIC.2015.7497072>

[4] K. Brun-Laguna, A.L. Diedrichs, J.E. Chaar, D. Dujovne, J.C. Taffernaberry, G. Mercado, et al., "A Demo of the PEACH IoT-based Frost Event Prediction System for Precision Agriculture," SECON 2016 - 13th Annual IEEE Internacional Conference on Sensing, Communication and Networking, pp. 1-3, Jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/SAHCN.2016.7732963>

[5] G. Suciú, O. Fratu, A. Vulpe, C. Butca, and V. Suciú, "IoT agro-meteorology for viticulture disease warning," in 2016 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom), pp. 1-5, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/BlackSeaCom.2016.7901572>

[6] J. Pérez-Expósito, T. Fernández-Caramés, P. Fraga-Lamas, and L. Castedo, "VineSens: An Eco-Smart Decision-Support Viticulture System," Sensors, vol. 17, no. 3, p. 465, Feb. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/s17030465>

[7] J. C. Ortega, "Desarrollo De Un Prototipo De Adquisición de Variables Ambientales En Cultivos Hidropónicos De Lechuga, Mediante Una Red De Sensores, Utilizando Un Sistema Embebido," Igarss 2014, no. 1, pp. 1–160, 2014.

[8] M. Francisco and P. Lpsap, "PATHFI : Sistema portátil de monitoreo de temperatura , humedad relativa , presión atmosférica y altitud utilizando el protocolo Wi-Fi Email address :," pp. 2014–2015, 2014.

[9] Z. Alliance, "Zigbee Specification," Zigbee Alliance website, pp. 1–604, 2008.

[10] J. Mauricio Salamanca, E. Avendaño Fernnandez, M.E. Albarracín, G. A. Gutiérrez, "Sensado inalámbrico de gases en minería con servicio web en tiempo real," Rev. Ingeniería, Investigación y Desarrollo, vol. 14, no. 2, pp. 24–29, Julio, 2014.

DOI: <https://doi.org/10.19053/1900771X.3447>

[11] G. Fonseca González, E. Avendaño, A.L. Araque, "Supervisión de Ph, redox Y turbidez en una planta de Tratamiento de agua utilizando WSN (Wireless Sensor Networks) con tecnología Zigbee," Rev. Ingeniería, Investigación y Desarrollo vol. 14, no. 1, pp. 17-21, enero, 2014.

DOI: <https://doi.org/10.19053/1900771X.4046>.

[12] OASIS, "MQTT Version 3.1.1," OASIS Stand., no. October, p. 81, 2014.

[13] R. L. Snyder and J. P. de Melo Abreu, *Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía*, in Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), vol. 1, Ed. Roma, 2010.