

# Selección de tecnologías LPWAN para la implementación de un sistema IoT aplicado a la lombricultura

Nancy Amparo Guaca Girón  
María Alejandra López Hurtado  
Ingeniería de Telecomunicaciones  
Universidad Nacional, Abierta y a Distancia, Colombia  
[Nancy.guaca@unad.edu.co](mailto:Nancy.guaca@unad.edu.co)  
[Alejandra.lopez@unad.edu.co](mailto:Alejandra.lopez@unad.edu.co)

**Resumen** - El Centro Agropecuario del SENA en Popayán (Cauca) cuenta con una biofábrica constituida por una cama doble de lombrices para producir abono orgánico, se plantea un proyecto para monitorizar las variables de temperatura y humedad, las cuales deben permanecer en valores específicos a fin de asegurar la supervivencia y reproducción de las lombrices, así como la producción de lombrinaza. En asocio con el SENA se diseña el sistema de monitoreo de la biofábrica, red de sensores de temperatura, luminosidad y humedad a un nodo coordinador y de allí a un centro de datos remoto, donde se va a mostrar el valor actualizado de estas variables y se generarán alertas cuando se salgan del rango deseado.

En el diseño para la comunicación se requiere usar tecnologías de redes de área amplia de baja potencia (LPWAN, Low Power Wide Area Network) tecnología de conectividad que está orientada a dispositivos IoT con restricción de energía, entre las tecnologías LPWAN más populares se encuentran NB-IoT, LoRa y Sigfox. El presente artículo revisa aspectos del diseño del sistema IoT y realiza el análisis comparativo entre las diferentes tecnologías LPWAN disponibles para el desarrollo del proyecto.

*Palabras clave*— IoT, monitoreo, red, sensores, LPWAN.

**Abstract** - The SENA Agricultural Center in Popayán (Cauca) has a biofactory made up of a double bed of worms to produce organic fertilizer, a project is proposed to monitor the variables of temperature and humidity, which must remain at specific values in order to ensure the survival and reproduction of the worms, as well as the production of vermicompost. In association with SENA, it is designed the biofactory monitoring system, a sensors network of temperature, luminosity and humidity is designed to a coordinating node and from there to a remote data center, where the updated value of these variables will be shown and alerts will be generated when they go outside the desired range.

In the design for communication it is required to use low power wide area network technologies (LPWAN, Low Power Wide Area Network) connectivity technology that is oriented to IoT devices with energy restriction, the most popular LPWAN technologies are NB-IoT, LoRa and Sigfox. This article reviews aspects of the design of the IoT system and performs the comparative analysis between the different LPWAN technologies available for the development of the project.

**Keywords— IoT, monitoring, network sensors, LPWAN**

## I. INTRODUCCIÓN

Internet de las Cosas (IoT, Internet of Things) resulta como un nuevo paradigma que proporciona soluciones a nivel de conectividad, seguridad, administración y automatización, análisis de datos, entre otros, y que se ha aplicado en diversos sectores como la salud, el cuidado del medio ambiente, la industria, la educación, entre otros. IoT en el sector de la agricultura ofrece innumerables beneficios asociados a producción limpia, implementaciones eficientes respecto a costos, acceso a la información en tiempo real, simplicidad, ventajas competitivas en la producción, entre otros. Para el caso del SENA en la granja del Centro Agropecuario, existe la necesidad de implementar un sistema IoT que garantice eficiencia en la unidad de lombricultura con el objeto de implementar una producción a gran escala, así mismo sentar las bases para la aplicación en otros escenarios y que conlleve la modernización en la producción.

## II. DESARROLLO DEL ARTICULO

La lombricultura es un sistema de producción orientado a la transformación de materia orgánica por medio de la acción combinada de lombrices y microorganismos en productos aprovechables como el lombricompost, también denominado humus (sólido y líquido), abono natural que cuenta con unas propiedades físicas, químicas y biológicas que aportan significativos beneficios al suelo asociados a la aireación, retención de agua y absorción de nutrientes, entre otros.

Es una técnica ampliamente utilizada en diferentes regiones del mundo y a distintas escalas, pero que en los últimos años ha tomado gran relevancia y despliegue, ya que en el sector agropecuario se presenta una clara tendencia a consolidar sistemas de producción “limpios”, término que se relaciona con la eliminación del uso de fertilizantes y todo tipo de sustancias químicas artificiales, propendiendo por cultivos

orgánicos y los beneficios asociados a este tipo de producción.

Este sistema depende de variables ambientales tales como la temperatura y humedad del suelo, así como la intensidad lumínica del entorno para poder ser eficiente y garantizar niveles de producción óptimos. La infraestructura empleada para este sistema de producción puede ser variada de acuerdo con el contexto, a la disponibilidad de recursos y espacio del productor y a la cantidad de producción esperada. Pero independiente del tipo de cama, se requiere garantizar valores específicos de las variables mencionadas como hábitat ideal de las lombrices que maximicen la producción de lombricompost.

El presente artículo aborda las diferentes variables de interés para una unidad de lombricultura en particular, los parámetros que caracterizan el concepto IoT (Internet of Things, Internet de las cosas) y las tecnologías asociadas, con el fin de diseñar un sistema de monitoreo basado en este concepto que permita verificar de manera permanente las condiciones ambientales de la unidad mencionada. Este sistema permite acceso constante a la información, así como reportes históricos del comportamiento de las variables desde cualquier dispositivo vía web, favoreciendo su disponibilidad y facilitando el análisis de los datos y consecuentemente la toma de decisiones.

Este tipo de sistemas aportan precisión y eficiencia a la producción y se aplican no solo en lombricultura si no en múltiples sectores representando una oportunidad de despliegue e integración de la tecnología en contextos relativamente poco explorados como lo son el agrícola y el pecuario.

### A. Identificación de variables

Los parámetros medio ambientales que determinan la producción de humus, asociado a las condiciones favorables para la supervivencia de las lombrices son:

Humedad: debe ser del 70% para facilitar la ingestión del alimento, ya que la lombriz toma el alimento chupándolo; la falta de humedad

imposibilita dicha operación y el exceso origina empapamiento y oxigenación deficiente.

**Temperatura:** el rango óptimo oscila entre 12 – 25°C si es superior a 33°C muere la lombriz porque aumenta la actividad microbiana y química del sustrato, en este escenario se requiere riegos más frecuentes, por el contrario, si es baja se detiene la reproducción de la lombriz.

**PH óptimo** es de 7, aunque tolera un rango entre 5 y 9, una tierra muy ácida o por el contrario muy básico puede generar la muerte del animal.

**Aireación:** fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices, si no es la adecuada la lombriz disminuye el consumo de alimento, además del apareamiento y reproducción debido a la compactación.

**Alimento:** materia orgánica parcial o totalmente descompuesta, así evita elevadas temperaturas generadas durante el proceso de fermentación, que puede afectar a las lombrices. Tipo de alimento: materia orgánica como residuos vegetales, frutas, tubérculos, estiércol, entre otros.

### *B. Sistema IoT*

Internet de las cosas es definido por la UIT como “una infraestructura de red global dinámica con capacidades de autoconfiguración basadas en protocolos de comunicación estándar e interoperables donde las cosas físicas y virtuales tienen identidades, atributos físicos y personalidades virtuales, y usan interfaces inteligentes de manera integrada en la red de información”. [1]

Existen múltiples definiciones en la literatura disponible, todas apuntan a la posibilidad de controlar y monitorear elementos o sistemas tan pequeños y simples como la iluminación o el acceso a una vivienda hasta robustas plataformas de producción o monitoreo biomédico que exigirían gran precisión y condiciones de operación en entornos complejos.

En el entorno IoT se requiere un sensor para detectar y registrar información, un procesador para gestionarla y conectividad para compartirla (enviarla o recibirla). Un factor importante es que

los dispositivos se puedan interconectar con estándares abiertos. [2]

Las redes de área amplia de baja potencia LPWAN (Low Power Wide Area Network) tecnología de conectividad que está orientada a dispositivos IoT con restricción de energía, en el informe de IoT Analytics LPWAN 2020-2025 publicado en enero de 2020 [3], indica que durante el año 2019 se instalaron 231 millones de dispositivos creciendo más del 110% en comparación con 2018. El crecimiento del mercado es impulsado por el despliegue de tecnologías a gran escala en diferentes partes del mundo: algunos ejemplos están representados por Sigfox que en Japón modernizó 850.000 medidores de gas; LoRa en Francia opera 400.000 medidores inteligentes de agua y se espera conectar más de 3 millones en la ciudad de Lyon en los próximos 10 años, mientras que tecnologías como NB-IoT y LTE-M en China permiten el rastreo de cerca de 1 millón de bicicletas eléctricas, en Suecia más de 2 millones de medidores de electricidad inteligentes están equipados con radios NB-IoT y LTE-M. Se establece que durante el año 2019 estas tecnologías han mostrado aumento de cobertura y crecimiento de usuarios, así específicamente Sigfox cuenta con 700 socios fabricantes de hardware, desarrolladores de software y proveedores de servicio. [4]

Se estima que las conexiones de IoT crezcan a 22 Billones en 2025, de igual manera se espera que LPWAN sea un motor clave de crecimiento debido a que esta tecnología permite que los dispositivos funcionen con baterías durante 10 años sin intervención humana. Entre las tecnologías LPWAN más populares se encuentran NB-IoT, LoRa y Sigfox. Se espera que LPWAN en el año 2023 tenga un gasto anual para conectividad de 4,7 millones de dólares, en sectores que adopten esta tecnología como agricultura, infraestructura, industria, transporte, salud, hogar, logística, ciudades inteligentes, entre otros [5]. De esta manera, el sector agrícola sería uno de los más beneficiados con la integración de sistemas IoT pues este tipo de soluciones contribuyen a mejorar tanto la productividad como los ingresos en el sector.

### Características de un Sistema IoT:

Las soluciones IoT se caracterizan por ciertos aspectos que las diferencian de otros tipos de sistemas de comunicaciones, éstas son:

- **Heterogeneidad:** el rango de dispositivos que componen las soluciones IoT es muy amplio y diverso, por lo tanto, los elementos basados en diferentes plataformas hardware y redes deben interactuar entre sí.
- **Dinámica:** Teniendo en cuenta las características y los entornos de aplicación de las soluciones IoT, tanto el número como el estado de los dispositivos, parámetros propios del contexto como la ubicación, la velocidad del movimiento, entre otros, pueden variar de forma dinámica y, por lo tanto, el sistema debe dar respuesta a estas condiciones cambiantes.
- **Escalabilidad:** el número de dispositivos IoT interconectados puede aumentar significativamente en el despliegue de cada solución y por tanto los datos que se generan también aumentarán, así que se requiere mecanismos que permitan la gestión de los datos generados, su interpretación y su manipulación de forma eficiente.
- **Conectividad:** En el contexto de IoT, todos los “objetos” o “cosas” pueden estar interconectados con la infraestructura mundial de la información y la comunicación, es decir deben contar con los componentes físicos y lógicos que permitan establecer un enlace o comunicación con otros dispositivos, distintos o iguales según sea el caso.
- **Consumo de Potencia:** la gestión de energía para los dispositivos que componen el sistema IoT resulta uno de los desafíos más importantes para su diseño y despliegue pues de manera general son equipos de tamaño pequeño que requieren una larga duración de la batería o ser autoalimentados teniendo en cuenta las condiciones de los entornos en los cuales serán instalados.

### Elementos de un sistema IoT

De manera genérica un sistema IoT cuenta con los componentes que en adelante se describen

- **Dispositivos IoT:** Son los elementos que se encuentran directamente en contacto con el mundo físico, captando los datos objetivo y constituyen los componentes desde donde se recopila la información, para posteriormente procesarla y enviarla a través de una red. Dichos dispositivos están principalmente asociados al sensado de magnitudes, ya que en los sistemas IoT que se diseñan e instalan se monitorean variables físicas como la temperatura, humedad, luminosidad, presión, proximidad, nivel y otras. Los dispositivos IoT no son simples sensores considerando que el objetivo de los sistemas que los incluyen es conectar “cosas” para mantener de forma permanente información sobre las mismas y en muchos casos, tomar decisiones al respecto. Generalmente el elemento de sensado está integrado a un componente hardware más complejo que incluye alimentación, sistemas de transmisión y recepción de los datos, controladores, entre otros; todo esto se conoce como nodo IoT.
- **Red de comunicación:** constituye la infraestructura, es decir, el medio a través del cual se transporta la información que se obtiene de cada una de las cosas u objetos que se encuentran interconectados. Típicamente se trata de una conexión inalámbrica teniendo en cuenta los contextos donde se incluyen los sistemas IoT; las conexiones mediante cable se realizan en caso de dispositivos muy específicos.
- **Nube:** Constituye el conjunto de servidores remotos, alojados en centros de datos que consolidan y almacenan la información proveniente de los sensores. Estos datos, que, de acuerdo con la naturaleza del sistema, pueden ser cantidades masivas, se almacenan, procesan y visualizan en la nube según los requerimientos propios de la solución.

### Modelo de referencia IoT

La Figura 1 muestra la estructura del modelo de referencia de IoT, en él se han definido cuatro

capas y sus correspondientes capacidades de gestión y de seguridad [6].

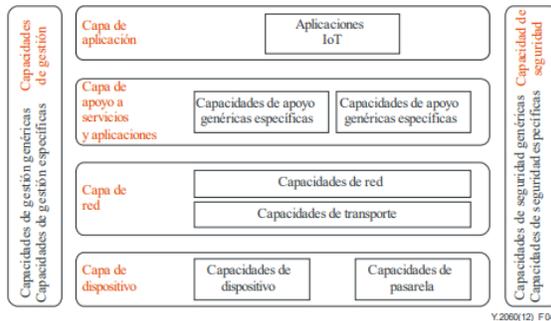


Figura 1 Modelo de referencia IoT  
Fuente: tomado de Recomendación UIT-T Y.2060

**Capa de Aplicación:** se encuentra en la parte superior del modelo y contiene las aplicaciones que usan los datos generados en todo el sistema IoT.

**Capa de soporte de servicios y aplicaciones:** incluye dos capacidades, las genéricas o comunes que pueden ser utilizadas por distintas aplicaciones, tales como procesamiento o almacenamiento de datos; y las específicas que se adaptan a los requisitos de las aplicaciones con el fin de proporcionar diferentes funcionalidades particulares para cada aplicación, y que, como su nombre lo indica, representan soporte o apoyo a las aplicaciones.

**Capa de red:** Corresponde al tipo de infraestructura que soporta el sistema IoT, sea cableada o inalámbrica e incluye dos tipos de capacidades:

- **De red:** ofrecen funciones de control de la conectividad en red, tales como funciones de control de acceso y de recursos de transporte, gestión de la movilidad y autenticación, autorización y contabilidad (AAA).
- **De transporte:** centradas en suministrar conectividad para el transporte de información y datos específicos de servicios y aplicaciones IoT, así como el transporte de información de control y gestión relacionada con IoT.

**Capa de dispositivo:**

Esta capa incluye los dispositivos físicos que soportan la aplicación (nodos sensores), es allí donde se gestiona la identificación de estos, las capacidades de hardware y el recurso de energía.

Es clave en la operación del sistema IoT, está directamente relacionada con la infraestructura que conecta con Internet y de acuerdo con el tipo de conexión pueden clasificarse de dos maneras:

**Capacidad de dispositivo:** en este tipo de función, la interacción se realiza de manera directa con la red de comunicaciones: los dispositivos pueden enviar y recibir a la red y desde ella los datos de manera directa, sin recurrir a una Gateway.

**Capacidad de pasarela:** el envío y recepción de información desde y hacia la red de comunicación, se realiza a través de una Gateway o pasarela.

**Capacidades de gestión:** al igual que en otras redes de comunicaciones y de manera transversal a todas las capas del modelo, se requiere de capacidades de gestión que se encarga de manejo de fallos, rendimiento y seguridad. Se clasifican en:

- **Genéricas:** como la gestión de dispositivos (activación y desactivación), diagnóstico, actualización del firmware y/o del software, gestión del estado de trabajo del dispositivo; gestión de la topología de red local; gestión del tráfico y la congestión, como la detección de las condiciones de saturación de red y la aplicación de reserva de recursos para los flujos de datos esenciales para la vida o urgentes.
- **Específicas:** están estrechamente relacionadas con los requisitos específicos de la aplicación, por ejemplo, requisitos de control de la línea de transmisión por la red de suministro eléctrico inteligente.

**Capacidades de seguridad:** También se dividen en genéricas y específicas así: las capacidades de seguridad genéricas son independientes de la aplicación y son, entre otras las que se muestran en la Figura 2:

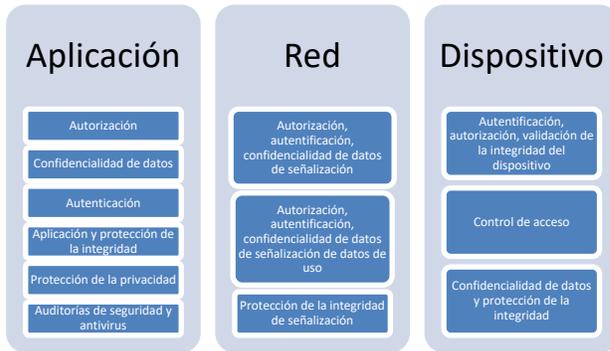


Figura 2 Capacidades de seguridad genéricas de cada capa del Modelo IoT  
Fuente: por los autores

Las capacidades de seguridad específicas están estrechamente relacionadas con los requisitos propios de cada aplicación, por ejemplo, los requisitos de seguridad para el pago con el móvil.

#### Comparación de tecnologías

Se dispone de diversas tecnologías inalámbricas con diferentes tipos de cobertura, para el proyecto se requiere revisar tecnologías como las redes de área amplia y de baja potencia conocidas como LPWAN diseñadas para comunicaciones de dispositivos de baja velocidad de bits. Los precursores de estas tecnologías son Sigfox, LoRaWAN y NB-IoT.

Las redes LPWAN proporcionan excelente cobertura en áreas urbanas, rurales y remotas, ésta puede variar de 5 a 40 km, las estaciones tienen vida útil de la batería de 10 años y admiten muchos dispositivos. A continuación, se dará una reseña de los protocolos de LPWAN como Sigfox, LoRaWAN y NB-IoT [7].

Sigfox opera y comercializa una solución propietaria de IoT en 31 países en asocio con varios operadores en cada país. Los mensajes no tienen reconocimiento, cada dispositivo envía los mensajes tres veces a través de diferentes canales de frecuencia, por su parte las estaciones base reciben simultáneamente mensajes, el dispositivo final puede al transmitir escoger un canal al azar que reduce la complejidad y costo de este.

LoRaWAN por su parte es una tecnología desarrollada por Semtech, modula en la banda ISM Sub-Ghz, provee comunicación bidireccional proporcionada por la modulación de espectro de dispersión (CSS). Cada mensaje transmitido por un dispositivo final es recibido por las estaciones base, se requiere múltiples estaciones base con lo cual se incrementa el costo de la solución. LoRaWAN puede localizar los dispositivos finales al recibir del mismo mensaje del dispositivo final.

NB-IoT es una tecnología de 3GPP, utiliza el acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) en el enlace ascendente y ortogonal FDMA en el enlace descendente empleando modulación QPSK. NB-IoT puede existir con GSM y LTE en los siguientes modos de operación: independiente usando las frecuencias de GSM, operación de banda de guarda utilizando los recursos que no se usan en la banda de guarda en LTE y operación dentro de banda con recursos dentro de la banda de operación en LTE.

En la Tabla 1 [8] se revisan diversos de protocolos de LPWAN como Sigfox, LoRaWAN y NB-IoT

Protocolo	Sigfox	LoRaWAN	NB-IoT
Estándar	Compañía SigFox en colaboración con ETSI en la estandarización	LoRa-Alliance	3GPP
Modulación	BPSK	CSS	QPSK
Frecuencia	Banda 915 Mhz en USA	Banda 915 Mhz en USA	Frecuencia licenciada de LTE
Ancho de banda	100 Hz	250 Khz a 125 Khz	200 Khz
Máxima tasa de datos	100 bps	50 Kbps	200 Kbps

Bidireccional	Limitado / Half-duplex	Si / Half-duplex	Si / Half-duplex
Máximos mensajes al día	140 (UL), 4 (DL),	Ilimitado	Ilimitado
Máxima longitud de Payload	12 bytes (UL), 8 bytes (DL),	243 bytes	1600 bytes
Rango de cobertura	10 km (urbano), 40 Km (rural)	5 km (urbano), 20 Km (rural)	1 km (urbano), 10 Km (rural)
Inmunidad a interferencia	Muy alto	Muy alto	Bajo
Autenticación y Encriptación	No soportado	Si (AES 128b)	Si (encriptación LTE)
Tasa de datos adaptativa	No	Si	No
Localización	Si (RSSI)	Si (TDOA)	No (bajo especificación)
Permite red privada	No	Si	No

Tabla 1 Comparación de tecnologías

A continuación, se revisan diversos factores a considerar en la elección de la tecnología IoT adecuada para el desarrollo del proyecto.

QoS: en el presente diseño este factor no es crítico por lo que tecnologías como LoRaWAN o Sigfox que no tienen un buen desempeño como NB-IoT, pueden ser usadas.

Duración de batería y latencia: los dispositivos finales están en modo suspensión en la mayor parte del tiempo, de modo que reduce la cantidad de energía consumida. En el proyecto se requiere reducir el consumo de energía por lo que NB-IoT es descartada, otro factor a tener en cuenta en el diseño propuesto donde la latencia no es un factor crítico por lo que Sigfox y LoRaWAN clase C que proporciona baja latencia es una buena solución.

Escalabilidad y Payload: la tecnología de NB-IoT proporciona una gran escalabilidad, en el

presente diseño no implica una red tan grande por lo que es posible plantear usando Sigfox y LoRaWAN. Para el caso del payload si bien NB-IoT ofrece hasta 1600 bytes, LoRaWAN máximo 243 bytes, Sigfox una carga útil de 12 bytes; para el diseño propuesto no se necesita enviar gran cantidad de datos.

Cobertura: Sigfox alcanza hasta los 40 km, LoRaWAN tiene un alcance hasta 20 km, para el caso de NB-IoT sólo se despliega en regiones con cobertura LTE. en cuanto al rango de cobertura: se requiere de un enlace entre la ubicación de la cama de lombrices y el servidor de aplicaciones con lo cual tecnologías como Sigfox incluso LoRaWAN cubren este aspecto.

Modelo de implementación: LoRaWAN se ha instalado en 42 países frente a 31 de Sigfox, se tiene en cuenta que los despliegues de estas tecnologías aún están en una fase inicial. Es importante tener en cuenta que LoRaWAN requiere un despliegue de red local es decir LAN utilizando la puerta de enlace LoRa, la tecnología Sigfox ofrece un modelo que se puede ajustar a los requerimientos de diseño.

Costos: en la Tabla 2 [8], se consideran varios aspectos incluyendo el espectro (licencia), costos de instalación y costos del dispositivo final.

	Costos espectro	Costo instalación	Costo dispositivo final
Sigfox	Sin costo	>4000€/ estación base	<2€
LoRaWAN	Sin costo	>100€/gateway >1000€/ estación base	3-5€
NB-IoT	>500 M€ /MHz	>15000€/ estación base	>20€

Tabla 2 Costos de Sigfox, LoRaWAN y NB-IoT

La tabla de costos está proyectada para Europa, pero es posible extrapolarla a Colombia, por lo que la solución más viable en cuanto a costos y los otros factores analizados es la ofrecida por

Sigfox.

En el campo de la agricultura inteligente se requiere batería de larga duración, otro factor a considerar es que los dispositivos envían información pocas veces por hora, debido a los bajos cambios en el entorno, por lo que tanto Sigfox como LoRaWAN son ideales para este escenario, en contraste por el consumo de batería no se considera NB-IoT; otro aspecto a considerar para descartar NB-IoT radica en que en el sector donde se ubica la unidad de lombricultura de interés para el estudio, no se tiene cobertura LTE.

Para el proyecto específico de la biofábrica se opta por la tecnología Sigfox por su topología, consumo de energía y por cubrir varios aspectos del requerimiento de diseño, otro aspecto importante es que la tecnología Sigfox ya está implementada y desplegada en la región de interés.

### III. CONCLUSIONES

El diseño de un sistema de monitoreo basado en IoT permite evaluar de forma permanente los parámetros críticos de la unidad productiva, brindando información en tiempo real de las condiciones físicas de las camas de lombrices y del entorno en general, logrando una verificación constante de las condiciones para la toma de decisiones y la maximización de la producción de lombricompost y humus líquido.

El concepto de IoT exige que la tecnología sobre la cual se soporta el sistema cumpla con parámetros como el bajo consumo de potencia, tamaño mínimo de mensajes a transmitir, baterías de larga duración y largo alcance de la red. Sigfox es una tecnología que cumple con los lineamientos que se establecen para este tipo de sistemas y representa ventajas significativas relacionadas con la implementación y la simplificación del hardware, siempre y cuando se esté trabajando sobre las áreas de cobertura en las cuales opera.

La agricultura de precisión es un campo interdisciplinar con gran auge y potencial

teniendo en cuenta el amplio campo de acción con que cuenta; allí, los sistemas de monitoreo basados en IoT representan una importante línea de trabajo a nivel regional pues tradicionalmente la agricultura ha sido el principal renglón económico del sector y, por lo tanto, este sistema resulta replicable para las zonas rurales donde se ubican los productores.

### REFERENCIAS

- [1] P. Llana González, Seguridad y responsabilidad en la internet de las cosas (IoT), Wolters Kluwer España, 2018.
- [2] T. Mendieta, J. Herrera y A. Jimenez Peña, «La Capacidad del IOT de Transformar el Futuro,» *Revista Avenir*, pp. 15-18, 2019.
- [3] . Pasqua, «IoT Analytics,» 2020. [En línea]. Available: <https://iot-analytics.com/5-things-to-know-about-the-lpwan-market-in-2020/>.
- [4] IoT Analytics, «5 things to know about the LPWAN market in 2020,» Enero 2020. [En línea]. Available: <https://iot-analytics.com/5-things-to-know-about-the-lpwan-market-in-2020/>.
- [5] IoT Analytics, «LPWAN emerging as fastest growing IoT communication technology,» Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://iot-analytics.com/lpwan-market-report-2018-2023-new-report/>.
- [6] IEEE, «Rec. UIT-T Y.2060,» 2014. [En línea]. Available: [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.2060-201206-I!!PDF-S&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.2060-201206-I!!PDF-S&type=items). [Último acceso: 13 Agosto 2019].

- [7] A. Montes y L. Camacho, «Universidad Distrital,» 2019. [En línea]. Available: [http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/16025/1/Telemetria\\_a\\_traves\\_de\\_redes\\_de\\_area\\_extensa\\_de\\_baja\\_potencia\\_%28LPWA%29\\_y\\_en\\_coexistencia\\_con\\_el\\_internet\\_de\\_las\\_cosas\\_%28IoT%29.pdf](http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/16025/1/Telemetria_a_traves_de_redes_de_area_extensa_de_baja_potencia_%28LPWA%29_y_en_coexistencia_con_el_internet_de_las_cosas_%28IoT%29.pdf). Technologies for IoT Deployment: Sigfox, LoRaWAN, and NB-IoT,» de *2018 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops)*, Atenas, 2018.
- [8] K. Mekki, E. Bajic, F. Chaxel y F. Meyer, «Overview of Cellular LPWAN

## **Autores**

María Alejandra López Hurtado\*, Nancy Amparo Guaca Girón \*\*

\*Candidata a Magister en Telecomunicaciones, Especialista en Gerencia Educativa, Especialista Tecnológica en Seguridad en Redes de Computadores, Ingeniera Electrónica y Telecomunicaciones. Experiencia de quince años en el sector educativo: Instructora: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA desde el año 2009, Docente de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD desde el 2018 a la fecha. Ingeniera de soporte: Alianzas Comunicaciones

\*\* Magister en Administración de Organizaciones, Especialista en Redes y Comunicaciones, Candidata a Magister en Telecomunicaciones, Ingeniera Electrónica y Telecomunicaciones. Instructora: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Docente de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, desde el 2010 a la fecha. Coordinadora mesa de ayuda Instituto Nacional de Cancerología, Ingeniera de gestión y Soporte – NOC remoto Telmex Hogares.