

Gateway externo para una red de iot lorawan

External gateway for a lorawan iot network

DOI: 10.46932/sfjdv4n9-007

Received on: October 13th, 2023

Accepted on: November 17th, 2023

Armando Mora Campos

Doctor en Ciencias en Ingeniería Electrónica

Institución: Tecnológico Nacional de México, I.T. Querétaro, México

Dirección: Av. Tecnológico, s/n, Centro Histórico, Centro, 76000, Santiago de Querétaro, Qro., México

Correo electrónico: armando.mc@queretaro.tecnm.mx

Jöns Sánchez Aguilar

Doctor en Ciencias y Tecnología

Institución: Tecnológico Nacional de México, I.T. Querétaro, México

Dirección: Av. Tecnológico, s/n, Centro Histórico, Centro, 76000, Santiago de Querétaro, Qro., México

Correo electrónico: jons.sa@queretaro.tecnm.mx

Hernando Chagolla Gaona

Maestro en Ciencias, en Ingeniería Electrónica

Institución: Tecnológico Nacional de México, I.T. Querétaro, México

Dirección: Av. Tecnológico, s/n, Centro Histórico, Centro, 76000, Santiago de Querétaro, Qro., México

Correo electrónico: hernando.cg@queretaro.tecnm.mx

Daniel Maldonado Guadarrama

Graduarse en Ingeniería Electrónica

Institución: Tecnológico Nacional de México, I.T. Querétaro, México

Dirección: Av. Tecnológico, s/n, Centro Histórico, Centro, 76000, Santiago de Querétaro, Qro., México

Correo electrónico: 119140846@queretaro.tecnm.mx

RESUMEN

En este artículo se presenta el proceso de instalación externa de una puerta de enlace (*gateway*), de tecnología LoRaWAN. El objetivo es integrar los elementos de una red inalámbrica para Internet de las Cosas, con la antena del *gateway* ubicada al aire libre, con el propósito de incrementar la cobertura con respecto a una instalación interna. Otra finalidad es proteger al equipo ante condiciones de lluvia y descargas atmosféricas cercanas, así como asegurar la continuidad de su operación ante disturbios en la alimentación eléctrica.

Palabras clave: IoT, LoRaWAN, *gateway*.

ABSTRACT

This article presents the process of external installation of a gateway, using LoRaWAN technology. The objective is to integrate the elements of a wireless network for Internet of Things, with the gateway antenna located in free air, with the purpose of increasing coverage with respect to an internal installation. Other purposes are to protect the equipment against rain conditions and nearby atmospheric discharges, as well as to ensure the continuity of its operation against disturbances in the electrical supply.

Keywords: IoT, LoRaWAN, *gateway*.

1 INTRODUCCIÓN

El Internet de las Cosas (IoT, por las siglas en inglés de *Internet of Things*), es un concepto que se enfoca a la interconexión digital de objetos cotidianos a Internet. Este término fue utilizado por primera vez en 1999 por Kevin Ashton, cuando trabajaba en el Centro de Medios del Instituto Tecnológico de Massachusetts, para representar el concepto de computadoras y máquinas con sensores, las cuales se conectan a Internet para reportar su estado y aceptar comandos de control (Norris, 2015).

Cuando se tienen cientos o miles de objetos a conectar ubicados en una zona amplia, se tiene que considerar una red inalámbrica. Para cubrir grandes áreas, con prestaciones de confiabilidad, seguridad, consumo de energía, penetración de la señal en edificios y bajo costo, las organizaciones y empresas internacionales están adecuando sus tecnologías para convertirse en los líderes de IoT, con estándares como LTE-M y NB-IoT en telefonía celular (Flore, 2016) y 802.11ah en WiFi (LinkLabs, 2018). Algunos grupos se han adelantado varios años a la gran industria, con estándares y protocolos que se engloban en las redes WAN de baja potencia (LPWAN, por las siglas en inglés de *Low Power Wide Area Network*). Esta tecnología cumple con requerimientos de gran alcance y bajo consumo de energía, utilizando una infraestructura simple y robusta (Quinnell, 2015).

En el segmento de las LPWAN, se encuentra la especificación LoRaWAN (*Low power long Range WAN*), la cual define un protocolo de comunicación inalámbrica y arquitectura de red, donde LoRa es la capa física para interconectar dispositivos en las bandas de radio Industrial, Científica y Médica (ISM, por las siglas en inglés de *Industrial, Scientific and Medical*) (LoRa, 2018). Su arquitectura del lado de la aplicación consiste de una topología estrella, que usa *gateways* como puentes transparentes entre los miles de nodos de sensores y actuadores y los servidores de red, convirtiendo paquetes de radio frecuencia (RF) a paquetes IP y viceversa.

Una de las ventajas de la tecnología LoRaWAN es su gran distancia de comunicación, de hasta 5 km en área urbana y 15 km en área rural (Microchip, 2019), gracias a su potencia de transmisión (+30 dBm máximos para la banda de 902 a 928 MHz), la sensibilidad del receptor (hasta -146 dBm) y la modulación robusta a interferencias *chirp spread spectrum*, utilizada por décadas en aplicaciones militares y espaciales (LoRa, 2015). El alcance también depende de la ubicación y operación de elementos como *gateways*, nodos finales, antenas y cables, por lo que es necesario tener una instalación que optimice la transferencia de RF y considere los efectos del ambiente a que se someterán estos elementos, para mantenerlos funcionales en el transcurso de su vida útil.

2 CONSIDERACIONES DE ALCANCE E INSTALACIÓN

2.1 ALCANCE

El factor para determinar la potencia en el receptor RF en un entorno específico, considerando

todas las ganancias y pérdidas de la señal en la cadena transmisión/recepción, incluyendo potencia de transmisión, ganancia de las antenas, pérdidas en los conectores, pérdidas en el aire y pérdidas misceláneas, es el análisis de enlace, más conocido como *link Budget*. (EverythingRF, 2019). Con el resultado del *link budget*, se puede diseñar el sistema de comunicación de acuerdo a la sensibilidad del receptor para un alcance en particular. Si el receptor ya está desarrollado, con una sensibilidad específica, como en el caso de la red LoRaWAN, el análisis de enlace se puede considerar para optimizar la cobertura.

Otra forma de evaluar el alcance, es con el indicador de fuerza de la señal recibida (RSSI, por las siglas en inglés de *Received Signal Strength Indicator*), el cual es el valor de la potencia en miliwatts, medida en dBm, de la señal recibida por un dispositivo en una red inalámbrica. Cuando más se acerca a 0 dBm, más fuerte es la señal y mientras más negativa, más débil (Speedcheck, 2019).

2.2 INSTALACIÓN

Para aprovechar la capacidad de alcance de LoRa, se deben reducir las pérdidas e incrementar las ganancias de transmisión y recepción. Un primer paso es utilizar cables, conectores y antenas de calidad. Los cables deben presentar baja atenuación y capacitancia y ser lo más cortos posibles, con conectores que permitan un buen acoplamiento de la señal.

La mejor antena es la que radia la máxima señal en la dirección deseada. Para la mayoría de las aplicaciones de IoT, esta dirección es la omnidireccional cercana al horizonte. Para evitar pérdidas por obstáculos y reflexiones, las antenas deben ubicarse en un nivel alto, alejadas de elementos que obstruyan la transferencia de señales como árboles, edificios y estructuras metálicas. La altura de las antenas omnidireccionales permite un mayor alcance, pero puede afectar la comunicación en la parte baja cerca de la instalación. Una solución es utilizar antenas con un patrón de radiación con inclinación inferior.

La frecuencia de operación de LoRa en la gama de subGigaHerz, permite una buena penetración de la señal en edificios. Pero por cada pared que atraviesa, se tiene una atenuación de la señal de acuerdo al material de construcción, llegando al punto en que se pierden paquetes de información. Por esto se debe buscar la *línea de vista* entre las antenas de los equipos involucrados. Una instalación adecuada puede permitir que un solo *gateway* cubra una ciudad completa o cientos de kilómetros cuadrados, con miles de nodos finales transmitiendo y recibiendo información, con partes que soporten eficazmente las condiciones ambientales del medio.

3 INSTALACIÓN DEL GATEWAY

3.1 EQUIPO A INSTALAR

Con el fin de tener una red pública, abierta y gratuita de IoT en la ciudad de Querétaro (Mora et al. 2016), se adquirieron 5 puertas de enlace de la organización *The Things Network* (*gateway* TTN). Estos

son equipos para uso interno con las siguientes especificaciones: tecnología LoRaWAN @915 MHz, alimentación de 12 VCC @1A, puertos WiFi @ 2.4 GHz y Ethernet @100Mbps, conector para antena tipo RP-SMA hembra, 8 canales LoRa de entrada, 1 canal de salida. También se disponen de 3 *gateways* Sentrius RG191 para interiores, de la empresa Laird Connectivity (Laird, 2023).

3.2 VERSIONES DE INSTALACIÓN

Los *gateways* TTN están diseñados para instalarse en interiores, adheridos al cristal de una ventana por medio de ventosas de plástico (figura 1a). Para esta instalación, se tiene un alcance de decenas de metros, dentro y fuera de la vivienda.

En una segunda instalación, el equipo se ubicó en el exterior dentro de un gabinete plástico clase IP65, fijado a un muro en la azotea de la vivienda (figura 1b), obteniendo un radio de cobertura de cientos de metros. En estas dos primeras instalaciones, el *gateway* funcionó correctamente, aún después de varias tormentas eléctricas.

Para seguir incrementando el rango, el mismo equipo se colocó sobre un poste metálico, a 5 m de altura de la instalación previa, obteniendo un alcance inicial de 2 km (figura 1c), pero con la primera lluvia con rayos que se presentó en las cercanías, el alcance se degradó a 100 m.

Antes de la lluvia, el RSSI de la comunicación entre el *gateway* de la tercera instalación y un nodo final fijo fue de -70; después de la lluvia, la misma comunicación presentó un RSSI de -105. Esto sugiere un daño de la puerta de enlace.

En un cuarto montaje externo, se consideraron las recomendaciones del fabricante para la protección de *gateways* contra los campos eléctricos de las descargas atmosféricas, cuando se utiliza una antena externa (TTN, 2019), llegando a las siguientes especificaciones de la instalación y materiales utilizados:

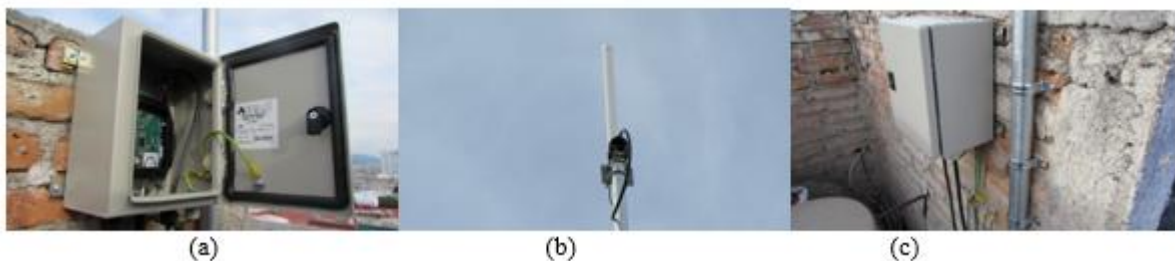
Figura 1. Instalaciones previas del gateway, a) interna, según indicaciones del fabricante, b) externa, junto a un muro en la azotea de una vivienda, c) externa, sobre un poste metálico de 5 m.



Fuente: Elaboración propia.

- *Gateway* TTN dentro de una caja metálica ubicada en un muro sobre el techo de una vivienda (figura 2a), marca ANCLO, modelo G4A252015, nivel IP65.
- Antena omnidireccional montada en un poste metálico de 5 m en el techo de la vivienda (figura 2b), marca Altelix, modelo AU09G6HQ-NF, frecuencias de 824 a 960 MHz y ganancia de 6 dBi,
- Cable coaxial entre la antena y el *gateway* de 20 pies de longitud, marca Altelix, modelo AX400FR, atenuación de 3.9 dB/100ft @900 MHz.
- Protector de tubo de gas para la protección contra descargas atmosféricas en el lado de la antena, marca Altelix, modelo LC06NMNFB, con tubo de gas de 600 V modelo LGT6-600-2PK.
- Protector de tubo de gas para la protección contra descargas atmosféricas en el lado del *gateway*, marca Altelix, modelo LC06RSMRSFB, con tubo de gas de 90 V modelo LGT6-090-2PK.
- Conexión a Internet por medio de cable Ethernet FTP cat. 5e (25 m).
- Protector de transitorios de tensión en el cable Ethernet, con el supresor TRIPP-LITE SUPRESOR RJ45 (DNET1).
- Protector para equipos eléctricos y electrónicos, con conexión/desconexión automática ante apagones y variaciones extremas de la alimentación, marca Steren, modelo 920-020.
- Alimentación del *gateway* sobre el cable Ethernet, con el *kit* PoE marca TP-LINK, modelo TL-POE200.
- Sistema de puesta a tierra, con impedancia de 5 ohms, dos varillas verticales y una horizontal en paralelo, conductor de puesta a tierra de 20 m, calibre 8 AWG y barra de aluminio como punto de conexión a tierra física de los componentes y equipo (figura 2c).

Figura 2. Cuarta instalación del gateway, a) equipo dentro de un gabinete metálico, b) antena sobre un poste metálico de 5 m. c) detalle de la base del poste y barra de tierra física.



Fuente: Elaboración propia.

Este sistema resistió la primera lluvia con relámpagos en las cercanías (alcance de 4 km), pero en la siguiente lluvia, el RSSI cayó a -105 con un alcance de 100 m. En una tercera lluvia, el RSSI cambió a -125 con un alcance de 20m.

4 PROTECCIÓN FINAL

4.1 SIGUIENTE NIVEL DE PROTECCIÓN

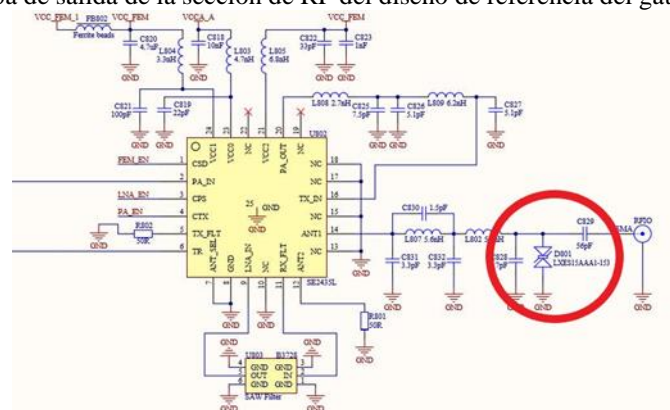
La quinta instalación conjunta las sugerencias del fabricante del *gateway* TTN cuando se utiliza antena externa, pero aun así el sistema es muy sensible a los efectos de las descargas eléctricas en las cercanías, por lo que se analizaran otras alternativas de protección.

De acuerdo al fabricante ON Semiconductor, los tubos de descarga de gas protegen contra transitorios y relámpagos en forma bidireccional, con capacidad de transportar altas corrientes, ofreciendo baja capacitancia y alta impedancia en estado apagado, con la desventaja de una respuesta lenta (ON, 2014), por lo que deben ser coordinados con dispositivos de mayor velocidad de respuesta, como el diodo Supresor de Tensiones Transitorias (TVS, por las siglas en inglés de *Transient Voltage Suppressors*). Los TVS son semiconductores con características de bidireccionalidad, baja capacitancia y alta impedancia en estado apagado, con alta velocidad de respuesta para proteger equipo sensible.

4.2 DIODOS TVS EN LOS GATEWAYS

Semtech, la empresa desarrolladora de la tecnología LoRa, propone un diseño de referencia de un *gateway* (Semtech, 2018). En la etapa de salida de la sección de RF (figura 3), el diseño Semtech incluye el TVS LXES15AAA1-153, con características eléctricas de $V_{DC} = 4 \text{ V}$, $V_{AC} = 0 \pm 25 \text{ V}$, $C = 0.05 \text{ pF}$ y descarga electrostática de contacto y en el aire de $\pm 15 \text{ kV}$ (Murata, 2017).

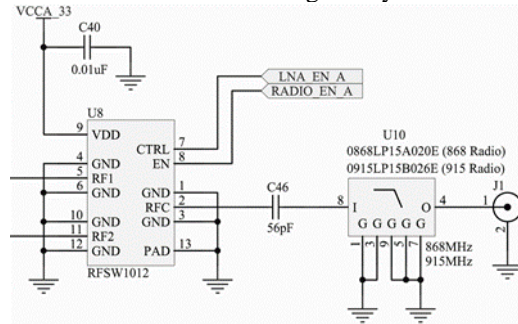
Figura 3. Etapa de salida de la sección de RF del diseño de referencia del gateway Semtech.



Fuente: Semtech,2018

El fabricante de semiconductores Microchip documenta una tarjeta de desarrollo que opera como un *gateway* LoRa. Se observa que en la etapa de salida de la sección de RF, no cuenta con elementos de protección (figura 4).

Figura 4. Etapa de salida de la sección de RF del gateway de desarrollo LoRa de Microchip.



Fuente: Microchip Technology Inc. document DS40001827A

En cuanto al *gateway* TTN, el fabricante integra la sección de RF en el módulo mPCIe LG9271 de la marca Microchip/Occammd. Ya que no se proporciona información de este módulo, se realiza una inspección visual (figura 5), observando que tiene un diseño similar al de la figura 4, por lo que no cuenta con un elemento de protección ante señales transitorias en la conexión a la antena.

Figura 5. Módulo LoRa mPCIe LG9271 de Microchip/Occammd.



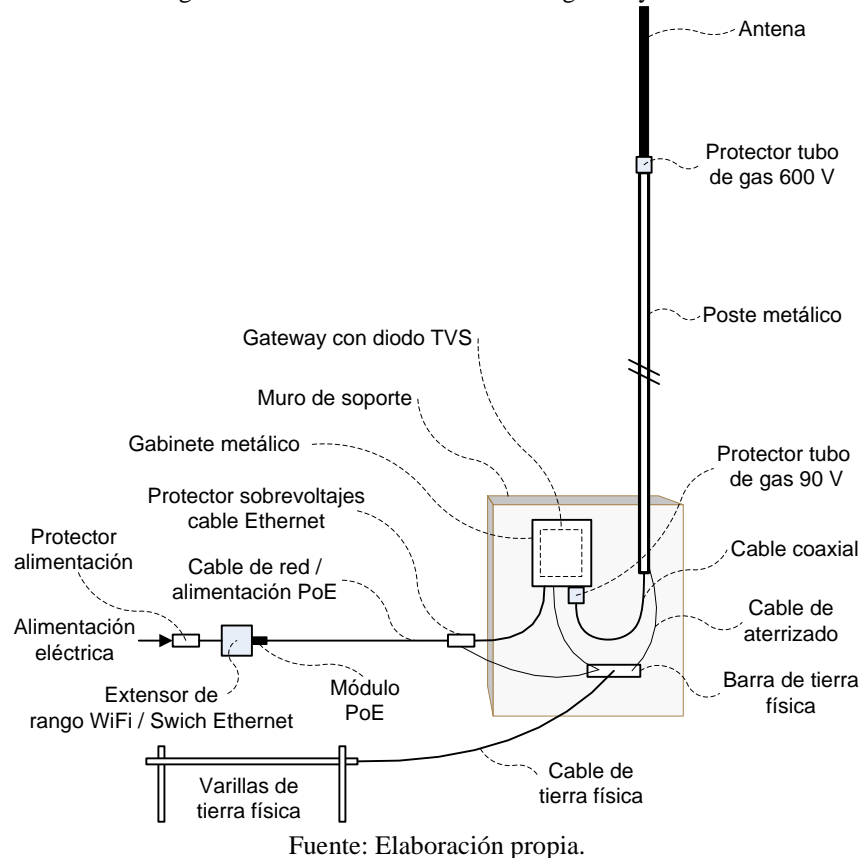
Fuente: Elaboración propia.

4.3 SOLUCIÓN FINAL

Considerando la protección que recomienda Semtech, se solda un diodo TVS LXES15AAA1-153 entre la pista del conector U.FL de la antena y tierra, del módulo de RF del *gateway* TTN. Con este diodo como protección de alta velocidad ante descargas atmosféricas y la instalación previa que incluye los tubos de gas de descarga de 600 y 90 V, se realiza una prueba en campo del *gateway* externo. Los resultados muestran un sistema que ha soportado las descargas atmosféricas del entorno durante los últimos seis meses, por lo que se considera que se ha obtenido el sistema deseado.

La figura 6 muestra el sistema completo, solución que se ha inscrito como compilación de datos (base de datos), en el Registro Público de Derechos de Autor (Mora et. al. 2018).

Figura 6. Instalación externa final del gateway TTN.



Ya que el *gateway* TTN está actualmente fuera de mercado, la solución definitiva fue utilizar el Sentiur RG191 para interiores, con todos los elementos que se muestran en la figura 6, obteniendo una instalación de *gateway* LoRaWAN externa con operación estable y a prueba de fallas.

5 CONCLUSIONES

Se ha documentado el proceso de instalación externa de un *gateway* para redes LoRaWAN de la marca *The Things Network*. Las especificaciones del equipo definen una instalación interna, pero en el sitio WEB del fabricante se menciona la posibilidad de uso de una antena externa, siempre y cuando se conecten dispositivos de protección contra sobretensiones en la antena y en los cables Ethernet. Con los elementos de protección instalados, el equipo sufrió daños en la etapa de recepción de RF por las descargas atmosféricas de las primeras lluvias, reduciendo significativamente su rango de cobertura. Una vez analizado el módulo de RF del *gateway* TTN, se observó que no incluye la protección de alta velocidad contra transitorios de tensión (diodo TVS) que recomienda el fabricante original. Esto es frecuente en las primeras versiones de equipos de comunicación, por lo que si se desean obtener resultados satisfactorios, se deben adquirir equipos ya consolidados de fabricantes reconocidos. Una vez conectadas todas las protecciones, el *gateway* TTN ha mantenido su alcance inicial, resistiendo los campos eléctricos de las descargas atmosféricas de los últimos seis meses. Con el cambio de la puerta de enlace TTN por el

gateway Sentiur RG191 para interiores, se obtuvo la solución con los mejores resultados, por lo que esta solución se recomienda como punto de partida para la instalación de puertas de enlace de tecnología LoRaWAN

REFERENCIAS

EverythingRF. “Link Budget Calculator,” (en línea), consultada por Internet el 28 de septiembre del 2019. Dirección de Internet: <https://www.everythingrf.com/rf-calculators/link-budget-calculator>.

Flore, D. “3GPP Standards for the Internet-of-Things,” (en línea), 29 de febrero del 2016, consultada por Internet el 6 de octubre del 2019. Dirección de Internet: http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1766-iot_progress.

LinkLabs. “WiFi's Future: Examining 802.11ad, 802.11ah HaLow (& Others),” (en línea), 01 de febrero del 2018, consultada por Internet el 6 de octubre del 2019. Dirección de Internet: <http://www.link-labs.com/future-of-wifi-802-11ah-802-11ad/>.

LoRa, A. “What is the LoRaWAN™ Specification?,” LoRa Alliance, consultada por Internet el 21 de diciembre del 2018. Dirección de Internet: <https://lora-alliance.org/about-lorawan>.

LoRa, A. “LoRaWAN. What is it?. A technical overview of LoRa and LoRaWAN,” LoRa Alliance, noviembre 2015, consultada por Internet el 1 de octubre del 2019. Dirección de Internet: <https://lora-alliance.org/sites/default/files/2018-04/what-is-lorawan.pdf>.

Microchip, T. I. “RN2903,” Microchip Technology Incorporated, consultada por Internet el 30 de marzo del 2019. Dirección de Internet: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/RN2903>.

Microchip. “LoRa® Technology Gateway User’s Guide,” Microchip Technology Inc., doc. DS40001827A, USA, 2016.

Mora, A., J. L. Sánchez, J. Sánchez, H. Chagolla y M. D. C. Mora. “Red pública, abierta y gratuita de Internet de las Cosas en la ciudad de Querétaro,” Congreso Internacional en Tecnologías de la Información y Comunicación 2016, Querétaro, México, Nov. 2016.

Mora, A., J. Sánchez y H. Chagolla. “Prototipo de puerta de enlace LoRaWAN externa,” Compilación de datos (bases de datos), Registro Público de Derechos de Autor número 03-2018-120313553300-01, México, diciembre del 2018.

Murata. “Ceramic ESD Protection Device LXES**A series,” Murata MFG. CO., LTD. Documento No. LX-1-1111 Rev1.3, Japón, 2017.

Norris, D. “The Internet of Things,” Mc Graw Hill Education, USA, 2015.

On S. “Types of Electrical Overstress Protection,” On Semiconductor application note AND9009/D, junio, 2014 – Rev. 1, consultada por Internet el 20 de enero del 2019. Dirección de Internet: <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/AND9009-D.PDF>.

Quinnell, R. “Low power wide-area networking alternatives for the IoT,” EDN Network, September 15, 2015, consultada por Internet el 27 de sept. del 2019. Dirección de Internet: <https://www.edn.com/design/systems-design/4440343/Low-power-wide-area-networking-alternatives-for-the-IoT>.

Semtech. “PicoCell Gateway V1.0 Prod Folder for North America, Reference Design,” Semtech Wireless RF products, consultada por Internet el 1 de septiembre del 2018. Dirección de Internet: <https://www.semtech.com/products/wireless-rf/lora-gateways/SX1308>.

Laird. “Sentrius RG191 LoRaWAN Gateway + WiFi / Ethernet,” Laird Connectivity, consultada por Internet el 7 de noviembre del 2023. Dirección de Internet: <https://www.lairdconnect.com/part/rg191>.

Speedcheck, “RSSI,” consultada por Internet el 25 de septiembre del 2019. Dirección de Internet: <https://www.speedcheck.org/es/wiki/rssi/>.

TTN, “Lightning protection,” The Things Network LEARN, consultada por Internet el 15 de febrero del 2019. Dirección de Internet: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/gateways/lightning-protection.html>.