

# Guidance on LPWAN technology selection based on IoT applications requirements

Eduardo Carrasco<sup>1</sup>, Rodrigo Muñoz<sup>1</sup>, Sandra Céspedes<sup>1 2</sup>

<sup>1</sup>Department of Electrical Engineering, Universidad de Chile, Chile

<sup>2</sup>NIC Chile Research Labs, Universidad de Chile, Chile

eduardo.carrasco.g@ug.uchile.cl, rodrigo@niclabs.cl, scespedes@niclabs.cl

## Abstract

The Internet of Things serves as a platform for the deployment of several applications, each with a set of different features. This project develops profiles of typical IoT applications to be tested using two LPWAN technologies: LoRaWAN and Sigfox. The profiles of applications represent devices in Smart Cities, e-Health, and Smart Farming, simulating its features in an experimental development platform with a development board. The results shows better performance for Sigfox, but it depends of the infrastructure of the networks and the programming of the devices. With these tests, this project aims at proposing a guidance for IoT developers that need to choose the communication technology that better suits an IoT application.

## 1 Introducción

El Internet de las Cosas (en adelante, IoT por sus siglas en inglés) es un concepto que ya se ha implementado en el mundo actual siendo considerada como un actor fundamental de una nueva Revolución Industrial. La posibilidad de interconexión de dispositivos (*Machine to Machine*, M2M), de compartir datos entre ellos sin intervención humana, entrega una gran gama de posibilidades que atraen la atención ante el paradigma IoT. Prácticamente todos los sectores de la industria

Copyright © 2020 for this paper by its authors. Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

In: Proceedings of the IV School of Systems and Networks (SSN 2020), Vitória, Brazil, December 14-15, 2020. Published at <http://ceur-ws.org>

se verán afectados de alguna u otra forma con la interconexión de sus dispositivos, siendo algunos de ellos la agricultura, las *smart cities*, la energía (*smart meters* y *smart grids*), el monitoreo industrial, la domótica, la telemedicina, el cuidado de la salud, el seguimiento de objetos y un largo etcétera. Esto ha provocado la aparición de las redes de baja potencia y área ampliada (LPWAN) que genera soluciones en alcance extendido, larga duración de baterías y escalabilidad.

Hoy en día, muchos desarrolladores que utilizan LPWAN se han inclinado en el uso de LoRaWAN como red de comunicación, más de 500 compañías la han implementado sin contar a las personas independientes que también lo han hecho [LA], mientras que Sigfox busca convertirse en una red con cobertura mundial para el Internet de las Cosas que la hace atractiva para la industria, esperando alcanzar los mil millones de dispositivos conectados a su red en el año 2023 [Dah19]. En este proyecto se pretenden dar recomendaciones del uso de LoRaWAN o Sigfox como tecnología LPWAN de comunicación por líneas de aplicación en base a resultados experimentales de funcionamiento para tres perfiles de tres aplicaciones distintas.

LoRaWAN es el estándar LPWAN más utilizado y que cuenta con mayor cantidad de publicaciones [HDMH18]. La capa física trabaja bajo los fundamentos de LoRa (Long Range) que utiliza *Chirp Spread Spectrum* como modulación. Se habla de LoRaWAN cuando se agrega a esta tecnología un protocolo MAC que permite la configuración de una red de dispositivos y que se estandarizó con la LoRa-Alliance. Por otro lado, Sigfox utiliza una tecnología con un ancho de banda ultra delgado (*Ultra NarrowBand*) que, según la región, va a ser de 100 Hz o de 600 Hz, dependiendo de esto, puede alcanzar tasas de transmisión de 100 bps a 600 bps respectivamente. Sigfox utiliza para el *up-link* la modulación D-BPSK, que le da características robustas ante el ruido y sensibilidad en largos alcances

[OKR19].

## 2 Caracterización de aplicaciones IoT

Para encontrar los requerimientos de las aplicaciones IoT se recopilaron proyectos en las áreas de Cuidado de la Salud, Agricultura y Smart Cities publicadas en la literatura. Con ello, se levantaron perfiles que caracterizan estos rubros y se adecuaron cuatro pruebas para simular cada uno de ellos. En la prueba 1, se envían mensajes de 2 bytes cada minuto simulando el levantamiento de datos en el cuidado de la salud sin apagar el dispositivo (modo *sleep*) ya que el levantamiento de datos de estos sensores buscan estar activos todo el tiempo. La prueba 2 simula casos de Smart Farming, donde se levantan datos de varios sensores en espacios de 30 minutos utilizando el modo de espera *deepsleep* dejando el dispositivo en un consumo de muy baja potencia (alrededor de 5 mA). La prueba 3 es para dispositivos que deben enviar su estado continuamente, y, en la prueba 4, se simulan sensores que requieren enviar datos en espacios de tiempo más largos. Estas pruebas se resumen en la tabla 1.

Prueba	Largo	Frecuencia	Modo reposo
P1	2 Bytes	1 por minuto	sleep
P2	10 Bytes	Cada 30 min	deepsleep
P3	1 Byte	1 por minuto	deepsleep
P4	12 Bytes	Cada 6 hrs.	deepsleep

Table 1: Tabla de las pruebas a realizar

Los datos anteriores se prueban a través de rutinas implementadas en una LoPy4 que cuenta con cuatro estándares de comunicación inalámbrica, entre ellas Sigfox y LoRa. Esta se configuró previamente en el backend de Sigfox que contaba con una buena señal promedio y se conectó a LoRaWAN utilizando la plataforma abierta The Things Network (en adelante, TTN), a la cual se accedía a través de una segunda LoPy4 programada como nanogateway y ubicada a 300 metros del lugar de las pruebas. Se testearon las cuatro pruebas. Cada una de ellas para Sigfox, LoRaWAN con spreading factor 7 y LoRaWAAN con spreading factor 12. En cada prueba se midió la fiabilidad de la transmisión y el uso de las baterías utilizadas.

Las pruebas realizadas en la LoPy4 para cada configuración (Sigfox y LoRaWAN con ambos Spread Factors) consistió en la programación de los cuatro perfiles de la tabla 1 en la tarjeta de desarrollo para enviar los mensajes a su respectivo backend y ser decodificado conforme a la aplicación que se utilice. Este proceso se probó para Sigfox usando la infraestructura que da cobertura a toda la zona urbana de Santiago de Chile y por LoRaWAN a través de un nanogateway ubicado a 300 metros del dispositivo LoPy4 sin una línea de vista directa, recopilando la cantidad de mensajes enviados

exitosamente y la intensidad de corriente eléctrica utilizada por el dispositivo durante su funcionamiento.

## 3 Resultados

Los resultados de las pruebas anteriores en fiabilidad y duración de las baterías se resumen a continuación, cabe destacar que las pruebas se realizaron en un tiempo de 2 horas y media en el caso de aquellas pruebas que requerían mensajes por minuto. Durante 36 horas en el caso de la Prueba 2 y durante 5 días en el caso de la Prueba 4. Los resultados en la fiabilidad se muestran en la tabla 2 y presentan el porcentaje de éxito de los mensajes enviados a sus respectivas redes o PDR (*Packet Delivery Ratio*).

	Sigfox	LoRaWAN SF7	LoRaWAN SF12
P1	100%	60.3%	97.8%
P2	100%	70.8%	89.3%
P3	100%	72.4%	97.2%
P4	100%	70%	100%

Table 2: Resultados de PDR para las cuatro pruebas

Por otro lado, las pruebas en la duración de las baterías se midieron a través de un sensor de corriente que recolectaba los datos de corriente eléctrica de la placa de desarrollo durante sus procesos, con esto se puede estimar la duración de los dispositivos conforme a la capacidad de las baterías utilizadas. La tabla 3 muestra el consumo promedio en miliamperes en un lapso de 1 hora para cada tecnología.

	Sigfox	LoRaWAN SF7	LoRaWAN SF12
P1	120.73	119.97	121.69
P2	4.98	8.52	8.53
P3	14.01	15.37	17.37
P4	3.58	3.66	4.03

Table 3: Consumo en miliamperes (mA) para cada prueba

### 3.1 Análisis

Los resultados al medir la fiabilidad claramente muestran un exitoso desempeño en las transmisiones de la red Sigfox, logrando la llegada de todos los mensajes a su backend, distinto al caso de LoRaWAN donde su desempeño depende del Spread Factor utilizado, siendo en promedio cercano al 70% en el caso de Spread Factor 7 y llegando a 95% en promedio para Spread Factor 12. Y si bien esto podría sugerir que una red se desempeña mejor que la otra, en realidad tiene que ver con las infraestructuras distintas con la que se cuenta en ambos casos. Mientras que Sigfox tiene una red de varias estaciones base levantadas en la Región Metropolitana dando cobertura prácticamente a todo

el sector urbano de la capital chilena, la red LoRaWAN levantada para este experimento contó solo con un nanogateway colocado al interior de una casa que le brindaba conexión a través de WiFi, sin dejar la antena al exterior y sin posibilidades de utilizar Data Rate Adaptativo al no ser multifrecuencias o para múltiples Spread Factors.

Por otro lado, el consumo energético de los nodos es similar en ambas redes, siendo en general levemente mayor en el caso de LoRaWAN y que al ponerlo en una perspectiva larga en el tiempo arroja mayor duración para la conexión a Sigfox. Esto puede deberse al comportamiento energético al momento de enviar un mensaje que, en promedio, es levemente menor para el caso de Sigfox que en LoRaWAN. Cabe destacar que el uso de períodos de deepsleep en tarjetas de desarrollo como LoPy4 puede entregar niveles de corriente en el orden de los microamperes, generando usos de batería más prolongados en el tiempo.

## 4 Guía de selección de redes inalámbricas

Como aporte final, a partir de la revisión de la literatura y de los experimentos con perfiles, se propone una guía para la selección de tecnologías de comunicación para desarrolladores de aplicaciones IoT. Se divide en tres partes principales descritas a continuación.

### 4.1 Parte 1: Definiciones de la Aplicación

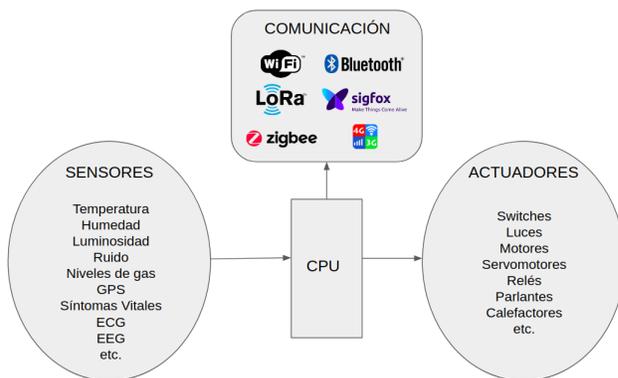


Figure 1: Partes de una Aplicación IoT

Generalmente, un dispositivo IoT cuenta con una CPU, sensores, actuadores y una tecnología de comunicación, como se representa en la figura 1. Con esto se proponen los siguientes puntos que ayuden a definir la tecnología a utilizar.

- **Datos a enviar:** Se debe definir el tipo de dato a enviar, sean fotos, videos, audio, data analógica u otro.

- **Tamaño de los datos:** Se define el tamaño en bytes que tendrán en promedio los datos.
- **Optimización de los datos:** Dependiendo del tipo de sensores, es posible que los datos puedan optimizarse, haciendo envíos más pequeños y con la información suficiente.
- **Frecuencia de los mensajes:** Se define la frecuencia de envío de los datos generados.
- **Downlink:** Es necesario definir si la aplicación requiere de mensajes provenientes de la red al dispositivo.
- **Latencia:** Hay aplicaciones que requieren de tiempos de respuesta muy rápidas, si ese es el caso se requiere de bajas latencias en la comunicación.

### 4.2 Parte 2: Aplicaciones de Alto Throughput

Con las definiciones anteriores de la aplicación se puede realizar la primera selección. Si la aplicación tiene un gran tamaño de datos (sobre los 500 Bytes), una alta frecuencia de envío de mensajes (en el orden de segundos) o requiere de bajas latencias (en el orden de milisegundos), entonces se deben utilizar tecnologías de comunicación de alto throughput, como WiFi, Bluetooth, o las redes celulares 3G/4G (y 5G en el futuro próximo). En el caso contrario, las redes LPWAN pueden ser una solución.

### 4.3 Parte 3: Selección de LPWAN

La elección de una LPWAN, específicamente entre Sigfox y LoRaWAN va a depender de puntos más específicos de la aplicación, ambas van a cumplir con los requerimientos generales, sin embargo, hay que tener en cuenta los siguientes puntos para su elección:

- **Infraestructura:** La red Sigfox cuenta con estaciones base en zonas específicas, si no se cuenta con cobertura, se debe optar por otra red LPWAN como lo puede ser LoRaWAN que permite el levantamiento de cobertura con un gateway que cuente con conexión a Internet.
- **Cantidad de mensajes y tamaño:** Se debe tener en cuenta la limitación diaria de mensajes en Sigfox (140 mensajes diarios en uplink y 4 en downlink), que puede ser insuficiente en algunos casos y también el tamaño (hasta 12 bytes), LoRaWAN no tiene un límite definido, sin embargo, no se recomienda el uso de una gran cantidad de mensajes ya que puede provocar colisiones entre dispositivos en una misma zona y bajar la fiabilidad.

- **Fiabilidad:** Los resultados indican que zonas con buena cobertura Sigfox entrega muy buenos resultados en fiabilidad al contrario de LoRaWAN. Se recomienda estimar la fiabilidad permitida por cada dispositivo, y en casos críticos, preferir aquella que entregue mayor confianza.
- **Batería:** Los resultados de este experimento entrega mejores resultados en Sigfox para el uso de las baterías, sin embargo, estos van a depender de la programación del dispositivo, los sensores y actuadores utilizados y el ahorro de energía en los tiempos de reposo para una mayor duración.

## 5 Conclusiones

Este trabajo muestra que las redes LPWAN son tecnologías de comunicación inalámbrica competitivas para las aplicaciones IoT, su utilización depende en gran medida de la infraestructura y de la programación realizada en los dispositivos finales. Se elaboró una guía para facilitar a los desarrolladores la elección de la tecnología LPWAN que mejor se ajusta a las necesidades de las aplicaciones IoT. Para este proyecto, los mejores resultados se vieron en Sigfox, sin embargo, las condiciones varían conforme a la cobertura y a la disposición de los dispositivos. Por lo que como trabajo futuro se propone realizar pruebas en cobertura, movilidad y generar opciones de ahorro energético para usos largos en el tiempo.

## 6 Agradecimientos

Este proyecto ha sido apoyado por el Proyecto ANID FONDECYT 1201893 y por el Proyecto ANID Basal FB0008.

## References

- [Dah19] N. Dahad. A billion devices connected to sigfox ‘attainable’ by 2023, noviembre 2019. Disponible en: <https://www.eetasia.com/A-Billion-Devices-Connected-to-Sigfox-Attainable-by-2023/>.
- [HDMH18] H. Haxhibeqiri, E. De Poorter, I. Moerman, and J. Hoebeke. A survey of lorawan for iot: From technology to application. *SENSORS*, 2018.
- [LA] LoRa-Alliance. What is the lorawan specification?
- [OKR19] L. Oliveira, S. Kozlov, and R. Rabêlo. Mac layer protocols for internet of things: A survey. *Future Internet*, 11(1), 2019.