

# Soluciones IoT desde Smart Cities a Blockchain

Javier Díaz, Laura Fava, Agustín Candia, Emanuel Borda, Diego Vilches, Matías Pagano  
LINTI - Laboratorio de Investigación en Nuevas Tecnologías Informáticas.  
Facultad de Informática. Universidad Nacional de La Plata, calle 50 esq. 120, 2<sup>do</sup> Piso.  
Tel: +54 221 4223528  
{jdiaz, lfava, acandia, eborda, dvilches, mpagano}@linti.unlp.edu.ar

## RESUMEN

La transformación digital viene avanzando rápidamente trayendo nuevas soluciones tecnológicas para múltiples escenarios. Esta transformación tiene como objetivos generar una mayor eficiencia operacional y una mejor experiencia en el uso de productos y servicios, además de ofrecer cada vez más inteligencia y seguridad.

Muchas de estas tecnologías emergentes, incluso, son aún más eficientes cuando se las aplica conjuntamente, como en el caso de las tecnologías de *Blockchain* e *Internet de las Cosas*, que juntas pueden ofrecer grandes soluciones a muchas problemáticas actuales.

La tecnología de Internet de las cosas (Internet of Things o IoT) ha crecido exponencialmente con la implementación de proyectos que la utilizan para monitorear dispositivos -en el campo, en los hogares, en las ciudades, etc.- lo que la ha colocado en la cima de la transformación digital brindando muchas soluciones a problemas actuales. Sin embargo, este crecimiento acelerado ha generado importantes desafíos como la administración de una enorme cantidad de dispositivos conectados y el manejo de una gran cantidad de datos e información. Es muy desafiante para la infraestructura actual y las arquitecturas existentes administrar eficientemente estos emergentes ecosistemas IoT.

Por otro lado, blockchain es una

tecnología que hace uso de sistemas descentralizados y criptografía; introduce un cambio de paradigma por el hecho de ser una red distribuida donde cada uno de los nodos participantes son los responsables de la validación y registro de las transacciones.

En los sistemas IoT tradicionales los dispositivos dependen de un servidor central en la nube para identificar y autenticar dispositivos individuales. Por el contrario, con la blockchain cada dispositivo firma criptográficamente sus mensajes descentralizando la tarea de identificación y autenticación, además de ayudar a mitigar el downtime debido a su naturaleza distribuida.

En este artículo se describen líneas de investigación y desarrollo que forman parte de un proyecto integral destinado a proveer soluciones tecnológicas que aporten a diferentes escenarios de smart cities, áreas rurales, marítimas o alejadas de lo urbano donde la conectividad 3G o 4G resulta ineficaz o inaccesible. Se presenta a LoRaWAN como red de soporte, y se introduce una nueva línea, blockchain, para trabajar conjuntamente con IoT.

**Palabras claves:** Internet de las Cosas (IoT), sensores, protocolos para IoT, Lora, LoRa WAN, blockchain.

## CONTEXTO

El Laboratorio de Investigación de

Nuevas Tecnologías Informáticas LINTI de la Facultad de Informática, viene trabajando en proyectos relacionados con Internet de las Cosas en áreas como domótica, estacionamiento inteligentes, horticultura, deporte, etc., desde hace varios años.

Uno de los primeros proyectos de IoT vinculado a ciudades inteligentes fue *rParking: un sistema de plazas de estacionamiento reservadas* (Boccalari, E., González, F., 2016) actualmente en funcionamiento en la playa de estacionamiento del edificio de Rectorado de la UNLP y en la Ciudad de Las Condes, Chile. Actualmente se está investigando para desarrollar una tacha de estacionamiento de bajo costo que pueda ser fabricada en Pymes locales. Este nuevo nodo permitiría detectar el estado (ocupado/desocupado) de una plaza de estacionamiento, e informar este estado vía LoRaWAN. También se prevé integrarlas a Sistemas de estacionamiento medido existentes.

Asimismo se han propuesto soluciones de IoT para ayudar a personas con discapacidad como el calzado háptico, una solución tecnológica integral en forma de zapato que va acompañado por una aplicación móvil que guía a los disminuidos visuales a un destino específico en tiempo real y el desarrollo de un kit de bastón y anteojos con sensores que detectan y avisan la presencia de objetos en espacios bajos y altos para personas ciegas (Harari, I., Fava, L., Díaz, J., 2018).

Las líneas de trabajo que se describirán a continuación se desarrollan en el LINTI y están enmarcadas en el proyecto: *“De la Sociedad del Conocimiento a la Sociedad 5.0: un abordaje tecnológico y ético en nuestra región”*, , acreditado en el marco del Programa de Incentivos, bajo la dirección del Lic. Javier Díaz.

## 1. INTRODUCCIÓN

El término Internet de las Cosas o Internet of Things (IoT) se refiere generalmente a escenarios donde la capacidad de cómputo y la conectividad de las redes se extienden a objetos, sensores y elementos cotidianos -no computadoras personales-, permitiendo que estos dispositivos generen, intercambien y consuman datos.

Los proyectos antes mencionados, dan cuenta del trabajo que se viene desarrollado con IoT en diferentes escenarios, mayormente utilizando wi-fi y bluetooth, sin embargo, cuando se necesitan comunicaciones sobre distancias largas esos protocolos no son adecuados. En este sentido, han surgido nuevas tecnologías que permiten comunicación eficiente en distancias muy largas, donde no existe conectividad celular (GPRS, 3G o 4G), y también en escenarios donde las capacidades de cómputo y energía del nodo sean claramente limitadas. Dentro de estas tecnologías conocidas como LPWAN tenemos LoraWAN y Sigfox.

En este artículo se presentan avances en diferentes proyectos IoT que utilizan LoraWAN para brindar soluciones a problemáticas de diferentes escenarios y se introduce una nueva línea, blockchain, y su impacto en IoT.

## 2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

Las líneas de investigación, desarrollo e innovación que se llevan a cabo en este proyecto están vinculadas al desarrollo de soluciones para ciudades inteligentes, el agro y otros escenarios, utilizando el protocolo LoRaWAN.

Los ejes principales de I+D+i son:

- Análisis de protocolos de comunicación

de largo alcance y bajo consumo. Despliegue de la red, instalación y prueba.

- Análisis de tecnologías de vanguardia para la construcción de nuevos dispositivos inteligentes para smart cities.
- Diseño y construcción de dispositivos basados en sensores para el monitoreo y análisis de la salud de los animales.
- Análisis de sistemas de posicionamiento para tracking de animales: GPS y localización sin GPS usando LoRaWAN.
- Diseño e implementación de plataformas horizontales que gerencien los dispositivos mencionados, escalen en cantidad y diversidad de nodos y permitan trabajar con los datos recolectados.
- Análisis de tipos de blockchains, estudio de los algoritmos de consenso, blockchain y su impacto en la seguridad de IoT.

### 3. RESULTADOS OBTENIDO/ESPERADOS

Para la línea de IoT planteada en este artículo se ha trabajado por un lado en la red de soporte LoRaWAN y por otro en la creación de dispositivos inteligentes que serán conectados utilizando esa red y aplicaciones de gestión desarrolladas específicamente para cada tipo de dispositivo.

En cuanto a los proyectos que están en funcionamiento podemos mencionar:

En el contexto de una tesina y en cooperación con un proveedor del rubro semaforización, se lleva a cabo el desarrollo de un prototipo funcional de red de *semáforos inteligentes*. Se incorporan funcionalidades tales como monitoreo del estado lumínico del artefacto,

sincronización de onda verde, sensores de posicionamiento e inclinación, habilitación de canales para circulación ante situaciones de emergencia, entre otras. La solución pensada de extremo a extremo, incluye el diseño de un nodo controlador, facilidades de comunicación vía LoRaWAN, monitoreo en tiempo real y herramientas de configuración y analítica.

Otro de los proyectos finalizados y deployados en varios lugares es la construcción de nodos para *monitorear la calidad del aire*, proyecto que ha sido de mucha utilidad en la pandemia de COVID-19.



Fig 1.: Nodo de medición de calidad de aire

Este nodo de monitoreo de calidad de aire, basado en el uso de sensores portátiles. Se analizó la performance de 3 modelos diferentes de sensores para la medición de material particulado, uno de los contaminantes primarios determinado por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006).

Como parte del análisis exploratorio, se realizaron campañas de monitoreo en conjunto con un equipo de referencia certificado, a fines de analizar desvíos en

las mediciones y correlación entre los diferentes sensores. La tarea se desarrolló en conjunto con profesionales del ámbito de la tecnología ambiental pertenecientes a la UNLP (Candia, A. , 2018). La Fig. 2 muestra una imagen de un nodo de medición de Co2.



Fig 2.: Nodo de medición de Co2

Como ampliación del tema de calidad de aire y en consonancia con la pandemia de COVID-19, se desarrolló una línea de investigación sobre las condiciones de ventilación en ambientes de trabajo cerrados. Como resultado se implementaron dispositivos para medir las concentraciones de Co2, temperatura y humedad, con el fin de alertar cuando se alcanzaran umbrales que pudieran poner en riesgo de contagio a los ocupantes de un espacio de trabajo cerrado.

Otro proyecto en el que se ha trabajado y que se encuentra operativo es el **sistema de balizamiento del canal de entrada al Puerto La Plata**, partido de Ensenada. Esta red de sensores desplegada sobre las boyas -actualmente 20-, demarcan el canal de ingreso de embarcaciones comerciales, y permite acceder a información estratégica y operativa en forma oportuna

y veraz para la toma de decisiones a nivel operativo. Entre los objetivos alcanzados, se puede mencionar que el sistema permite un monitoreo remoto de los paneles solares y baterías instalados, una sincronización exacta en las señales de balizamiento. La Fig. 3 (a) muestra un nodo de sensores desplegado sobre una baliza y la (b) muestra una imagen de la torre donde se despliegan.

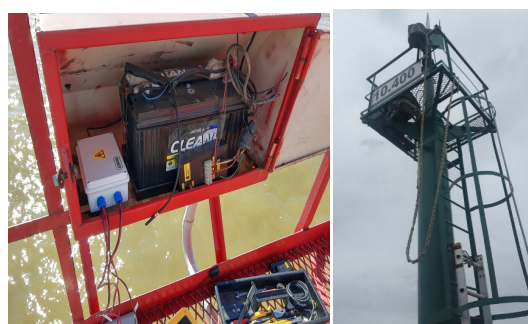


Fig 3.: (a) Nodo de sensores - (b) Despliegue

Actualmente se está trabajando en la integración con el sensado de mareógrafos y correntómetros, el envío de comandos para programación de tareas y la gestión de alarmas para dar aviso ante situaciones anómalas.

Otro de los proyectos está relacionado con **Tokenización y Tracking de Ganado** usando tecnologías IoT y blockchain. La sensorización de animales, la recolección de datos y su análisis es otra línea de trabajo. En este marco se está desarrollando un prototipo de collar para monitorear ganado. Este proyecto se lleva a cabo en conjunto con la Facultad de Veterinaria de la UNLP y se usará como escenario de despliegue el Establecimiento Don Joaquín, perteneciente a la UNLP, ubicado en Bavio. La tecnología blockchain permitirá identificar de manera segura y unívoca -a través de la

criptografía- y descentralizada -a través de una arquitectura de nodos blockchain- cada uno de los animales que forman parte del campo.

Todos estos proyectos en sus respectivos escenarios y con sus particularidades comparten un eje común, se trabaja desde el sensor a la aplicación incluyendo sistemas de alerta, monitoreo y visualización de datos.

Finalmente, cabe destacar que para dar soporte a todos estos proyectos se desplegó una red LoRaWAN usando la infraestructura de torres de la UNLP y el backbone de fibra óptica que las conecta. La arquitectura se implementa en una topología de estrellas en la que dispositivos repetidores (gateways) retransmiten mensajes entre los dispositivos finales (sensores) y un servidor de red central

Los gateways están conectados al servidor de red a través de conexiones IP estándar y actúan convirtiendo paquetes de RF en paquetes IP y viceversa. El despliegue de gateways en las antenas seleccionadas, cubrió de forma satisfactoria el área de interés, incluso utilizando una baja densidad de equipos.

#### **4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS**

El equipo de trabajo de la línea de I+D+i presentada en este artículo se encuentra formado por docentes investigadores categorizados del LINTI y alumnos avanzados de la Licenciatura en Informática, Licenciatura en Sistemas e Ingeniería en Computación perteneciente a la Facultad de Informática y a la Facultad de Ingeniería.

En relación a las tesinas de grado vinculadas con esta línea de investigación, se está dirigiendo una tesina de grado vinculada a semaforización inteligente, una tesina relacionada con blockchain y dos PPS relacionadas con IoT y deporte. Asimismo se está participando con la Facultad de Ciencias Exactas de un proyecto de calidad de aire, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

#### **5. REFERENCIAS**

Fava, L., Vilches, D., Candia, A. Diaz, J. *Soluciones IoT con tecnología LORA*, XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2019), ISBN: 978-987-3984-85-3. Marzo, 2019.

Harari, I, Fava, L, Diaz, J. *Rampas Digitales Innovativas para Personas con Discapacidad*. XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018), ISBN: 978-987-3619-27-4. Abril, 2018.

Boccalari, E., González, F. *rParking: Sistema de plazas de estacionamiento reservadas*. Tesina de Grado accesible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/59485>. Octubre, 2016.

Fava, L., Vilches Antao, D., Díaz, J., Pagano, M., Romero Dapozo, R., *Tecnología aplicada al deporte de alto rendimiento*, XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018), ISBN: 978-987-3619-27-4. Abril, 2018.

Kashoash, H, Kemp, A. *Comparison of 6LoWPAN and LPWAN for the Internet of Things*. Australian Journal of Electrical and Electronics Engineering. Diciembre, 2017.

Candia, A., Luengo, M. Represa, S., Porta, A. Marrone, L. *Solutions for SmartCities: proposal of a monitoring system of air quality based on a LoRaWAN network with low-cost sensors*. ISBN: 978-1-5386-5447-7, 2018.

Joseph Thachil G., *Introducing Blockchain Applications: Understand and Develop Blockchain Applications Through Distributed Systems*. ISBN: 9781484274804, 2021.

Antonopoulos, A. *Mastering Bitcoin, Programming the Open Blockchain, 2nd Edition*. ISBN: 9781491954386, 2017.

Joseph Thachil G., *Introducing Blockchain Applications: Understand and Develop Blockchain Applications Through Distributed Systems*. ISBN: 9781484274804, 2021.

Elad Elrom, *The Blockchain Developer: A Practical Guide for Designing, Implementing, Publishing, Testing, and Securing Distributed Blockchain-based Projects.*, ISBN 9781484248478, 2019.

## RECURSOS/DESARROLLOS EXISTENTES

Ciudades Sustentables, <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/ciudades-sustentables>

LORA Alliance, <https://www.lora-alliance.org>

Design Support Technical resources and documents, <https://www.semtech.com/design-support>