

Framework IoT aplicado a Monitoreo de Precipitaciones de la Provincia del Chaco

Federico Aguirre, Lucas Ibañez, Claudio Basilio, Sergio Gramajo

Universidad Tecnológica Nacional, Ecom, Argentina
{federodani, lucas.sebib, basilio.claudio}@gmail.com, sergio@fre.utn.edu.ar

Resumen. En los últimos años, en la provincia del Chaco, se generaron abundantes precipitaciones provocando inundaciones y generando pérdidas para el sector agrícola, ganadero y la sociedad en general. A su vez, la aparición de enfermedades debido a la saturación que sufren las napas por los anegamientos de agua por largos períodos, se proliferaron. Esta problemática exige que se tomen medidas para tener datos confiables y disponibles, esencialmente de precipitaciones, para tomar decisiones. En este sentido, nuestro trabajo de investigación y desarrollo se basa en la necesidad de contar con una fuente de datos precisos y en tiempo real que contribuyan a la activación de los distintos planes de contingencias que se encuentran establecidos y dar soporte a la toma de decisiones. Así, este trabajo se centra, específicamente, en la contribución tecnológica para afrontar estos cambios climáticos y se propone un Framework IoT aplicado al monitoreo de precipitaciones en toda la provincia del Chaco, que va desde la captación de las precipitaciones mediante pluviómetros, la comunicación por fibra óptica, procesamiento, generación de alertas y estadísticas en tiempo real.

Palabras Claves: Framework IoT; Monitoreo Web en Tiempo Real; Cambio Climático.

1 Introducción

Las intensas y prolongadas precipitaciones que afectan a la provincia del Chaco [1], generaron pérdidas millonarias para el sector ganadero y agrícola (producción de girasol, algodón, soja, maíz y sorgo). Los anegamientos de agua provocado por los niveles altos de las napas, trae como consecuencia diferentes tipos de enfermedades, combinadas con las altas temperaturas en la región, da lugar a la aparición de dengue o presencia de gastroenteritis aguda, etc. Estos son problemas que se enmarcan en diferentes estratos del Estado. Sin embargo, nuestro trabajo se centra en proponer, desde el punto de vista tecnológico y de telecomunicaciones, un framework innovador para la automatización de la captación de los datos que ayude a tomar decisiones.

Hoy una solución de esta naturaleza es posible debido a los avances en el campo de Internet de las Cosas (IoT) y las telecomunicaciones que están transformando las maneras en que las personas interactúan con el entorno [3][4][5]. Estos progresos buscan optimizar tareas rutinarias u operativas, los recursos y además incrementar el cuidado del medio ambiente. La accesibilidad de sensores o actuadores, placas electrónicas y

los avances en la optimización de sistemas de software han llevado a la creación de dispositivos económicos que pueden ser usados en la implementación de sistemas de IoT hogareños o de menor escala que los industriales. Sin embargo, el correcto desarrollo de un sistema de IoT podría significar un gran desafío como el correcto diseño de una arquitectura que favorezca la escalabilidad en cuanto a cantidad de clientes del sistema, sensores, actuadores y ubicación geográfica de los mismos.

La utilización de un sistema de monitoreo y censado de diversas variables climáticas desplegado en una zona geográfica extensa y utilizando las tecnologías y avances de IoT permitirá disponer de información actualizada y en tiempo real para poder tomar los diferentes cursos de acción que se dispongan para estas situaciones. Además, permitirá optimizar las tareas y procedimientos actuales de captación de datos en pos de garantizar la generación y entrega de valor de mejores resultados para la toma de decisiones más eficientes.

Teniendo en cuenta esta problemática y la disponibilidad tecnológica, en este trabajo proponemos un desarrollo innovador que permite modernizar el proceso de análisis de variables climáticas como pluviométrica. Así, el desarrollo de nuestra propuesta está focalizada particularmente para su utilización por la sociedad y mediante los organismos oficiales de manejo de este tipo de datos como son (en la provincia del Chaco) la Administración Pública del Agua y el gobierno Provincial.

Este artículo se estructura de la siguiente manera. En la sección 2, se presenta un framework de IoT genérico que brinda un conjunto de servicios para la gestión y administración de sistemas de IoT de cualquier escala. En la sección 3 presentamos un caso de uso de dicho framework con mediciones ambientales. Para finalizar enunciamos proyectos futuros y concluimos resaltando los aportes más significativos de nuestra investigación.

2 Framework IoT

El framework propuesto, de ahora en más SiMo (Sistema de Monitoreo), nace con el objetivo de aglomerar tecnologías e infraestructura para hacer frente a soluciones para IoT, haciendo más simple y transparente su aprendizaje. Esto permite la creación de un ecosistema interconectado en donde el uso de recursos convencionales aumenta en eficiencia gracias a la aplicabilidad de la tecnología. SiMo permite la integración de múltiples dispositivos hardware, entre ellos sensores y actuadores para la captación de datos de acuerdo a los parámetros que mejor se ajusten a las necesidades de los usuarios y escenarios de trabajo. Además, permite personalizar distintas configuraciones para cada uno de ellos y posteriormente obtener los datos para almacenarlos y a su vez controlar objetos (como sensores, actuadores, equipos, etc.) de manera simple y amigable para que puedan cooperar entre ellos para alcanzar objetivos en común.

SiMo, se encuentra dividido en dos grandes módulos: SiMoW (SiMo Web) y SiMoRa (SiMo en Raspberry), dedicados a tareas puntuales que hacen en su totalidad a la solución final.

Ambos módulos están diseñados para trabajar en conjunto, como se observa en la Fig. 1. Todos los parámetros de configuración y funcionamiento de SiMoRa pueden ser seteados y consultados desde SiMoW, mediante el uso de REST API [6].

El desarrollo del Framework se basa en un diseño de desarrollo de software siguiendo una arquitectura de capas [11][12], permitiendo añadir nuevas funcionalidades según se necesite, para trabajar sobre diversos escenarios, siendo totalmente transparente al usuario. Esto facilita la escalabilidad y adaptabilidad a las necesidades de cualquier proyecto que se plantee como objetivo.

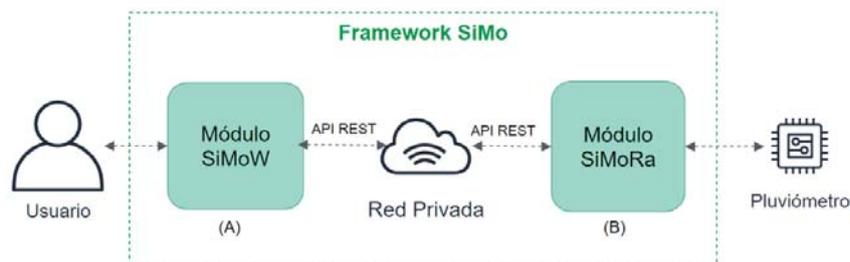


Fig. 1. Framework SiMo con módulos (A) SiMoW y (B) SiMoRa

2.1 Módulo SiMoW

El módulo SiMoW (Fig.1.A), es una plataforma web, el cual presenta una interfaz amigable para la visualización de datos (tanto en tiempo real como históricos), monitoreo de estado de dispositivos y configuración remota de los mismos. Por otro lado, permite configurar alertas y notificaciones.

SiMoW está desarrollado usando el framework Django de Python en conjunto con otras tecnologías como Nginx, Gunicorn, Redis, Supervisor, Bootstrap y MySQL como motor principal de Base de Datos [15][16][17].

A su vez, SiMoW consta de una serie de módulos, que se puede observar en la Fig. 2, como la administración de perfiles permitiendo gestionar permisos y accesos a las distintas funcionalidades que presenta el sistema, personalizando para cada tipo de usuario las acciones que puede realizar.

La gestión de Equipos y Pluviómetros permite organizar equipos y sensores en lugares geocalizados permitiendo visualizar en un mapa la ubicación y el estado actual de los mismos.

Actualmente se dispone de varios tipos de pluviómetros admisibles y disponible para su utilización. Además, SiMoW, en conjunto con SiMoRa, están desarrollados de tal manera que a medida que se necesite añadir nuevos sensores no soportados por el sistema, se incorporen fácilmente debido a su modularidad.

Para la visualización de información se dispone de un dashboard en tiempo real [10] y además cuenta con paneles en donde se podrá visualizar información estadística histórica, ya sea de manera gráfica para una mejor comprensión, o bien en formatos tabulares.

La información recibida por los equipos y sensores es almacenada cronológicamente según el momento en que fue obtenido dicho valor, para una posterior consulta o generación de reportes o a fines de cálculos estadísticos.

Por último, SiMoW cuenta con la posibilidad de gestionar alertas y notificaciones. A cada equipo o pluviómetro se puede le puede asociar alertas, permitiendo tomar cursos de acción ante la activación de dicha alerta, como ser notificaciones en diferentes medios de comunicación. Actualmente, se cuenta con varios sistemas de mensajería como son Telegram, Email, Slack y SMS para el envío de notificaciones.

Cabe destacar, que SiMoW brinda soporte y control sobre SiMoRa, mediante la utilización del módulo de API REST, lo que facilita tanto la obtención como manipulación en forma remota del sistema.

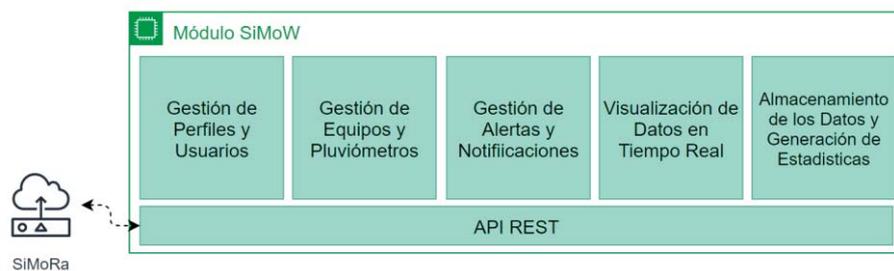


Fig. 2. Módulos de SiMoW

2.2 Módulo SiMoRa

El módulo SiMoRa (Fig.1.B), se encarga de interactuar directamente con los pluviómetros, tomando control del censado de los datos, el almacenamiento temporal, la posterior comunicación y sincronización de los mismos.

El módulo SiMoRa está desarrollado sobre una placa Raspberry Pi, sobre el cual se ejecutan un conjunto de servicios. La misma tiene como Sistema Operativo base un Raspbian [13].

La comunicación entre los pluviómetros y la Raspberry Pi puede ser por una conexión directa y cableada a los pines de la GPIO o a través de comunicación inalámbrica como wifi, módulos transceiver NRF24L01, etc. [13][14]. SiMoRa centraliza la captura, recolección y envío de datos, aunque existe la posibilidad de manejo de varios tipos de comunicación con otros dispositivos como placas Arduinos gracias el soporte de múltiples protocolos de mensajería como MQTT [8][9].

Los Servicios se desarrollaron utilizando Python como lenguaje de desarrollo. Para el resguardo temporal de la información se utilizó SQLite como base de datos [15].

SiMoRa consta de 3 módulos básicos. Un módulo de monitoreo, encargado de la recopilación, almacenamiento y envío de datos censados por cada pluviómetro conectado al mismo. Desarrollado como una aplicación multithreading, lo que favorece la independencia en la captura de datos. Cada pluviómetro activo se ejecuta sobre un hilo y se encarga de la recopilación de los datos de acuerdo a los parámetros con los que se configuró previamente. Los datos capturados son enviados a un servicio REST establecido con posterioridad (vía JSON), y para el cual, SiMoW cuenta con soporte a dicho

servicio [6]. SiMoRa envía los datos a SiMoW asimismo posee la posibilidad de establecer otros servicios secundarios adonde reportar. En el caso de que no se cuente con la comunicación con este servicio debido alguna falla de conexión en la red, los datos se almacenarán localmente hasta que la comunicación se restablezca y se puedan sincronizar los mismos.

El segundo módulo es una API REST que se desarrolló utilizando el microframework de Python llamado Flask [7], para la comunicación con SiMoW. Este permite tener el control remoto de SiMoRa gracias a la amplia variedad de microservicios desarrollados como la sincronización de información de sensores (alta, baja, edición y eliminación), inicio y detención de módulos y del mismo equipo Raspberry Pi, lectura on demand de datos y la configuración de múltiples parámetros operacionales.

Por último, un módulo encargado de manejar un servidor MQTT para la comunicación M2M con otros dispositivos [8][9].

En la Fig.3 podemos ver la interacción entre cada uno de estos módulos. Cada aplicación se presenta como servicios independientes que cooperan y se comunican entre sí. Todos los servicios se autoinician con el encendido de la Raspberry Pi y cuentan con un log donde se deja registro de cada acción que se lleva adelante.

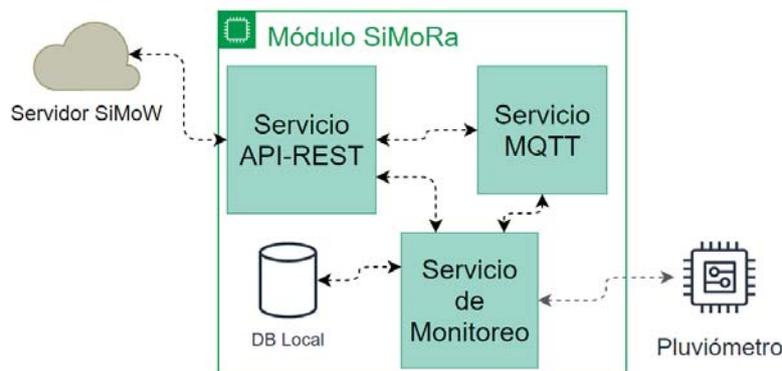


Fig. 3. Módulos de SiMoRa

3 Caso de aplicación: Monitoreo de Precipitaciones

La APA (Administración Provincial del Agua) es el organismo oficial y constitucional que se encarga de regular, proyectar, ejecutar planes generales de obras hidráulicas, riego, canalización y defensa, entre otras labores. Para llevar a cabo esta labor se requiere, entre otras cosas, contar con información de las precipitaciones de toda la provincia del Chaco. Actualmente, dicha entidad, cuenta con 35 equipos pluviómetros aproximadamente, distribuidos por toda la provincia como se puede observar en la Figura 4, donde cada uno dispone de un equipo contador de pulsos y una pantalla por la cual se puede visualizar la cantidad de pulsos por milímetros caídos. Este mismo es operado por la policía ya que los mismos se encuentran ubicados en destacamentos policiales. El proceso es manual y cada determinada hora preestablecida se debe

efectuar la lectura observando dicha pantalla y comunicándose con la entidad del APA para registrar dicho valor, luego reiniciar manualmente el equipo para que esté listo para otra toma de datos.

Este tipo de operatoria trae diversos problemas ya que se debe tener que contar de una persona para que realice dicha labor y, a su vez, disponer de un medio de comunicación de alta disponibilidad para enviar el dato. Esto puede generar un problema extra en diversas épocas del año (especialmente en verano) ya que es difícil contar debido a que hay muchos cortes de energía o a causa de los temporales se queden incomunicados.



Fig. 4. Ubicación de pluviómetros del APA

Es, por tanto, que SiMo viene a brindar solución a las problemáticas mencionadas anteriormente, permitiendo a su vez poder reutilizar equipos pluviómetros y adaptarlos para trabajar con la plataforma mediante la utilización del módulo SiMoRa. Esto permite ahorrar costos de adquisición de nuevos equipos y reutilizar los existentes.

Por otro lado, la empresa ECOM chaco cuenta con sitios de fibra óptica distribuidos en toda la provincia, muy cercanos a los lugares donde se encuentran dichos equipos pluviómetros, por lo cual puede garantizar la alta disponibilidad y seguridad para el sistema.

Cada equipo pluviómetro con su módulo SiMoRa, se encargará de reportar los datos al módulo SiMoW, donde cada usuario previamente registrados a dicha plataforma, podrá visualizarlo y acceder a las funcionalidades que tengan disponibles según el perfil tenga establecido. Dentro de las funcionalidades básicas, y a modo ejemplificativo

breve de las diferentes funcionalidades, podemos visualizar estadísticas de un pluviómetro, observando los datos registrados dentro de un período o fecha en particular, pudiendo ver acumulados por 5 minutos, hora o en días, entre otras cosas (ver Figuras 5 y 6).

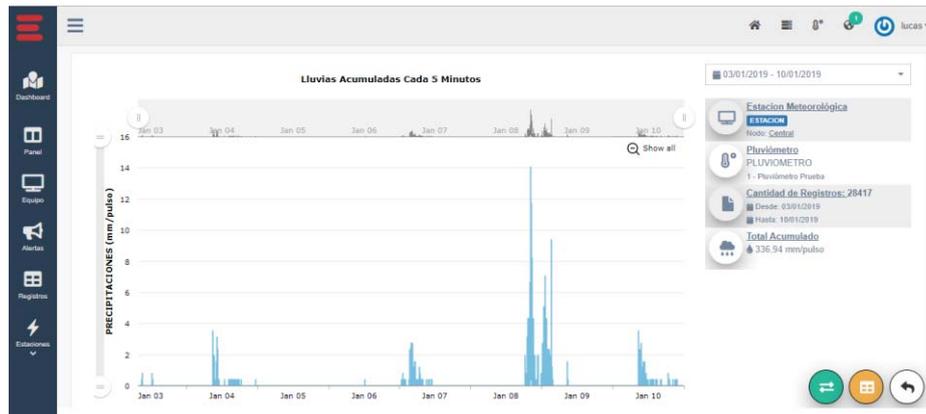


Fig. 5. Visualización de Estadísticas de registros de precipitaciones cada 5 minutos



Fig. 6. Visualización de Estadísticas de registros de precipitaciones por día

4 Conclusión y Trabajos a futuros

Actualmente, el Framework SiMo se encuentra en fase de pruebas y trabajando con varios tipos de pluviómetros. Es importante mencionar que no solamente da solución a la problemática antes mencionada, sino que puede ser un sistema escalable donde se monitoreen variables climáticas en tiempo real, como estaciones meteorológicas portables, permitiendo garantizar la máxima disponibilidad del servicio de comunicación por medio de fibra óptica. Otra de las ventajas es que su implementación ayuda a disminuir

costos, tanto de equipos como de tiempo y servicios. A su vez, este tipo de solución permitirá ayudar a tomar decisiones basadas en información precisa y tener una herramienta ante los problemas de las grandes inundaciones, principalmente en las ciudades, como mecanismos de alertas o nuevos dispositivos o sensores. Disponer de información en tiempo real, dará lugar a mejorar los planes de contingencias, alertas y en otros casos a nuevos proyectos hídricos. En este sentido los avisos se pueden plasmar por una diversidad de medios de comunicación existentes.

Como extensión al proyecto se está trabajando en incorporar nuevas tecnologías de comunicación LoRa y Sigfox, permitiendo darle a la plataforma mayor flexibilidad a la hora de comunicarse, logrando poder llegar a alcanzar lugares remotos dentro de las ciudades. Asimismo, nuestro equipo se encuentra trabajando en un nuevo prototipo que permite ser totalmente autónomo, utilizando como fuente alternativa de alimentación, la energía solar y pudiendo almacenarse en baterías que permitirían ser utilizadas como fuente primaria de alimentación. Finalmente, la segunda fase del proyecto consiste en dotar a la plataforma con la capacidad de procesamiento de datos y analítica predictiva para obtener conocimiento a partir de los mismos.

Reconocimientos

Este trabajo es el resultado de un convenio de transferencia tecnológica entre la UTN FRRe y la empresa Ecom Chaco SA en colaboración la Administración Provincial del Agua con el objeto de crear una plataforma moderna para la toma de decisiones ambientales (pluviométricas) de la provincia del Chaco.

Referencias

1. APA Anuario de precipitaciones Provincia del chaco 1956 - 2017, <http://apachaco.gob.ar/site/images/anuarios/ANUARIO%20PLUVIOMETRICO.pdf>, último acceso 29/07/2019
2. Administración Provincial del Agua (APA), <http://apachaco.gob.ar/site/index.php/a-p-a/que-es-la-a-p-a>, último acceso 29/07/2019
3. Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., Giaffreda, R., Grindvoll, H., Eisenhauer, M., et al. (2015). Internet of things beyond the hype: Research innovation and deployment. IERC Cluster SRIA
4. Advancing the IoT for Global Commerce, <https://autoidlabs.org/>, último acceso 29/07/2019.
5. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29, 1645–1660.
6. J. Mueller, SOAP and REST Basics and Differences <https://smartbear.com/blog/test-and-monitor/understanding-soap-and-rest-basics>, último acceso 29/07/2019.
7. Flask, último acceso 29/07/2019.
8. OASIS, MQTT Version 3.1.1 Plus Errata 01, <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/mqtt-v3.1.1.html>, último acceso 29/07/2019.
9. IBM, Why MQTT is good for IoT? <https://www.ibm.com/developerworks/ssa/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html>, último acceso 29/07/2019.

10. Seppo J. Ovaska, Real-Time Systems Design and Analysis, 4ª Edición, Wiley, 2012.
11. L. Tan, N. Wang, Future Internet: The Internet of Things, in 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 2010.
12. Atzori L., Iera A., Morabito G.: "The Internet of Things: A survey". ELSEVIER Journal Computer Networks. Volume 54, Issue 15. 2010.
13. Schmidt, M. Raspberry Pi: a quick-start guide. Pragmatic Bookshelf. (2014).
14. Richardson, M., Wallace, S, Getting started with raspberry PI., O'Reilly Media, Inc., 2012.
15. SQLite, <https://www.sqlite.org/docs.html>, último acceso 29/07/2019.
16. Nginx, <https://docs.nginx.com>, último acceso 29/07/2019.
17. Django, <https://docs.djangoproject.com/en/2.2/>, último acceso 29/07/2019.
18. Oracle, Why MySQL? <https://www.mysql.com/why-mysql/>, último acceso 29/07/2019.