

## IoT for Vineyard Posts

Agustin Giardinelli<sup>1,2</sup>, Gustavo Mercado<sup>1</sup>, Carlos Taffernaberry<sup>1</sup>, Ariel Verdejo<sup>1</sup>,  
Ana Diedrichs<sup>1</sup>, Cristian Bernoco<sup>1</sup>, Ana Lattuca<sup>2</sup>

<sup>1</sup>gridTICs – Grupo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones  
Departamento de Electrónica / Facultad Regional Mendoza / UTN  
gmercado@frm.utn.edu.ar

<sup>2</sup> Cátedra Proyecto Final  
Departamento de Electrónica / Facultad Regional Mendoza / UTN  
agustingiardinelli@gmail.com

### Resumen

El avance de la mecanización evidenció las deficiencias estructurales de los postes de madera impregnados, utilizados en viñedos, los cuales se quiebran y deben ser reemplazados. Se suma a esto la dificultad de su disposición final por su impregnación con CCA (cromo, cobre y arsénico) que es un riesgo ambiental. Una innovación para evitar estos problemas es la utilización de postes metálicos: presentan mayor resistencia mecánica, fabricación estandarizada, ausencia de compuestos tóxicos, son durables y reciclables. La mayoría son importados y si bien existen normativas y reglamentos nacionales para este tipo de material, no existe experiencia en el país ni recomendaciones para su correcto uso. Para desarrollar un manual de buenas prácticas de uso, es necesario generar información de su comportamiento estructural y durabilidad, tanto frente a solicitaciones estáticas y dinámicas, como a los efectos de corrosión que se presentan en condiciones de producción. Con este objetivo, se evaluarán postes metálicos ya instalados en viñedos y las condiciones ambientales y productivas a las que estuvieron sometidos. Para lo que se diseñará y construirá un poste instrumentado para medir, registrar, transmitir, almacenar y realizar análisis, por ciencia de datos, de las tensiones a las cuales está sometido y las variables ambientales que pueden afectar su durabilidad. Esta es la tarea descrita en el presente trabajo.

**Palabras Claves:** Postes metálicos, Galvanizado, Viticultura, Internet de las Cosas, Cloud Computing, Big Data, Analítica

### Contexto

El presente trabajo está inserto en el proyecto de investigación acreditado por la Universidad Tecnológica Nacional código CCECME0009834 denominado “*Contribución a la competitividad y sostenibilidad de la vitivinicultura mediante la innovación en postes metálicos conectados por medio de la implementación de sistema de Internet de las Cosas*” y al Proyecto Final de Grado, denominado “*Medición y Transmisión de parámetros que afectan la durabilidad de postes galvanizados para vitivinicultura (MTpADPGV)*”

El proyecto es llevado adelante por investigadores y alumnos becarios del grupo gridTICs y la Cátedra de Proyecto Final, ambos del Departamento de Electrónica, de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional.

### 1. INTRODUCCIÓN

La estructura de conducción de la vid es una de las mayores inversiones en el establecimiento de un viñedo y tienen influencia significativa en su productividad y rentabilidad [1]. Se denomina sistema de conducción al método para orientar el crecimiento de los sarmientos y ubicarlos convenientemente. Existe una amplia variedad de materiales que pueden ser usados para el sostén de la viña; la práctica común ha sido seleccionar el material por costo inicial sin considerar la durabilidad y su costo por año de servicio, siguiendo con la tradición de la madera. La tendencia actual de modernización de viñedos y mecanización de la cosecha, requiere de instalaciones que soporten esfuerzos mecánicos adicionales. Y es aquí donde los postes galvanizados son una

alternativa frente a la opción tradicional. Es un producto sencillo de fabricar, fácil de manipular e instalar, más liviano que los postes de madera y reciclable.

Existe una amplia oferta a nivel internacional, con diferentes diseños, calidades de recubrimiento de zinc y resistencia del acero base. Los postes galvanizados surgieron como consecuencia de la preocupación que genera la rápida corrosión del acero en el tiempo. La durabilidad del sistema poste/suelo dependerá del espesor de esa capa y de la composición fisicoquímica de los suelos. Con el recubrimiento de zinc se prolonga la vida útil, a la vez que se preserva la integridad del acero y su resistencia mecánica.

La investigación del comportamiento del zinc en suelos ha recibido poca atención si se compara con los estudios de la corrosión atmosférica del zinc. Existen numerosos antecedentes de estudios electroquímicos realizados en laboratorio con soluciones simuladas de suelos para evaluar el comportamiento de aceros galvanizados [2] y modelar el mecanismo de corrosión [3], que constituyen una referencia para este proyecto.

Varios estudios publicados muestran los compuestos químicos que se forman sobre la superficie de las diferentes fases del recubrimiento de zinc cuando se exponen al ambiente, en particular, los que se realizan con microscopio electroquímico para identificar qué ocurre en cada fase [4]. Así, puede conocerse cómo se corroe el zinc y la velocidad de disolución cuando se daña la cobertura por causas mecánicas durante el hincado de un poste.

Actualmente, existe capacidad tecnológica y equipamiento específico, en el país, que permitirá validar los resultados obtenidos.

Hay antecedentes de instalación de sistemas de monitoreo de las tensiones a las que está sometido un sistema de conducción de vid y de frutales, aunque con objetivos diferentes asociados con la evolución del cultivo [5] y de la cosecha [6]. Han demostrado limitaciones cuando se hacen mediciones puntuales en el tiempo, en particular por falta de registro de las cargas dinámicas que afectan a la instalación, como los efectos meteorológicos, por lo que se

han instalado sistemas de adquisición continua de datos. La metodología de trabajo es replicable para evaluar las cargas de tracción que afectan los postes. Por otro lado, el grupo de investigación grid TICs tiene amplia experiencia en I&D en agricultura de precisión con tecnologías IoT, como se indica en [7] y [8].

### **3. OBJETIVOS Y AVANCES DEL PROYECTO**

#### **Objetivo Principal**

Para el cumplimiento del objetivo general del proyecto marco PITES, el área de Sensores y Comunicaciones, tiene el objetivo de diseñar, implementar, instalar, validar y operar un sistema de postes de viñedos, en el terreno, instrumentados y comunicados, denominado "IoT for vineyard posts.

#### **Objetivos específicos**

- 1- Analizar y desarrollar Sensoramiento, Digitalización y Adquisición de Datos (Sensors and Digital Data Acquisition)
- 2- Diseñar sistemas de pequeños dispositivos de cómputo/comunicación (Motes).
- 3- Diseñar una red Local que comunique al coordinador, con los motes y la nube. (Ad Hoc Net).
- 4- Implementar acciones en Computación en la nube (Cloud Computing).
- 5- Implementar metodologías de análisis de datos (Analytics).

### **METODOLOGÍA**

#### **PROPUESTA**

Desarrollar e implementar un sistema, basado en tecnología de IoT, de Sensoramiento, Digitalización, Adquisición, Almacenamiento y Análisis de Datos para aplicar al estudio de las estructuras metálicas de conducción de viñedos, denominado "Poste Instrumentado". En la Figura 1 se muestra un esquema del sistema "IoT for Vineyard Posts".

#### **DESARROLLO**

##### **Sensors and Digital Data Acquisition**

Los sensores serán el punto de ingreso de los datos para el análisis de comportamiento del sistema en situación real y en tiempo real. Las acciones, se refieren a la selección,

adquisición, adecuación, implementación, instalación y prueba de sensores de toma de información del tipo ambiental, estructural y de corrosión.

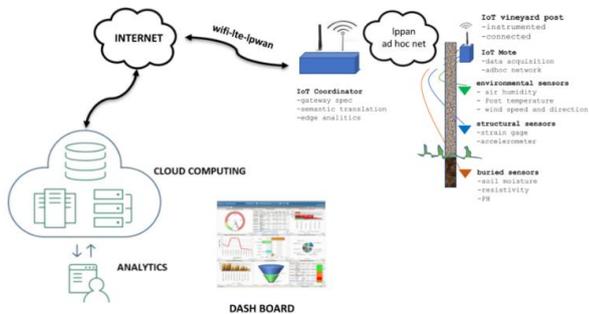


Figura 1: Esquema del sistema “IoT for Vineyard Posts”

Los tipos de sensores a estudiar son:

- Ambientales: Humedad ambiente, velocidad y dirección de viento, temperatura ambiente y temperatura del poste.
- Estructurales: extensómetros (strain gauges), acelerómetro.
- Corrosión: estacas calibradas, humedad de terreno, pHmetro, conductímetro.

### Motes

Los Motes son microcontroladores que reciben la información de los sensores, a través de las interfaces apropiadas, y transmiten la información hacia un coordinador, a través de una red de comunicaciones inalámbrica. Para ello el mote cuenta con subsistema de Transmisión/Recepción que implementa los protocolos necesarios para hacer una “Red de Sensores Inalámbricos” - WSN.

### Ad Hoc Net

En este proyecto se propone el uso de protocolos estandarizados y abiertos. Por lo que se usarán, los siguientes protocolos de IoT: IEEE 802.15.4, 6lowpan, rpl, Core/Coap, etc [9]. Los motes envían la información directa o indirectamente a un coordinador. El coordinador, es un microcontrolador cuya función es recibir la información de los motes, a través de una red de comunicaciones inalámbrica, procesar la información y enviarla a un lugar remoto con capacidad de almacenamiento y de procesamiento de la información.

### Cloud Computing

La utilización de Cloud Computing permite el almacenamiento de la información y una segunda etapa de procesamiento, así como su monitorización y análisis. Adicionalmente se pueden destacar las siguientes ventajas: Reducción de costos, Pago por necesidad; Alta escalabilidad y disponibilidad y Capacidad para agregar grandes cantidades de datos.

### Analytics

En este proyecto haremos uso de la ciencia de datos para analizar los comportamientos de los postes metálicos de viña ante las fenómenos estructurales, de corrosión de materiales y procesos funcionales y operativos.

### Field implementation and operation

El sistema se instalará en tres parcelas vitivinícolas, previamente seleccionadas por sus condiciones agrícolas, ambientales y por sus características de suelo. En cada una de ellas se instalarán tres postes conectados de acuerdo a su ubicación en las hileras, eligiendo las siguientes ubicaciones: edge post, middle post y border post, tal como se muestra en la Figura 2. Todos los postes contarán con sus respectivos sistemas de sensores, motes y redes ad-hoc. Cada parcela contará con un coordinador y un sistema de acceso a Internet. El sistema de postes conectados, se prevé, esté operativo al menos dos ciclos agrícolas completos y, por lo tanto deberán poseer un mecanismo de mantenimiento apropiado.

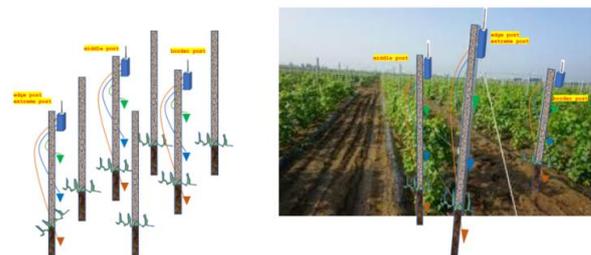


Figura 2: Esquema del montaje de los postes conectados en las parcelas agrícolas

### AVANCES DEL PROYECTO

A la fecha se ha logrado diseñar e implementar, en laboratorio, un prototipo funcional “poste instrumentado”, con operación “end to end”: con se detalla en adelante. ver Figura 3.

## Nodo embebido de adquisición de datos y transmisión de datos

Se decidió usar el microcontrolador Openmote CC2538 [10] y su adaptador OpenUSB. El OpenMote-CC2538 posee un núcleo CC2538, que es un SoC de Texas Instruments con un procesador Cortex-M3 de 32 bits y una radio que opera en la banda de 2,4 GHz y cumple con el estándar IEEE802.15.4 [11]. En los nodos Open Mote se instala el Sistema Operativo Contiki [12], el cual tiene funciones que soportan protocolos estándar y de comunicación de bajo consumo, como IPv6/6LoWPAN, RPL y CoAP. Con la capacidad, de los nodos, de comunicación entre sí, se conforma lo denominada “Red de sensores inalámbricos - WSN”

## Coordinador

El coordinador actúa como una interfaz entre la red de nodos y la red de internet, transmitiendo la información de los sensores a la nube (cloud). Esto significa, que una parte del coordinador se conforma como un router de borde y la otra como nodo de la red Ad-Hoc, cumpliendo funciones de gatekeeper. El router se implementa con una placa Raspberry Pi Model 3 B [13], que nos permite trabajar en un entorno de Linux. En el nodo (mote) se trabaja con el SO Contiki.

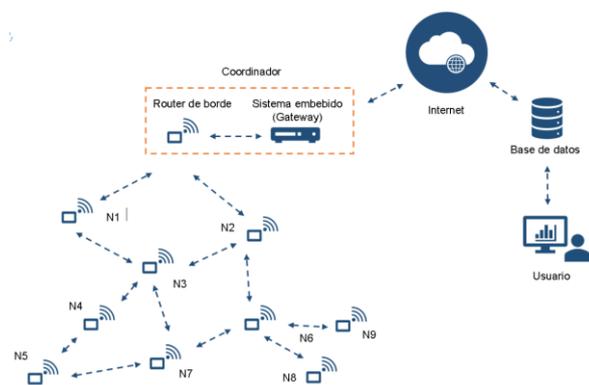


Figura 3: Esquema de implementación end to end

La vinculación física entre el nodo de la red y la placa Raspberry Pi se realiza a través de conexión USB.

Para la comunicación lógica (enlace), Contiki utiliza Tunslip, que es un mecanismo usado para unir el tráfico IP entre un host y otro

elemento de red, generalmente un enrutador de borde, a través de una línea serial. Tunslip crea una interfaz de red virtual (tun) en el lado del npdp y utiliza SLIP (protocolo de Internet de línea serie) para encapsular y pasar tráfico IP hacia y desde el otro lado de gatekeeper.

El siguiente paso es realizar consultas mediante el protocolo CoAP [14], al nodo que actúa como servidor. Para ello, hacemos uso del lenguaje de programación Python, que cuenta con una librería específica llamada “aicoap”.

Se utiliza la herramienta aicoap-client para enviar una solicitud GET al nodo servidor y acceder a sus recursos.

## Base de Datos

En esta etapa se implementó la base de datos, almacenando los datos recolectados de los nodos.

El procedimiento consiste en realizar consultas a los nodos de manera automática. Cuando el nodo envía una respuesta, se almacena en una tabla de la base de datos. Para llevar a cabo este proceso, se utiliza también lenguaje Python, a través de CoAP y se almacenan en una base de datos MySQL [15], utilizando también una librería MySQL.

Se utilizó la herramienta de trabajo MySQL Workbench para crear la base de datos, que consta de una tabla con cinco campos, a saber: identificador de sensor (idsensor), número de dato (numDato), fecha, temperatura y humedad.

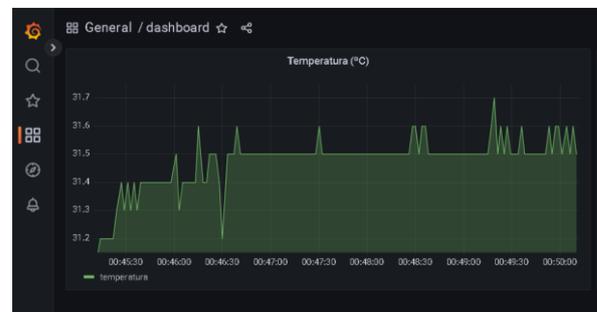


Figura 4: Visualización de datos

## Visualización de datos

En esta etapa se implementa la aplicación Grafana [16], que permite crear un panel de visualización de los datos almacenados.

Grafana posee los complementos necesarios para poder vincularse con una base de datos MySQL.

En la Figura 4 se muestra la gráfica de datos:

#### 4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Uno de los principales objetivos del proyecto es la capacitación de los recursos humanos.

La meta es fortalecer la capacidad para realizar investigación científica, generar conocimientos y facilitar la transferencia de tecnología que permita el desarrollo humano.

Para lograr estos objetivos se dispuso del siguiente personal:

Tres Investigadores formados  
Un Investigador de apoyo  
Dos Becarios alumnos (Beca Manuel Belgrano)  
Un Tesista de carrera de grado

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Thomas J. Zabadal, Engineering a Modern Vineyard Trellis, College of Agriculture & Natural Resources, Michigan State University (1997).

[2] C. Soriano, A. Alfantazi, Corrosion behavior of galvanized steel due to typical soil organics, Construction and Building Materials, 102 (2016).

[3] Padilla Pérez, Victor E, Behavior of Hot-Dipped Galvanized Steel in Infrastructure Applications, PhD Thesis, University of British Columbia, Canada (2014).

[4] Manhobosco Sara M. et al, Corrosion behaviour of galvanized steel studied by electrochemical microprobes applied on low-angle cross sections, Corrosion Science, Volume 140, August 2018

[5] Blom PE, Tarara JM, Trellis Tension Monitoring Improves Yield Estimation in Vineyards, Department of Agriculture, American Society of Horticultural Science, HortScience, Vol 44: Issue 3 (2009)

[6] Tarara J. M. et al, Estimation of grapevine crop mass and yield via automated measurements of trellis tension, American Society of Agricultural and Biological Engineers, Transactions of the ASAE, Vol. 47(2): 647-657 (2004)

[7] K. Brun-Laguna, A. L. Diedrichs, J. E. Chaar, D. Dujovne, J. Taffernaberry, G. Mercado, Thomas Watteyne. (2016) A Demo of the PEACH IoT-based Frost Event Prediction System for Precision Agriculture. IEEE International Conference on Sensing, Communication and Networking (SECON), Londres, Inglaterra, 27-30 Junio 2016.

[8] A. Diedrichs, M. Robles, D. Dujovne, F. Bromberg and G. Mercado "Characterization of LQI behavior in WSN for glacier area in Patagonia Argentina", Regular Papers, 2013 Fourth Argentine Symposium and Conference on Embedded Systems (SASE/CASE),

Printed Book IEEE CATALOG CFP1346V-PR, Buenos Aires, August 14th-16th, 2013

[9] MORABITO, Roberto; JIMÉNEZ, Jaime. IETF protocol suite for the Internet of Things: Overview and Recent Advancements. IEEE Communications Standards Magazine, 2020, vol. 4, no 2, p. 41-49.

[10] Vilajosana, X., Tuset, P., Watteyne, T., & Pister, K. (2015). OpenMote: Open-source prototyping platform for the industrial IoT. In Ad Hoc Networks: 7th International Conference, AdHocHets 2015, San Remo, Italy, September 1-2, 2015. Proceedings 7 (pp. 211-222). Springer International Publishing.

[11] Molisch, A. F., Balakrishnan, K., Chong, C. C., Emami, S., Fort, A., Karedal, J., ... & Siwiak, K. (2004). IEEE 802.15. 4a channel model-final report. IEEE P802, 15(04), 0662.

[12] Oikonomou, G., Duquennoy, S., Elsts, A., Eriksson, J., Tanaka, Y., & Tsiftes, N. (2022). The Contiki-NG open source operating system for next generation IoT devices. SoftwareX, 18, 101089.

[13] Raspberry Pi, [www.raspberrypi.org/](http://www.raspberrypi.org/) sitio visitado 15 Feb 2023

[14] Joshi, Manveer, and Bikram Pal Kaur. "Coap protocol for constrained networks." International journal of wireless and microwave technologies 5.6 (2015): 1-10.

[15] Christudas, Binildas, and Binildas Christudas. MySQL. Apress, 2019.

[16] Grafana: The open observability platform | Grafana Labs, [grafana.com/](https://grafana.com/) sitio visitado 11 Ene 2023