



# DISEÑO DE UN SISTEMA BASADO EN IoT, PARA LA MEDICIÓN DE RSD APROVECHABLES EN LA GENERACIÓN DE SUSTRATOS ORGÁNICOS

## THE BASED A SYSTEM DESIGN ON IoT, FOR THE RSD MEASUREMENT OF USABLE IN THE ORGANIC SUBSTRATES GENERATION

<sup>1</sup>Ángel Alejandro Rodríguez Aya, <sup>2</sup>Ramiro Hernán Polanco Contreras,  
<sup>3</sup>Sharee Valentina Zabala Calderón, <sup>4</sup>José Luis Púa Castro

<sup>1,2,3,4</sup>Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Colombia

Recibido: 30/09/2022 Aprobado 20/10/2022

### RESUMEN

En el siguiente trabajo se presenta el avance del diseño del prototipo para la medición de residuos orgánicos aprovechables en unidades habitacionales (fase 1). En este trabajo se muestra el diseño de hardware y software basado en la tecnología del Internet de las cosas - IoT; el prototipo de medición se desarrolló con una tarjeta Arduino Nano y un ESP-01 y es capaz de medir la masa en gramos (g) depositada en un recipiente y enviar la información en intervalos de tiempo definidos por una red wifi de 2.4Ghz a la plataforma ThingSpeak. Se tienen como resultados preliminares errores inferiores al 1.4 % en la medición del material orgánico y un porcentaje de pérdida de envío de información menor al 2 % entre el prototipo y ThingSpeak, lo anterior por pérdidas de envío de paquetes debido a la disponibilidad del servicio de red a nivel local.

**Palabras clave:** IoT, sistema embebido, Arduino, tratamiento de desperdicios, aprovechamiento de recursos.

### ABSTRACT

*This paper presents a beta prototype measurement to usable organic generate in housing units waste. This document shows a Hardware and a Software prototypes apply to IoT. The prototype measurement was developed with an Arduino Nano Card and an ESP-01 that can mass measure in grams (g) and then sending the information at defined time intervals over a 2.4Ghz Wi-Fi network to the ThingSpeak platform. The preliminary results have errors under 1.4 %, on the other hand it has a loss sending percentage information under than 2 % between the prototype and ThingSpeak.*

**Keywords:** IoT, Sistema embebido, Arduino, Waste collection, Resources development.

Citación: Pua Castro, J. L., Zabala Calderón, S. V., Rodríguez Aya, A. A., & Polanco, R. H. (2023). Diseño de un prototipo basado en IoT para la medición de residuos orgánicos aprovechables en unidades habitacionales. *Publicaciones E Investigación*, 16(4). <https://doi.org/10.22490/25394088.6505>

<sup>1</sup>angel.rodriguez@unad.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-0498-8648>

<sup>2</sup>ramiro.polanco@unad.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-1410-6733>

<sup>3</sup>svzabalac@unadvirtual.edu.co, <https://orcid.org/0000-0001-7558-4053>

<sup>4</sup>jlpuac@unadvirtual.edu.co, <https://orcid.org/0000-0001-6486-5060>

<https://doi.org/10.22490/25394088.6505>

## 1. INTRODUCCIÓN

De los residuos sólidos generados en Colombia cerca del 40 % podrían aprovecharse, pero según la Misión de Crecimiento Verde del Departamento Nacional de Planeación (DNP), solamente se recicla alrededor de 17 %, si se analiza el comportamiento promedio de la generación de residuos en ciudades intermedias, se observa que en promedio al día se recogen 400 t entre residuos ordinarios, barrido y poda (Polanco & García, 2019); así pues grandes cantidades son material orgánico provenientes de desechos domésticos, o provenientes del comercio en el sector de alimentos preparados y algunos servicios, cuyas características indican un amplio potencial en procesos de compostaje; por su parte es innegable que en la actual sociedad el aprovechamiento de estos se ha visto reducido a procesos básicos de separación en la fuente, encontrando como una de las alternativas la producción de composta casera a partir de la proporción de RSD aprovechables.

Como un primer paso en el diseño de un modelo a escala doméstica, de un sistema eficiente de composta, el trabajo desarrollado propone un modelo de contenedor bajo un enfoque de industria 4.0, con la autonomía para la captura y almacenamiento de la data obtenida a partir de la sensorica de la masa depositada en el recipiente por parte del generador, lo que en posteriores análisis permitirá establecer el método de aprovechamiento más eficiente basado en los datos obtenidos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Hardware

Para el diseño de prototipo se estableció trabajar con sistemas de hardware de bajo costo (Rodríguez & Figueredo, 2021), como sistemas embebidos de la empresa Arduino, para este caso se optó como sistema de procesamiento central la tarjeta Arduino Nano con las características que se muestran (Arduino, 2020), esta es ampliamente utilizada en sistemas electrónicos digitales de bajo costo y es ampliamente usada para leer diferentes sensores y controlar diferentes dispositivos electrónicos.

Por otra parte, como transductor de la variable a medir (masa en g o kg), se implementó una celda de carga de 5 kg y el conversor análogo a digital HX711 (AVIA Semiconductor, 2016) este último tiene una resolución de 24 bits, según A. Rasheedha *et al.* (2020) ideal para las pequeñas variaciones de voltaje que entrega la celda de carga cuando está operando (Gull *et al.*, 2021). El consumo es inferior a los 10mA y su comunicación se hace mediante el protocolo I2C a cualquier dispositivo microcontrolado.



Fig. 1. Celda de carga de 5 kg y conversor HX711.

La tarjeta ESP-01 basada en el microcontrolador ESP8266 de la empresa Espressif Systems (Rodríguez *et al.*, 2018), es usada para realizar la conectividad a la red inalámbrica wifi de 2.4 GHz y esta es usada como puente de comunicación entre la tarjeta Arduino Nano y la plataforma IoT ThingSpeak.

La integración de los sistemas se ha realizado de la siguiente manera: la celda de carga se conecta al HX711 y esta se conecta a la tarjeta Arduino Nano por medio de la comunicación I2C, este procesa la información con la ayuda de la librería para Arduino HX711.h (Suryana *et al.*, 2019), luego de calibrar y obtener la medición correcta, se envían los datos mediante comunicación serial por software a la tarjeta ESP-01 y con la ayuda de la librería proporcionada por la empresa ThingSpeak se envían los datos a su plataforma.

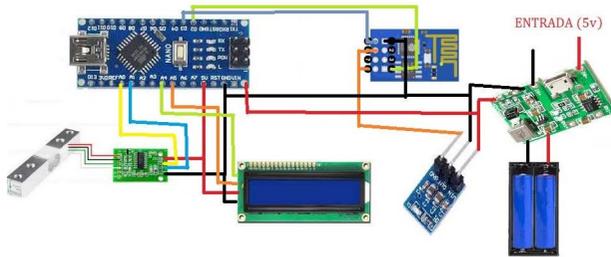


Fig. 2. Conexión entre la Arduino Nano y el ESP-01.

La tarjeta ESP-01 basada en el microcontrolador ESP8266 de la empresa Espressif Systems, es usada para realizar la conectividad a la red inalámbrica wifi de 2.4 GHz (Sarah *et al.*, 2020) y esta es usada como puente de comunicación entre la tarjeta Arduino Nano y la plataforma IoT ThingSpeak (Sparkfun, 2021).

## 2.2 Software

El software utilizado a nivel local es el software de Arduino, el Arduino IDE, este es un entorno de desarrollo integrado que permite hacer la programación de todas las tarjetas que fabrican, adicionalmente se usó el gestor de tarjetas de Arduino para incluir la tarjeta ESP-01 y así poder programarla con el mismo lenguaje de programación de las tarjetas Arduino.

Por otra parte, se optó por trabajar la aplicación en la nube de ThingSpeak para implementar la tecnología de IoT, se seleccionó esta plataforma puesto que permite publicar hasta cuatro canales (cuatro tarjetas diferentes) y hasta 8 campos (variables a medir) en su cuenta gratuita (Mustafa & Azir, 2017), adicionalmente permite subir datos con intervalos de hasta 20 segundos.

## 2.3 Diseño

El primer parámetro de diseño que se postuló fue el concepto de bajo costo y usabilidad de componentes presentes en las prácticas y sesiones que se realizan en el semillero Renovatio de la UNAD, para esto se optó por dos tarjetas en vez de una sola, puesto que se contaba con tarjetas Arduino Nano y era más económico adquirir una tarjeta ESP-01 y no una tarjeta Wemos D1 mini (Marques *et al.*, 2018), esta última tiene más puertos de conexión que la ESP-01 y se puede llegar a implementar todo el sistema con esta tarjeta.

En cuanto al diseño físico, se realizó con elementos que se pueden conseguir fácilmente en cualquier tienda de electrónica y almacenes de cadena, como lo fue una caja para proyectos de electrónica y una cesta para depositar residuos, los demás componentes que se utilizaron para armar todo el sistema son elementos simples como tornillos y herramientas de corte para realizar sus acabados.



Fig. 3 Construcción y diseño del sistema físico.

El diseño de hardware se desarrolló primero en protoboard y luego se implementó en PCB universal, en el cual se añadieron los sistemas que componen todo el diseño y un sistema de baterías 18650 con una capacidad de 5400mA para brindarle autonomía al circuito por si existen fallas en el fluido eléctrico.

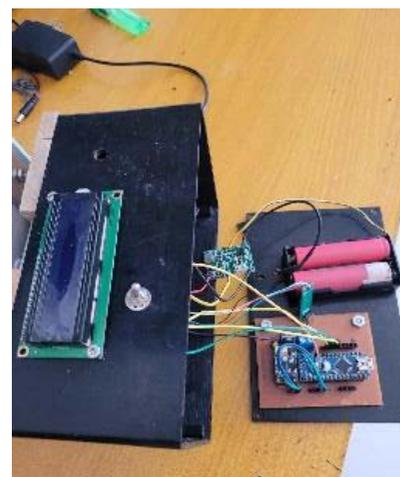


Fig. 4 PCB universal con los módulos de hardware.



Fig. 5 Diseño físico final.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El hardware que se utilizó e implementó en este prototipo y que se acondicionó en el PCB universal tiene un consumo aproximado de 80mA, consumo que se espera mejorar al trabajar con el modo de bajo consumo de la tarjeta Arduino y ESP-01.

El sistema se encuentra en la fase de pruebas, para validar su estabilidad y confiabilidad del prototipo se está realizando el envío de datos cada 20 segundos, sin embargo, se espera enviar información con intervalos de cada 60 minutos, puesto que la finalidad del proyecto permite enviar la información a dichos intervalos, pensando en modificaciones futuras ahorrar hasta el 80 % del consumo energético del sistema.

La visualización de los datos se hace a nivel local por medio de una pantalla LCD, lo que permite validar la masa en kg que contiene el recipiente y el valor que se espera enviar a la plataforma ThingSpeak.

Se ha realizado la configuración de la plataforma ThingSpeak para recibir los datos, se ha configurado el canal y el campo a recibir para que se almacene la información y luego se pueda exportar como archivo CSV para su posterior procesamiento.

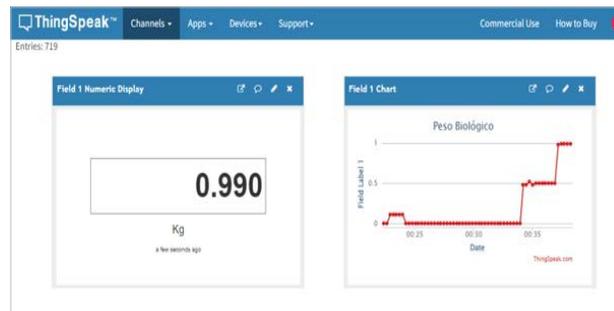


Fig. 6 Canal y publicación de datos en ThingSpeak.

### 4. CONCLUSIONES

El sistema está en la etapa de pruebas, en la cual se ha obtenido errores inferiores al 1.4 % en la medición del material orgánico puesto en el recipiente, este porcentaje de error se debe en primera medida a los errores propios de celda de carga y a una posible deformación de los elementos utilizados al ponerle diferentes valores de masa, vale la pena resaltar que este error se puede asumir en la futura investigación puesto que el error por kg es menor a 14 g, valor que influye muy poco y sería una cantidad despreciable a la hora de entregar la medida final en kg con dos cifras significativas.

El envío de la información ha presentado pérdida de información menor al 2 %, esto ocurre cuando se trata de enviar datos a la plataforma de ThingSpeak y a nivel local existe algún fallo de la comunicación a la red wifi o por el contrario existen fallas en el acuse de recibo de la información entre el sistema local y ThingSpeak. Este tipo de fallos o errores son pocos sensibles dentro de la naturaleza de la investigación, debido a que el ingreso de material orgánico al contenedor será a intervalos de tiempos bastante grandes (horas) y estos permanecen constantemente allí hasta su retiro que puede ser cada dos o tres días, esto depende del ciclo de recolección de basura en donde se encuentre el dispositivo.

Actualmente, la separación de los RSD se realiza por un número pequeño de hogares que son conscientes de la importancia de su manejo, sin embargo, existe

aún un número mayor de hogares que no hacen este tipo de prácticas tan importantes para la sociedad y fundamentadas hacia el desarrollo sostenible, adicionalmente, con este proyecto se espera cuantificar la cantidad de material orgánico que se produce en un hogar objeto de estudio y publicar en diferentes espacios de divulgación académica y social, con el fin de motivar y concienciar a las personas a realizar este tipo de prácticas y que ayuden a convertir un problema en una potencial solución, como lo sería la producción de abono orgánico a través de compostaje en los hogares.

La cuantificación de la cantidad de RSD aprovechables en las unidades habitacionales, permitirá tener una trazabilidad del material que se produce, siendo el punto de partida para la segunda fase del proyecto, ayudando a la planificación del dimensionamiento del sistema de compostaje, facilitando el desarrollo del prototipo de acuerdo con las necesidades de los hogares.

El desarrollo de este prototipo permite incrementar y mejorar el conocimiento en diversas áreas de la electrónica, puesto que se debe tener en cuenta conceptos de instrumentación, comunicación, procesamiento de información, algoritmia y programación, sin dejar a un lado el análisis de circuitos cuando se integran todos los sistemas y se validan los requisitos energéticos en cada una de sus etapas.

Por su parte el desarrollo de acciones en torno a la captura de datos en tiempo real y de forma automatizada de la cantidad de RSD generados en un lugar de habitación, reduce los errores por negligencia en la data, debido al factor humano por olvido del proceso de pesaje, falta de experiencia en el uso del equipo de medición, paralaje en el caso de uso de instrumentos análogos, por el uso de instrumentos sin el nivel de sensibilidad adecuado, entre otros factores capaces de influir en la medición, el equipo diseñado aumenta de forma considerable los niveles de precisión y exactitud.

El desarrollo de este proyecto permite la interacción entre estudiantes y docentes, fortaleciendo el vínculo de trabajo de los semilleros de investigación de diferentes

programas y cadenas de formación, como lo fue el trabajo e integración del semillero Renovatio de la cadena de formación en ETR y el semillero Seinnobe de la cadena de formación de Ingeniería Industrial, semilleros que forman parte de la ECBTI de la UNAD.

## RECONOCIMIENTOS

A cada uno de los autores de este artículo, se desea agradecer a los estudiantes que pertenecen a los semilleros de investigación Renovatio y Seinnobe, sus aportes han sido valiosos para avanzar en procesos investigativos y para escribir este tipo de artículos que son de interés para la comunidad académica.

## REFERENCIAS

- Arduino. (Febrero de 2020). *Arduino Nano*. (Arduino). <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-nano?selectedStore=us>
- AVIA Semiconductor. (Febrero de 2016). *Sparkfun*. [https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711\\_english.pdf](https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf)
- Bogde. (24 de noviembre de 2021). *bogde/HX711 - Github*. de <https://github.com/bogde/HX711>
- Gull, S., Bajwa, I., Anwar, W. & Rashid, R. (2021). Smart eNo-se Food Waste Management System. *Journal of Sensors*, 2021, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2021/9931228>
- Marques, G., Roque Ferreira, C. & Pitarna, R. (2018). A system based on the internet of things for real-time particle monitoring in buildings. *A system based on the internet of things for real-time particle monitoring in buildings*, 4(2), 15-19.
- Mustafa, M. R., & Azir, K. K. (2017). Smart bin: internet-of-things garbage monitoring system. *MATEC Web of Conferences*, 140(2), 10-15.
- Polanco, R., & García, D. (2019). Caracterización de la gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) en la ciudad de Villavieja (Colombia). *Revista Espacios*, 40(4), 6-20.
- Rasheedha, A., Srinathi, K., Sivalavanya, T., Monisha, R. R. & Nithin, S. (2020). Arduino based Automated Dosage Prescripator using Load Cell. *International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, 1(1), 85-89.
- Rodríguez, A., & Figueredo, J. (2021). Incidencia de la movilidad de las personas en la concentración de material particulado PM2.5 en una zona residencial urbana. En E. Serna, *Desarrollo e Innovación en Ingeniería* (pp. 90-96). Instituto Antioqueño de Investigación.

Rodríguez, A., Figueredo, J., & Chica, J. (2018). Sistema de control y telemetría de datos mediante una aplicación móvil en Android basado en IoT para el monitoreo de datos. *Revista Espacios*, 39(22), 30-45.

Sarah, A. G., Giano, G., Mulyadi, M., Octaviani, S. & Hikmaturokhman, A. (2020). Learning IoT: Basic Experiments of Home Automation using ESP8266, Arduino and XBee. *IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT)*, 3(1), 290-294.

Sparkfun. (Septiembre de 2021). *Sparkfun Start Something*. de <https://www.sparkfun.com/products/17146>

Suryana, A., Ananda, R., Maulana, T. R. & Rizal, M. (2019). Rice Controller Using Half Bridge Load Cell and NodeMCU ESP8266 In Rice Dispenser. *5th International Conference on Computing Engineering and Design (ICCED)*, 1(1), 1-6.