

Diseño de sistema de adquisición de datos para estudio de electromovilidad en vehículos utilitarios de uso particular.

Carlos Alejandro-Casas Acosta¹, José de Jesús López-Villalobos¹, Zita Xiahuitl-Salazar Muñoz², Manuel-Pérez Ruvalcaba¹, Oscar-Arreola Soria¹, Mario Alberto-Tamez Alvarez¹.

¹ Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León; Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Av. Eloy Cazavos 2001, Tolteca, Guadalupe, N.L. 67170, México. Email principal: jlopez@itnl.edu.mx

² Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León; Departamento de Sistemas y Computación, Av. Eloy Cazavos 2001, Tolteca, Guadalupe, N.L. 67170, México. Email: zita.salazar@itnl.edu.mx

Resumen

El uso de tecnologías de la industria 4.0 en todos los ámbitos de los sectores manufacturero y de servicio es una realidad y en el apoyo en la actualización de los recursos no es la excepción; en este caso una empresa tiene vehículos que tienen la posibilidad de tener una fuente de alimentación eléctrica para fines de carga de baterías; en este caso se encuentra en desarrollo un sistema para monitorear las fuentes energéticas disponibles y su comportamiento en el uso diario del vehículo en cuanto a energía. Para el desarrollo del proyecto se hace uso de componentes electrónicos que conforman el sistema de adquisición de datos y algunos actuadores que, junto a un sistema embebido con opción a uso de tecnología de Internet de las Cosas, nos arrojan los datos de los componentes generadores y consumidores de energía del vehículo.

Palabras clave—Adquisición de datos, Electromovilidad, Industria 4.0, Instrumentación, Internet de las Cosas.

Abstract

The use of Industry 4.0 technologies in all areas of the manufacturing and service sectors is a reality and support for updating resources is no exception; in this case, a company has vehicles that have the possibility of having an electric power source for battery charging purposes; in this case, a system is being developed to monitor the available energy sources and their behavior in the daily use of the vehicle in terms of energy. For the development of the project, use is made of electronic components that make up the data acquisition system and some actuators that, together with an embedded system with the option of using Internet of Things technology, give us data from the energy generating and consuming components of the vehicle.

Keywords—Data Acquisition, Electromobility, Industry 4.0, Instrumentation, Internet of Things.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de aplicaciones en la nube se encuentra cada vez más integrado en diversas áreas laborales, gracias a los avances en tecnologías de hardware y software que simplifican su implementación en diferentes entornos. En este

contexto, se propone una herramienta de software diseñada para configurar un servidor de trabajo de manera sencilla, sin requerir un conocimiento profundo en programación. Asimismo, en el ámbito de los sistemas embebidos basados en la tecnología Arduino y de Raspberry Pi, se abre la posibilidad de diseñar circuitos que permita crear interfaces funcionales, facilitando tanto la introducción de variables al sistema como la integración de actuadores necesarios para su interacción, como se detalla en [1-9].

Con estos antecedentes tecnológicos, dada la necesidad de un sistema que evalúe el desempeño energético de los vehículos utilitarios se requiere tener la información necesaria para la posterior implementación de una estrategia de funcionamiento del vehículo y sus alternativas de recarga diaria de las baterías de este.

Para el desarrollo inicial de este proyecto se tiene un proceso basado en metodología STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), metodología educativa enfocada en el aprendizaje interdisciplinario en el desarrollo de competencias, en donde aspectos cualitativos y cuantitativos son tomados en cuenta para el desarrollo de este caso.

En las siguientes secciones se describen las características del vehículo en cuestión, vehículo que se puede observar en la figura 1, las estrategias de la etapa de adquisición de datos y así mismo la estrategia de fusión de datos para una posterior etapa de análisis, recordemos que estamos trabajando en la instrumentación de las variables para su posterior análisis.

Figura 1 Uno de los vehículos en los que se pretende hacer el análisis energético.



2. DESARROLLO

2.1 Vehículo utilitario

En este proyecto se tiene como aplicación vehículos utilitarios de una institución educativa (Figura 1), estos vehículos fueron considerados, ya que son con los que se cuenta en la institución para diversas actividades de apoyo, estos funcionan con baterías automotrices, para el desarrollo de este proyecto se tienen alternativas para la recarga de baterías, basadas fundamentalmente en la generación mecánica y otra fuente de tipo solar.

El vehículo en cuestión es un carro de cuatro ruedas con una tracción 2x1 y que es movido por un motor eléctrico el cual tiene una velocidad controlada mecánicamente por un pedal llegando a una velocidad máxima de 60 Kms/hr, las baterías tienen las siguientes características: 6 volts de alimentación recargables. Se tienen dos alternativas de recarga de las baterías, basadas en dos fuentes, una tradicional y otra a base de energía limpia, las cuales pueden en su defecto generar corriente que apoye la recarga en cuanto esté en estado de reposo del vehículo, para fines prácticos se desea evaluar la eficiencia de recarga de las baterías y el desempeño de las baterías en el funcionamiento regular del carro eléctrico.

Figura 2 Elementos de recarga energética integrados al vehículo.



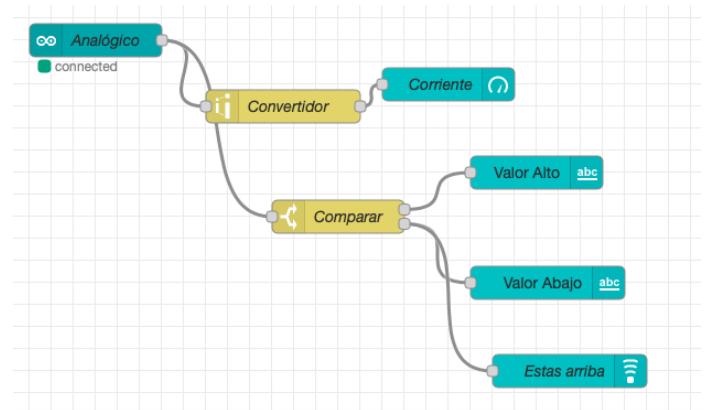
Para el caso de regeneración tradicional se implementó un sistema de electromecánico en el cual se tiene un motor de combustión interna conectando a su flecha un alternador con un sistema de rectificación con fines de recargar las baterías. En el caso de la generación de energía de fuente solar se tiene un panel que genera 22 volts que mediante un regulador se interconecta con las baterías, estos elementos se pueden observar en la Figura 2.

2.2 Fusión de datos

Debido a la etapa en la que nos encontramos se centra el trabajo en el diseño de los sistemas de adquisición de datos y parte de la fusión de estos en el servidor implementado para ese fin con la tarjeta Raspberry Pi. Dicha tarjeta tiene como herramienta de integración un servidor de NodeRED que tiene diversas capacidades que favorecen la integración de todas las señales de voltaje, corriente, temperatura y velocidad. [4,5,6].

Un aspecto clave es la capacidad que ofrece NodeRED para integrar sistemas de hardware y software en un entorno de programación gráfica. A través de sus diversos nodos, es posible construir flujos que permiten interactuar con sensores mediante diferentes interfaces, que van desde tarjetas específicas hasta controladores industriales comerciales. De igual manera, se pueden activar actuadores de distintos tipos utilizando sus respectivas interfaces (en este caso las tarjetas Arduino UNO que sirven de tarjetas de adquisición de datos). En la siguiente figura se presentan los elementos principales necesarios para desarrollar soluciones del Internet de las Cosas (IoT). Es importante destacar que el desarrollo del proyecto solo requiere un navegador web (como Chrome, Edge, entre otros) [8,9,10].

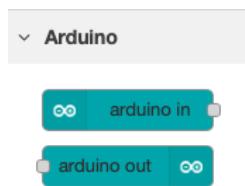
Figura 3 Programa indicador de un nivel de corriente, con ajustes de rango y de nivel.



En la Figura 3 se observa que la lectura de datos desde la entrada analógica se distribuye en dos procedimientos diferentes, donde la información se comparte gráficamente de forma concurrente. Esto permite enviar los datos a distintos publicadores (sensores) con los ajustes necesarios para su presentación, incluyendo elementos básicos de protección de acceso. Además, se posibilita la concurrencia entre varios flujos (programas) y la interacción con múltiples publicadores y suscriptores. La única limitación es la capacidad de procesamiento del servidor NodeRED, que en este proyecto se implementó en una configuración maestro-esclavo, utilizando una Raspberry Pi como servidor principal y cuatro tarjetas Arduino Uno como esclavas para redes de adquisición de datos y actuadores [10-16].

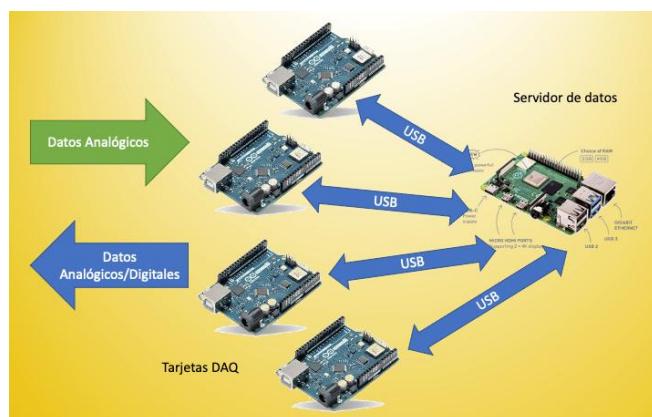
En el caso de las entradas y salidas de variables a medir o controlar se tienen facilidades de su interface gráfica de programación con el NodeRED y esto se puede ver en el esquema mostrado de lectura de datos en Arduino, véase Figura 4.

Figura 4 Nodos de NodeRED de acceso con firmata a una tarjeta Arduino UNO de conversión analógica/digital de adquisición de datos.



En la Figura 5 se muestra la estructura física de los elementos de la fusión de datos, en la cual mediante el uso de un protocolo firmata con el cual se logra una identificación de cada una de las tarjetas y una amplia red de adquisición de datos.

Figura 5 Estructura del Sistema de fusión de datos, basado en Raspberry Pi y Arduinos.



2.3 Sistema de adquisición de datos y actuadores

Es en esta parte en donde se centra la parte principal del proyecto ya que se tiene que capturar la información y procesarla para su correcto envío de datos. Una ventaja es que los sensores para el desarrollo del proyecto se encuentran estandarizados en cuanto a la forma de interconectar a diversas plataformas de adquisición de datos, en este caso el arduino UNO en su faceta de pasarela de información basado en el protocolo firmata [14-16]. De acuerdo con los elementos generadores eléctricos se toman en cuenta las siguientes variables:

- Paneles solares: Corriente y voltaje aportado.
- Generador eléctrico: Corriente, voltaje y temperatura en carcaza aportado en el generador, velocidad de la flecha del motor de combustión.
- Baterías (individuales): Voltaje y corriente aportado.
- Motor eléctrico: Corriente, voltaje, velocidad en flecha y temperatura de carcaza.

Todos estos elementos, al momento independientes aportan información de su comportamiento en condiciones en algunos casos en vacío, que es el caso de los paneles y generador eléctrico, que en otras etapas del proyecto se desarrollará para otra decisión importante en el desarrollo del proyecto.

Es de suma importancia la selección de los elementos sensores que, para este caso, para fines de corriente y voltaje, en el caso de los sensores de corriente se tienen contemplados sensores que no tienen contacto con capacidad de lectura en corriente continua a 30 amperes, con una fácil adaptación a la entrada analógica del Arduino, que para fines de un aprovechamiento de la escala se diseñó una interfaz con amplificadores operacionales para llevar a la escala de 5 volts.

En caso especial de la medición de corriente de consumo del motor eléctrico se tiene una interfaz para poder hacer la medición de corriente, dado que se superan los valores de corriente estándar, midiendo con voltaje una aproximación de la corriente de consumo de dicho actuador eléctrico.

Figura 6 Sensor de detección de voltaje de corriente directa estandarizado.



Figura 7 Convertidor industrial de corriente de no contacto a voltaje, que, con un circuito adicional de calibración, sirve para la lectura de sensores de corriente.



Para el sensor de la Figura 7, se utiliza una ecuación lineal para describir su comportamiento, dicha ecuación es la número 1 siguiente:

$$v(t) = 2.5 + \left(\frac{I}{I_N}\right) * 6.25 \quad [1]$$

En donde:

$v(t)$	Voltaje de salida del sensor
I	Corriente que pasa por el sensor
I_N	Corriente permitida por el sensor

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron medidores de corriente y de voltaje del mismo tipo, agregando en algunos casos unas interfaces de “toma de muestra” de voltaje con reductores de voltaje, para ajustar los medidores de 0 a 25 volts de corriente directa. En el caso de los ajustes en la medición de corriente que el sensor arroja de 2.5 a 3.5 volts a 0 a 5 volts respectivamente, en todos los casos para aprovechar la escala completa de las tarjetas de adquisición de datos en este caso de los arduinos.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de instrumentar las señales que arrojan los diversos elementos del vehículo, como son el motor eléctrico, paneles solares y alternador, se logró al integrar el uso de tecnología estandarizada para los niveles de voltaje estandarizados que manejan en los módulos de conversión analógica digital, en cuanto actuadores en todos los casos eran digitales, lo que su implementación fue sencilla al usar lámparas indicadoras de niveles correctos de voltaje en los dispositivos generadores de energía. Por el momento se validaron los sensores de corriente y voltaje especificados cuyos valores de voltaje y corriente son directamente a las tarjetas de adquisición de datos basadas en la tecnología Arduino, e integradas al servidor de fusión de datos en la tarjeta Raspberry, con la cual se visualiza de manera preliminar las lecturas obtenidas de manera directa; quedando en la siguiente etapa, el desarrollo de algoritmo de evaluación de datos y su consecuente resultado en la toma de decisiones energéticas.

3.1 Trabajo futuro

Para adelante queda un estudio de vibración para mejorar las tablillas en donde se desarrollaron los sistemas de adquisición de datos, la programación de la lectura de datos y su respectivo análisis para el planteamiento de decisiones para la carga de baterías. Otro aspecto importante para definir es la topología de interconexión energética más eficiente de acuerdo con el modelo del vehículo, eso sería después del análisis de datos obtenidos ya en las pruebas de operación ordinarias del carro eléctrico.

3.2 Agradecimiento

Para el desarrollo del presente proyecto se agradece al Tecnológico Nacional de México, por la adquisición de vehículos y así mismo al Campus Nuevo León por las facilidades de implementación del proyecto.

4. REFERENCIAS

- [1] Dündar, S. (2025). Micromobility Vehicles. In *Micromobility: Perspectives from Engineering, Urban Planning, Health Sciences and Social Sciences* (pp. 17-32). Cham: Springer Nature Switzerland.
- [2] Ulukavak, M., & Önder, H. G. (2025). Micromobility Use in University Campuses and New Recommendations. In *Micromobility: Perspectives from Engineering, Urban Planning, Health Sciences and Social Sciences* (pp. 143-160). Cham: Springer Nature Switzerland.
- [3] Kalhor, A., Dykas, J., Rodak, K., & Grajcar, A. (2025). Materials and constructional design for electric vehicles: A review. *Advances in Science and Technology. Research Journal*, 19(1), 178-196.
- [4] Rashinkar, P., & Krushnasamy, V. S. (2017, February). An overview of data fusion techniques. In 2017 international conference on innovative mechanisms for industry applications (ICIMIA) (pp. 694-697). IEEE.
- [5] Liu, B., Li, Q., Zheng, Z., Huang, Y., Deng, S., Huang, Q., & Liu, W. (2025). A Review of multi-source data fusion and analysis algorithms in smart city construction: Facilitating real estate management and urban optimization. *Algorithms*, 18(1), 30.
- [6] Yang, B., Li, J., & Zeng, T. (2025). A Review of Environmental Perception Technology Based on Multi-Sensor Information Fusion in Autonomous Driving. *World Electric Vehicle Journal*, 16(1), 20.
- [7] Joice, A., Tufaique, T., Tazeen, H., Igathinathane, C., Zhang, Z., Whippo, C., ... & Archer, D. (2025). Applications of Raspberry Pi for Precision Agriculture—A Systematic Review. *Agriculture*, 15(3), 227.
- [8] Rusinaru, D., Buzatu, G. C., Manescu, L. G., & Popirlan, C. (2025). Aspects Regarding the Impact of Electrical Vehicles' Charging on Power Quality.
- [9] Amiri, M. M., Aghajani-Eshkevari, S., Rahimi, M. A., & Samari, A. (2024). A Review on Utilization of Electric Vehicles for Mitigating the Power Quality Issues in Power Systems. *Power Quality-New Insights*.
- [10] Ma, Y., Chen, S., Ermon, S., & Lobell, D. B. (2024). Transfer learning in environmental remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 301, 113924.
- [11] Enriko, I. K. A., Dewi, M. K., Indriyanto, S., & Gustiyana, F. N. (2024). Control and Monitoring System of Growing Media for Cucumber Plants Based on the Internet of Things. *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 8(1), 195-202.
- [12] Irahim, S., Shukla, V. K., Gupta, S., & Sharma, P. (2024). Addressing Smart Fire Detection Management through the Internet of Things and Arduino. In *Computational Intelligence in Urban Infrastructure* (pp. 171-179). CRC Press.
- [13] Werbos, P. J. (2024). The New AI: Basic concepts, and urgent risks and opportunities in the internet of things. In *Artificial Intelligence in the Age of Neural Networks and Brain Computing* (pp. 93-127). Academic Press.
- [14] Adi, P. D. P., Kristiyanto, A., Sopandi, A., Nirmala, I., Tahir, M., & Wijaya, E. Y. (2024, August). Performance Evaluation of Raspberry Pi Pico for Internet of Things and Its

Analysis. In *2024 4th International Conference on Electronic and Electrical Engineering and Intelligent System (ICE3IS)* (pp. 7-12). IEEE.

[15] Hassan, N., Gaur, A., Jadaun, Y., & Bhasney, A. (2024, May). IoT-Enabled Medicine Dispenser for Pills and Liquid Medication. In *2024 2nd International Conference on Advancement in Computation & Computer Technologies (InCACCT)* (pp. 905-910). IEEE.

[16] Kummari, N., KV, J., Kalidindi, T. V., Choppari, A., & Moghekar, R. (2024). Voice and Hand Gesture Controlled Home Automation. Available at SSRN 4838697.