

Implementation of a flowmeter for the optimization of irrigation systems

Implementación de un flujómetro para la optimización de sistemas de riego

Mendoza-Salazar, D.^{1*}, Rodarte-López, M.¹, Carrillo-Castillo, J.¹, Rodríguez-Abdala, V.¹, Vazquez-Reyes, S.¹,
Castañeda-Burciaga, S.²

¹Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Zacatecas. Jdn. Juárez #147, Centro Histórico, 98000. Zac.

²Universidad Politécnica de Zacatecas. Plan de Pardillo Sn, Parque Industrial, 99059 Fresnillo, Zac.

*Autor para correspondencia: 36173226@uaz.edu.mx

Recibido: 15 de agosto 2023

Aceptado: 20 de diciembre 2023

Resumen

Debido a la actual escasez de agua que comienza a surgir, es importante buscar alternativas tecnológicas que logren optimizar el uso de agua en plantas. Una de estas soluciones es el uso de flujómetros. La implementación de un flujómetro con arduino tiene como objetivo crear un dispositivo que pueda medir y mostrar el flujo de un líquido a través de un medidor de caudal. Para ello, se utiliza una placa de Arduino y diversos componentes electrónicos, como sensor de flujo, una pantalla LCD y un circuito amplificador. El sensor de flujo se coloca en la línea de tubería y mide la cantidad de líquido que fluye a través de él. Los datos obtenidos por el sensor se envían a la placa de Arduino, que los procesa y se muestran en la pantalla LCD. El circuito amplificador se utiliza para amplificar la señal del sensor de flujo y asegurar una medición precisa. Además, se incluye una fuente de alimentación para garantizar que el dispositivo funcione correctamente. El flujómetro con Arduino permite medir y observar el flujo de líquidos en una variedad de aplicaciones en el área de la química. Es una solución asequible y fácil de usar para monitorear y controlar el flujo de líquidos en tiempo real.

Palabras clave: Flujómetro; Arduino; Sensor hall.

Abstract

Due to the current water shortage that is beginning to emerge, it is important to look for technological alternatives that optimize water use in plants. One of these solutions is the use of flowmeters. The development of a flowmeter with an arduino aims to create a device that can measure and display the flow of a liquid through a flowmeter. For this, an Arduino board and various electronic components are used, such as a flow sensor, an LCD screen and an amplifier circuit. The flow sensor is placed in the pipeline and measures the amount of liquid flowing through it. The data obtained by the sensor is sent to the Arduino board, which processes it and displays it on the LCD screen. The amplifier circuit is used to amplify the signal from the flow sensor and ensure accurate measurement. In addition, a power supply is included to ensure that the device works properly. The flowmeter with Arduino allows you to measure and observe the flow of liquids in a variety of applications, from irrigation systems to industrial processes. It is an affordable and easy-to-use solution to monitor and control the flow of liquids in real time.

Keywords: Flowmeter; Arduino; Flow.

INTRODUCCIÓN

Los flujómetros son instrumentos esenciales en muchos procesos industriales y en la investigación científica. Permiten medir la cantidad de flujo de líquidos y gases que pasan a través de una tubería o un conducto. Además, se utilizan en diversos campos, como la medicina, la química, la ingeniería y han cobrado gran relevancia en la agricultura (León Méndez et al., 2023).

Por mencionar algunos tipos de flujómetros que pueden encontrarse, se tienen los flujómetros médicos, los cuales son equipos de medición del flujo de oxígeno, y proporcionan al paciente con escala de litros por minutos y válvulas de graduación finas. También se tienen flujómetros térmicos, los cuales tienen como principio la medición basada en el calor que se extrae de un cuerpo caliente mientras que un flujo circula junto a él. Los flujómetros aplican los principios para la medición de caudales líquidos y gases, según sea el caso que se requiera o desee medir. También es posible encontrar flujómetros electromagnéticos, los cuales están basados en la ley de Faraday; el flujómetro ultrasónico es un dispositivo electrónico que consta de dos sondas, una genera un impulso ultrasónico por impulso de tensión, que se propagara a través del líquido a medir (Yanez, 2015). En consecuencia, el uso de los flujómetros es esencial para aplicaciones en la química. La precisión de un flujómetro puede ser utilizada junto con tecnologías de pantallas OLED (Organic Light Emitting Diode), la cuales se han vuelto populares en los últimos años, por su bajo consumo de energía, el alto contraste y la buena calidad de imagen. Dichas pantallas utilizan diodos orgánicos emisores de luz como fuente de luz. Estos diodos emiten luz cuando se aplica una corriente eléctrica a través de ellos. Una de las principales ventajas de las pantallas OLED es que no necesitan una fuente de luz externa, lo que las hace más delgadas y ligeras que otras pantallas (Soares, 2021). Cabe mencionar que la tarjeta Arduino es ampliamente utilizada, con varias aplicaciones (Guzmán-Fernández et al., 2021; Ortiz-Rivera et al., 2021; Nayyar and Puri, 2016). Por ejemplo, desde su uso para implementar un sistema que permita localizar personas extraviadas (Padilla et al., 2015), el desarrollo de alternativas para la detección y monitoreo de amenazas sísmicas (Vargas-Jiménez et al., 2013), el monitoreo de un sistema hidropónico NFT (Urdiales-Ponce & Espín-Ortega, 2018), monitoreo del consumo de energía eléctrica domestica (Holger Montes et al., 2017), entre otros. Esto se debe a la manera fácil de programar la tarjeta y de su bajo costo (Azúa-Barrón et al., 2017; Ramos Mejía & Hernández-Martínez, 2022). Adicionalmente, la tarjeta arduino

es utilizada en el ámbito de la educación (Munera et al., 2020; Guzmán & Guzmán Pérez, 2015), como una herramienta didáctica (Marcillo Parrales & Vivar García, 2019; Araque-Gallardo, 2023). Dentro de las herramientas didácticas destacables se encuentran laboratorios para la ingeniería (Mavares, 2021), para la enseñanza de las tecnologías de la información (Gutiérrez Páez, 2015), inclusive se han diseñado y desarrollado herramientas didácticas para el aprendizaje de la gestión de diabetes tipo 1 en niños (Galiana Llinares, 2017), y finalmente en aplicaciones de la psicología, por ejemplo, una herramienta didáctica para la potencialización del desarrollo de la autorregulación emocional en niños de preescolar (Vélez Zappala, 2014).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es implementar un flujómetro basado en Arduino, para medir la cantidad de fluido que pasa a través de un sistema en un momento dado. Los flujómetros pueden ser utilizados en una gran variedad de aplicaciones, incluyendo la medición del flujo en procesos químicos, el flujo de aire en sistemas de ventilación y la medición del flujo de líquidos en procesos industriales. Entre las ventajas de implementar un flujómetro se pueden obtener la capacidad de personalizar el diseño según las necesidades específicas del sistema a realizar, la posibilidad de obtener mediciones más precisas y la capacidad de monitorear el flujo en tiempo real con visualización de un display LED. Además, construir un flujómetro puede ser una actividad educativa que mejore el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que implica la aplicación de conceptos de ingeniería y física, y puede requerir la utilización de herramientas y técnicas avanzadas de medición y construcción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Al aplicarse los conocimientos de electrónica digital y programación se desarrolló el flujómetro con la implementación de componentes electrónicos. Así como de la placa de Arduino Uno, la cual fue programada en el software de Arduino IDE, para la obtención de señales correspondientes. Para el desarrollo del prototipo se requirieron de los siguientes materiales: (1) 3 Carcasas (Impreso), (2) Arduino Uno, (3) Display, (4) Imán, (5) Sensor de efecto Hall, (6) Resistencia variable, (7) Amplificador operacional 49E, (8) Rotor (impreso), (9) Placa perforada, (10) Cautín, (11) Soladura, (12) Pantalla OLED, (13) Pantalla LCD,

(14) 2 Mangueras de ½.

Posteriormente, se realizó la programación para el proyecto con el microcontrolador ATmega328P, donde se encuentra en la placa de Arduino Uno, el cual es una plataforma de desarrollo de hardware y software de código abierto, que se utiliza para crear proyectos electrónicos interactivos. Consiste en una placa programable con un microcontrolador, que se puede conectar a diferentes componentes electrónicos, como sensores, actuadores, pantallas, entre otros. Entre los componentes utilizados en el proyecto se encuentran dos elementos fundamentales: el sensor de efecto hall y pantalla Oled.

Un sensor de efecto Hall es un dispositivo transductor utilizado para detectar y generar tensión ante la presencia de un campo magnético. Están diseñados para inducir tensión como una salida cuando un campo magnético está presente en su salida. La tensión de salida puede variar según la magnitud del campo magnético. Pueden usarse para detectar una corriente que varía en el tiempo, ya que esta produce campos magnéticos, lo que posteriormente puede detectarse mediante el transductor de efecto Hall y producir tensión con alguna cantidad del campo magnético presente en el sensor. Los materiales que activan los sensores de efecto Hall son materiales que tienen una alta movilidad de electrones, como aquellos que permiten que los electrones se muevan libremente ante la presencia de un campo magnético. Dichos materiales son arseniuro de galio, arseniuro de indio, fosforo de indio o grafeno, por nombrar algunos, Figura 1.



Figura 1. Sensor de efecto Hall

Las conexiones realizadas para la elaboración del flujómetro se muestran en la Figura 2, el esquema eléctrico de dichas conexiones es sencillo.

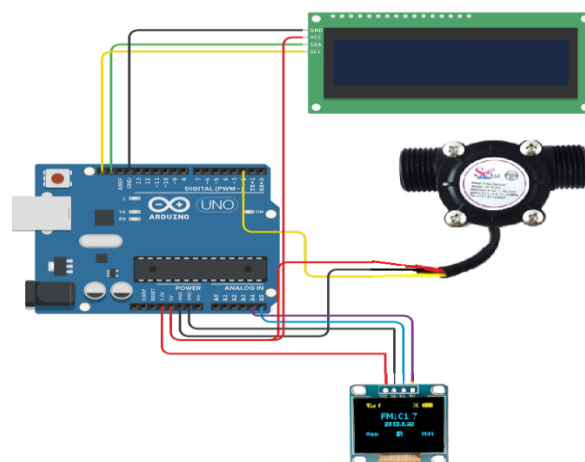


Figura 2. Conexión de Display Oled junto a flujómetro con arduino.

Los caudalímetros o flujómetros como el YF-S201, FS300A y el FS400A están constituidos por una carcasa plástica estanca y un rotor con paletas en su interior. Al atravesar el fluido el interior el sensor del caudal hace girar el rotor. La velocidad de giro se determina mediante un imán fijado al rotor, que es detectado mediante un sensor hall externo a la carcasa. Por tanto, ninguna parte eléctrica está en contacto con el fluido. La salida del sensor es una onda cuadrada cuya frecuencia es proporcional al caudal atravesado. La ecuación 1 (Ec. 1) se utilizó para determinar la frecuencia.

$$f(Hz) = K \cdot Q \left(\frac{L}{min} \right) \rightarrow Q \left(\frac{L}{min} \right) = f(Hz) / K \quad \text{Ec. (1)}$$

El factor K de conversión entre frecuencia (Hz) y caudal (L/min) depende de los parámetros constructivos del sensor. El fabricante proporciona un valor de referencia en sus datasheets. No obstante, la constante K depende de cada caudalímetro. Con el valor de referencia se puede tener una precisión de +/-10%. El sensor internamente tiene un rotor cuyas paletas tiene un imán, la cámara en donde se encuentra el rotor es totalmente aislado evitando fugas de agua, externamente a la cámara tiene un sensor de efecto hall que detecta el campo magnético del imán de las paletas y con esto el movimiento del rotor, el sensor de efecto hall envía los pulsos de salida a una velocidad proporcional a la velocidad del flujo líquido. Los pulsos deberán ser convertidos posteriormente a flujo, pero esto ya es tarea del Arduino o controlador (Figura 3).

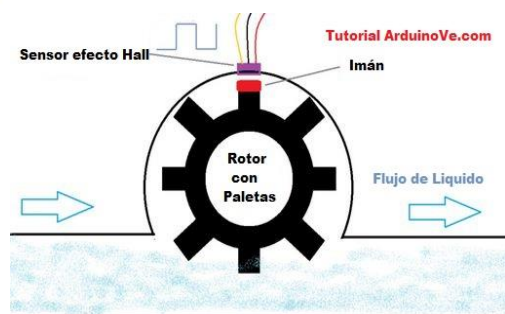


Figura 3. Representación de funcionamiento

En este trabajo se utilizó el diagrama de la Figura 4, el cual representa los pasos básicos que se siguen en un flujómetro para medir el caudal de un fluido. El tubo de entrada está conectado al dispositivo de medición, y la presión y temperatura del fluido se miden para calcular el caudal. La señal eléctrica se amplifica y acondiciona antes de ser mostrada en la pantalla de visualización.

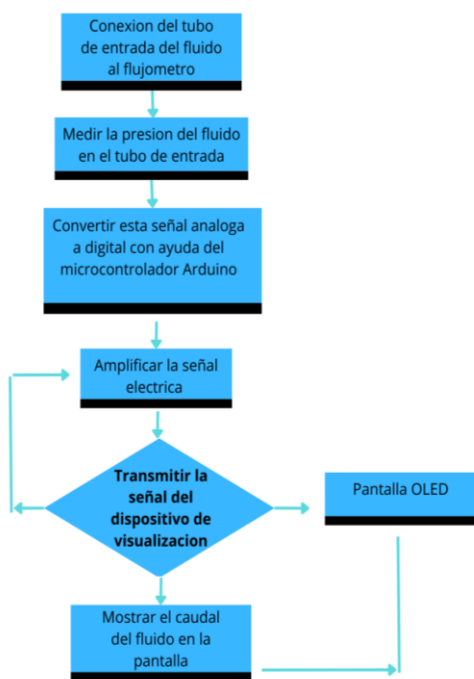


Figura 4. Diagrama de flujo del flujómetro

Adicionalmente, se dispuso de una impresora 3D para la creación del prototipo ya que con la ayuda de esta se pueden crear objetos complejos y orgánicos y de una manera adaptable para las aplicaciones que se desee

utilizar, en este caso se realizará una cáscara de un flujómetro por la cual pasará el flujo al interior de este. Para calcular el flujo, es necesario saber cómo dato el factor de conversión de frecuencia a caudal, tal dato no lo proporciona el fabricante, de lo contrario se tendría que calcular. Teniendo el factor de conversión, el programa se resume a calcular la frecuencia de los pulsos del sensor, para posteriormente con el factor de conversión escalar de frecuencia a caudal. Teniendo el caudal es posible medir el volumen de agua, puesto que el caudal es la variación del volumen con respecto al tiempo. Para tener una medición de mayor exactitud es necesario calcular el valor del factor de conversión, el cual sirve para cambiar de frecuencia de pulsos a caudal de agua. La variable que puede medirse con exactitud es la cantidad de pulsos (usando el Arduino), y con ayuda de un recipiente con graduación es posible medir la cantidad o volumen de agua. Estas dos variables es posible medirlas con exactitud, para calcular el factor de conversión con estas dos variables fue utilizada la ecuación 2 (Ec. 2).

$$K = \frac{n^{\circ}\text{Pulsos}}{\text{Volumen} \cdot 60} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde K es el factor de conversión, n°Pulsos son la cantidad de pulsos medidos con el sensor correspondientes al volumen que pasa por el sensor, dicho volumen debe medirse con ayuda de recipientes con graduación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Como primer resultado de este trabajo se tiene el diseño en 3D del flujómetro, el cual fue elaborado utilizando el software Cura®, en donde se diseñaron las piezas necesarias para el prototipo del flujómetro, por lo cual se diseñó una cáscara en la cual pasará el flujo del agua, así como su tapa de sellado y su rotor el cual ensambla dentro de la cáscara y estará sellada en la imagen. El diseño del flujómetro se muestra en la Figura 5.

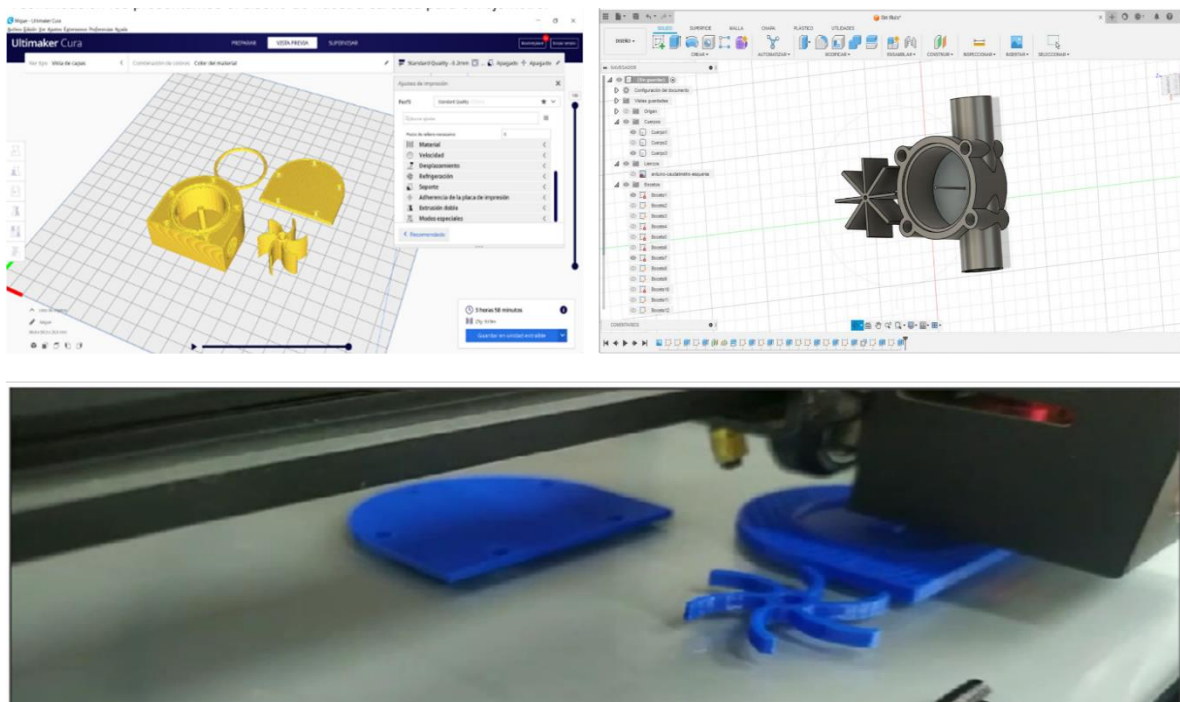


Figura 5. Diseño en 3D del flujómetro.

Los resultados preliminares con el flujómetro propuesto se muestran en la Figura 6. Con dicho instrumento será posible medir el caudal lineal de masa o volumétrico de un líquido, de acuerdo con la precisión que se ejerce es el funcionamiento que tendrá el flujómetro con lo cual realizará la medición de la velocidad sobre la cantidad de fluido que circule en un proceso determinado. Para realizar la lectura del caudalímetro se debe primero calcular la frecuencia de la señal de salida que tendrá el sensor. Para ello se emplearán una interrupción la cual contará los pulsos en un determinado intervalo de tiempo, y de acuerdo

al número se dividirá el número de pulsos generados entre el intervalo dado en segundos, de esta manera se obtendrá la frecuencia requerida.

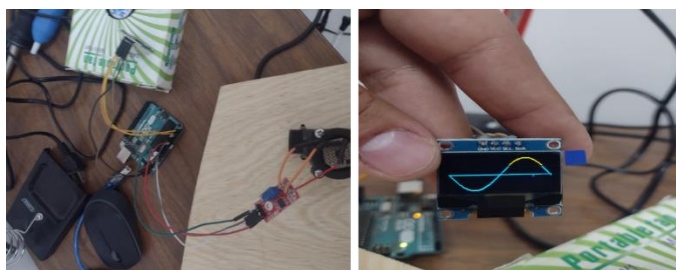


Figura 6. Resultados preliminares con el flujómetro basado en arduino.

CONCLUSIONES

El flujómetro fue diseñado para efectuar un correcto funcionamiento con las piezas creadas y con los cálculos realizados, el cual arroja los resultados a la lectura correcta, con ayuda de la implementación de la tarjeta oled y el circuito diseñado, y el flujo leído por el circuito diseñado será mostrado en una pantalla para hacer lectura de la respuesta que se requiera conseguir. Se cuenta con la muestra de datos obtenidos de un corte de manguera normal, la densidad y la presentación de los datos. El flujómetro en estado óptimo resulta ser sumamente útil para el área optimización de riego en plantas.

REFERENCIAS

- Araque-Gallardo, J. 2023. Diseño de una herramienta didáctica para la enseñanza de conceptos básicos en sistemas embebidos (se)." Revista Ingeniare, no. 26, June 2019, pp. 89+. Gale OneFile: Informe Académico.
- Azúa-Barrón, M., Vázquez-Peña, M., Arteaga-Ramírez, R. & Hernández-Saucedo, R. 2017. Sistema de adquisición de datos de bajo costo con la plataforma arduino. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 8(1), 1-12. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.67>
- Galiana Llinares, A. 2017. Diseño y desarrollo de herramienta didáctica para el aprendizaje de la gestión de diabetes tipo 1 en niños. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/89964>
- Gutiérrez Páez, N. 2015. Diseño de una herramienta didáctica Electrónica para el área de tecnología e Informática, que permita la enseñanza de Temáticas de automatización en un colegio de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55657>
- Guzmán, J. y Guzmán Pérez, J. (2015). Diseño E Implementación Un Sistema Didáctico Para El Laboratorio De Control, Que Integre Una Interfaz Gráfica Y Hardware, Para Controlar El Grado De Inclinación De Un Balancín Motor Hélice. Institucion de Educacion Superior "itfip". <https://repositorio.itfip.edu.co/handle/itfip/107>
- Guzmán-Fernández, M., Zambrano de la Torre, M., Ortega-Sigala, J. et al. 2021. Arduino: a Novel Solution to the Problem of High-Cost Experimental Equipment in Higher Education. Exp Tech 45, 613–625. <https://doi.org/10.1007/s40799-021-00449-1>
- Holger Montes, R., Pacheco Huachaca, A. & Hernan Ramos, J. 2017. Monitoreo del Consumo de Energía Eléctrica Domestica con Arduino. Global Partnerships for Development and Engineering Education: Proceedings of the 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, July 19-21. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7352987>
- León Méndez, A.J., Ramírez Beltrán, J. and Stefano, E. 2023. Flujómetros proporcionales: Opciones, Alcance y Limitaciones. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. http://scielo.sid.cu/scielo.php?script=sci_arttex&pid=S1680-03382022000300087&lang=es
- Soares, A.A. 2021. Polaridad Magnética en sensor hall: Una propuesta de experimento para fundamental del medio. Revista Brasileira de Ensino de Física. Sociedade Brasileira de Física. <http://www.scielo.br/j/rbef/a/Bh6jbvqdrfPN6B6hjhhn/?lang=pt>
- Marcello Parrales, K. & Vivar Garcia, S. 2019. Diseño de un módulo de circuitos electrónicos programables como herramienta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de inteligencia artificial de la carrera de ingeniería en computación y redes. APA-UNESUM. Facultad de Ciencias Técnicas. 119pg. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1596>
- Mavares, F. 2021. Evaluación de un radar fmcw como herramienta didáctica en las carreras de ingeniería automotriz y telecomunicaciones. Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología, (25), 70-80. <https://doi.org/10.17163/ings.n25.2021.07>
- Munera, J., Jimenez, A., Botero, M., Rivas, K. & Lopez, J. 2020. La educación moderna al alcance de arduino. Revista Espacios. Educación, Vol. 41 (30). <https://www.revistaespacios.com/a20v41n30/a20v41n30p24.pdf>
- Nayyar, A. and Puri, V. 2016. A review of Arduino board's, Lilypad's & Arduino shields. 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), New Delhi, India, pp. 1485-1492. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7724514>
- Ortiz-Rivera, A., Carrera-Escobedo, J., García-Ruiz, M., Cruz-Domínguez, O., Arroyo-Álvarez, A., Valdivia-Guzmán, C., Ortiz-Hernández, A. 2021. Diseño de una nueva herramienta de corte para brocas de perforación en Minería. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. ol. 8, No. 48 Enero - Febrero 2021. https://riiit.com.mx/apps/site/files_v2450/broca._1._riiit_ene-feb_2021.pdf
- Padilla, R., Quintero-Rosas, V., Díaz-Ramírez, A. 2015. Monitoreo y localización de personas extraviadas utilizando Arduino y GSM/GPS

Industrial Data, vol. 18, núm. 1, pp. 128-134 Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81642256015.pdf>

Ramos Mejía, A. & Hernández-Martínez, A. 2022. Un equipo de electroanálisis base Arduino y su uso en laboratorios de bajo costo. Educ. quím vol.33 no.4 Ciudad de México oct. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.4.0.82198>

Vargas Jiménez, D., Rodríguez Espinosa, E. & Otero Foliaco, J. 2013. Alternativas para la detección y monitoreo de amenazas sísmicas basadas en arduino. Ing. USBMed, Vol. 4, No. 2, pp. 45-54. ISSN: 2027-5846. Julio-Diciembre, 2013.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6833252>

Vélez Zappala, M. 2014. Herramienta didáctica (Cuky) para la potencialización del desarrollo de la autorregulación emocional en niños de preescolar. Universidad CES. <https://repository.ces.edu.co/handle/10946/6343>

Urdiales-Ponce, V. & Espín-Ortega, J. 2018. Monitoreo de un sistema hidropónico NFT a escala usando arquitectura Arduino (PARTE 1). Revista Tecnología en Marcha, 31(2), 147-158. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i2.3632>

Yanez, L.E. 2015. Diseño y construcción de un flujómetro tipo obstrucción, con sensor de presión tipo FSR. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11514>