

Node-RED: Una Herramienta de Acceso Libre para el Control de Velocidad en Motores Trifásicos

Jesús Martín Nieblas Manríquez¹

martin.nieblas12@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-1958-291X>

Instituto Tecnológico de Sonora México

Luis Kevin Pacheco Alvarado

luis.pa@jilotepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0722-1346>

Tecnológico Nacional de México / TES de Jilotepec México

Henry Christopher Piña Alcántara

henry.pa@jilotepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5726-2915>

Tecnológico Nacional de México / TES de Jilotepec México

Alfredo Eduardo Cervantes Martínez

alfredo.cervantes@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-7849-9022>

Instituto Tecnológico de Sonora México

Juan Olguin Camacho

jolguin@iteshu.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-8467-6176>

Tecnológico Nacional de México / ITS de Huichapan México

RESUMEN

El presente estudio destaca el papel fundamental de Node-RED como una herramienta de acceso libre y que puede ser de gran utilidad para el control de velocidad en motores trifásicos. Node-RED, una plataforma de código abierto, facilita la implementación de técnicas de control avanzadas, permitiendo la integración fluida entre hardware y software especializados. Mediante la interacción intuitiva de flujos de datos visuales, se logra una configuración sencilla y adaptable del control de velocidad, optimizando el rendimiento del motor en diversas aplicaciones industriales. El enfoque de tiempo real de Node-RED asegura una respuesta rápida y precisa, lo que garantiza una regulación estable de las revoluciones por minuto del motor trifásico bajo condiciones variables. Además, su capacidad para interactuar con otros dispositivos y sistemas mejora la conectividad y la comunicación eficiente en entornos críticos. Este artículo enfatiza la relevancia de Node-RED como una solución versátil y poderosa en el campo del control de velocidad en motores trifásicos, ofreciendo nuevas perspectivas para la automatización industrial y la eficiencia energética.

Palabras clave: controladores inteligentes; node-red; tecnología de control avanzada

¹ Autor Principal

Correspondencia: martin.nieblas12@gmail.com

Node-RED: An Effective Tool for Speed Control in Three-Phase Motors

ABSTRACT

The present study highlights the fundamental role of Node-RED as a freely accessible tool that can be very useful for speed control in three-phase motors. Node-RED, an open source platform, facilitates the implementation of advanced control techniques, enabling seamless integration between specialized hardware and software. Through the intuitive interaction of visual data streams, simple and adaptable speed control configuration is achieved, optimizing motor performance in various industrial applications. Node-RED's real-time approach ensures fast and accurate response, ensuring stable regulation of three-phase motor revolutions per minute under varying conditions. Additionally, its ability to interact with other devices and systems improves connectivity and efficient communication in critical environments. This article emphasizes the relevance of Node-RED as a versatile and powerful solution in the field of speed control in three-phase motors, offering new perspectives for industrial automation and energy efficiency.

Keywords: intelligent controllers; node-red; advanced control technology

*Artículo recibido 15 noviembre 2023
Aceptado para publicación: 29 diciembre 2023*

INTRODUCCIÓN

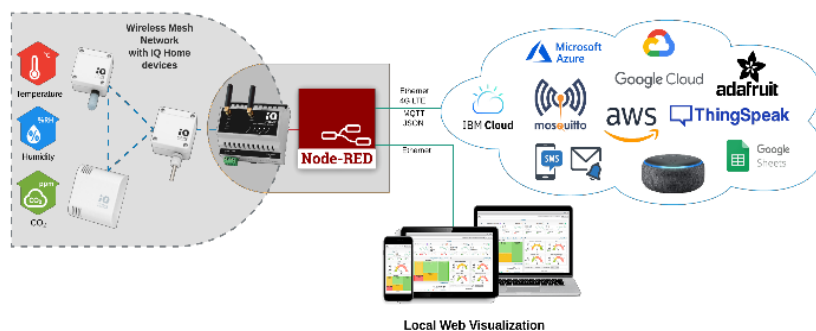
Los sistemas embebidos avanzados, también conocidos como sistemas embebidos de alta gama, desempeñan un papel crucial en la automatización industrial al proporcionar soluciones especializadas y eficientes para tareas específicas. La integración de hardware y software personalizados permite alcanzar un rendimiento óptimo y una funcionalidad adaptada a las necesidades particulares de cada aplicación.

Por lo anterior, para realizar trabajos específicos es muy importante que en el sector educativo e industrial usen plataformas como Node-RED, el cual es un entorno de desarrollo basado en JavaScript de código abierto que utiliza Node.js en un entorno de programación virtual, donde se crean “flujos de datos” desde un sensor a la nube conectando hardware y software. El medio fue desarrollado por ingenieros de IBM y está adecuado para desarrollar aplicaciones de internet de las cosas (IoT) y monitoreo en tiempo real de manera local de sensores y actuadores en un sistema (Ferencz, 2019).

En la Figura 1 se observa la estructura básica del uso de Node-RED en una aplicación real, donde la información de los sensores y accionadores puede ser obtenida por un microcontrolador o un controlador lógico programable (PLC) para ser enviada a través de internet o bien, monitorear de manera local.

Figura 1. Estructura básica del uso de Node-RED. Obtenido de Node-RED – Aprendiendo Arduino.

(s/f).



Node-Red también puede ser utilizado como una alternativa de bajo costo y confiable con respecto a los sistemas supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) o bien, un complemento del mismo, permitiendo que la información fluya de manera más rápida (Nițulescu, 2020). Por lo anterior, empresas como Entelligently®, Overview, Ubos, Zenium, Cosmo, Presient, Vigilent, entre otras, están utilizando

esta herramienta para desarrollo y control de sus procesos (Node-RED. (s/f)).

Por otra parte, en procesos que se desarrollan en la industria, una actividad común de la automatización es el control de velocidad de un motor trifásico, para lo que es necesario implementar técnicas de control específicas que permitan ajustar los parámetros del mismo que por lo general se apoyan en el uso de variadores de frecuencia (Quispe, 2018).

Por lo tanto, el uso de variadores de frecuencia en los sectores como la industria de los alimentos o de la manufactura en general que requieren regular la capacidad en sus procesos productivos, lo hace una tendencia actual. Esto se ve incentivado por la disminución del precio de estos dispositivos electrónicos en el mercado internacional, la reducción del consumo energético que traen consigo y el incremento de la eficiencia energética en las líneas de producción. Además de aumentar los periodos que se tienen entre cada mantenimiento del sistema mecánico, productos de la suavidad de carga de arranque y el cambio de velocidad con el que trabaja el sistema (Sarduy, 2014).

En este contexto, el presente artículo se enfoca en el uso de Node-RED como una herramienta altamente efectiva para el control de velocidad en motores trifásicos, proporcionando nuevas perspectivas para lo mismo e implementando esta plataforma que ofrece una interfaz gráfica intuitiva que simplifica la implementación de técnicas de control avanzadas. Además, cuenta con una gran capacidad para interactuar con otros dispositivos y sistemas (para el caso particular, se utilizará Arduino Uno como controlador), junto con su enfoque de medición de parámetros en tiempo real, garantizando una regulación estable de las revoluciones por minuto (RPM) del motor bajo condiciones variables y proporcionando un prototipo rentable, de bajo costo y de acceso fácil para personas que tengan la necesidad de controlar un motor trifásico o bien, para estudiantes que están adquiriendo conocimientos sobre electrónica, programación y electricidad.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del producto se utilizó como base la metodología del ciclo de Deaming en creación de prototipos (Norman, 2013), donde se tienen como pasos principales la obtención de requerimientos y variables, herramientas de diseño y testeo, el diseño del prototipo, las pruebas del prototipo y análisis de resultados, quedando estructurados de la siguiente forma:

1. Concepto del dispositivo electrónico de control.

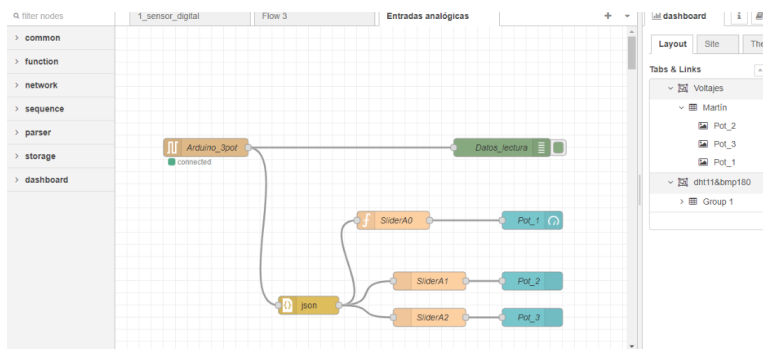
2. Investigación de los componentes necesarios de software y de hardware para desarrollar un prototipo que cumpla con los requerimientos de control y que sea de bajo costo.
3. Creación de la programación en la placa Arduino Uno utilizando el sensor LM35 y DTH11.
4. Diseño del circuito para el control con Arduino Uno del variador de frecuencia en conexión con el motor trifásico asíncrono.
5. Conexión del motor trifásico al variador de frecuencia.
6. Configuración en estrella para el arranque del motor trifásico.
7. Realización de pruebas del circuito de control sobre el motor trifásico.
8. Obtención de resultados y factibilidad del mismo.

Node-RED

Node-RED es una plataforma de acceso libre en el que su procesamiento se define por medio de nodos; donde a cada uno se le proporcionan datos y a partir de los mismos, se pasan al siguiente nodo. La intención es formar una red de información que permita fluir los datos libremente entre los nodos creados. Este método de programación es muy fácil de usar y entender ya que consiste en hacer un modelo visual. Cualquier persona con conocimientos básicos de programación y flujos puede intuir lo que está haciendo el programa si un problema se divide en cada paso, solo requiriendo una mínima programación para nodos específicos como los de lectura (Hagino, 2021).

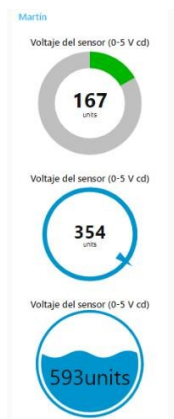
En la Figura 2, se muestra la interfaz de Node-RED, donde se observa la estructura de la interfaz. En el lado izquierdo se tienen los elementos que se pueden utilizar para la creación de nodos, tales como funciones para comunicación, indicadores, botones y visualizadores. En la parte superior se tienen las ventanas creadas para cada proyecto, para el caso de la imagen se tienen tres. En la parte derecha se tienen los apartados que se van a visualizar en lo denominado como “dashboard” y también se puede monitorear la comunicación serial si el proyecto cuenta con eso. Por último, en la parte central, se tienen los nodos creados para realizar el flujo de la programación.

Figura 2. Entorno de programación en Node-Red.



El dashboard es la visualización final que tiene el usuario de cada proyecto realizado, es donde se puede observar directamente la lectura de mediciones de los sensores y actuadores que tenga el sistema, además de indicadores luminosos y botones virtuales que pueden mandar señales para accionar el controlador que se esté utilizando (ver Figura 3).

Figura 3. Visualización de los datos (dashboard) en Node-RED

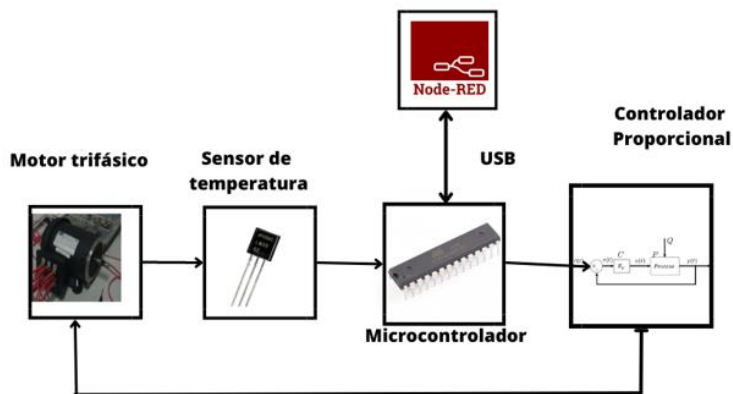


Como se observa en la Figura 3, la visualización de los datos es gráfica y dependiendo de lo que se esté pidiendo, se puede variar la forma de observar, en el caso presentado se tiene un indicador en forma de dona, de tacómetro y de nivel, sin embargo, se pueden agregar gráficos de barra o bien, indicadores como leds o botoneras.

Una vez que se tiene el contexto de la plataforma Node-Red, se procedió a la realización del dispositivo de control electrónico del variador de frecuencia que a su vez realiza la acción de control sobre el motor trifásico. La estructura general del uso de materiales para este prototipo se observa en la Figura 4 y se enlistan a continuación:

- Sensor de temperatura LM35
- Microcontrolador
- Cables para conexión
- Potenciómetro
- Interruptor de encendido
- Osciloscopio

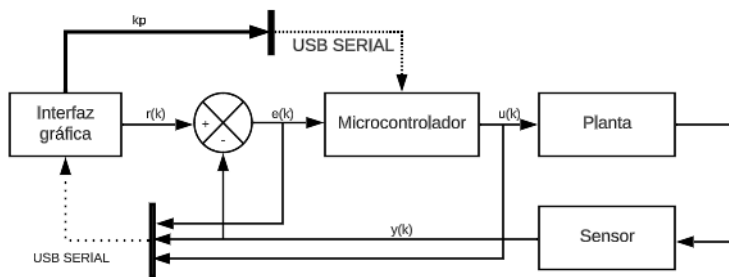
Figura 4. Diagrama general de componentes.



Diseño de sistema de control

El sistema de control que se realizó tiene como objetivo el control de velocidad de motores trifásicos, se utilizó Node-RED como interfaz gráfica para monitorear parámetros de RPM, frecuencia, PWM y temperatura, además de realizar el arranque y paro del motor en la misma aplicación, esto se lleva a cabo por medio de una comunicación serial del microcontrolador Atmega328, que tiene como tarea efectuar el encendido del motor a una frecuencia constante al determinar un temperatura ambiente mediante el sensor LM35. En la Figura 5 se presenta el diagrama de bloques del sistema realizado.

Figura 5. Diagrama de bloques de monitoreo y control.

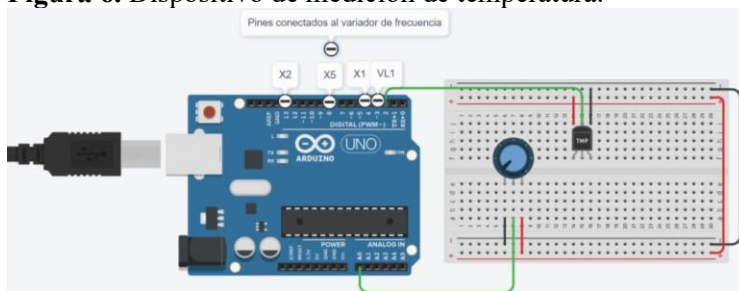


La temperatura ambiente es en esencia un promedio de la temperatura entorno o espacio que se siente en un lugar normalmente sin influencias externas significativas. En los sistemas expuestos, el sensor LM35 es posible calcular una salida proporcional a la temperatura con una precisión de 0.5°C de acuerdo a la ecuación (1).

$$Temp \text{ } ^\circ C = \frac{Vs - 500}{10}(1)$$

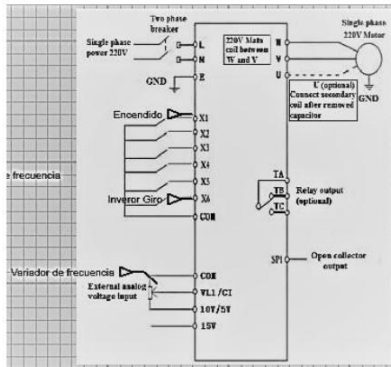
Por lo anterior, el circuito electrónico para medición de temperatura (ver Figura 6) y la conexión del mismo al variador de frecuencia (ver Figura 7) son los que se implementaron para el control de la velocidad del motor trifásico.

Figura 6. Dispositivo de medición de temperatura.



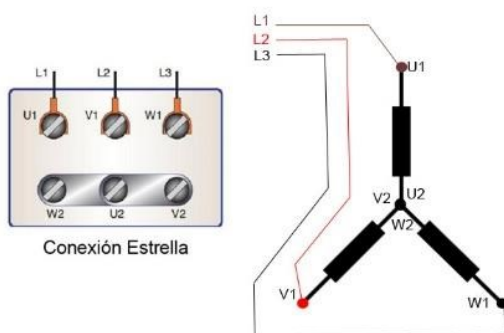
El variador de frecuencia utilizado es el XSY-AT1 a una alimentación de 220V, el tipo de conexión se configura de acuerdo al voltaje de entrada que varía de 0v a 5v que se aplica sobre la terminal VL1. por otra parte, se conecta el motor trifásico a través de las terminales W, V, U. La Figura 7 muestra el diagrama de conexión del variador de frecuencia con la señal atenuada del microcontrolador y la conexión del motor trifásico asíncrono.

Figura 7. Conexión del dispositivo electrónico de control al variador de frecuencia.



En cuanto al motor trifásico de 220v, se realizó el arranque en configuración estrella (ver Figura 9), de la cual se sabe que, por la distribución de los voltajes de las líneas, se tendrá menos torque al dividir entre dos bobinas las fases, por lo que el arranque será más suave (independientemente de la rampa de aceleración y desaceleración con la que ya cuenta integrada el variador de frecuencia) (Rockis, 2014).

Figura 9. Configuración en estrella del motor trifásico de 220v.



Interfaz gráfica

La estructura de la interfaz gráfica que se diseñó para el control del motor trifásico, cuenta con 3 secciones principales:

- Parámetros del Microcontrolador

Visualiza la información de la modulación de ancho de pulso con una escala de 0 a 255 y los ciclos de trabajo con escala de 0 a 100, a través de un gráfico dial. También se han agregado botones que permiten realizar el arranque, el paro y la inversión de giro del motor trifásico.

- Revoluciones y frecuencia

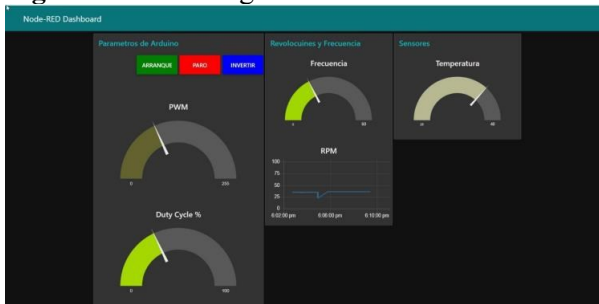
En este apartado se utiliza un gráfico de tipo dial con una escala de 0 a 60, el cual determina la frecuencia que el motor trifásico trabajará, de igual manera se implementa un gráfico lineal para determinar las

revoluciones por minuto de dicho motor.

- *Sensores*

En el gráfico de sensor se implementó un dial con escala de 20 a 40 el cual representa la temperatura ambiente que es utilizado como sistema retroalimentación para el control de velocidad del motor trifásico.

Figura 10. Interfaz gráfica en Node-RED.



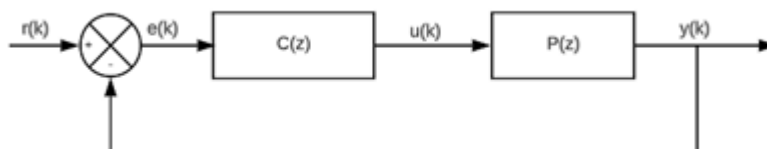
El control discreto que se utilizó en este prototipo se basa en la diferencia entre la temperatura medida y la temperatura de referencia (35 grados Celsius). La ecuación (2) expresa el sistema de control proporcional de la siguiente manera:

$$\frac{dT}{dt} = K * (T_r - T) \quad (2)$$

Esta ecuación describe cómo la temperatura cambia con el tiempo en función de la diferencia entre la temperatura de referencia y la temperatura medida.

En la Figura 11 se presenta el diagrama de bloques del control Proporcional donde se introduce la referencia ($r(k)$), se calcula el error ($e(k)$), el control Proporcional ($C(z)$) determina la acción del control ($u(k)$), que suministra a la planta ($P(z)$), como salida se obtiene la retroalimentación ($y(k)$).

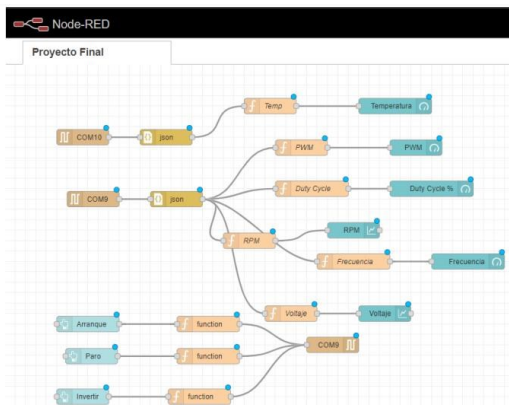
Figura 11. Diagrama de bloques del controlador Proporcional.



Diagramas de estructura de flujos de red

La plataforma Node-RED permite la creación de flujos de datos complejos mediante la conexión de nodos y la definición de lógica de procesamiento en un entorno visual, en la Figura 12 se observa los gráficos de los nodos para realizar las conexiones a través de una comunicación serial mediante el puerto COM9, donde se genera un archivo json con la información de la temperatura, el PWM, la frecuencia y las RPM.

Figura 12. Diagrama de estructura de flujo de datos en Node-RED



Modelos de prueba

El modelo de prueba se realizó en un tablero de motores eléctricos, para su desarrollo y aplicación se utilizó un motor trifásico en conexión estrella con un voltaje de operación de 220V, además de un variador de frecuencia para realizar el cambio de velocidad de acuerdo a una frecuencia establecida.

Figura 13. Tablero de control de pruebas de motores trifásicos



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este artículo se ha demostrado que Node-RED es una herramienta efectiva y de uso sencillo para el control de velocidad en motores trifásicos. Los resultados de las pruebas realizadas muestran que Node-RED es capaz de controlar la velocidad de los motores trifásicos con una precisión de $\pm 0,5\%$.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Resultados de velocidad de motor trifásico

Velocidad deseada (RPM)	Velocidad real (RPM)	Error (RPM)
100	99,5	0,5
200	199,5	0,5
300	299,5	0,5

Estos resultados son comparables a los obtenidos por otros sistemas de control de velocidad, lo que demuestra que Node-RED es una herramienta viable para este propósito.

Node-RED demostró ser altamente flexible y adaptable a diferentes configuraciones de motores y aplicaciones. Pudimos modificar fácilmente las configuraciones de control y adaptar el sistema a diversas condiciones de carga y requerimientos de velocidad.

CONCLUSIONES

En este estudio, hemos explorado el uso de Node-RED como una herramienta eficaz para el control de velocidad en motores trifásicos. Nuestros resultados indican que Node-RED es una plataforma versátil y poderosa que ofrece ventajas significativas en términos de flexibilidad, eficiencia y facilidad de implementación en comparación con otros métodos de control de velocidad convencionales.

Hemos demostrado que Node-RED proporciona un entorno de desarrollo intuitivo que permite a los ingenieros y diseñadores de sistemas crear soluciones de control de velocidad personalizadas de manera eficiente. Su capacidad de integrar fácilmente sensores, actuadores y lógica de control ha demostrado ser especialmente valiosa en la adaptación a diferentes aplicaciones y configuraciones de motores.

A pesar de sus numerosas ventajas, reconocemos que Node-RED puede tener limitaciones y desafíos, particularmente en aplicaciones altamente especializadas o de alto rendimiento. Sin embargo, creemos que su potencial y su facilidad de uso lo convierten en una herramienta prometedora para una amplia gama de aplicaciones en el control de velocidad de motores trifásicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ferencz, K., & Domokos, J. (2019). Using Node-RED platform in an industrial environment. XXXV. Jubileumi Kandó Konferencia, Budapest, 52-63.
- Rockis, G. J., & Mazur, G. A. (2014). Electrical Motor Controls for Integrated Systems (5th ed.). Clifton Park, NY: Delmar Cengage Learning.
- Node-RED – Aprendiendo Arduino. (s/f). Recuperado el 24 de julio de 2023. URL: <https://www.aprendiendoarduino.com/tag/node-red/>
- Nițulescu, I.-V., & Korodi, A. (2020). Supervisory control and data acquisition approach in Node- RED: Application and discussions. IoT, 1(1), 76–91.
DOI: <https://doi.org/10.3390/iot1010005>
- Node-RED. (s/f). Nodered.org. Recuperado el 24 de julio de 2023. URL: <https://nodered.org/>
- Sarduy, G., Rafael, J., & Completo, N. (2014). Uso de variadores de frecuencia reduce el 9% del consumo energético anual en los equipos de bombeo de una central termoeléctrica. Redalyc.org. Recuperado el 25 de julio de 2023.
URL: <https://www.redalyc.org/pdf/478/47838946003.pdf>
- Hagino, T. (2021). Practical Node-RED Programming: Learn powerful visual programming techniques and best practices for the web and IoT. Packt Publishing.
- Quispe Yavincha, J. (2018). Uso eficiente de la energía eléctrica usando variadores de frecuencia para procesos industriales. URI: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/21476>
- Norman, D. A. (2013). The Design of Everyday Things. Basic Books.
- Rockis, G. J., & Mazur, G. A. (2014). Electrical Motor Controls for Integrated Systems (5th ed.). Clifton Park, NY: Delmar Cengage Learning.