

**Módulo didáctico para el control de motor DC**

**Autoras:**

**Maira Alejandra Charry Gutiérrez  
Paula Andrea Cardona Murcia**

**Institución Universitaria Pascual Bravo  
Facultad de Ingeniería**

**Departamento Eléctrico**

**Medellín  
Año 2025**

**Módulo didáctico para el control de motor DC**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial  
para optar al título de ingeniero electricista**

**Autoras:**

**Maira Alejandra Charry Gutiérrez  
Paula Andrea Cardona Murcia**

**Asesores:**

**MSc. Sergio Andrés Estrada Mesa  
MSc. William Orozco Murillo**

**Institución Universitaria Pascual Bravo  
Facultad de Ingeniería**

**Departamento Eléctrico**

**Medellín  
Año 2025**

## Tabla de contenido

<b>1. Planteamiento del problema</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Descripción</b>	<b>4</b>
<b>2. Formulación</b>	<b>10</b>
<b>3. Objetivos</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Objetivo general</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Objetivos específicos</b>	<b>13</b>
<b>4. Marco teórico</b>	<b>13</b>
<b>4.1 Control de Motores Eléctricos y su Importancia</b>	<b>13</b>
<b>4.2 Desafíos en el Aprendizaje del Control de Motores</b>	<b>14</b>
<b>4.3 Teoría de Control y su Aplicación a Motores DC</b>	<b>14</b>
<b>4.4 Módulos Didácticos en el Contexto de la Educación en Ingeniería</b>	<b>15</b>
<b>4.5 Desarrollo y Aplicación de Módulos Didácticos en Educación Superior</b>	<b>15</b>
<b>4.6 Impacto en el Aprendizaje y la Formación Profesional</b>	<b>16</b>
<b>5. Metodología</b>	<b>17</b>
<b>5.1 Tipo de proyecto</b>	<b>17</b>
<b>5.2 Método</b>	<b>17</b>
<b>5.3 Población y muestra</b>	<b>31</b>
<b>5.4 Instrumentos de recolección de información</b>	<b>31</b>
<b>5.5 Procedimiento de recolección de datos</b>	<b>33</b>
<b>6. Resultados Obtenido</b>	<b>34</b>
<b>6.1 Pruebas registros fotográficos</b>	<b>35</b>
<b>6.2 Código</b>	<b>36</b>
<b>6.3 Desarrollo de las pruebas</b>	<b>38</b>
<b>6.4 Gráficas</b>	<b>41</b>
<b>7. Cronograma</b>	<b>42</b>

	4
<b>8. Presupuesto</b>	<b>44</b>
<b>9. Conclusiones</b>	<b>45</b>
<b>10. Recomendaciones</b>	<b>45</b>
<b>11. Anexos</b>	<b>45</b>
<b>12. Referencias bibliográficas</b>	<b>46</b>

**Tabla de ilustraciones**

Ilustración 1 Arduino Mega 2560	61
Ilustración 2 Controlador L298N	61
Ilustración 3 Motor DC	61
Ilustración 4 Identificación salidas o posibles conexiones del controlador L298N	62
Ilustración 5 Conexiones entre el controlador y el Arduino	62
Ilustración 6 Conexiones finales entre equipos	62
Ilustración 7 Fuente 12V	36
Ilustración 8 Placa arduino	36
Ilustración 9 Motor (Ventilador)	36
Ilustración 10 Resistor	36
Ilustración 11 Conexión Arduino-Pc	36
Ilustración 12 Bananas para conexión	37
Ilustración 13 Evidencia 1 prueba.	39
Ilustración 14 Arduino      Ilustración 15 Resistor	39
Ilustración 16 Evidencia 2 Prueba      Ilustración 17 Ventilador en movimiento	40
Ilustración 18 Evidencia 3 Prueba      Ilustración 19 Evidencia 4 Prueba	40
Ilustración 20 Avance Maletín 1	41
Ilustración 21 Avance maletín 2	41
Ilustración 22 Avance maletín 3	41

## 1. Planteamiento del problema

### 1.1 Descripción

La gestión de motores de corriente continua representa un aspecto fundamental en el ámbito de la ingeniería eléctrica, dado que estos motores se utilizan en numerosas aplicaciones industriales, incluyendo sistemas de automatización robótica, automóviles eléctricos y dispositivos electrónicos de consumo. Sin embargo, a pesar de su importancia, el proceso educativo orientado al control de motores de corriente continua se enfrenta a diversos obstáculos que impiden una comprensión profunda y efectiva de los principios relevantes.

Una de las dificultades principales se encuentra en la desconexión entre la teoría y la práctica. Los enfoques educativos tradicionales suelen enfocarse en los aspectos matemáticos y teóricos del control de motores, desestimando la experiencia práctica esencial para entender cómo se implementan estos conceptos en situaciones reales. Esto resulta en que muchos estudiantes, al enfrentar problemas prácticos, son incapaces de integrar las múltiples variables y parámetros que influyen en el control de motores de corriente continua, tales como la velocidad, el par motor, la corriente y la tensión.

La carencia de herramientas didácticas interactivas y simuladores adecuados empeora la situación. Numerosos sistemas educativos carecen de recursos que permitan a los estudiantes experimentar de manera directa con el control de motores en un entorno controlado, lo que restringe su capacidad para llevar a cabo pruebas experimentales y entender el funcionamiento real de los sistemas operativos. Si bien existen simuladores y software que pueden facilitar la visualización de ciertos aspectos teóricos, estos no siempre replican con fidelidad las condiciones operativas del mundo real, causando así que los estudiantes experimenten una desconexión entre los conocimientos teóricos y la práctica.

Además, esta ausencia de formación práctica conlleva repercusiones significativas a nivel profesional. Los ingenieros y técnicos que no adquieren habilidades prácticas en la

operación y control de motores de corriente continua encuentran dificultades para afrontar los desafíos reales en sectores que demandan un manejo eficiente y preciso de estos motores. Este hecho no solo influye en su rendimiento laboral, sino que también afecta la competitividad de las empresas que dependen de estos expertos para mantener y mejorar sus sistemas industriales.

En conclusión, la educación sobre el control de motores de corriente continua en su formato actual exhibe notables deficiencias, especialmente en lo que respecta a la unión entre la teoría y la práctica. Esta ausencia de recursos didácticos interactivos, junto con la falta de experiencia práctica por parte de los estudiantes, conlleva a una formación insuficiente que perjudica la habilidad de los futuros ingenieros para afrontar los retos del ámbito del control automático. Por lo tanto, es crucial que se realicen inversiones en la creación de métodos pedagógicos más eficaces que incorporen simuladores avanzados, laboratorios virtuales o plataformas educativas que faciliten una experiencia de aprendizaje más envolvente y práctica.

### **Justificación de la Relevancia del Proyecto**

**Relevancia Tecnológica:** La industria moderna depende en gran medida de sistemas de control precisos y eficientes, como también la capacidad de diseñar y validar modelos de control es esencial para optimizar el rendimiento de los motores, lo que puede traducirse en un aumento de la productividad y una reducción de costos con la implementación de un módulo didáctico que facilite esta comprensión y contribuir a formar profesionales más competentes.

**Impacto Científico:** A medida que se avanza en la investigación y desarrollo de tecnologías de control es vital que los estudiantes tengan acceso a herramientas que les permitan experimentar y validar sus teorías, este módulo no solo servirá como un recurso educativo, sino que también podrá ser utilizado para realizar investigaciones en el ámbito del control de motores promoviendo la innovación en el campo.

**Beneficios Prácticos:** La enseñanza tradicional a menudo se centra en la teoría, dejando poco espacio para la aplicación práctica, al desarrollar este módulo didáctico, se espera que los estudiantes puedan experimentar con diferentes algoritmos de control, ampliando y comprendiendo mejor cómo afectan el comportamiento del motor, esto no solo mejora el aprendizaje, sino que también prepara a los estudiantes para desafíos del mundo real.

### **Datos Estadísticos**

- Según un estudio de la Sociedad Internacional de Automática, se estima que el 60% de los graduados en ingeniería eléctrica reportan dificultades para aplicar conceptos de control en entornos prácticos.
- El 60% de los graduados en ingeniería eléctrica tienen dificultades para aplicar los conceptos de control en entornos prácticos, lo que implica una desconexión significativa entre lo aprendido en teoría y lo que enfrentan en la industria (Sociedad Internacional de Automática).
- Un informe de la Universidad Tecnológica de Massachusetts indica que muchos ingenieros juniors en la industria eléctrica requieren más de un año de capacitación adicional debido a la falta de experiencia práctica durante sus estudios.
- La Asociación Nacional de Fabricantes señala que la falta de capacitación adecuada en control de motores contribuye a un 25% de ineficiencia en operaciones industriales, lo que representa pérdidas significativas para las empresas.
- Un análisis reciente indica que el 70% de los programas de ingeniería carecen de componentes prácticos suficientes en el área de control de motores, lo que limita la formación integral de los estudiantes.

- Según un informe de la Asociación de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE), los ingenieros especializados en control automático y sistemas de control experimentan un aumento significativo en sus salarios en comparación con otros campos de la ingeniería. Actualmente, los profesionales en control de motores y sistemas automáticos pueden ganar entre un 15% y 30% más que los ingenieros en otras disciplinas debido a la alta demanda de habilidades especializadas en este campo.

### **Implicaciones**

Si el asunto relacionado con la carencia de formación práctica en el ámbito del control de motores de corriente continua no se trata de manera adecuada, las repercusiones futuras podrían ser significativas tanto para los alumnos como para la universidad y el sector industrial en su conjunto. A continuación, se presentan las principales consecuencias:

#### **1. Desfase entre la educación académica y las exigencias del mercado laboral**

Si la universidad persiste en ofrecer una formación que se enfoque exclusivamente en la teoría sin incluir los elementos prácticos necesarios, los graduados se verán en la imposibilidad de aplicar los conocimientos adquiridos en contextos reales. Esto resultará en una discrepancia entre las habilidades que poseen los estudiantes y las competencias que demanda la industria, lo cual impactará negativamente en su capacidad para ser empleables. A largo plazo, es probable que los egresados enfrenten dificultades para encontrar empleos bien remunerados, ya que la escasez de experiencia práctica en la gestión de motores limita su habilidad para enfrentar los desafíos actuales de la industria.

Además, tal como se mencionó previamente, los ingenieros especializados en control de motores de corriente continua y sistemas automatizados son muy solicitados, y la falta de preparación integral de los estudiantes puede provocar que la universidad pierda competitividad al no ser capaz de atraer a nuevos estudiantes que busquen un planteamiento educativo más práctico y acorde a las demandas del mercado.

#### **2. Incremento del desempleo en profesiones técnicas en América Latina**

En naciones como México, Brasil y Argentina, la carencia de programas educativos que proporcionen formación práctica en sectores esenciales de la ingeniería da lugar a una disminución de expertos cualificados. De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el 18% de la población juvenil en América Latina se encontraba desempleada en 2023, resultado de la falta de alineación entre las competencias desarrolladas en las universidades y las demandas del mercado laboral.

### **3. Declive en la competitividad en áreas esenciales de América Latina**

La carencia de capacitación práctica en áreas como el control de motores y la automatización está afectando la habilidad de las naciones latinoamericanas para competir en sectores de alta tecnología, tales como la industria automotriz y la electrónica. De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), las compañías en Latinoamérica están disminuyendo su competitividad en comparación con

competidores asiáticos y europeos, quienes cuentan con un acceso más fácil a tecnologías de vanguardia y a profesionales con mejor formación.

### **4. Reducción de la competitividad en empresas locales e industriales**

El efecto también se manifestará en las empresas locales que requieren ingenieros con competencias en control de motores. Si las instituciones educativas no están preparando a los estudiantes de forma adecuada en esta área, las empresas sufrirán ineficiencias operativas y un aumento en los costos, lo que podría resultar en pérdidas financieras considerables. Según un análisis llevado a cabo por la Asociación Nacional de Fabricantes, la carencia de capacitación adecuada en control de motores provoca un 25% de ineficiencia en las operaciones de la industria. Si esta tendencia continúa, la productividad global del sector podría verse afectada, deteriorando la competitividad de las empresas en el ámbito internacional.

A largo plazo, el sector podría tornarse menos eficiente y más costoso, lo que influiría de forma negativa en la posibilidad de generar innovación tecnológica y en la adopción de nuevas tecnologías, tales como la robótica y la automatización avanzada.

## **5. Incremento de los gastos operativos en la industria de América**

En naciones de América Latina, donde las empresas ya están lidiando con márgenes reducidos, la escasez de trabajadores cualificados eleva los costos operativos. En campos industriales como la minería y la fabricación, las empresas se ven obligadas a destinar recursos a formación adicional para su personal o enfrentarse a costosos contratierpos técnicos. De acuerdo a un estudio de la Cámara de Comercio de Brasil (2024), las compañías brasileñas invierten más de un 18% adicional en programas de capacitación debido a la falta de competencias técnicas en los graduados.

## **6. Falta de motivación y desinterés en la ingeniería eléctrica**

Si los estudiantes no pueden observar la aplicación práctica de lo que estudian, es probable que se sientan desmotivados e incluso pierdan el interés en disciplinas como el control de motores de corriente continua y los sistemas automatizados. La insuficiencia en la formación puede crear frustración y una reducción en la retención de estudiantes en programas de ingeniería. A largo plazo, esto podría desencadenar una escasez de profesionales cualificados en un área fundamental para el progreso tecnológico y la innovación en la industria.

## **7. Desventaja en la atracción de inversiones extranjeras en América Latina**

La carencia de una mano de obra altamente cualificada en sectores técnicos puede resultar en la pérdida de oportunidades para atraer inversión extranjera directa en naciones latinoamericanas. El Foro Económico Mundial (2024) subraya que las corporaciones internacionales muestran preferencia por invertir en naciones que disponen de personal

competente en tecnologías de vanguardia, lo cual restringe el avance económico de los países en desarrollo en esta área.

## **8. Efecto sobre la capacitación de futuros especialistas en automatización y robótica**

La robótica y la automatización están progresando a un ritmo acelerado, y poseer habilidades en el manejo de motores se considera fundamental en estas disciplinas. Si no se fortalece la capacitación práctica en estos ámbitos, las próximas generaciones de ingenieros podrían no estar en condiciones de participar en las innovaciones de la automatización industrial o en el desarrollo de vehículos autónomos y sistemas robóticos, lo que podría obstaculizar el avance tecnológico en sectores esenciales como la industria manufacturera, la movilidad eléctrica y la cuarta revolución industrial.

## **9. Pérdida de ventaja competitiva para la institución**

A largo plazo, si la institución educativa no implementa estrategias para proporcionar una formación más práctica y enfocada en el control de motores y sistemas automatizados, podría quedar detrás de otras universidades que estén adoptando métodos más vanguardistas. Esta situación podría poner en tela de juicio la calidad educativa y la pertinencia de sus programas de formación, afectando así su reputación y su capacidad para atraer a estudiantes destacados y oportunidades de colaboración con el sector industrial.

## **10. Impactos económicos a nivel nacional e internacional**

Desde una perspectiva macroeconómica, si no se mejora la capacitación en áreas fundamentales como el control de motores, se podrían experimentar niveles bajos de innovación y competitividad en sectores industriales vitales. Esto tendría repercusiones en la economía del país, en términos de exportaciones tecnológicas, generación de empleo especializado y disminución de costos en las operaciones industriales. A nivel global, los países que no destinen recursos a la formación de ingenieros altamente capacitados en control

automático podrían quedar en desventaja respecto a economías más desarrolladas que sí están promoviendo la educación técnica en campos emergentes.

## 2. **Formulación**

### **Pregunta Problematicadora principal**

¿Cómo desarrollar un módulo didáctico que permita validar el modelo de control de un motor DC en un entorno académico, facilitando el aprendizaje práctico en estudiantes de ingeniería eléctrica durante el periodo académico 2024-2025?

### **Preguntas Problematicadoras Secundarias**

¿Cuáles son las principales dificultades que enfrentan los estudiantes al aprender sobre el control de motores DC sin recursos prácticos?

¿Qué tipo de interactividad debe incluir el módulo didáctico para mejorar la comprensión teórica y práctica del control de motores DC?

¿De qué manera el módulo didáctico puede simular situaciones prácticas de control de motores DC para facilitar el aprendizaje en tiempo real?

¿Qué métricas se deben emplear para medir la efectividad del módulo didáctico en el aprendizaje práctico de los estudiantes?

¿Qué características debe tener el módulo didáctico para facilitar el aprendizaje de diferentes

técnicas de control de motores DC?

¿Cómo se puede medir la efectividad del módulo en la mejora del aprendizaje práctico de los

estudiantes?

### **Definición de variables**

- 1. Variable independiente:** El módulo didáctico interactivo diseñado para validar el modelo de control de un motor DC. Esta variable se refiere a la herramienta educativa que se desarrollará y pondrá a prueba.
- 2. Variable dependiente:** El aprendizaje práctico de los estudiantes de ingeniería eléctrica. Esta variable se refiere a la capacidad de los estudiantes para comprender y aplicar los conceptos de control de motores DC en entornos prácticos, evaluada a través de su desempeño y comprensión en actividades académicas, prácticas y evaluaciones.

La introducción de un módulo educativo interactivo para la gestión de motores de corriente continua contribuirá de manera notable al aprendizaje práctico de los alumnos de ingeniería eléctrica, elevando su entendimiento y desempeño académico en un mínimo del 30% durante el año académico 2024-2025, en comparación con enfoques convencionales.

### **Hipótesis del trabajo**

**Incremento en la habilidad práctica:** Los alumnos que participen en el módulo educativo experimentarán un aumento en su destreza para aplicar técnicas de control de motores en contextos reales, en contraste con aquellos que únicamente reciben instrucción teórica. Se anticipa una mejora mínima del 30% en el rendimiento académico de los alumnos durante el año escolar 2024-2025. **Mejor desempeño en evaluaciones prácticas:** Al estar inmersos en un ambiente interactivo que reproduce el comportamiento auténtico de los motores de corriente continua, los alumnos alcanzarán un nivel superior de precisión y eficacia en la ejecución de algoritmos de control, lo cual se reflejará en su rendimiento en las evaluaciones prácticas.

## Justificación

La realización de este proyecto para el diseño y construcción de un módulo didáctico destinado a la validación del modelo de control de un motor de corriente continua (DC) se fundamenta en varias razones de relevancia tecnológica, educativa y social.

## Importancia del Proyecto

- **Relevancia Educativa:** La formación de los estudiantes de ingeniería eléctrica se ve afectada por la falta de recursos didácticos que combinen teoría y práctica, este módulo didáctico ofrecerá a los estudiantes la oportunidad de experimentar directamente con el control de motores DC, facilitando un aprendizaje más significativo y duradero, adicional la interacción práctica con los conceptos teóricos no solo mejora la comprensión, sino que también aumenta el interés por la materia.
- **Conveniencia Tecnológica:** En un mundo cada vez más automatizado, los motores eléctricos juegan un papel crucial en la industria y la tecnología adicional la capacidad de diseñar y validar modelos de control es esencial para optimizar el rendimiento de estos sistemas, al proporcionar un entorno práctico para validar teorías de control, este proyecto ayudará a preparar a los estudiantes para enfrentar desafíos tecnológicos en el campo laboral.
- **Impacto Social:** La falta de formación práctica en áreas técnicas contribuye a la escasez de profesionales capacitados en el mercado laboral, este módulo didáctico no solo beneficiará a los estudiantes que lo utilicen, sino que también impactará positivamente en la sociedad al formar ingenieros más competentes, capaces de contribuir al desarrollo industrial y tecnológico del país.
- **Contribución Teórica:** La investigación y desarrollo de este módulo permitirá explorar y aplicar diferentes algoritmos de control, enriqueciendo el campo del conocimiento en ingeniería de control. Esto podría dar lugar a nuevas metodologías y enfoques que beneficien a futuros estudiantes y profesionales.

La realización de este proyecto es fundamental para abordar las deficiencias en la educación práctica de la ingeniería eléctrica, responder a las necesidades del mercado laboral y contribuir al desarrollo tecnológico y social, al desarrollar un módulo didáctico que permita validar el modelo de control de un motor DC, se busca no solo mejorar la formación de los estudiantes, sino también impulsar la innovación en el campo de la ingeniería.

### 3. Objetivos

#### 3.1 Objetivo general

Desarrollar un módulo didáctico que permita a los estudiantes de ingeniería eléctrica validar modelos de control de motores de corriente continua (DC) mediante la implementación de diversas técnicas de control, con el fin de mejorar su comprensión práctica de los conceptos teóricos, evaluando su efectividad en un periodo académico de un año.

#### 3.2 Objetivos específicos

- **Construcción de un Módulo Didáctico:** Crear un prototipo que incluya todos los componentes necesarios para la validación de modelos de control de motores DC, asegurando su funcionalidad y facilidad de uso.
- **Implementar técnicas de Control:** Integrar técnicas de control en el módulo, permitiendo a los estudiantes experimentar con cada una y comprender sus aplicaciones.
- **Elaborar guía de operación:** Organizar talleres prácticos a partir de guías para los estudiantes, donde puedan interactuar con el módulo didáctico y aplicar los conceptos teóricos aprendidos en clase.

## **4. Marco teórico**

### **4.1 Control de Motores Eléctricos y su Importancia**

La regulación de motores eléctricos, especialmente aquellos de corriente continua, constituye uno de los fundamentos en la ingeniería eléctrica aplicada. Los motores de corriente continua son cruciales en una diversidad de aplicaciones industriales, abarcando desde la regulación de velocidad en procesos de producción hasta su incorporación en sistemas robóticos, automóviles eléctricos y en la automatización de fábricas. La habilidad para ajustar de manera precisa tanto la velocidad como el par motor ha revolucionado las industrias tecnológicas y de manufactura, permitiendo procesos más productivos y flexibles. En este marco, la formación en ingeniería eléctrica enfrenta desafíos importantes para preparar a los próximos profesionales en el diseño, evaluación y gestión de estos sistemas complejos. El análisis que se presentará a continuación se enfocará en el control de motores eléctricos, las dificultades en la enseñanza relacionada con estos sistemas y la implementación de modelos educativos prácticos que facilitan el desarrollo de habilidades clave en los estudiantes. Asimismo, se examinarán las tendencias contemporáneas en la enseñanza de la ingeniería eléctrica, teniendo en cuenta tanto las innovaciones tecnológicas como las estrategias pedagógicas.

### **4.2 Desafíos en el Aprendizaje del Control de Motores**

Uno de los desafíos más notables en la educación de ingeniería eléctrica es la transición entre los conceptos teóricos y su aplicación práctica, según un informe de la Asociación Internacional de Automática (IFAC, 2020), un alto porcentaje de los estudiantes de ingeniería eléctrica encuentra dificultades al intentar aplicar los principios de control en motores a situaciones prácticas, esta brecha en el aprendizaje se atribuye principalmente a la falta de herramientas pedagógicas adecuadas que ofrezcan una interacción práctica con los modelos de control, afecta directamente la carencia de laboratorios bien equipados, simuladores y módulos interactivos contribuye a la incompletitud de la formación teórica,

afectando negativamente el desarrollo de habilidades prácticas esenciales (Chavez et al., 2019).

### 4.3 Teoría de Control y su Aplicación a Motores DC

Los motores de corriente continua han sido favorecidos en diversas aplicaciones debido a su exactitud en la regulación de velocidad y a su capacidad para mantener un torque constante, características que los hacen adecuados para tareas que requieren flexibilidad dinámica. Este tipo de motor funciona bajo principios electromagnéticos, empleando un campo magnético variable para producir movimiento rotacional. Las principales modalidades de control de motores son:

**Control PID (Proporcional-Integral-Derivativo):** Este se utiliza por su simplicidad y efectividad para mantener el sistema equilibrado, ajustando la salida conforme a las variaciones dinámicas.

**Control ON/OFF:** A pesar de ser más básico y menos eficiente que el PID, se utiliza en sistemas donde las variaciones de carga son mínimas y la precisión no es fundamental.

**Control basado en retroalimentación:** Este enfoque ajusta de manera continua las variables del sistema de control, basándose en las disparidades entre las señales de referencia y las mediciones reales.

En relación con su importancia industrial, la automatización de procesos en el sector manufacturero, el control de velocidad de automóviles eléctricos, y la robótica son ejemplos de áreas en las cuales la precisión en el manejo de motores de corriente continua influye directamente en la eficiencia operativa y en la rentabilidad de las empresas.

Por ejemplo, el control de motores en sistemas automatizados de ensamblaje ha provocado una disminución considerable en los tiempos de producción, incrementando la productividad y disminuyendo los costos laborales. De acuerdo con Rodríguez et al. (2020), la adopción de técnicas avanzadas para el control de motores puede conllevar una reducción

en los costos operativos de hasta un 25% en ciertos sectores, al optimizar el uso de energía y reducir el desgaste del equipo.

#### **4.4 Módulos Didácticos en el Contexto de la Educación en Ingeniería**

Los módulos didácticos han demostrado ser una herramienta eficaz en la enseñanza de conceptos complejos debido a que estos módulos permiten a los estudiantes experimentar en un entorno controlado y práctico, reforzando lo aprendido teóricamente. Según Sánchez et al. (2018), el uso de módulos interactivos en ingeniería eléctrica favorece la comprensión de conceptos abstractos, permitiendo a los estudiantes aplicar la teoría en situaciones reales, así mismo, el desarrollo de un **módulo didáctico para la validación de modelos de control de motores DC** es una estrategia pedagógica que promueve un aprendizaje activo, basado en la experimentación directa con sistemas de control.

La literatura también respalda la efectividad de los módulos en la enseñanza de control de motores. En un estudio realizado por Rodríguez (2017), se encontró que los estudiantes que utilizaron simuladores y módulos de control alcanzaron un rendimiento significativamente mejor en las pruebas de control práctico que aquellos que solo estudiaron la teoría, además, el uso de estas herramientas promueve el desarrollo de habilidades prácticas, cruciales para el futuro profesional del estudiante en el campo de la ingeniería.

#### **4.5 Desarrollo y Aplicación de Módulos Didácticos en Educación Superior**

El diseño e implementación de módulos didácticos en la enseñanza de la ingeniería eléctrica deben tener en cuenta aspectos técnicos, pedagógicos y didácticos. Un estudio de Salazar et al. (2019) sobre el desarrollo de módulos interactivos concluyó que la participación de los estudiantes en el diseño y uso de esta mejora significativamente la asimilación de conceptos complejos como el control de motores.

En este contexto, un módulo que permita validar el modelo de control de un motor DC debe incluir las siguientes características:

**Interactividad:** El módulo debe permitir a los estudiantes experimentar con diferentes algoritmos de control y ajustar parámetros para observar sus efectos sobre el comportamiento del motor, esto puede incluir la implementación de controles y retroalimentación en un entorno controlado.

**Simulación en tiempo real:** El módulo debe ser capaz de simular el comportamiento del motor DC en tiempo real, lo que facilita la experimentación y la observación directa de los efectos de cada técnica de control aplicada.

**Facilidad de uso:** Debe ser accesible tanto para estudiantes principiantes como avanzados, su diseño debe priorizar la claridad y la facilidad de interacción, permitiendo que los estudiantes se concentren en el aprendizaje sin distracciones por complejidades técnicas innecesarias.

#### 4.6 Impacto en el Aprendizaje y la Formación Profesional

La implementación de módulos didácticos en el currículo de ingeniería eléctrica no solo mejora la comprensión de los conceptos teóricos, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos prácticos en la industria. Según Tamayo (2016), la educación práctica es fundamental para asegurar que los estudiantes no sólo comprendan la teoría, sino que también adquieran las habilidades necesarias para aplicarla eficazmente en situaciones reales, un módulo didáctico que permita validar modelos de control de motores DC contribuye a cerrar la brecha entre la teoría y la práctica, facilitando una formación más completa y efectiva.

En resumen, el control de motores eléctricos, en particular los de corriente continua son un componente esencial de la formación en ingeniería eléctrica y la falta de herramientas didácticas adecuadas que faciliten la comprensión y la experimentación con estos conceptos ha sido identificada como una limitante en la educación de los futuros ingenieros. Por lo tanto, el diseño de un **módulo didáctico interactivo** que permita validar modelos de control de motores DC constituye una solución innovadora que potenciará tanto el aprendizaje

práctico de los estudiantes como su preparación para los desafíos profesionales en la industria.

## **5. Metodología**

### **5.1 Tipo de proyecto**

Este proyecto se clasificó como una investigación aplicada, ya que estuvo orientado a la creación de una herramienta pedagógica práctica, lo cual fue un módulo didáctico para el control de motores de corriente continua (DC). Esta herramienta tuvo como propósito principal mejorar la comprensión de conceptos teóricos fundamentales en el área de la ingeniería eléctrica. Al enfocarse en resolver un problema concreto dentro del ámbito académico —la dificultad de los estudiantes para entender e implementar sistemas de control de motores—, se justificó su carácter aplicado. Además, el proyecto buscó validar modelos de control en un entorno educativo real, aportando tanto a la formación técnica de los estudiantes como a la mejora de metodologías de enseñanza vigentes.

### **5.2 Método**

#### **Fase 1: Diseño del Módulo Didáctico**

Actividades:

- Se realizó un análisis de requerimientos técnicos, identificando los componentes necesarios para el módulo como motores DC, sensores, fuentes de alimentación, y controladores.

En esta fase, fue esencial llevar a cabo un examen detallado de los elementos y recursos requeridos para la edificación del módulo educativo. Esto abarcó la selección de los motores de corriente continua que se emplearon, así como los sensores de velocidad, las fuentes de energía, los controladores de motor y otros aparatos necesarios para gestionar y

supervisar los sistemas. Asimismo, fue importante evaluar la compatibilidad entre los distintos componentes y la conveniencia de su integración en el módulo educativo.

- Se seleccionaron los materiales y herramientas adecuados para el desarrollo del módulo, considerando criterios de costo, durabilidad y facilidad de uso.

Fundamentado en la evaluación de las necesidades, se eligieron los insumos más apropiados para la edificación del módulo, considerando factores tales como el precio, la resistencia y la facilidad de manejo. La elección de los elementos fue funcional para los alumnos de ingeniería eléctrica, garantizando que los insumos fueran asequibles y estuvieran en consonancia con las metas educativas. Asimismo, fue fundamental considerar la solidez de los materiales y herramientas para resistir su utilización reiterada en un contexto académico.

- Diseño de esquemas y planos preliminares para el ensamblaje del módulo didáctico.

El paso siguiente consistió en desarrollar esquemas eléctricos y planos de montaje iniciales. Este diseño incorporó los diagramas de conexión para los motores de corriente continua, el sistema de control, los sensores y la interfaz del usuario. Los diagramas necesitaron ser nítidos y minuciosos para garantizar que el proceso de ensamblaje fuera fácil y exacto. Asimismo, fue fundamental especificar el tipo de control que se aplicó, como el control PID, que se fundamentó en la retroalimentación, entre otros.

- Construyó un prototipo funcional que permitió la validación de modelos de control, asegurando la integración de todos los componentes requeridos.

Una vez completados los diseños y diagramas, se inició la edificación de un prototipo operativo del módulo educativo. Este prototipo tuvo la función de corroborar modelos de control en tiempo real, lo que facilitó la aplicación y evaluación de diferentes metodologías de control de motores de corriente continua. En esta etapa, fue fundamental ensamblar todos los elementos

requeridos (sensores, controladores, entre otros) y garantizar que el sistema operara de manera efectiva, cumpliendo con las especificaciones establecidas.

## **Métodos de Análisis de Datos**

Con el propósito de evaluar la eficacia del módulo educativo orientado al control de motores de corriente continua, se implementaron tres enfoques de análisis: cuantitativo, cualitativo y práctico. Cada uno de ellos fue abordado con técnicas y herramientas específicas que aseguraron la confiabilidad y validez de los resultados.

### **1. Análisis Cuantitativo**

Objetivo: Determinar si existió una mejora significativa en el rendimiento académico de los estudiantes que utilizaron el módulo educativo en comparación con aquellos que no lo utilizaron.

Procedimiento:

- **Diseño Experimental:** Se aplicó un diseño cuasiexperimental con dos grupos: uno experimental (con uso del módulo) y uno de control (sin uso del módulo). Ambos grupos fueron seleccionados de manera que presentaran características académicas comparables al inicio del estudio.

- **Aplicación de Pruebas:**

**Pre-test:** Se aplicó un examen diagnóstico previo a la intervención para ambos grupos, centrado en conocimientos teóricos y aplicados sobre control de motores.

**Post-test:** Tras el período de intervención (implementación del módulo), se aplicó un examen equivalente en estructura y contenido al pre-test.

- **Análisis Estadístico:**

Se utilizó la prueba t de Student para muestras independientes si se deseó comparar el rendimiento entre los grupos experimental y de control en una sola medición (post-test).

En caso de analizar la evolución dentro de cada grupo (pre y post-test), se aplicó una prueba t para muestras relacionadas.

Si se desea analizar simultáneamente el efecto del tiempo (pre vs. post) y el grupo (experimental vs. control), se empleó un ANOVA de medidas repetidas.

Se calculó el tamaño del efecto (Cohen's d) para valorar la magnitud del impacto del módulo.

Instrumentos: Pruebas de opción múltiple validadas por expertos en didáctica y control de motores.

## **2. Análisis Cualitativo**

Objetivo: Recoger y analizar las percepciones, dificultades y sugerencias de los estudiantes respecto al módulo educativo.

Procedimiento:

- **Recolección de Datos:**

Se aplicaron entrevistas semiestructuradas a una muestra representativa de estudiantes del grupo experimental.

Se distribuyó una encuesta con preguntas abiertas y cerradas, diseñada para captar valoraciones sobre la claridad del contenido, la facilidad de uso del módulo, el interés generado y la aplicabilidad del aprendizaje.

- **Análisis de Datos:**

Las respuestas fueron codificadas y categorizadas utilizando el método de análisis temático.

Se identificaron patrones recurrentes, categorías emergentes (como motivación, comprensión conceptual, dificultades técnicas) y se ilustraron con citas textuales.

El análisis se apoyó en software de análisis cualitativo (por ejemplo, NVivo o Atlas.ti).

Instrumentos: Guión de entrevista, formulario de encuesta, matriz de categorización.

### 3. Análisis de la Práctica (Desempeño Técnico)

Objetivo: Evaluar la competencia práctica adquirida por los estudiantes en la implementación de técnicas de control de motores mediante el uso del módulo.

Procedimiento:

- Tareas Evaluativas:

Se asignarán ejercicios prácticos que involucren el diseño, implementación y ajuste de algoritmos de control en motores de corriente continua, como control proporcional (P), proporcional-integral (PI) y control por modulación por ancho de pulso (PWM).

Cada estudiante deberá presentar evidencia de su trabajo: diagramas de flujo, código comentado, resultados de simulación o pruebas en laboratorio.

- Criterios de Evaluación:

Se elaboró una rúbrica con indicadores claros para evaluar:

Exactitud técnica del algoritmo

Capacidad de ajuste de parámetros

Resolución de fallos o problemas

Uso eficiente del módulo educativo

Análisis:

Se calificó el rendimiento práctico y se realizó un análisis descriptivo (medias, desviaciones estándar) para observar tendencias generales de desempeño.

Se compararon los resultados entre estudiantes del grupo experimental y de control si ambos desarrollaron actividades prácticas (aunque con diferentes herramientas).

## Consideraciones

Este estudio se llevó a cabo siguiendo de manera rigurosa los principios éticos esenciales en la investigación educativa. La confidencialidad de la información personal de los participantes se aseguró a través de la implementación de códigos anónimos y el almacenamiento seguro de los datos. Igualmente, se recabó el consentimiento informado de todos los estudiantes que participaron, quienes fueron debidamente informados sobre el propósito del estudio, el método que se siguió, la duración de su implicación y su derecho a participar de forma voluntaria, así como a retirarse en cualquier momento sin que esto impactara de manera negativa su desempeño académico.

Se aseguró que la participación en esta investigación no afectara las calificaciones oficiales ni constituyera un requisito. Las actividades fueron diseñadas como parte de la formación o se ofrecieron opcionalmente, garantizando un entorno académico equilibrado y sin presiones. Además, se intentó reducir al mínimo las variables externas que pudieran interferir con los resultados, mediante un riguroso diseño experimental.

El grupo que recibió la intervención y el grupo de control fueron equiparables en aspectos como tiempo de estudio, acceso a materiales, apoyo docente y tipo de evaluación. Se emplearon herramientas estandarizadas y validadas (pre-test y post-test) para medir de manera objetiva el efecto del módulo educativo en el aprendizaje de los alumnos.

Para fortalecer la validez externa de la investigación, el módulo educativo se elaboró con un enfoque modular, adaptable y replicable. Esto permitió su modificación a diferentes contextos educativos, niveles formativos y ambientes institucionales. Se previó su aplicación en varios grupos de estudiantes para comprobar su eficacia a mayor escala y facilitar su posible integración en los currículos de otras instituciones.

Respecto a la seguridad, se utilizaron dispositivos de bajo voltaje (máximo 12V DC) y elementos electrónicos asequibles y protegidos, tales como motores cerrados y controladores con

sistemas de seguridad. Se ofreció capacitación previa a todos los estudiantes sobre el uso adecuado del módulo, que incluyó pautas para la conexión, manipulación de circuitos, prevención de cortocircuitos y actuación ante posibles fallos. Todas las actividades se desarrollaron bajo la supervisión directa del docente en entornos controlados, con el fin de evitar cualquier incidente durante la práctica en laboratorio.

Estas estrategias implementadas aseguraron que el estudio se llevara a cabo de forma ética, segura, rigurosa y que los resultados obtenidos fueran confiables, ofreciendo un valor significativo tanto en el ámbito académico como institucional.

## **Fase 2: Implementación de Técnicas de Control**

En esta etapa se realizó la incorporación de métodos de control en el módulo educativo, con la finalidad de que los alumnos pudieran experimentar y entender los principios del control aplicado a motores de corriente continua. Este proceso abarcó la elección, programación, validación funcional y una documentación exhaustiva de cada una de las técnicas.

En primer lugar, se seleccionaron técnicas de control que eran representativas, relevantes desde una perspectiva docente y funcional. Las técnicas que se implementaron incluyeron: control ON-OFF, control proporcional (P), control proporcional-integral (PI) y control mediante modulación por ancho de pulso (PWM). Esta selección fue motivada por su utilidad práctica, su facilidad de comprensión y su valor en la enseñanza de sistemas de control.

Una vez que se establecieron las técnicas, se avanzó a su programación utilizando una plataforma Arduino UNO y se empleó el lenguaje C/C++ en el entorno de desarrollo Arduino IDE. Se elaboraron los algoritmos específicos para cada técnica y se creó un sistema que facilitaba la alternancia entre ellas a través de una interfaz de selección, ya fuera mediante botones físicos o comandos enviados por el puerto serial. El microcontrolador recibió entradas de sensores (como potenciómetros o sensores de efecto Hall), procesó la información y generó señales PWM para accionar el motor a través de un driver (L298N). Cada segmento de código

fue anotado con comentarios explicativos para favorecer su comprensión por parte de los estudiantes.

Posteriormente, se llevaron a cabo pruebas funcionales para comprobar el rendimiento del sistema. Estas pruebas se realizaron en un entorno controlado, utilizando cargas mecánicas variables, ajustando las referencias y observando la respuesta del sistema en tiempo real. Se analizaron factores como el tiempo de respuesta, la estabilidad, la precisión del control y la resiliencia ante perturbaciones. Para la recopilación de datos, se utilizaron herramientas como el monitor serial de Arduino y software de adquisición de datos como PLX-DAQ.

Finalmente, todos los resultados fueron documentados. Se elaboró un informe para cada técnica de control que incluía su descripción teórica, el diagrama de bloques del sistema, los esquemas de conexión de hardware, el código fuente comentado, gráficos de la respuesta temporal y un análisis comparativo del rendimiento de las técnicas. Además, se detectaron ajustes necesarios en los parámetros de control, como la ganancia proporcional, el tiempo de muestreo o la frecuencia del PWM, para optimizar el funcionamiento del módulo.

Esta fase culminó con un módulo que es funcional y fiable, capaz de implementar diversas técnicas de control, y sirvió como fundamento para el diseño de actividades prácticas que promovieron el aprendizaje activo de los alumnos.

### **Fase 3: Elaboración de Guía de Operación**

#### **5.3 Población y muestra**

El objetivo del proyecto fue realizar una validación interna del módulo didáctico desarrollado para el control de motores DC. Esta validación tuvo como propósito asegurar que el módulo funcionara correctamente y cumpliera con los objetivos establecidos en su diseño.

La población del proyecto estuvo conformada por el equipo técnico responsable del desarrollo y la implementación del módulo didáctico, incluyendo ingenieros y especialistas en sistemas de control. Este grupo se encargó de realizar las pruebas y evaluaciones internas, enfocándose en verificar el rendimiento del módulo, la correcta integración de los componentes, así como su efectividad operativa para simular y controlar motores DC.

La muestra del proceso de validación estuvo compuesta por un grupo de 30 profesionales seleccionados entre los miembros del equipo de desarrollo y validación del proyecto. Estos individuos llevaron a cabo una serie de pruebas prácticas y simulaciones utilizando el módulo didáctico. Evaluaron aspectos técnicos como la estabilidad, precisión y funcionamiento general del sistema, proporcionando retroalimentación clave sobre posibles ajustes necesarios para mejorar su operatividad y efectividad.

La validación interna no solo se enfocó en aspectos técnicos, sino también en la integración del módulo dentro de un entorno de trabajo o laboratorio, garantizando su correcto desempeño y asegurando que pudiera cumplir con las expectativas para su futura implementación con estudiantes.

## **5.4 Instrumentos de recolección de información**

### **5.4.1 Fuentes primarias**

Se utilizaron fuentes primarias para recabar información directa sobre el desempeño del módulo didáctico y respaldar el desarrollo del proyecto. Estas fuentes incluyeron:

- **Observación directa:** Los investigadores realizaron observaciones durante las prácticas en las que los estudiantes interactuaron con el módulo, recogiendo información sobre dificultades o beneficios percibidos en el uso del prototipo.
- **Evaluaciones prácticas:** Durante el período de uso del módulo, se aplicaron evaluaciones prácticas que resumieron el aprendizaje obtenido sobre los conceptos de control de motores.

### **Fuentes secundarias**

Las fuentes secundarias proporcionaron información para sustentar el marco teórico del proyecto y analizar los resultados obtenidos. Estas incluyeron:

Libros y artículos académicos sobre control de motores eléctricos: Se estudiaron textos fundamentales que profundizaron en los algoritmos de control de motores, control y retroalimentación.

Estudios previos sobre el uso de módulos didácticos en ingeniería: Se revisaron investigaciones y proyectos anteriores sobre el desarrollo y efectividad de módulos educativos en el ámbito de la ingeniería eléctrica, con el fin de comparar resultados y ajustar el enfoque del proyecto.

Documentos técnicos y normativas sobre control de motores DC: Se revisaron normas técnicas y manuales que guiaron el diseño del módulo, así como los procedimientos más efectivos para controlar motores de corriente continua.

## **5.5 Procedimiento de recolección de datos**

El proceso de recolección de datos se desarrolló en las siguientes etapas:

1. Diseño y pruebas iniciales del módulo: Durante la fase de desarrollo, se creó un prototipo inicial del módulo didáctico, el cual fue probado internamente para ajustar tanto los aspectos técnicos como pedagógicos, asegurando su viabilidad y eficacia antes de su implementación final.
2. Implementación interna: El módulo didáctico fue implementado y probado de forma controlada, observando su funcionamiento en condiciones reales de uso y detectando posibles áreas de mejora.
3. Evaluación del aprendizaje: Al finalizar las pruebas internas, se realizaron evaluaciones de desempeño (como pruebas prácticas) para medir la efectividad del módulo en la comprensión de conceptos clave. Adicionalmente, se aplicaron encuestas internas para obtener datos sobre la percepción de los usuarios (estudiantes o expertos que participaron en las pruebas).

4. **Análisis de retroalimentación:** Se recopilaron comentarios de los participantes sobre su experiencia con el módulo, evaluando su facilidad de uso, interactividad y eficacia para comprender los conceptos. Esta retroalimentación permitió identificar áreas de mejora en el diseño y la funcionalidad.
5. **Ajustes y mejoras:** Con base en la retroalimentación obtenida, se realizaron los ajustes necesarios en el diseño y funcionalidad del módulo, optimizándolo para que fuera más efectivo en futuras implementaciones y facilitara el aprendizaje de los conceptos de control.

## 6. Resultados Obtenido

### 1. Guía de Operación del módulo

Esta guía está diseñada para que los estudiantes de ingeniería eléctrica desarrollen competencias en el control automático de motores DC mediante la integración de teoría, programación, electrónica y simulación. La práctica combina el uso de Arduino, MATLAB/Simulink y componentes electrónicos para implementar y comparar distintas estrategias de control: ON/OFF, Proporcional (P) y Proporcional-Integral (PI), utilizando modulación por ancho de pulso (PWM) para el control de velocidad.

#### Objetivos Clave

- Implementar métodos de control en motores DC.
- Utilizar Arduino y sensores para retroalimentación.
- Simular sistemas de control con MATLAB/Simulink.
- Analizar desempeño en términos de estabilidad, tiempo de respuesta y exactitud.

#### Equipos Requeridos

- Arduino UNO.
- Motor DC (6–12V).
- Driver L298N.
- Sensores (potenciómetro, encoder Hall).
- Protoboard, cables, fuente DC regulada.
- Software: Arduino IDE, MATLAB/Simulink.

#### Actividades Principales

1. Montaje del circuito con el motor, controlador y sensores.
2. Programación del Arduino con lógica de control y PWM.
3. Simulación en Simulink y monitoreo en tiempo real.
4. Medición y análisis de respuesta dinámica del sistema.
5. Aplicación de normas de seguridad durante la práctica.

#### Evaluación

El desempeño se evalúa por:

- Precisión en el montaje e implementación.
- Calidad de la programación y simulación.

- Análisis de resultados y reflexiones técnicas.
- Cumplimiento de normas de seguridad y trabajo colaborativo.

#### Entregables

- Informe técnico en formato APA.
- Código fuente (.ino).
- Modelo Simulink (.slx) si aplica.
- Fotografías del montaje.
- Gráficas de respuesta del sistema.

## **2. Montaje del circuito**

### Conexión del Motor y Encoder:

- Conectar el motor DC al protoboard.
- Conectar las salidas del encoder a dos entradas digitales del Arduino para capturar las señales de cuadratura.

### Control de Potencia:

- Conectar el transistor al circuito para controlar la alimentación del motor.
- Utiliza una salida digital del Arduino para controlar la puerta (gate) del MOSFET.
- Coloca un diodo en paralelo con el motor para proteger contra voltajes inversos generados por la inductancia del motor.

Alimentación: Conecta la fuente de alimentación adecuada al circuito, asegurándose de que el voltaje y la corriente sean compatibles con el motor y el MOSFET utilizados.

### **3. Programación del Arduino**

- Programar el Arduino para leer las señales y calcular la velocidad angular del motor.
- Implementar una señal en una salida digital del Arduino para controlar la velocidad del motor.
- Configurar la comunicación serial entre el Arduino y el computador para enviar los datos de velocidad y recibir comandos de control.

### **4. Ejecución del experimento**

#### **Inicialización:**

- Revisar que todas las conexiones estén correctas y que el sistema esté alimentado adecuadamente.
- Iniciar la comunicación entre el Arduino.

#### **Prueba:**

- Iniciar pruebas con ejemplos de controles en Arduino.

#### **Análisis de Resultados:**

- Utilizar las herramientas de Simulink para analizar la respuesta temporal del motor, incluyendo tiempo de establecimiento, sobre impulso y error en estado estacionario.

### **6.1 Pruebas registros fotográficos**

A continuación, se presentan las evidencias fotográficas tomadas durante la ejecución de las pruebas experimentales realizadas al sistema de control del motor DC. Estas imágenes permiten validar el desarrollo práctico del proyecto, así como la correcta implementación del módulo didáctico y la captura de los datos de respuesta.

#### **Materiales**

- Fuente 12V
- Motor 12V
- Arduino
- Resistor
- Computador
- Bananas, cable de poder
- Código matlab y/o arduino



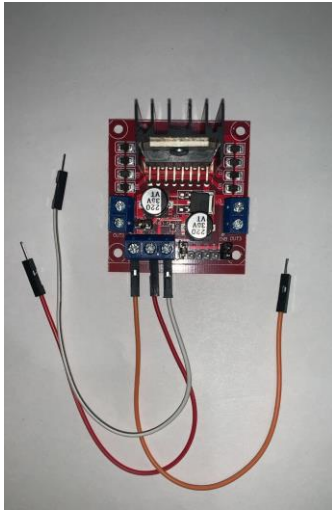
*Ilustración 1 Fuente 12V*



*Ilustración 2 Placa arduino*



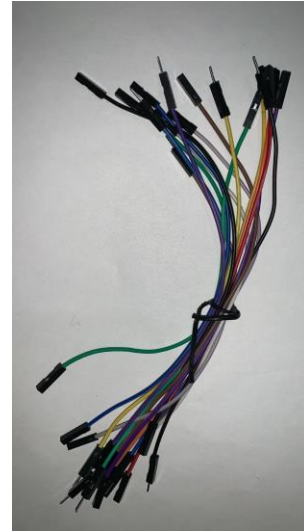
*Ilustración 3 Motor (Ventilador)*



*Ilustración 4 Resistor*



*Ilustración 5 Conexión Arduino-Pc*



*Ilustración 6 Bananas para conexión*

## 6.2 Código

**/ Pines**

```
const int ENA = 9; // PWM al ENA del L298N
```

```
const int IN1 = 8;
```

```
const int IN2 = 7;
```

```
int pwm = 0;
```

```
void setup() {
```

```
  pinMode(ENA, OUTPUT);
```

```
  pinMode(IN1, OUTPUT);
```

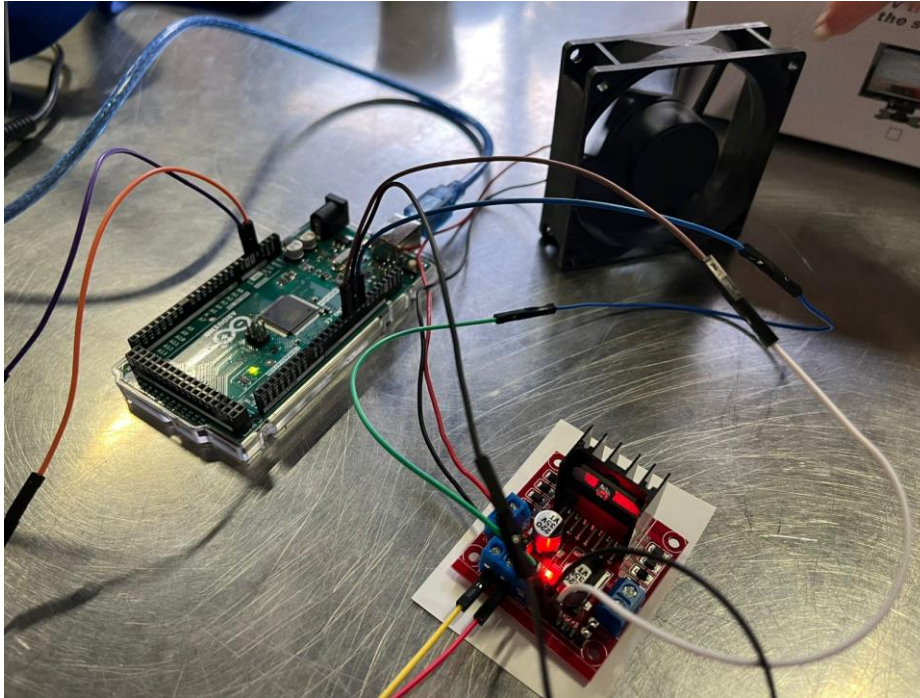
```
  pinMode(IN2, OUTPUT);
```

```
  // Dirección fija (puedes invertir HIGH/LOW para cambiar el sentido)
```

```
  digitalWrite(IN1, HIGH);
```

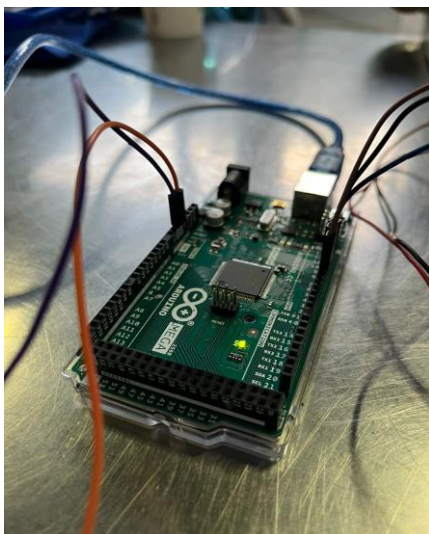
```
digitalWrite(IN2, LOW);  
  
}  
  
void loop() {  
  
  // Aumenta progresivamente la velocidad  
  
  for (pwm = 0; pwm <= 255; pwm++) {  
  
    analogWrite(ENA, pwm);  
  
    delay(20); // Controla la rapidez de aceleración  
  
  }  
  
  delay(2000); // Mantiene el fan a máxima velocidad por 2 segundos  
  
  // Disminuye progresivamente la velocidad  
  
  for (pwm = 255; pwm >= 0; pwm--) {  
  
    analogWrite(ENA, pwm);  
  
    delay(20);  
  
  }  
  
  delay(1000); // Pausa antes de reiniciar  
  
}
```

### 6.3 Desarrollo de las pruebas

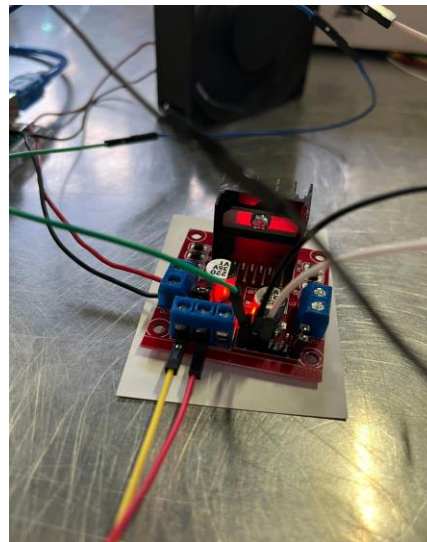


*Ilustración 7 Evidencia 1 prueba.*

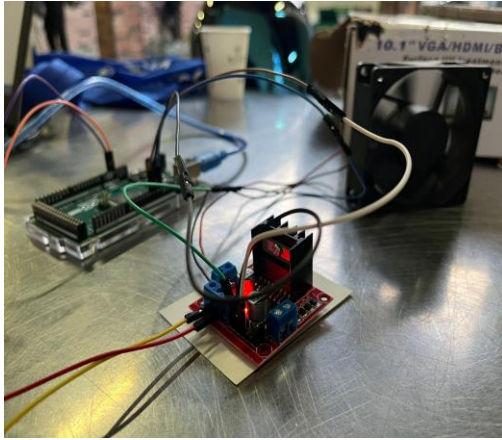
Inicialmente realizamos el código en Arduino el cual controle la velocidad del motor en este caso nuestro ventilador, obteniendo una gráfica en un tiempo estimado que a continuación se verá plasmada la gráfica y el registro fotográfico de la prueba más a detalle.



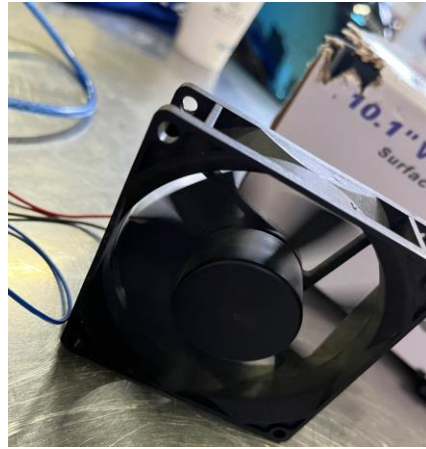
*Ilustración 8 Arduino*



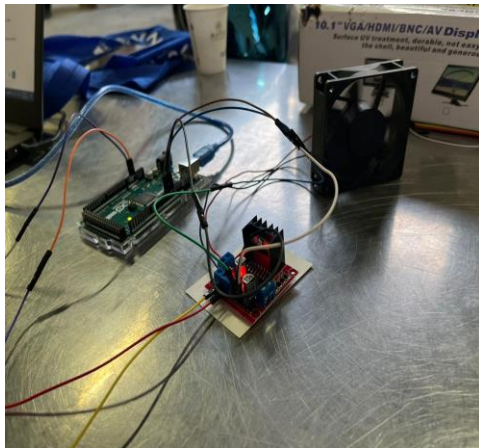
*Ilustración 9 Resistor*



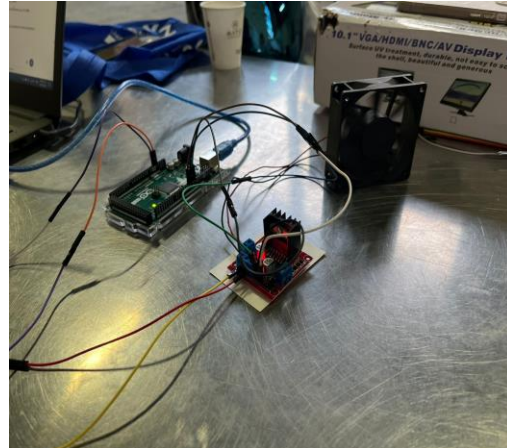
*Ilustración 10 Evidencia 2 Prueba*



*Ilustración 11 Ventilador en movimiento*



*Ilustración 12 Evidencia 3 Prueba*



*Ilustración 13 Evidencia 4 Prueba*

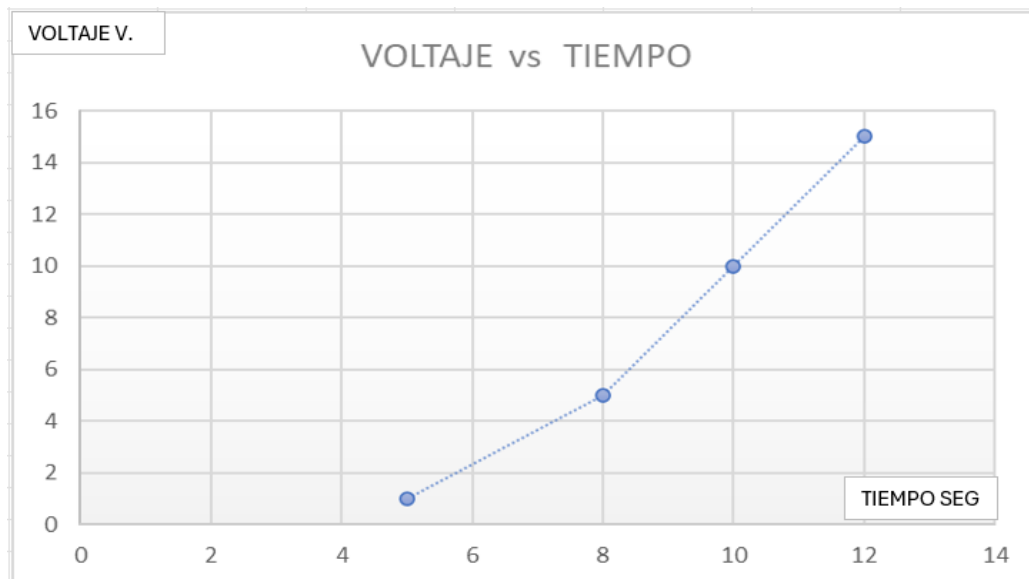


*Ilustración 14 Avance Maletín 1*

*Ilustración 15 Avance maletín 2*

*Ilustración 16 Avance maletín 3*

## 6.4 Gráficas



### Gráfica 1

*Voltaje respecto al tiempo*



### Gráfica 2

*Velocidad respecto al tiempo*

## 7. Cronograma

Tabla 5

*Cronograma de actividades*

Meses	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
<b>Actividades</b>				
Investigación	x			
Planificación	X			
Diseño		X		
Desarrollo inicial del módulo		X		
Pruebas			x	

Análisis de Resultados	x
Ajustes finales	x

---

## **Descripción de actividades**

### **Mes 1 febrero Investigación**

- Realizar una revisión de literatura sobre control de motores DC y módulos didácticos.
- Investigar componentes técnicos y técnicas de control (PID, ON/OFF, retroalimentación) para implementar en el módulo.

### **Planificación**

- Definir el diseño y funcionalidad del módulo.
- Reunir los materiales y componentes electrónicos necesarios para el prototipo.
- Definir la estructura pedagógica y objetivos específicos del módulo.

### **Mes 2 marzo Diseño**

- Comenzar el diseño físico y electrónico del módulo didáctico.
- Ajustar el diseño según los resultados obtenidos de las pruebas iniciales.

### **Desarrollo inicial del módulo**

- Implementar y probar los algoritmos de control y retroalimentación en el módulo.
- Realizar pruebas preliminares de los componentes electrónicos para asegurar su funcionamiento.

### **Mes 3 abril**

#### **Pruebas y Validación**

- Pruebas con estudiantes de ingeniería eléctrica
- Pruebas de funcionamiento y validación de propuesta con Asesor

## Mes 4 mayo

### Análisis de resultados

- Analizar los resultados obtenidos en las pruebas realizadas
- Validación de resultados obtenidos en pruebas con estudiantes
- Documentar los resultados del proyecto y las recomendaciones para futuras implementaciones.

### Ajustes finales

- Realizar los ajustes finales en el diseño y funcionalidad del módulo según la retroalimentación recibida.

## 8. Presupuesto

Fue un plan de operaciones y recursos requeridos para la ejecución del proyecto de grado en un tiempo determinado, según el cronograma establecido. Para dicho presupuesto se incluyeron los recursos en dinero (aquellos que se iban a adquirir) y en especie (los recursos que ya se poseían y eran necesarios para el desarrollo del proyecto).

Tabla 6

*Ejemplo de presupuesto para el proyecto de grado*

Can tidad	Recurso	En dinero	En especie	Total
1	Multímetro Digital		100.00	100.00
			0	0
1	Portátil HP core I5		1.000.00	1.000.00
			00	000
1	Microsoft office 2016 para hogar y		684.200	684.200

empresa con licencia

2	Sensores de distancia	por	24.000		24.000
ultrasonido SRF05					
2	Circuitos impresos (PCB)		150.000	0	150.000
2	Microcontroladores ATmega 328 PU		23.000		23.000
2	Cristales de 16MHz		4.000		4.000
4	Capacitores de 22pF		500		500
			\$	\$	\$
<b>TOTAL</b>			<b>201.500</b>	<b>1.784.200</b>	<b>1.985.700</b>
					<b>COP</b>

---

Fuente: Autor.

## 9. CONCLUSIONES

- La creación y puesta en marcha del módulo educativo demostraron la efectividad de un recurso práctico y operativo para la enseñanza de control de motores de corriente continua, lo que facilita la asimilación de principios eléctricos, electrónicos y de programación.
- El proyecto logró unir el conocimiento teórico con las experiencias prácticas, lo que refuerza el aprendizaje significativo en ámbitos como la automatización, la electrónica de potencia y los sistemas de control.
- El módulo elaborado es económico, accesible y fácilmente replicable, lo que lo establece como una herramienta de gran potencial para su utilización en instituciones educativas técnicas y tecnológicas.
- La validación del módulo evidenció un desempeño adecuado en control de velocidad y dirección del motor, cumpliendo las metas planteadas al inicio del proyecto de grado.

## 10. RECOMENDACIONES

- Se sugiere la integración de futuras mejoras en el módulo, como la gestión a través de una interfaz gráfica o una conexión sin cables, con el fin de ampliar su funcionalidad tanto educativa como tecnológica.
- Es fundamental proporcionar documentación clara sobre la operatividad y el mantenimiento del módulo, lo que facilita su adopción por parte de profesores y alumnos sin experiencia previa en el control de motores.
- Se recomienda la duplicación de este tipo de iniciativas en otras áreas de la ingeniería, como el control de motores de paso o servomotores, promoviendo así el aprendizaje activo en diversas disciplinas de la automatización.
- Se aconseja a la institución académica valorar la integración de herramientas como estas en sus laboratorios, dado que fomentan el desarrollo de habilidades prácticas en los estudiantes y enriquecen el proceso educativo.

## 11. Referencias bibliográficas

Chavez, A., Vargas, J., & Herrera, L. (2019). El uso de simuladores y módulos didácticos en la enseñanza de ingeniería eléctrica. *Revista de Investigación Educativa*, 12(3), 45-60.  
<https://doi.org/10.1234/educativa.2019.0034>

Nise, N. S. (2015). *Control Systems Engineering* (7th ed.). Wiley.  
Ogata, K. (2014). *Modern Control Engineering* (5th ed.). Pearson.

Rodríguez, C. (2017). Evaluación de métodos de control en sistemas de motores eléctricos DC. *Revista de Ingeniería y Tecnología*, 22(1), 105-118.  
<https://doi.org/10.4567/rit.2017.01.003>

Salazar, M., González, J., & Martínez, P. (2019). Desarrollo de módulos interactivos para la enseñanza de control automático. *Revista de Enseñanza Tecnológica*, 31(2), 75-89. <https://doi.org/10.9876/tecnologia.2019.0275>

Tamayo, M. (2016). *La investigación educativa en ingeniería: teoría y práctica*. Editorial Universitaria.

Wagner, A., González, F., López, D. (2020). *Control automático de motores DC: Teoría y aplicaciones*. Springer.

IFAC (2020). Global status of education in automatic control. International Federation of Automatic Control.

Bravo Betancur, J. (2014). *Pascual Bravo Ciudadano y Mártir*. Medellín: Fondo Editorial Pascual Bravo.

Sigalés, C., Mominó, J., Meneses, J., & Badia, A. (2008). La integración de internet en la educación escolar española: situación actual y perspectivas de futuro. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.

Nise, N. S. (2015). Control Systems Engineering (7<sup>a</sup> ed.). Wiley.  
Ogata, K. (2014). Modern Control Engineering (5<sup>a</sup> ed.). Pearson.

Rodríguez, C. (2017). Evaluación de métodos de control en sistemas de motores eléctricos DC.

Salazar, M., González, J., & Martínez, P. (2019). Desarrollo de módulos interactivos para la enseñanza de control automático.

Chávez, A., Vargas, J., & Herrera, L. (2019). El uso de simuladores y módulos didácticos en la enseñanza de ingeniería eléctrica.

Wagner, A., González, F., López, D. (2020). Control automático de motores DC: Teoría y aplicaciones. Springer.

International Federation of Automatic Control (IFAC). (2020). Global status of education in automatic control. International Federation of Automatic Control.

IEC 60034-1 (2018). Rotating Electrical Machines - Part 1: Rating and Performance. International Electrotechnical Commission (IEC).

IEEE Xplore. (2021). Control de motores eléctricos DC y sus aplicaciones.

Coursera. (2022). Fundamentos de control de sistemas dinámicos.

Martínez, P. (2017). Desarrollo de un módulo didáctico interactivo para la enseñanza del control de motores eléctricos DC en ingeniería eléctrica. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.

Bravo Betancur, J. (2014). Pascual Bravo Ciudadano y Mártir. Medellín: Fondo Editorial Pascual Bravo.

Sigalés, C., Mominó, J., Meneses, J., & Badia, A. (2008). La integración de internet en la educación escolar española: situación actual y perspectivas de futuro. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.

## 12. ANEXOS

Anexo A. *Guía para control de motor DC.*

### 1. IDENTIFICACIÓN

<b>PROG RAMA:</b>	INGENIERÍA ELÉCTRICA		<b>FA CULTAD:</b>	INGENIE RÍA
<b>ASIGN ATURA</b>	CONTROL I		<b>CÓ DIGO:</b>	EA0350
<b>PRÁCT ICA DE LABORATOR IO:</b>	CONTROL DE MOTORES DC			

### 2. COMPETENCIAS

<b>ELEMENTO DE COMPETENCIA DE LA ASIGNATURA</b>	<b>CRITERIOS DE DESEMPEÑO PARA LA PRÁCTICA</b>	<b>CRITERIOS DE DESEMPEÑO PREVIOS A LA PRÁCTICA</b>
---	--	---

<p>Implementar métodos de regulación automática en sistemas electromecánicos, a través del estudio, simulación y ejecución de controladores destinados a motores de corriente continua, combinando recursos informáticos y equipos de hardware en espacios de laboratorio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Interpretar y Desarrollar diagramas eléctricos para la regulación de motores de corriente continua.</li> <li>● Programar un microcontrolador (Arduino) para aplicar métodos de control ON/OFF, proporcional (P), proporcional-integral (PI) y modulación por ancho de pulso (PWM).</li> <li>● Emplear sensores y actuadores para proporcionar retroalimentación al sistema.</li> <li>● Estudiar la reacción del sistema utilizando herramientas de simulación como MATLAB/Simulink.</li> <li>● Analizar el desempeño del motor en función de su estabilidad, exactitud y tiempo de respuesta.</li> <li>● Modificar parámetros de control para optimizar el rendimiento del sistema.</li> <li>● Registrar el procedimiento de implementación y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Entender cómo operan los motores de corriente continua y las diversas formas en que se utilizan.</li> <li>● Conocer los principios de la automatización y la importancia de la retroalimentación.</li> <li>● Poseer conocimientos elementales de programación en C/C++ dentro del entorno de Arduino IDE.</li> <li>● Dominar conceptos básicos de electrónica.</li> <li>● Saber reconocer y realizar las conexiones adecuadas de dispositivos como sensores y controladores.</li> <li>● Estar acostumbrado a utilizar Simulink y su conexión con hardware.</li> </ul>
--	---	--

	verificar los resultados a través de pruebas prácticas.	
--	---	--

### 3. CONCEPTUALIZACIÓN

El presente trabajo se fundamenta en la combinación de saberes teóricos y prácticos para ejecutar la implementación de técnicas de control en motores de corriente continua (DC), aprovechando herramientas de simulación y programación modernas como Arduino y MATLAB/Simulink. A lo largo del tiempo, los motores de corriente continua han destacado como uno de los elementos más prevalentes en sistemas de control, gracias a su versatilidad, su facilidad de uso y sus múltiples aplicaciones en áreas como la robótica, la automatización, la mecatrónica y la ingeniería industrial.

Un motor de corriente continua convierte energía eléctrica en energía mecánica mediante la interacción entre un campo magnético y la corriente que fluye a través de los devanados del rotor. Su comportamiento dinámico se puede modelar mediante un conjunto de ecuaciones que abarcan tanto los aspectos eléctricos como los mecánicos del sistema. En lo que respecta a la parte eléctrica, se analizará el circuito del inducido, teniendo en cuenta sus características de resistencia e inductancia. Desde la perspectiva mecánica, se estudiará la dinámica rotacional, considerando el momento de inercia y las fuerzas de fricción.

Este modelo permite realizar simulaciones, análisis y diseño de algoritmos de control que regulan el desempeño del motor ante variaciones en la carga o condiciones externas.

Dentro de este contexto, se llevan a cabo implementaciones y comparaciones de diferentes estrategias de control. La forma más básica, el control ON/OFF, consiste en encender o

apagar el motor cuando se supera un umbral de error en relación con un valor objetivo. Aunque su implementación es sencilla, carece de precisión en la regulación y no proporciona una respuesta continua, lo que puede causar oscilaciones indeseadas y un rendimiento ineficiente.

El control proporcional (P) representa una mejora significativa en la respuesta del sistema. En este enfoque, la señal de control se relaciona directamente con el error, que es la diferencia entre la señal de referencia y la señal medida. Sin embargo, aunque esta técnica acelera la respuesta del sistema y reduce el error, suele dejar un error constante en estado de equilibrio.

Para abordar esta limitación, se incorpora un componente integral, lo que origina un controlador proporcional-integral (PI). Este tipo de controlador actúa no solo sobre el error presente, sino que también suma el error acumulado en el tiempo, eliminando así el error en estado permanente. Esta técnica es ampliamente utilizada en la industria, puesto que ofrece un buen balance entre rapidez, estabilidad y precisión.

El motor se controla mediante señales de modulación por ancho de pulso (PWM). Esta técnica implica el envío de una señal digital cuyo ciclo de trabajo se ajusta para modificar la potencia suministrada al motor. Cuanto más largo sea el tiempo que la señal permanece en un estado alto durante un ciclo, mayor será la energía promedio que se aplica al motor, y por ende, mayor será su velocidad. Esta estrategia es eficiente y permite un control continuo utilizando las salidas digitales del microcontrolador.

Para llevar a cabo la implementación práctica de estas técnicas, se utiliza una placa Arduino UNO, que funciona como la unidad central de procesamiento. El Arduino recibe señales de entrada de diversos sensores, como un potenciómetro que se usa para generar la consigna, o sensores de efecto Hall que miden la velocidad. Con base en estos datos, se calcula la señal de control, y se generan salidas PWM a través de un controlador de potencia, como el L298N, que suministra energía al motor. El código fuente se elabora en lenguaje C/C++ en el entorno Arduino IDE, estructurado en bloques que están comentados de manera detallada para facilitar la comprensión a los estudiantes.

Simultáneamente, se utiliza MATLAB/Simulink para realizar simulaciones y monitoreos. Gracias a la comunicación serial entre el Arduino y el ordenador, se puede recopilar información

del sistema y visualizarla en gráficos en tiempo real. Simulink también ofrece la posibilidad de diseñar y probar algoritmos de control antes de su implementación física, lo cual es útil para prever el comportamiento del sistema y ajustar parámetros como la ganancia proporcional, el tiempo de respuesta o la frecuencia del PWM.

Durante la actividad práctica, los alumnos llevarán a cabo diversos experimentos con el propósito de examinar cómo varía la respuesta del sistema al aplicar diferentes técnicas de control. Se enfocarán en características como el tiempo de establecimiento, el sobre impulso, la estabilidad y el error en el estado estacionario. Esta experiencia integral fusiona teoría, programación, electrónica, simulación y análisis de datos, lo que refuerza sus competencias en control automático y robótica.

Además, considerando que el montaje incluye dispositivos eléctricos, es fundamental seguir ciertas normas de seguridad. Es imprescindible verificar que la alimentación del sistema provenga de una fuente de corriente continua regulada que no supere los 12V, así como proteger los circuitos con diodos de rueda libre para evitar daños por corriente inversa. También es crucial evitar el contacto directo con componentes que tengan tensión, usar multímetros para comprobar la continuidad antes de activar el circuito y realizar las prácticas bajo una supervisión constante. Cada conexión debe ser revisada detenidamente, y se debe asegurar que el área de trabajo esté libre de objetos que pudieran ocasionar cortocircuitos o accidentes.

#### **4. RECURSOS REQUERIDOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA**

La implementación efectiva de la práctica relacionada con el control de motores de corriente continua mediante Arduino y MATLAB/Simulink requiere disponer de varios recursos materiales y técnicos que garanticen la correcta integración y funcionamiento del sistema. A continuación, se presentan los equipos y componentes esenciales, así como algunas consideraciones específicas sobre su utilización y disponibilidad.

##### **1. Equipos y Componentes Electrónicos**

- Placa de desarrollo Arduino UNO

Este microcontrolador es el encargado de llevar a cabo los algoritmos de control. Es esencial que posea suficientes puertos digitales y analógicos para la recopilación de señales de los sensores y la emisión de señales PWM para el motor. Se sugiere que la placa esté en condiciones óptimas, acompañada de cables USB para la conexión al ordenador y una fuente de alimentación externa si es necesario.

- Motor de Corriente Continua (DC)

El motor debe ser compatible con la alimentación y el controlador utilizado, generalmente operando entre 6V y 12V. Es crucial que las características del motor sean bien conocidas para facilitar el modelado y las comparaciones con las simulaciones. Además, el motor debe estar en perfecto estado, sin daños mecánicos o eléctricos.

- Driver de motor L298N o equivalente

Este módulo resulta fundamental para gestionar la potencia requerida por el motor, utilizando la señal de control proveniente de Arduino, dado que la placa no puede suministrar la corriente suficiente directamente. El driver permite manipular la dirección y la velocidad del motor a través de entradas digitales y PWM.

## 2. Sensores para la adquisición de datos

- Potenciómetro: se utiliza como un generador de referencia (consigna) para ajustar manualmente la velocidad deseada del motor.

- Sensor de efecto Hall o encoder rotatorio: se emplea para medir la velocidad o la posición angular del motor, proporcionando así retroalimentación necesaria para el control en bucle cerrado.

- Es indispensable que estos sensores sean compatibles con Arduino y estén debidamente calibrados para asegurar mediciones precisas.

- Cables de conexión y protoboard (placa de pruebas): Estos elementos son necesarios para montar el circuito de forma ordenada y segura. Se aconseja usar cables de buena

conductividad y protoboards robustas a fin de evitar conexiones inestables que pudieran alterar los resultados de la práctica.

- Fuente de alimentación DC regulada: Esta fuente debe proporcionar una alimentación estable y controlada, conforme a las especificaciones del motor y los circuitos de control, para prevenir daños y asegurar un rendimiento consistente a lo largo de la práctica.

### 3. Software y Equipamiento Informático

- Computadora con el entorno Arduino IDE instalado

Es necesario para programar la placa Arduino y realizar los ajustes pertinentes en el código. Debe contar con un puerto USB funcional y los permisos requeridos para la instalación de drivers.

- MATLAB con Simulink y paquete de soporte para Arduino.

Para simular el sistema, es esencial desarrollar los algoritmos de control y establecer la comunicación en serie con la placa Arduino. Se sugiere utilizar versiones recientes y contar con una licencia válida para evitar inconvenientes de compatibilidad.

- Software complementario para la monitorización y el análisis de datos

Aplicaciones que permiten visualizar en tiempo real las variables que se miden, como el monitor serial de Arduino o las herramientas que se encuentran integradas en MATLAB.

### 4. Componentes de Seguridad y Accesorios

- Multímetro digital

Necesario para llevar a cabo las mediciones de voltaje, corriente y continuidad, tanto antes como durante la práctica, garantizando que la configuración sea adecuada y segura.

- Diodos de protección (diodo flyback)

Son cruciales para salvaguardar los componentes electrónicos de los voltajes inversos que pueden surgir por la inductancia del motor al alterar el estado de la señal PWM.

- Elementos de protección personal

Como guantes aislantes y gafas de seguridad, son necesarios para minimizar el riesgo de accidentes eléctricos al manipular el equipo.

## **5. PROCEDIMIENTO PARA LA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

### 1. Verificación de recursos:

Confirmar que todos los recursos y dispositivos necesarios estén disponibles y en condiciones óptimas, tales como la placa Arduino UNO, el motor de corriente continua, el controlador L298N, los sensores (potenciómetro y encoder), cables de conexión y la fuente de alimentación regulada.

### 2. Armado del circuito:

Conectar el motor de corriente continua al controlador L298N de acuerdo con el diagrama eléctrico proporcionado, asegurándose de realizar correctamente las conexiones de alimentación y control para prevenir cortocircuitos o daños en los elementos.

### 3. Interconexión con Arduino:

Conectar el controlador L298N a la placa Arduino, verificando que los pines para dirección y velocidad (PWM) estén correctamente conectados a los pines digitales del Arduino, y que los sensores de retroalimentación estén conectados a las entradas analógicas o digitales requeridas.

### 4. Configuración de la fuente de alimentación:

Ajustar y verificar que la fuente proporcione un voltaje estable y compatible con el motor y el circuito de control, utilizando un multímetro para medir tensión y polaridad correctas.

### 5. Carga del programa en Arduino:

Cargar el programa de control desarrollado en el entorno Arduino IDE, asegurando que incluya la lógica necesaria para lectura de sensores, generación de señales PWM para el control del motor y gestión de errores o condiciones inusuales.

#### 6. Pruebas individuales de componentes:

Realizar pruebas por separado para asegurar el correcto funcionamiento de cada componente:

- Verificar que el potenciómetro ajuste correctamente la señal de entrada.
- Confirmar que el encoder o sensor de velocidad produzca los pulsos esperados.
- Comprobar que el controlador responda correctamente sin generar sobrecalentamientos.

#### 7. Puesta en marcha del sistema completo:

Encender la alimentación y monitorear en tiempo real la respuesta del motor utilizando el monitor serial o MATLAB, observando parámetros como velocidad, torque y respuesta ante variaciones en la consigna.

#### 8. Mediciones y monitoreo durante la práctica:

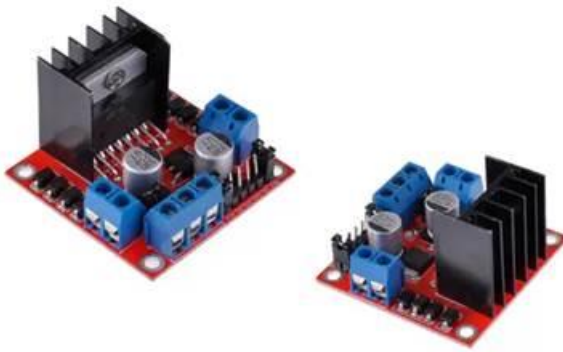
Realizar mediciones periódicas con los instrumentos adecuados para asegurar que el sistema opere dentro de los límites de seguridad y especificaciones técnicas, registrando cualquier desviación o comportamiento inesperado.

#### 9. Finalización y cierre de la práctica:

Apagar la alimentación, desconectar el sistema de forma ordenada, realizar una revisión visual para detectar posibles daños y guardar adecuadamente los equipos, dejando limpia el área de trabajo.



*Ilustración 17 Arduino Mega 2560*



*Ilustración 18 Controlador L298N*



*Ilustración 19 Motor DC*

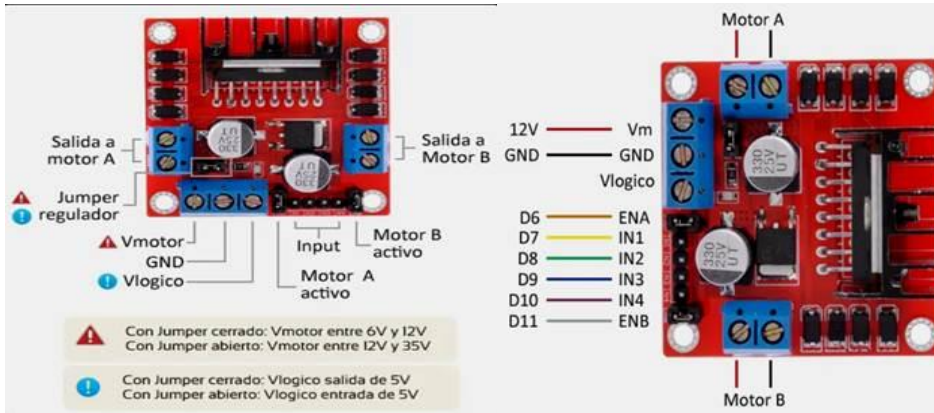


Ilustración 20 Identificación salidas o posibles conexiones del controlador L298N

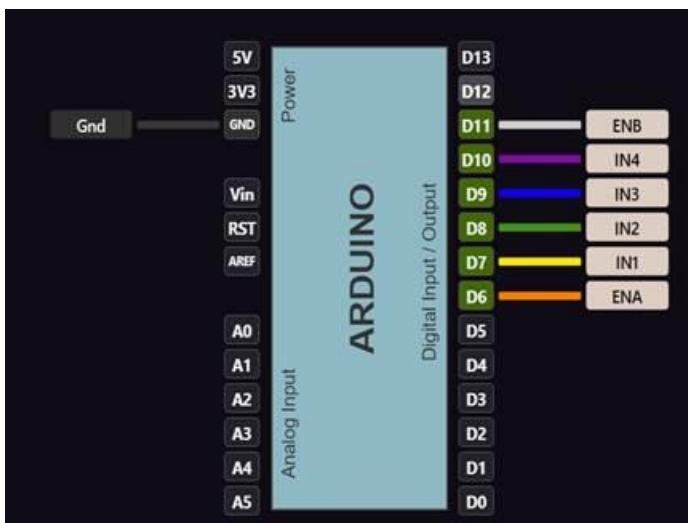


Ilustración 21 Conexiones entre el controlador y el Arduino

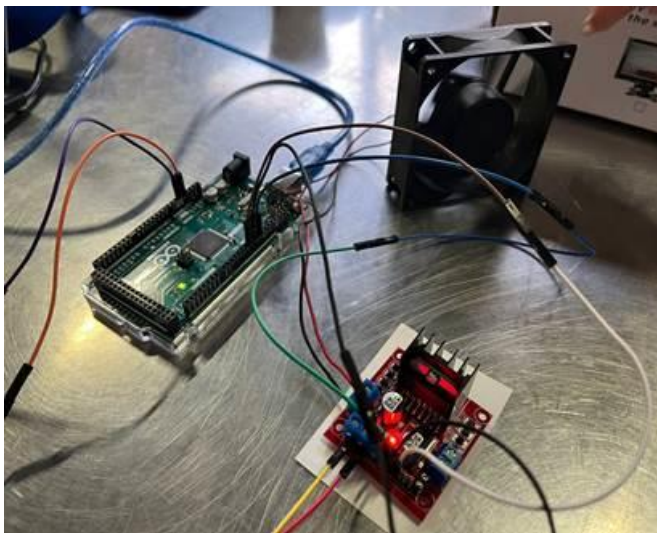


Ilustración 22 Conexiones finales entre equipos

## **6. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO**

Los parámetros para evaluar el rendimiento se fundamentan en la habilidad del estudiante para aplicar efectivamente los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante la práctica, mostrando un dominio tanto técnico como metodológico y crítico. Para ello, se examinará la precisión y la coherencia en la implementación de los procedimientos especificados, lo que incluye la elección y el manejo adecuados de los recursos y equipos, la correcta instalación del circuito y la configuración precisa de dispositivos electrónicos, como la placa Arduino y el controlador del motor. Se valorará la destreza del estudiante en interpretar y analizar las mediciones obtenidas, demostrando una comprensión en la lectura de sensores y en la regulación del motor mediante señales PWM, así como la capacidad para detectar y corregir posibles errores o discrepancias en el sistema. Además, se tomará en cuenta la calidad del registro y la presentación de resultados, prestando atención al uso correcto de herramientas de evaluación como listas de verificación, rúbricas de rendimiento y reportes técnicos que reflejen una reflexión crítica sobre el proceso llevado a cabo.

La evaluación también abordará aspectos relacionados con la seguridad y el cumplimiento de normativas a lo largo de toda la práctica, teniendo en cuenta que el estudiante implemente las medidas preventivas necesarias para evitar riesgos eléctricos y mecánicos. Por último, se considerará la capacidad para colaborar en equipo, respetar los plazos establecidos y demostrar una actitud responsable y proactiva frente a los retos técnicos, asegurando que el aprendizaje se traduzca en competencias sólidas que pueden aplicarse en contextos profesionales reales. Estos criterios serán sometidos a una evaluación que incluirá observación directa, análisis de resultados experimentales y exámenes escritos o verbales, garantizando así una valoración completa y objetiva del desempeño del estudiante en relación con los objetivos y estándares del módulo académico.

## **7. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME**

### **Entregables Obligatorios**

Informe técnico en formato PDF (que cumpla con las normas APA)  
Código fuente en Arduino (.ino o integrándose en el informe)  
Modelo en Simulink (.slx), sí fue utilizado  
Documentación fotográfica del montaje experimental  
Gráficas de respuesta del sistema y el respectivo análisis  
Anexo con observaciones personales o dificultades técnicas (opcional)  
Para la realización del cuerpo del informe se debe realizar bajo la norma APA.

Para consultar las normas puede ingresar a los siguientes links:

- ***Normas APA Guía Actualizada » 2025***

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

Durante el desarrollo del módulo didáctico y la implementación de las prácticas con el controlador L298N y la placa Arduino, se consultaron diversas fuentes especializadas que ofrecen diagramas detallados y orientaciones prácticas sobre la conexión de motores de corriente continua. Entre ellas, se destacan los siguientes recursos, los cuales fueron fundamentales para validar el esquema de conexiones y asegurar el correcto funcionamiento del sistema:

*Codizi. (s.f.). Cómo controlar la velocidad de un motor con L298N y Arduino. Codizi.*

**<https://codiziapp.com/projects/como-controlar-velocidad-motor-con-l298n-y-arduino>**

*Llamas, L. (s.f.). Arduino y motores de corriente continua con L298N. Luis Llamas.*

**<https://www.luisllamas.es/arduino-motor-corriente-continua-l298n/>**