

Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2024,
Volumen 8, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4

IMPLEMENTACIÓN DE MICROCONTROLADOR ARDUINO EN PRÁCTICAS DE ELECTRÓNICA DIGITAL COMO ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE

**IMPLEMENTATION OF ARDUINO MICROCONTROLLER IN
DIGITAL ELECTRONICS PRACTICES AS A LEARNING
STRATEGY**

Juan Gabriel Hernández Vásquez

Tecnológico Nacional de México- TES Valle de Bravo

Sebastián Díaz Casas

Tecnológico Nacional de México- TES Valle de Bravo

Gustavo Hernández Olvera

Tecnológico Nacional de México- TES Valle de Bravo

Luis Alberto León Bañuelos

Tecnológico Nacional de México- TES Valle de Bravo

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13757

Implementación de microcontrolador Arduino en prácticas de Electrónica Digital como estrategia de aprendizaje

Juan Gabriel Hernández Vásquez¹

juan.hv@vbravo.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1335-840X>

Tecnológico Nacional de México-TES Valle de Bravo

División de Ingeniería Eléctrica

Sebastián Díaz Casas

202010004@vbravo.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0004-5515-2607>

Tecnológico Nacional de México-TES Valle de Bravo

División de Ingeniería Eléctrica

Gustavo Hernández Olvera

202010006@vbravo.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0007-8103-3777>

Tecnológico Nacional de México-TES Valle de Bravo

División de Ingeniería Eléctrica

Luis Alberto León Bañuelos

luis.lb@vbravo.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-0332-6228>

Tecnológico Nacional de México-TES Valle de Bravo

División de Ingeniería en Sistemas Computacionales

RESUMEN

Las dificultades que enfrentan los estudiantes en la comprensión y aplicación de conceptos de electrónica digital afectan su aprendizaje, lo que lleva a altos índices de reprobación en universidades mexicanas. Se identifican en diversos estudios que los problemas técnicos durante el desarrollo de las prácticas con compuertas lógicas contribuyen a esta situación. Para ello se propone el uso de microcontroladores de Arduino como una alternativa de mejora en la enseñanza y en el fortalecimiento del aprovechamiento académico. La metodología incluye fases de análisis del problema, rediseño de prácticas, implementación y evaluación del impacto del uso de Arduino. Se concluye que el uso del microcontrolador facilita la comprensión de los conceptos, reduce errores y mejora la percepción de los estudiantes sobre la electrónica digital.

Palabras clave: programación, retroalimentación, índice de reprobación, diagramas de conexión

¹ Autor Principal

Correspondencia: juan.hv@vbravo.tecnm.mx

Implementation of Arduino Microcontroller in Digital Electronics Practices as a Learning Strategy

ABSTRACT

The difficulties that students face in understanding and applying digital electronics concepts affect their knowledge, leading to high failure rates in Mexican universities. Various studies identify that technical problems during the development of practices with logic gates contribute to this situation. To address this, the use of Arduino microcontrollers is proposed as an alternative to improve teaching and strengthen academic performance. The methodology includes phases of problem analysis, practice redesign, implementation, and evaluation of the impact of using Arduino. It is concluded that the use of the microcontroller facilitates the understanding of concepts, reduces errors, and improves students' perception of digital electronics.

Keywords: programming, feedback, failure rate, wiring diagrams

Artículo recibido 28 julio 2024

Aceptado para publicación: 30 agosto 2024



INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la educación superior especializada, la electrónica digital representa una base fundamental de los estudiantes de áreas afines a esta disciplina (Jiménez, 2018). Sin embargo, la complejidad de estos temas a menudo conlleva a que los estudiantes enfrenten numerosas dificultades, resultando en altos índices de reprobación. Este problema no es exclusivo de una institución, sino que se observa a nivel nacional en México (Medina, García, Ramírez, & Perez, 2018).

Los estudiantes suelen enfrentarse a desafíos significativos en la comprensión y aplicación de los conceptos de electrónica digital (García, Ramírez, & Perez, 2020). Entre los aspectos que contribuyen a esta problemática, se encuentran la abstracción de los conceptos teóricos (Potestad, 2022), su aplicación en el desarrollo de prácticas, y la complejidad en el armado de los circuitos digitales (Pérez I., 2023).

A nivel nacional, en universidades mexicanas, los porcentajes de reprobación puede llegar hasta el 50% en programas de ingeniería eléctrica (García, Ramírez, & Perez, 2020). Estos elevados índices de reprobación no solo reflejan una comprensión insuficiente de los conceptos, sino también una posible desconexión entre los métodos de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes (Cochrane, Smith, & Brown, 2022).

Uno de los problemas recurrentes en las prácticas de electrónica digital, es el uso de compuertas lógicas en circuitos físicos. Estos componentes fundamentales, presentan varios desafíos prácticos como: las conexiones inestables y los falsos contactos, provocando daños en los componentes (Hernández & López, 2019). Además, estos problemas técnicos no solo dificultan el aprendizaje, sino que también representan un costo económico significativo; es decir, se puede llegar a estimar que el gasto en el reemplazo de componentes electrónicos debido a daños en prácticas puede incrementarse en un 30% (Gómez & Martínez, 2022).

Una alternativa viable y prometedora para abordar estos desafíos es el uso de módulos de Arduino en las prácticas de electrónica digital (Jaimes, 2023). Arduino es una plataforma de hardware libre que permite la creación de prototipos electrónicos de manera sencilla y accesible (Kushner, 2018). Entre sus ventajas, se encuentra su amplio soporte comunitario, la abundancia de recursos educativos disponibles y su facilidad de uso (Pérez R., 2021).

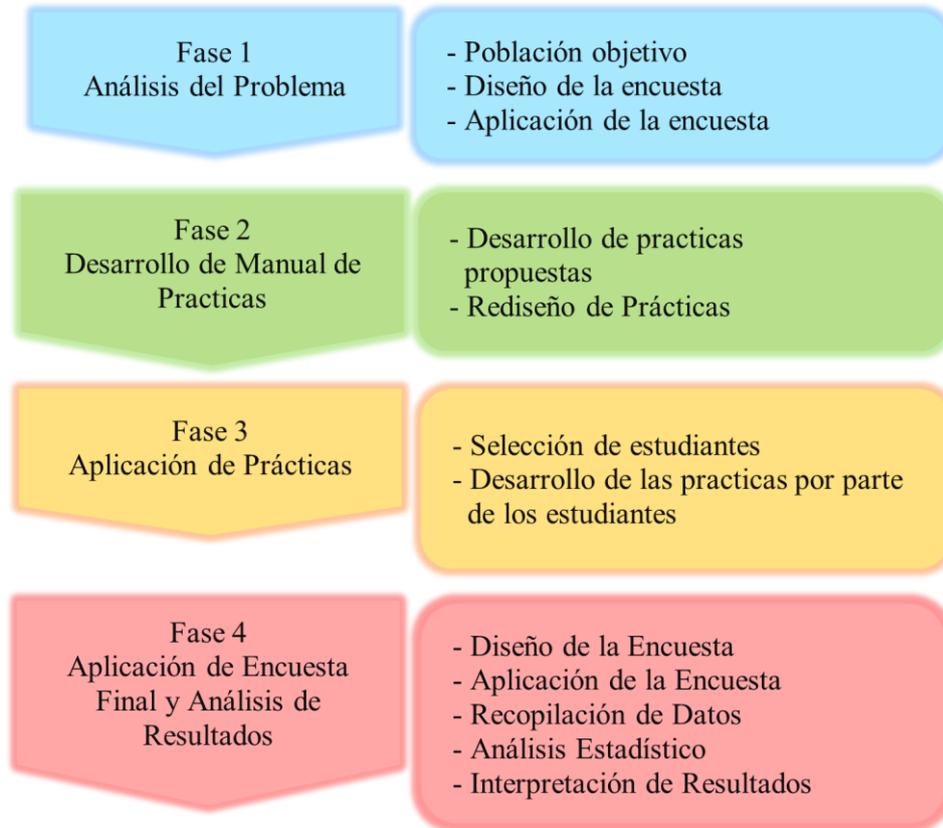
El uso de Arduino facilita el desarrollo de prototipos basados en electrónica digital al proporcionar una interfaz más intuitiva y modular (Ortiz & Pérez, 2021), permitiendo a los estudiantes enfocarse en la lógica de los circuitos en lugar de los problemas de hardware (Tupac, Vidal, Sánchez, & Pereira, 2021). Además, la amplia gama de sensores y módulos de expansión disponibles hace que los proyectos sean escalables y adaptables a diferentes niveles de complejidad (Munera, Jimenez, Botero, Rivas, & Lopez, 2020), beneficiándose también del respaldo de una comunidad global con abundantes recursos educativos (Bastías, Lineros, & Muñoz, 2022).

El presente artículo se llevó a cabo con el objetivo de evaluar el impacto del uso de módulos de Arduino en la enseñanza de electrónica digital, comparándolo con los métodos tradicionales que emplean compuertas lógicas en prácticas físicas; proporcionando una alternativa viable para mejorar la comprensión de los conceptos de electrónica digital, disminuir los costos y fortalecer el aprovechamiento académico (Vidal, Lineros, Uribe, & Olmos, 2019). Al adoptar esta tecnología, las instituciones educativas pueden fortalecer con prácticas los temas relacionados con electrónica digital.

METODOLOGÍA

Se diseñó una metodología estructurada en varias fases (Ilustración 1), cada una con objetivos específicos y procedimientos detallados (Hall & Robinson, 2019). La metodología propuesta está sustentada en estudios previos que han utilizado encuestas y métodos comparativos (Quevedo, Rodríguez, Moran, Niño, & Fernández, 2024) para evaluar el impacto de nuevas tecnologías en la educación (Suastegui, 2022). Además, el enfoque de rediseñar prácticas utilizando herramientas programables como Arduino (Solís, 2018), se basan en investigaciones que demuestran su eficacia en mejorar la comprensión y el aprendizaje en áreas técnicas (Lee & Brown, 2021).

Ilustración 1. Diagrama de flujo de la metodología



Fuente: Elaboración propia

Fase 1: Análisis del Problema.

Población objetivo: En la medición de la percepción y los conocimientos adquiridos por estudiantes del TESVB (Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo) de las carreras de ingeniería eléctrica e ingeniería en mecatrónica con conocimientos previos de electrónica digital, se les aplicó una encuesta diagnóstica que permitió la identificación de los factores que contribuyen a los altos índices de reprobación.

Diseño de la Encuesta: Se elaboró una encuesta con preguntas en escala Likert para evaluar los diversos aspectos, tales como: Comprensión de conceptos teóricos de electrónica digital, dificultades encontradas durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio, la eficacia de la aplicación de las compuertas lógicas en las prácticas y factores que se consideran que influyen en los altos índices de reprobación.

Aplicación de la Encuesta: La encuesta se aplicó de manera digital conforme a una muestra de la población objetivo, asegurando la confidencialidad de las respuestas. La encuesta fue elaborada en la plataforma de Google Forms (Ilustración 2).

Ilustración 2. Sección de la encuesta diagnóstica aplicada



Electrónica Digital

Este cuestionario se lleva a cabo con dos objetivos principales. En primer lugar, busca diagnosticar la percepción de aprendizaje que los estudiantes han adquirido en la disciplina de Electrónica Digital.

El cuestionario tiene la finalidad de obtener datos que servirán como sustento para la elaboración de un manual destinado a implementar microcontroladores en las prácticas de electrónica digital con el fin de que los estudiantes, fortalezcan los conocimientos.

Es fundamental que los participantes contesten con la mayor sinceridad posible, ya que la veracidad de las respuestas es crucial para lograr un análisis preciso y útil.

Agradecemos su colaboración y honestidad en el llenado de este cuestionario.

Fuente: Elaboración propia.

Fase 2: Diseño de Prácticas

Desarrollo de prácticas propuestas: Considerando los conocimientos en sistemas numéricos, códigos en el ámbito digital, la aplicación con compuertas lógicas y su implementación en circuitos combinacionales se plantearon como prácticas: el desarrollo de un convertidor de digital a analógico, analógico a digital, arranque secuencial de máquinas eléctricas y un semáforo programable con luces secuenciales. En la tabla 1 se muestran las secciones que conforman a cada una de las prácticas.

Tabla 1. Elaboración del manual de prácticas

Elementos de la Práctica.	Descripción.
Objetivos de la Práctica.	Se definen los objetivos específicos de cada práctica seleccionada. Estos objetivos describen lo que se espera que los estudiantes aprendan y logren al completar la práctica.

Fuente Elaboración propia.

Tabla 1. Continuación

Materiales y Componentes Necesarios.	Se describen todos los materiales y componentes que se necesitan para llevar a cabo cada práctica. Esto incluye los módulos de Arduino, cables, resistencias, y cualquier otro componente necesario.
--------------------------------------	--

Diagramas de Conexión.	Se elaboraron diagramas detallados de conexión que muestran cómo conectar los componentes al módulo de Arduino.
Código de Programación para Arduino.	Se desarrollo el código de programación necesario para que el Arduino realice las funciones requeridas por la práctica. El código se explica en detalle para que los estudiantes puedan comprenderlo y modificarlo si es necesario.
Procedimientos y Actividades para Realizar.	Se describe paso a paso el procedimiento que los estudiantes deben seguir para completar la práctica. Esto incluye actividades específicas, mediciones y cualquier otra tarea que deban realizar.

Fase 3: Aplicación de Prácticas

Durante la aplicación con los estudiantes, se llevó a cabo lo siguiente:

Selección de estudiantes: Se seleccionaron estudiantes de la carrera de ingeniería eléctrica que cursaron recientemente la materia de electrónica digital.

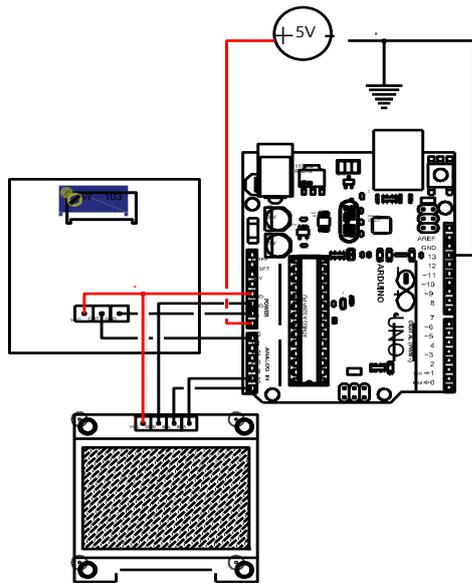
Distribución del manual y materiales: Se proporciono una copia controlada a los estudiantes del manual de prácticas junto con los materiales necesarios para armar las practicas.

Ejecución de Prácticas: Los estudiantes desarrollaron las prácticas diseñadas utilizando los módulos de Arduino con base al manual proporcionado. Se superviso el desarrollo de las prácticas, ofreciendo apoyo técnico y aclarando dudas cuando fue necesario.

La primera práctica realizada por los estudiantes se centró en el desarrollo de un DAC (Convertidor Digital a Analógico) utilizando un Arduino. En la ilustración 3 se muestra el diagrama de conexión.

En esta práctica, se abordaron los conceptos teóricos fundamentales sobre el DAC, entendiendo su importancia en la conversión de señales digitales a analógicas y su amplio uso en sistemas de control.

Ilustración 4. Diagrama de conexión del DAC

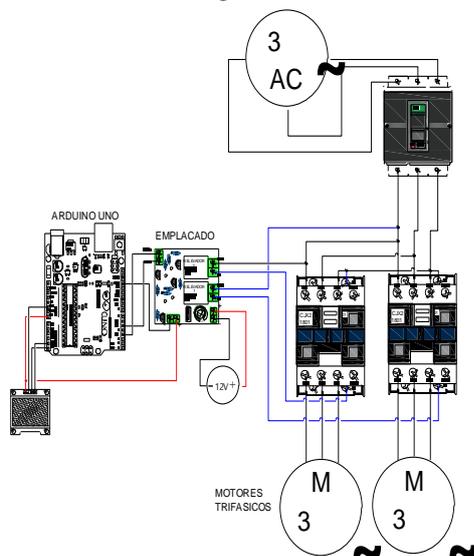


Fuente: Elaboración propia.

En la tercera práctica, los estudiantes se centraron en el arranque de máquinas eléctricas utilizando motores trifásicos mediante un sistema de arranque secuencial. En la ilustración 5 se muestra el diagrama de conexión.

En el desarrollo de la práctica, se diseñó y ensambló un circuito que incluía transistores y relés, los cuales se activaban mediante señales generadas por un Arduino. Este sistema permite controlar un contactor, que a su vez se encarga de arrancar el motor trifásico de manera controlada. Los estudiantes trabajaron con los materiales proporcionados, siguiendo un manual didáctico que incluía diagramas de conexión y el código necesario para la programación del Arduino.

Ilustración 5. Diagrama de conexión con las máquinas eléctricas

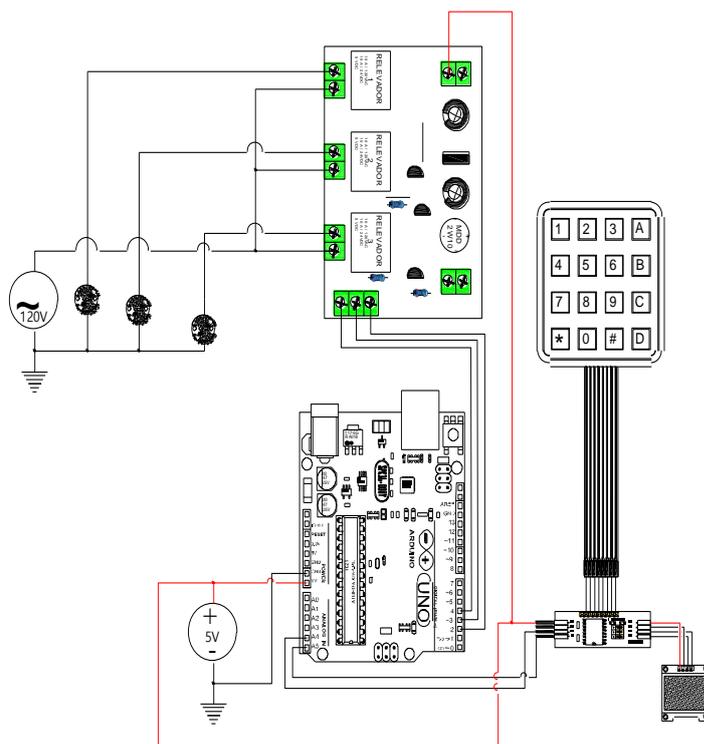


Fuente: Elaboración propia.

En la cuarta práctica, los estudiantes se dedicaron al desarrollo de un sistema de semáforo con luces secuenciales, que incluía una pantalla y un teclado matricial. En la ilustración 6 se muestra el diagrama de conexión.

Este diseño permite programar los tiempos de operación de las lámparas verde y amarilla, que al ingresar un tiempo específico (tiempo A), hacía que la lámpara verde se encendiera durante ese periodo y luego se apagara, activándose posteriormente la lámpara amarilla por el tiempo programado (tiempo B). Una vez finalizados estos intervalos, la lámpara roja permanecía encendida indefinidamente hasta que se reiniciara el código y se ingresaran nuevos tiempos. Los estudiantes trabajaron con los materiales proporcionados y siguieron un manual didáctico que incluía diagramas de conexión y el código necesario para la programación del sistema.

Ilustración 6. Diagrama de conexión del semáforo.



Fuente: Elaboración propia.

En base al desarrollo de las prácticas por parte de los estudiantes, se fueron anotando observaciones de mejora del manual utilizado. Además, que se adquirieron habilidades en programación, lo que les permitió comprender mejor el funcionamiento de los circuitos.

Fase 4: Aplicación de Encuesta de Retroalimentación.

Se aplicó una segunda encuesta de retroalimentación para comparar el conocimiento y la percepción de los estudiantes sobre la electrónica digital antes y después de utilizar Arduino en las prácticas. Posteriormente evaluar y comparar los resultados obtenidos de ambas encuestas para determinar la efectividad del uso de Arduino en la enseñanza de electrónica digital.

Diseño de la Encuesta: Se diseñó una segunda encuesta en escala Likert similar a la inicial, pero enfocada en aspectos específicos en los estudiantes sobre su experiencia desarrollando las prácticas con el uso de Arduino, tales como: comprensión de los conceptos de electrónica digital, desarrollo de capacidades en el armado de circuitos, interpretación de los códigos y la eficacia de Arduino en el aprendizaje; así como, el impacto percibido en la reducción de errores en la conexión. En la ilustración 7 se muestra una sección de la encuesta diseñada.

Ilustración 7. Sección de la encuesta de retroalimentación.



Retroalimentación de Electrónica Digital.

Evaluar la experiencia con el manual didáctico de prácticas de electrónica digital utilizando Arduino, pantalla OLED y ensamblajes en protoboard, en comparación con el uso de compuertas lógicas, a través de diferentes prácticas realizadas.

Por favor, selecciona la opción que mejor describa tu nivel de acuerdo con cada una de las siguientes afirmaciones. Las opciones de respuesta son: Nada, Poco, Regular, Mucho, Demasiado.

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Conforme a las respuestas que se registraron de los estudiantes de las encuestas aplicadas previas y posteriores a la aplicación de prácticas, permitieron llevar a cabo un análisis con apoyo de gráficas sobre los conocimientos que se desarrollaron.

Interpretación de Resultados

Nivel de Conocimiento Inicial vs. Posterior a la Implementación de Arduino.

Antes de la implementación de Arduino, el 50% los estudiantes contestaron que la dificultad teórica es de un nivel intermedio (regular) y solo el 10% reporto que es complicada (mucho). Lo cual indica que el entendimiento teórico es aceptable, como se muestra en la ilustración 8.

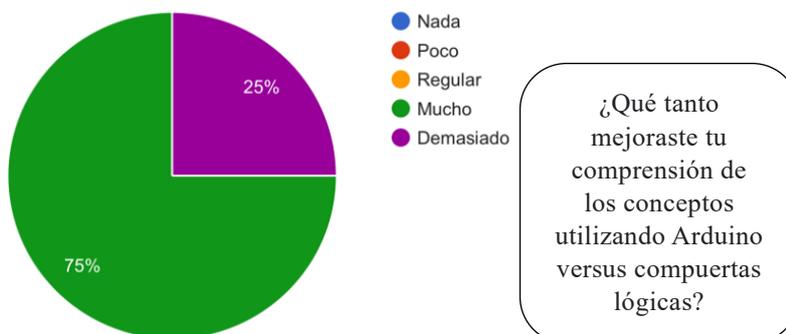
Ilustración 8. Gráfica de respuestas de conocimiento previo.



Fuente: Elaboración propia.

Si bien los estudiantes entienden la teoría de electrónica digital de manera regular, se mejoró este aprendizaje con la aplicación de prácticas con Arduino, ya que reportaron que tienen una mayor comprensión de estos conceptos en comparación al uso de compuertas lógicas tradicionales, reportando la mayoría (mucho) con un 75% y el 25 % demasiado. Esto demuestra que el uso de Arduino como herramienta educativa puede fortalecer la comprensión de conceptos teóricos aplicados en las prácticas en electrónica digital, como se muestra en la ilustración 9.

Ilustración 9. Gráfica de respuestas de conocimiento posterior.

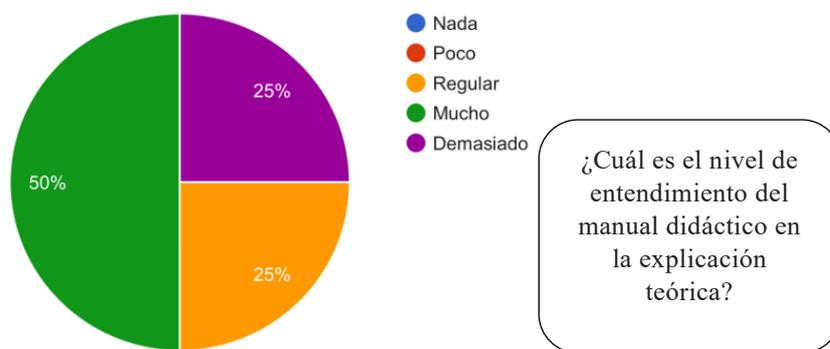


Fuente: Elaboración propia.

Dificultades en la Práctica

Las mayores dificultades que se identificaron inicialmente se enfocan en la parte práctica. En cambio, después de la implementación del Arduino, la dificultad se redujo notablemente y esto se debe, a los circuitos simplificados con una complejidad menor y alta eficacia. Los estudiantes en su mayoría contestaron que se obtuvo un mejor entendimiento en comparación al armado de circuitos con compuertas lógicas. Esto indica que la implementación de un manual ayuda también a los conocimientos prácticos, como se muestra en la ilustración 10.

Ilustración 10. Gráfica de respuestas de conocimiento practico posterior



Fuente: Elaboración propia.

Los problemas de falsos contactos fueron una dificultad significativa antes de la implementación de Arduino, el 70% de los estudiantes contestaron que se enfrentaron a muchos problemas de este tipo. En la ilustración 11 a), se muestra el resultado de la encuesta previa. Sin embargo, después de la implementación, los estudiantes reportaron que, aunque siguen existiendo estos problemas, en su mayoría son menores, lo que indica una reducción en estos problemas y una mejora en la calidad de las conexiones, como se muestra en la ilustración 11 b).

Ilustración 11. Gráfica de respuestas de falsos contactos antes y después

Durante el desarrollo de las prácticas, ¿Existieron problemas de falsos contactos?



Ilustración 11 a), Antes.

Ilustración 11 b), Después.

Fuente: Elaboración propia.

Claridad y Utilidad del Manual de Practicas.

La implementación de un manual de prácticas es de gran utilidad para los estudiantes, ya que contestaron que los códigos y sus descripciones son claros, lo que sugiere una buena calidad del desarrollo del manual como una herramienta educativa. Otro factor importante fueron las imágenes complementarias implementadas de las practicas realizadas, ya que, en su mayoría, fueron de gran apoyo para llevarlas a cabo, como se muestra en la ilustración 12.

Ilustración 12. Gráfica de respuestas de claridad de códigos e imágenes.

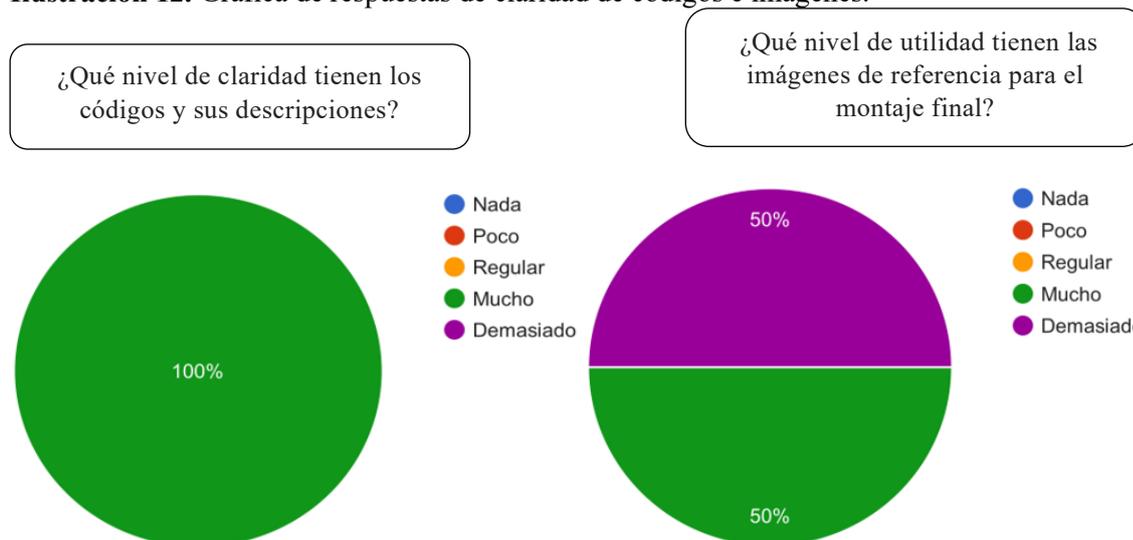


Ilustración 12 a), Antes.

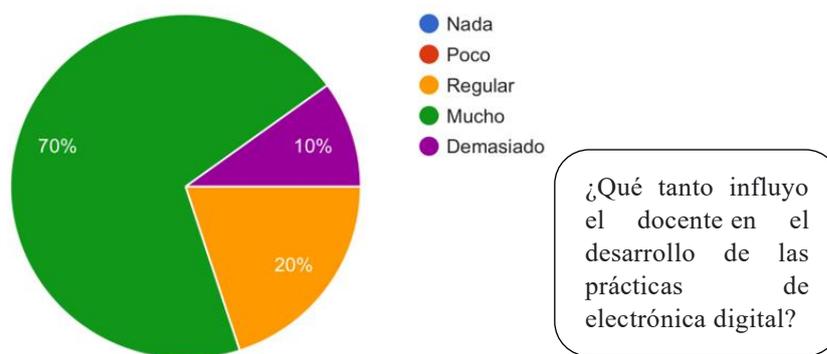
Ilustración 12 b), Después.

Fuente: Elaboración propia.

Influencia del Docente

La influencia del docente es muy importante, ya que el 70% de los estudiantes indicaron la importancia en la encuesta previa, lo que sugiere que la ayuda brindada es requerida y que dependían significativamente del docente para el desarrollo de las prácticas. Después de la implementación del Arduino, los estudiantes mostraron autosuficiencia gracias a los materiales y herramientas proporcionadas, lo que indica que implementar estrategias con material de aprendizaje complementario puede mejorar la percepción de los estudiantes y motivarlos a ser más autodidactas (ilustración 13).

Ilustración 13. Gráfica de respuestas de influencias del docente.

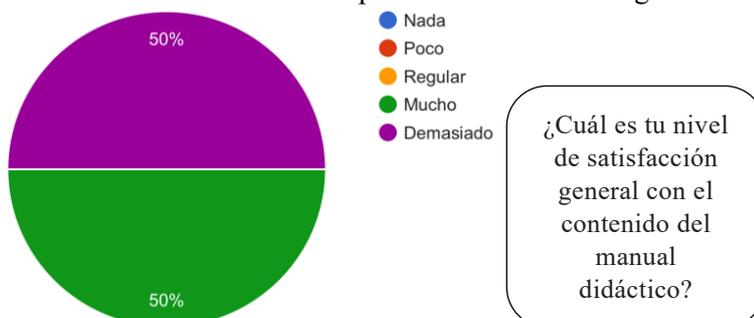


Fuente: Elaboración propia.

Satisfacción General.

La satisfacción general con el contenido del manual didáctico y remplazando las compuertas lógicas por Arduino para el desarrollo de prácticas, fue en su mayoría altamente aceptable (ver ilustración 14), lo que sugiere que los materiales didácticos proporcionados pueden ser implementados como parte de las actividades en la planeación didáctica en el futuro para un mejor entendimiento teórico y práctico, ya que brindan una herramienta de guía.

Ilustración 14. Gráfica de respuestas de satisfacción general.



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que con la aplicación de las prácticas implementando Arduino en las carreras de ingeniería eléctrica e ingeniería mecatrónica, proporcionó mejoras significativas y facilita la comprensión de conceptos teóricos aplicados en las prácticas, además que se puede llegar a fortalecer los conocimientos de los estudiantes y fomentar sus capacidades autodidactas.

La implementación de materiales de apoyo con diagramas específicos de los circuitos en conjunto con los códigos del lenguaje Arduino son una guía que disminuye errores y optimiza el tiempo de desarrollo de las practicas; así mismo, permite que se enfoque en la lógica de las problemáticas y no en resolución de errores de falsos contactos o reemplazo de componentes de los circuitos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bastías, B., Lineros, M., & Muñoz, M. (2022). Electronics for everybody: student practical experiences using Arduino. *Universidad de Talca*, 2.
- Cochrane, S., Smith, M., & Brown, A. (2022). Métodos innovadores de enseñanza en electrónica digital. *Revista de Tecnología Educativa*, 18(4), 112-120.
- García, A., Ramírez, P., & Pérez, J. (2020). Retos en la comprensión de conceptos de electrónica digital entre estudiantes de ingeniería. *Revista Mexicana de Educación en Ingeniería*, 15(2), 23-30.
- Gómez, F., & Martínez, A. (2022). Análisis de costes de componentes averiados en prácticas de electrónica digital. *Gestión de Costos en Educación*, 11(3), 56-63.
- Hall, L., & Robinson, S. (2019). Comparative studies on educational technologies. *Journal of Educational Technology*, 19(1), 33-40.
- Hernández, L., & López, M. (2019). Desafíos prácticos con puertas lógicas en entornos educativos. *Journal of Practical Electronics*, 9(2), 34-41.
- Jaimes, J. (2023). El uso de la herramienta tecnológica arduino para la enseñanza de la terminología básica de la electrónica en los estudiantes del sexto grado educación primaria. *ResearchGate*, 2.
- Jiménez, L. (2018). Enseñanza-aprendizaje de la electrónica digital basado en niveles de complejidad de programación. *Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central*, 5.
- Kushner, J. (2018). *Arduino Projects for Beginners*. New York, USA: TechPress.



- Lee, M., & Brown, A. (2021). Arduino as a tool for teaching complex concepts in digital electronics. *Technical Education Journal*, 4(12), 144-152.
- Medina, S., García, J., Ramirez, G., & Perez, L. (2018). Análisis de tasas de reprobación en carreras de electrónica digital en universidades mexicanas. *Revista de Educación Digital*, 12(3), 45-52,.
- Munera, J., Jimenez, A., Botero, M., Rivas, K., & Lopez, J. (2020). La educación moderna al alcance de arduino. *Revista Espacios*, 293.
- Ortiz, M., & Pérez, D. (2021). Utilizando Arduino para mejorar la educación en electrónica digital. *Revista Internacional de Educación Digital*, 20(2), 98-105.
- Pérez, I. (2023). Arduino en el nivel superior. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 1.
- Pérez, R. (2021). El software como apoyo didáctico en la enseñanza de la electrónica digital en la educación superior en México. *runas Journal of Education & Culture*, 2.
- Potestad, F. (2022). ¿Cómo se diseña y se implementa un circuito digital? Aplicación de conceptos teóricos sobre electrónicos digital. *Ciclos de mejora en el aula.*, 3.
- Quevedo, K., Rodríguez, D., Moran, R., Niño, J., & Fernández, F. (2024). Fortalecimiento de competencias en innovación tecnológicas: una estrategia didáctica apoyada en el aprendizaje basado en proyectos. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, 48.
- Solís, U. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos con Arduino para los cursos de física en Bachillerato. *Revista Latinoamericana de Educación Física*, 1.
- Suastegui, R. (2022). *Implementación de circuitos programables con tecnología Arduino como herramienta didáctica para el aprendizaje electrónico en el laboratorio de robótica de la carrera de tecnologías de la información*. Manabí: jipijapa-Unesum.
- Tupac, M., Vidal, C., Sánchez, A., & Pereira, F. (2021). Experiencias y beneficios del uso de Arduino en un curso de programación de primer año. *SciELO*, 88.
- Vidal, C., Lineros, M., Uribe, G., & Olmos, C. (2019). Electrónica para Todos con el Uso de Arduino: Experiencias Positivas en la Implementación de Soluciones Hardware-Software . *SciELO*, 377.