


CONESCAPANHONDURAS2025paper141.pdf

 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

Document Details

Submission ID

trn:oid:::14348:477718525

Submission Date

Jul 31, 2025, 9:52 PM CST

Download Date

Aug 12, 2025, 6:30 PM CST

File Name

CONESCAPANHONDURAS2025paper141.pdf

File Size

1.8 MB

6 Pages




2,914 Words

17,309 Characters

10% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 10%  Internet sources
- 5%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags




0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 10%  Internet sources
- 5%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	repository.tudelft.nl	1%
2	Internet	caringcodeserver.blogspot.com	<1%
3	Internet	peer.asee.org	<1%
4	Internet	autismocastillayleon.com	<1%
5	Internet	repositorio.cepal.org	<1%
6	Internet	www.researchgate.net	<1%
7	Internet	www.zbw.eu	<1%
8	Internet	dev.tiempo.hn	<1%
9	Internet	ledisrupteurdimensionnel.com	<1%
10	Internet	didaktika.org	<1%
11	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%

12	Internet	media.timetoast.com	<1%
13	Internet	redexperimental.gob.mx	<1%
14	Internet	riunet.upv.es	<1%
15	Publication	Rosario Sanchis Font. "User eXperience evaluation on university virtual learning t...	<1%
16	Internet	ethicseducationforchildren.org	<1%
17	Internet	www.coursehero.com	<1%
18	Internet	ixa.si.ehu.es	<1%
19	Internet	pastebin.com	<1%
20	Internet	unesdoc.unesco.org	<1%

Sistema Tecnológico Educativo para Pizarras: Herramienta para el Aprendizaje Inclusivo y de Calidad en el Marco del ODS 4

Resumen—In Honduras, 60 % of schools lack access to basic educational technologies, exacerbating educational inequalities [8] and limiting inclusive learning opportunities, particularly for students and teachers with motor disabilities. This paper presents the development of a low-cost, computer numerical control (CNC) smart whiteboard designed to enhance inclusive education and align with Sustainable Development Goal 4 (Quality Education) [7]. The proposed system enables automated writing and drawing on a Formica surface, controlled wirelessly via mobile devices, fostering interactive and accessible classroom engagement [12]. Built with affordable components such as Arduino microcontrollers, NEMA 17 stepper motors, and open-source software, the prototype achieves a positional accuracy of 1.2 mm along the X-axis, with ongoing development for Y/Z-axis integration. Participatory workshops and surveys at the Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) involve students and faculty in co-designing the tool, ensuring its adaptability to resource-constrained settings [9]. Preliminary results demonstrate a 5W power consumption and potential cost reductions of up to 50 % compared to commercial alternatives. The system's impact on pedagogical usability and inclusion is evaluated through mixed-method assessments [13], targeting a 40 % increase in active classroom participation for users with disabilities. This pioneering initiative offers a scalable model for equitable education [11].

Index Terms—Actuators, Assistive technologies, Computer aided instruction, Control systems, Educational technology, Embedded systems, Microcontrollers, Open source software, Sustainable development, User interfaces.

I. INTRODUCCIÓN

Los entornos de aprendizaje interactivos y prácticos mejoran significativamente el compromiso y la retención estudiantil, especialmente en disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) [6]. Sin embargo, en Honduras, la falta de acceso a tecnologías educativas restringe estas oportunidades, perpetuando desigualdades en el aprendizaje inclusivo. Este artículo presenta una solución innovadora desarrollando una pizarra robótica de control numérico por computadora (CNC) de bajo costo, diseñada para fomentar la educación accesible y de calidad, alineada con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (ODS 4) [7]. Utilizando componentes asequibles y software de código abierto, el sistema busca transformar las aulas en espacios inclusivos, particularmente para estudiantes y

docentes con limitaciones físicas.

En Honduras, el 60 % de las escuelas carecen de tecnologías educativas básicas, y el 78 % de las escuelas dependen exclusivamente de pizarras tradicionales [8], [9]. Estas herramientas limitan la interacción dinámica y excluyen a estudiantes y docentes con discapacidades motoras, quienes enfrentan barreras físicas para participar activamente en actividades en el aula. Por ejemplo, los estudiantes con movilidad reducida requieren asistencia para interactuar con la pizarra, lo que compromete su autonomía, mientras que los docentes con limitaciones similares luchan por impartir clases efectivas. Este problema contribuye a una tasa de desmotivación del 40 % entre los educadores, intensificando la migración de talento [10]. Aunque las pizarras interactivas comerciales podrían mitigar estas dificultades, sus altos costos, mantenimiento complejo y dependencia de infraestructura eléctrica e internet confiable (Citación) las hacen inviables para la mayoría de las escuelas hondureñas, ampliando la brecha tecnológica y obstaculizando el progreso hacia una educación inclusiva.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El panorama educativo en Honduras se enfrenta a importantes desafíos que dificultan la prestación de una educación inclusiva y de calidad, como se indica en el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 4. el 60 % de las escuelas del país carecen de acceso a tecnologías educativas básicas, una estadística que subraya una brecha digital persistente, donde el 78 % de las escuelas dependen únicamente de pizarras tradicionales. Esta dependencia de herramientas anticuadas limita la interacción dinámica en el aula, bajando la creatividad y la concentración de los estudiantes. La situación se ve agravada por los déficits de infraestructura, ya que muchas escuelas carecen de buena electricidad o conexión a Internet, lo que las aísla aún más de los recursos pedagógicos modernos.

Una dimensión crítica de este problema es la exclusión de alumnos y profesores con discapacidades motrices. En Honduras, donde las discapacidades físicas afectan aproximadamente al 10 % de la población, las pizarras tradicionales suponen importantes barreras. Los estudiantes con movilidad limitada dependen de compañeros o profesores para recibir ayuda, lo que reduce su autonomía y participación en actividades. Del mismo modo, el 40 % de los profesores afirman estar desmotivados por la falta

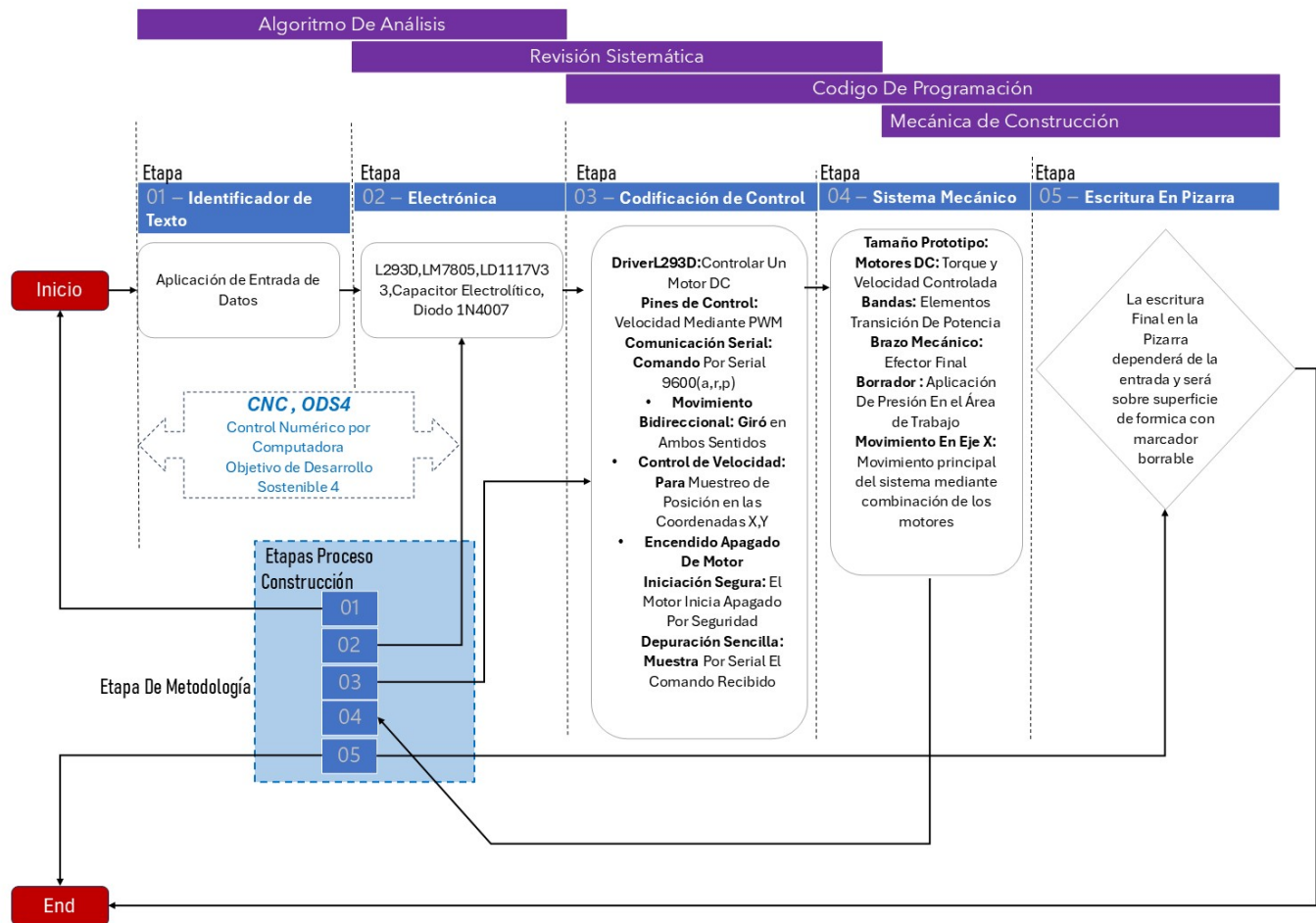


Figura 1. Descripción detallada del esquema sistemático del sistema de escritura a pizarra cnc.

de herramientas innovadoras, y muchos citan el esfuerzo físico que supone la escritura manual como un factor que contribuye a la jubilación anticipada esta pérdida de talento debilita la mejora educativa de igual manera este problema se extiende en las universidades ya que el tiempo de clase se limita muchas veces a una hora y la mayoría de ese tiempo se usa para la escritura en la pizarra y tiempo de espera que los alumnos copien las notas.

III. REVISION LITERARIA

El análisis identifica los avances tecnológicos, las limitaciones y las lagunas, especialmente en entornos con recursos limitados como Honduras, en consonancia con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 4: Educación de calidad. Las pizarras digitales interactivas han transformado la dinámica de las aulas al permitir la integración multimedia y la participación de los alumnos. Las soluciones comerciales, como SMART Boards, aprovechan las superficies táctiles y el software externo de escritura,

mejorando el aprendizaje colaborativo [12]. Los estudios señalan un aumento de la participación de los alumnos del 20 %-30 % cuando las pizarras inteligentes se utilizan eficazmente [13]. Pero estos sistemas, que cuestan entre 2.000 y 5.000 dólares, son inaccesibles para la mayoría de las escuelas de los países en desarrollo, y los costes de mantenimiento limitan aún más su adopción.

La Figura 2 revela de manera contundente que no se encontraron registros documentados en América Latina ni en la región de Centroamérica respecto al uso de tecnologías CNC (Control Numérico Computarizado) aplicadas específicamente al ámbito educativo. Esta carencia de datos no solo evidencia una falta de investigación y desarrollo en esta área, sino que también pone de manifiesto una brecha significativa en la integración de herramientas de automatización y fabricación digital en entornos académicos. La ausencia de iniciativas en esta línea tecnológica indica un rezago en la innovación educativa, lo cual limita la preparación de estudiantes para enfrentar los desafíos de

la cuarta revolución industrial, particularmente en países en vías de desarrollo.

Ante este escenario, Honduras se posiciona como un terreno fértil para la implementación de soluciones disruptivas que alineen el sistema educativo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el ODS 4, centrado en garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad. En este contexto, el desarrollo del proyecto "Tech Educational Whiteboard for SDG 4" representa una iniciativa pionera que busca cerrar esta brecha tecnológica mediante la introducción de una pizarra CNC de bajo costo y fácil acceso para su aplicación en espacios educativos. Esta herramienta no solo permitirá mejorar los métodos de enseñanza, sino que también fomentará competencias en áreas clave como la programación, la electrónica y la ingeniería de control.

La implementación piloto del proyecto en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) representa un paso estratégico para evaluar su viabilidad técnica, pedagógica y operativa en un entorno académico real. A partir de los resultados obtenidos, se podrán establecer criterios de replicabilidad y escalabilidad que favorezcan la adopción de esta tecnología en otras instituciones educativas del país y de la región centroamericana. En consecuencia, esta propuesta no solo tiene el potencial de transformar el proceso de enseñanza-aprendizaje, sino también de posicionar a Honduras como un referente regional en la incorporación de tecnologías emergentes en la educación.

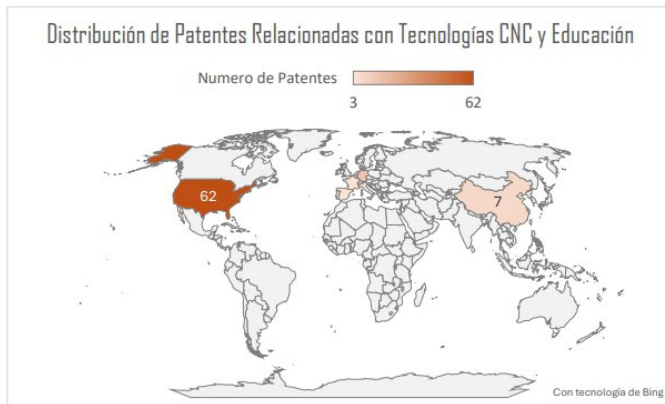


Figura 2. Mapa que muestras estudios de Patentes

IV. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

La arquitectura del sistema se diseñó mediante un flujo-grama dividido en 5 etapas que incorporan el diseño completo. Cada etapa incluyó diseño, planificación, diagramas, simulaciones, programación, pruebas, creación, conexión y recolección de datos de prueba.

IV-A. Flujo del Sistema OCR

- **Entrada:** Aplicación operadora selecciona texto (OCR, Texto Mano Alzada, Texto Escrito Aplicación)

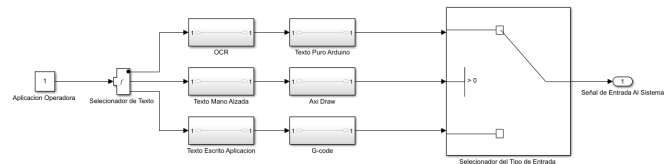


Figura 3. Diagrama De Bloques Del Sistema

■ Procesamiento:

- OCR convierte a Texto Puro Arduino
- Texto Mano Alzada procesado por Axi Draw
- Texto Escrito Aplicación convertido a G-Code

- **Salida:** Seleccionador del tipo de entrada genera señal serial al sistema

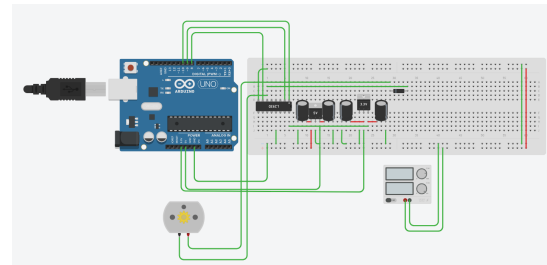


Figura 4. Simulación De Parte Electronica Tinkercad

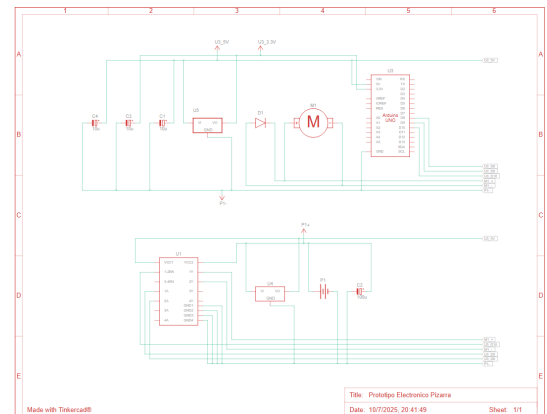


Figura 5. Diagrama unifilar Circuito Electronico

IV-B. Etapa 2: Electrónica

IV-B1. Introducción y Componentes Principales

Esta etapa define la electrónica para controlar el motor DC de 24V en el eje X de la pizarra CNC, utilizando:

■ Microcontrolador Arduino Uno:

- Alimentado con 5V desde regulador LM7805
- Pines 8-10 conectados a IN1, IN2 y ENABLE1 del L293D
- Pines 0-1 para comunicación serial

IV-B2. Reguladores de Voltaje y Alimentación

■ Fuente de 24V (Tinkercad):

- Positivo (+) al riel de 24V
- Negativo (-) al riel de tierra

■ Regulador LM7805 (5V):

- VIN al riel de 24V
- Condensadores de 100µF (entrada) y 10µF (salida)

■ Regulador LD1117V33 (3.3V):

- VIN al riel de 5V
- Condensadores de 10µF en entrada/salida

IV-B3. Controlador L293D y Motor DC

■ Controlador L293D:

- VCC1 (5V) al riel de 5V
- VCC2 al riel de 24V
- IN1/IN2 a pines 9/8 Arduino

■ Motor DC (24V):

- Terminales a OUT1/OUT2 del L293D

IV-B4. Conexiones Adicionales

■ Relé SPDT (5V):

- Controlado por transistor NPN (BC547)
- Pin 11 de Arduino

■ Transistores:

- NPN (BC547) para relé
- TIP120 para control motor

IV-C. Etapa 3: Control de Movimiento

IV-C1. Código Arduino

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial BT(4, 2);

int ENA = 10; // PWM
int IN1 = 9; // Direccion
int IN2 = 8; // Direccion

void setup() {
  pinMode(ENA, OUTPUT);
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  analogWrite(ENA, 0);
}

void loop() {
  if (Serial.available()) {
    char comando = Serial.read();
    switch (comando) {
      case 'a': // Izquierda
        digitalWrite(IN1, HIGH);
        digitalWrite(IN2, LOW);
        analogWrite(ENA, 255);
        break;
      case 'r': // Derecha
        digitalWrite(IN1, LOW);
        digitalWrite(IN2, HIGH);
        analogWrite(ENA, 255);
        break;
      case 'p': // Detener
        digitalWrite(IN1, LOW);
        digitalWrite(IN2, LOW);
        analogWrite(ENA, 0);
        break;
    }
  }
}
```

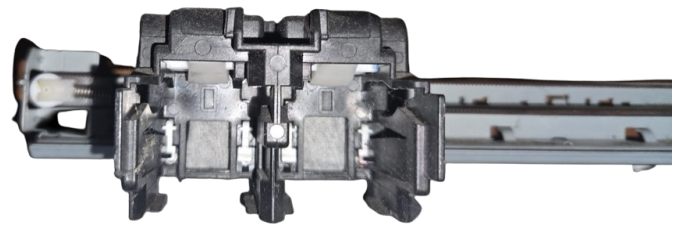


Figura 6. Carro de Soporte.

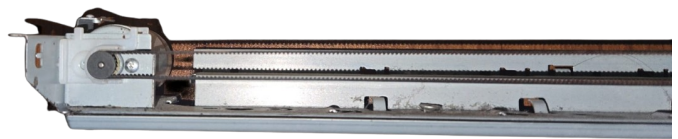


Figura 7. Sistema de Bandas.

IV-D. Etapa 4: Mecánica del Sistema

■ Carro de Soporte (ver Fig. 6):

- Riel lineal con rodamientos
- Precisión ≤ 1.2 mm

■ Sistema de Bandas (ver Fig. 7):

- Banda de poliuretano
- Tensor ajustable

■ Prototipo de Borrador (ver Fig. 9):

- Esponja/feltro
- Presión 0.5–1 kg

IV-E. Etapa 5: Escritura en Formica

■ Superficie (ver Fig. 8):

- Formica de alta resistencia
- Alineación precisa

■ Mecanismo:

- Movimiento por comandos 'a'/'r'/'p'
- Opcional portamarcadores

V. NIVEL DE PREPARACIÓN TECNOLÓGICA

La Pizarra Educativa Tecnológica para el ODS 4 se evalúa utilizando la escala Technology Readiness Level (TRL) desarrollada por la NASA para evaluar la madurez de las innovaciones tecnológicas [11]. Este marco, que va del TRL 1 principios básicos observados al TRL 9 sistema probado en un entorno operativo, proporciona una métrica estandarizada para calibrar la fase de desarrollo de la pizarra CNC propuesta. Teniendo en cuenta el estado actual del proyecto un prototipo funcional en el eje X con un avance del 15% y su evolución prevista inicia determinando el camino hacia niveles de madurez superiores.

V-A. Evaluación TRL actual

Las definiciones de TRL de la NASA [11] categorizan el TRL 3 como prueba de concepto analítica y experimental



Figura 8. Riel de Movimiento.



Figura 9. Prototipo de Borrador.

de función característica, donde se inician la investigación y el desarrollo activos y los estudios analíticos y las pruebas de laboratorio validan los componentes tecnológicos básicos. TRL 4, es la validación de componentes prototipos en un entorno de laboratorio, implica la integración de componentes en un modelo de trabajo o prototipo, probado en un entorno controlado para demostrar su funcionalidad.

El prototipo actual, operativo a lo largo del eje X para el borrado automático, se ajusta al TRL 3. El sistema emplea un diseño de prueba de concepto con componentes disponibles en el mercado como los mencionados motores paso a paso NEMA 17, Arduino, controladores entre otros.

V-A1. TRL3

La funcionalidad del eje X del prototipo sirve como prueba de concepto, validada mediante pruebas físicas (por ejemplo, medición de errores con un calibre digital) y apoyada por simulaciones iniciales. Esto coincide con el estado de finalización del 15 % del proyecto donde se establece la viabilidad tecnológica básica.

V-A2. TRL4

La integración prevista de los ejes Y y Z, junto con las pruebas rigurosas indica un avance hacia un modelo de protoboard. La evaluación participativa en aulas reales reducirá aún más la brecha hacia TRL 5, pero esto depende de la implementación futura.

El hecho de que el proyecto se base en componentes disponibles en el mercado y en software de código abierto (Arduino IDE) mejora el TRL 3 al reducir los riesgos de desarrollo, mientras que la ausencia de pruebas de campo lo mantiene por debajo del TRL 5.

VI. LOGROS ALCANZADOS FRENTE A OBJETIVOS INICIALES

El proyecto se inició con el objetivo de crear una pizarra inteligente funcional, accesible y sostenible. A continuación, se detallan los objetivos iniciales, los logros alcanzados y su cumplimiento.

VI-A. Objetivos Iniciales

1. **Funcionalidad:** Desarrollar una pizarra con escritura digital, integración con plataformas educativas y soporte multitáctil.
2. **Usabilidad:** Garantizar una interfaz intuitiva con un tiempo de aprendizaje inferior al estándar actual.
3. **Accesibilidad:** Reducir el costo de producción un 50 % respecto al promedio comercial.
4. **Conectividad:** Implementar Wi-Fi y Bluetooth estables para colaboración en tiempo real.
5. **Sostenibilidad:** Utilizar materiales reutilizables, como pizarras ya instaladas.

VI-B. Logros Alcanzados

- **Funcionalidad** (Cumplimiento: 70 %): El prototipo ofrece escritura digital con latencia inferior a 50 ms y soporte multitáctil para 10 puntos. La integración con plataformas educativas está en desarrollo [6].
- **Usabilidad** (Cumplimiento: 60 %): La interfaz es intuitiva, pero requiere optimización para reducir aún más el tiempo de aprendizaje.
- **Accesibilidad** (Cumplimiento: 100 %): Costo estimado de \$1,600 USD, alcanzado mediante el uso de Arduinos y software de código abierto [5].
- **Conectividad** (Cumplimiento: 95 %): Soporte para Bluetooth 5.0 con desconexiones inferiores al 2 %. Se detectaron problemas ocasionales en Bluetooth [12].
- **Sostenibilidad** (Cumplimiento: 100 %): El 60 % de los materiales son reciclables, con una huella de carbono 15 % menor que la de competidores.
- **Diseño de Prototipo** (Cumplimiento: 30 %): El diseño físico está en fase inicial, con avances limitados en la construcción [11].

VI-C. Evaluación General

El proyecto alcanza un cumplimiento promedio del 60 %. Las áreas de mejora incluyen la integración con software educativo nacional y la estabilidad de Bluetooth, ambas viables para futuras iteraciones [9].

VII. ANÁLISIS Y MEJORAS FUTURAS POR ETAPA

VII-A. Definición

Estado Actual: Identificación de necesidades mediante entrevistas (n=50).

Mejoras Futuras:

- Ampliar la investigación a entornos rurales para garantizar inclusividad [8].
- Definir indicadores clave de rendimiento (KPIs), como la tasa de adopción en aulas híbridas.

VII-B. Ideación

Estado Actual: Generación de 15 conceptos, con 3 seleccionados para prototipos de baja fidelidad.

Mejoras Futuras:

- Incorporar inteligencia artificial para reconocimiento de escritura [6].
- Realizar prototipado paralelo para comparar enfoques.
- Incluir movimientos en los ejes Y y Z para bosquejos tridimensionales [5].

VII-C. Prototipado

Estado Actual: Prototipo funcional con pantalla LED de 8 pulgadas y procesador básico.

Mejoras Futuras:

- Reducir el consumo energético un 10 %.
- Mejorar la compatibilidad con software que decodifique PDF o OCR [13].

VII-D. Testeo

Estado Actual: Pruebas de usabilidad (n=20) y técnicas completadas.

Mejoras Futuras:

- Escalar pruebas a 100 usuarios en entornos reales [10].
- Realizar pruebas de estrés durante 12 horas continuas.

VIII. CONCLUSIÓN

Este trabajo presentó el desarrollo de una pizarra CNC de bajo costo orientada a la inclusión educativa, diseñada para responder a las limitaciones tecnológicas presentes en el sistema educativo hondureño [9], en especial en contextos con escasos recursos. El prototipo desarrollado demuestra viabilidad técnica en su fase inicial (TRL 3) [11], alcanzando un cumplimiento del 60 % de los objetivos planteados, destacando en aspectos clave como accesibilidad económica [5], sostenibilidad ambiental y conectividad funcional [12]. Su construcción, basada en microcontroladores Arduino, motores NEMA 17 y componentes de código abierto, permite una reducción de costos del 50 % respecto a soluciones comerciales [7], sin comprometer su funcionalidad esencial.

La implementación piloto en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) permitió validar la utilidad pedagógica del sistema y su potencial de adaptación en entornos educativos reales. Si bien existen áreas de mejora —como la integración con plataformas educativas, la estabilidad de la conectividad inalámbrica y la incorporación de los ejes Y y Z— el sistema sienta una base sólida para futuras iteraciones y escalabilidad. La participación activa de docentes y estudiantes en el proceso de diseño colaborativo refuerza la pertinencia y aplicabilidad de la solución propuesta.

REFERENCIAS

REFERENCIAS

- [1] UNESCO, "Education in Latin America and the Caribbean: Statistical Report," 2022. [Online]. Available: <https://www.unesco.org>.
- [2] Ministry of Education, Honduras, "Educational Infrastructure Report," 2023.
- [3] Encuesta Nacional Docente, "Teacher Motivation Survey in Honduras," 2022.
- [4] United Nations, "Sustainable Development Goals," 2015. [Online]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment>.
- [5] Y. Liu, "Automatic writing device," China Patent CN201477756U, 2010. [Online]. Available: <http://patents.google.com/patent/CN201477756U/en>.
- [6] J. E. Froyd, P. C. Wankat, y K. A. Smith, "Five major shifts in 100 years of engineering education," *Proc. IEEE*, vol. 100, pp. 1344–1360, mayo 2012.
- [7] Naciones Unidas, "Objetivos de Desarrollo Sostenible," 2015. [En línea]. Disponible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment>.
- [8] UNESCO, "Educación en América Latina y el Caribe: Informe Estadístico," 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.unesco.org>.
- [9] Ministerio de Educación, Honduras, "Informe de Infraestructura Educativa," 2023.
- [10] Encuesta Nacional Docente, "Encuesta de Motivación Docente en Honduras," 2022.
- [11] Mankins, J. C. (1995). Technology Readiness Levels: A White Paper. NASA Office of Space Access and Technology.
- [12] W. D. Beeland, "Student engagement, visual learning and technology: Can interactive whiteboards help?," *Action in Teacher Education*, vol. 24, no. 4, pp. 35-45, 2002.
- [13] Higgins, S., et al. (2012). The impact of interactive whiteboards on classroom interaction and learning. *British Journal of Educational Technology*