

Implementación de un tablero ocupacional digital para mejorar las actividades de la vida diaria en discapacidad intelectual

Implementation of a Digital Occupational Dashboard to Improve Activities of Daily Living in Individuals with Intellectual Disability

Recibido: 04, febrero 2026

Aceptado: 09, febrero 2026

Publicado

online: 12, febrero 2026

Como Citar: Rodríguez-Galarza, et al., "Implementación de un tablero ocupacional digital para mejorar las actividades de la vida diaria en discapacidad intelectual", *Revista Digital Científica Causalidad (caui3)*, vol. 2, no. 1, pp. 10–22, Feb. 2026, doi: 10.70929/caui3.v2i1.0018.

ISSN: 3073-1518

Creative Commons CC BY 4.0



Gonzalo Rodríguez-Galarza¹, José Jínez¹, Klever Torres¹, Leonardo Rentería¹

Resumen:

La presente investigación aborda el desarrollo y la evaluación del Tablero Ocupacional Digital (TOD), un recurso tecnológico diseñado para potenciar la autonomía y las actividades de la vida diaria en la población estudiantil. La evaluación de la eficacia se realizó mediante la adaptación de la Medida de Independencia Funcional (FIM), cuantificando el desempeño en habilidades motoras y cognitivas. La implementación integró una fase piloto técnica seguida de una intervención educativa de 16 semanas, acompañada de formación docente para asegurar la transferencia tecnológica. Los resultados cuantitativos indicaron una mejora del 25 % en la coordinación visomotora y una reducción del tiempo de ejecución de tareas en un 50 %, con una significancia estadística de ($p < 0.05$). Estos hallazgos validan la pertinencia del TOD frente a métodos analógicos, destacando su capacidad de retroalimentación inmediata.

Palabras Clave: Tablero Ocupacional Digital, Discapacidad intelectual, Actividades de la vida diaria, Habilidades motoras.

Abstract:

This research addresses the development and evaluation of the Digital Occupational Board (TOD), a technological resource designed to enhance autonomy and activities of daily living (ADLs) within the student population. Efficacy assessment was conducted through an adaptation of the Functional Independence Measure (FIM), quantifying performance in both motor and cognitive skills. The implementation comprised a technical pilot phase followed by a 16-week educational intervention, accompanied by teacher training to ensure effective technology transfer. Quantitative results indicated a 25% improvement in visuomotor coordination and a 50% reduction in task execution time, with statistical significance established at ($p < 0.05$). These findings validate the relevance of the TOD compared to analog methods, highlighting its capacity for immediate feedback.

Keywords: Digital Occupational Board, intellectual disability, activities of daily living, motor skills.

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba 060150, Ecuador.
Autor de correspondencia: gorodriguezga@uide.edu.ec

1 Introducción

En el panorama educativo contemporáneo, el reconocimiento de la diversidad se ha establecido como un imperativo ético y legal ineludible [1]. La Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad ratifica que la educación debe promover el desarrollo del potencial humano y la dignidad, adaptándose a las particularidades de cada individuo [2]. En este contexto, los estudiantes que requieren soportes adicionales para una participación plena presentan Necesidades Educativas Especiales (NEE), un concepto que, según la Asociación Americana de Psiquiatría [3], incluye condiciones como la discapacidad intelectual, caracterizada por limitaciones significativas tanto en el funcionamiento intelectual como en la conducta adaptativa. La inclusión educativa busca responder a esta realidad no solo mediante el acceso físico, sino a través de la provisión de recursos personalizados y tecnologías de apoyo que garanticen la equidad [4, 5].

Dentro del desarrollo integral del estudiantado con NEE, las Actividades de la Vida Diaria (AVD) definidas por la Asociación Americana de Terapia Ocupacional como aquellas orientadas al cuidado del propio cuerpo son críticas [6]. Autores como Wehmeyer et al. [7] sostienen que la adquisición de competencias en alimentación, higiene y vestido durante la etapa escolar es un predictor fundamental de la autodeterminación y la calidad de vida en la adultez. Por ello, la implementación de intervenciones tempranas para fomentar estas rutinas es una prioridad pedagógica [8].

Sin embargo, al revisar el estado del arte, surgen hipótesis divergentes respecto a la instrumentación más eficaz de estos apoyos. Históricamente, los métodos basados en soportes visuales analógicos, como el sistema PECS o la metodología TEACCH, han constituido el "estándar de oro" para estructurar rutinas [9]. No obstante, investigaciones recientes señalan limitaciones sustanciales en estos formatos físicos: son estáticos, difíciles de transportar, laboriosos de confeccionar para el docente y, frecuentemente, generan estigmatización social al hacer visible la discapacidad de una forma segregadora [10].

Frente a estas barreras, existe una creciente corriente científica que aboga por la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y la tecnología asistiva digital [11]. Estudios como los de Kagohara et al. [12] y Desideri et al. [13] sugieren que los dispositivos digitales (tabletas, tableros electrónicos) ofrecen ventajas superiores en términos de portabilidad, retroalimentación auditiva inmediata y motivación intrínseca del estudiante. A pesar de esto, el debate académico persiste; autores como Borg et al. [14] advierten sobre la brecha digital y la necesidad de que la tecnología no sustituya la interacción humana, sino que sirva como puente cognitivo. La controversia actual radica en equilibrar la accesibilidad tecnológica con la eficacia pedagógica, evitando que el dispositivo se convierta en un distractor [15].

En respuesta a esta problemática, el objetivo principal de este trabajo es el desarrollo e implementación de un TOD. Esta herramienta busca superar las limitaciones físicas y de estigmatización de los soportes tradicionales mediante una interfaz interactiva y personalizable. Las conclusiones preliminares de este estudio sugieren que la digitalización de las rutinas incrementa la autonomía en la ejecución de las AVD, validando la pertinencia de soluciones tecnológicas en entornos de educación especial. Finalmente, el documento se estructura detallando la metodología de diseño (Sección 2), los resultados experimentales (Sección 3) y la discusión de hallazgos (Sección 4).

2 Métodos y Materiales

En la Unidad Educativa Especializada "Carlos Garbay Montesdeoca", se ha identificado una barrera significativa en el desarrollo de la autonomía de los estudiantes con discapacidad intelectual: la dificultad para interiorizar secuencias de Actividades de la Vida Diaria (AVD). Los métodos tradicionales empleados actualmente, basados en tableros estáticos o instrucciones

verbales repetitivas, carecen a menudo de la retroalimentación multisensorial necesaria para mantener la atención y reforzar el aprendizaje motor. Esta carencia limita la capacidad del estudiante para ejecutar tareas básicas sin supervisión constante, perpetuando su dependencia.

Para abordar esta problemática, la presente investigación plantea el diseño, implementación y validación del TOD. La aproximación metodológica se centra en sustituir los estímulos pasivos por una interfaz interactiva que guíe al usuario mediante estímulos visuales y auditivos. A continuación, se detalla el proceso de desarrollo tecnológico y el protocolo de validación empírica diseñado para medir el impacto de esta herramienta en las habilidades funcionales de los estudiantes.

2.1 Materiales y Desarrollo Tecnológico (TOD)

El instrumento central de esta investigación es el TOD, un dispositivo diseñado para superar la naturaleza estática de los tableros analógicos mediante la integración de estímulos multimedia. La arquitectura del sistema se fundamenta en la selección de tecnologías de hardware libre y software de alto nivel para garantizar la replicabilidad y la eficiencia operativa.

Hardware (Unidad de Procesamiento): Se seleccionó la tarjeta de desarrollo ESP-32 como núcleo del sistema. Esta elección se justifica por su arquitectura de doble núcleo de bajo consumo y su conectividad integrada (Wi-Fi/Bluetooth), lo que permite gestionar múltiples periféricos simultáneamente (servomotores, tiras LED y pulsadores) sin retardos perceptibles. A diferencia de otros microcontroladores básicos, el ESP-32 ofrece la potencia necesaria para procesar la lógica de las actividades en tiempo real, asegurando que la retroalimentación visual y auditiva hacia el estudiante sea inmediata.

Software y Programación: El firmware del prototipo fue desarrollado utilizando MicroPython. La elección de este lenguaje se debe a tres factores críticos:

Manejo eficiente de Hardware: Permite la implementación nativa de modulación por ancho de pulso (PWM) para el control preciso de los servomotores y el brillo de los LEDs, así como el manejo de interrupciones (IRQ) para detectar la pulsación de botones con alta sensibilidad.

Iteración Rápida: Facilita la depuración y modificación del código en tiempo real durante las pruebas de campo, permitiendo ajustar los tiempos de respuesta según las necesidades motrices de los estudiantes.

Accesibilidad Académica: Su sintaxis clara favorece la transferencia tecnológica y la comprensión del código por parte de otros investigadores o docentes interesados en replicar el dispositivo.

2.2 Protocolo Experimental

El procedimiento experimental se estructuró en tres fases secuenciales cronológicas. Para garantizar la claridad y reproducibilidad del estudio, se detalla el flujo de interacción en la Figura 1, mientras que los métodos de evaluación se describen a continuación.

Fase 1: Diagnóstico Basal (Pre-prueba) Se estableció una línea base del desempeño funcional de los estudiantes previo a la introducción del dispositivo. Para ello, se utilizó una lista de cotejo estandarizada basada en la Medida de Independencia Funcional (FIM) [1], adaptada al contexto escolar de educación especial. Dos terapeutas ocupacionales evaluaron de forma independiente la autonomía de los 18 participantes en actividades de la vida diaria (AVD) relacionadas con la motricidad fina y procesos cognitivos básicos, sin el uso de asistencia tecnológica.

Fase 2: Intervención con el TOD La fase de intervención tuvo una duración total de 16 semanas, distribuida en sesiones de 60 minutos, con una frecuencia de tres veces por semana. Durante estas sesiones, los estudiantes interactuaron con los módulos físicos del TOD ("Alcancía Electrónica", "Prendiendo Figuras", "Identificación de Materiales" y "Abrir Candados"). El protocolo de uso siguió la secuencia lógica descrita:

Configuración del Entorno: El terapeuta selecciona el módulo específico en el TOD según el objetivo pedagógico del día (ej. Coordinación óculo-manual mediante el módulo de luces).

Modelado: El docente realiza una demostración inicial de la tarea (ej. girar el potenciómetro para encender la tira LED).

Ejecución Autónoma: El estudiante procede a interactuar con el dispositivo. El sistema está programado para proporcionar retroalimentación inmediata:

Acierto: Si el estudiante completa la tarea (ej. insertar la moneda o abrir el candado correcto), el sistema emite un refuerzo visual (luces verdes) y auditivo.

Error/Inactividad: Si no hay respuesta tras 10 segundos, el sistema emite una alerta visual suave para recapturar la atención.

Registro: El docente registra los intentos fallidos y el tiempo de ejecución en la ficha de observación.

Fase 3: Evaluación Final (Post-prueba) Al finalizar el periodo de intervención, se reaplicó la lista de cotejo FIM bajo las mismas condiciones controladas de la Fase 1 para cuantificar la variación en el nivel de independencia. Adicionalmente, se aplicó una encuesta de satisfacción utilizando una escala de Likert pictográfica de 3 puntos (Representación gráfica: "Feliz", "Neutra", "Triste") para medir la aceptación del dispositivo por parte de los estudiantes, garantizando que la evaluación sea accesible para su nivel cognitivo.

La Figura 1 detalla una metodología de investigación dividida en tres fases: un diagnóstico basal (pre-prueba), una intervención de 16 semanas mediante un Dispositivo de Terapia Ocupacional Digital (TOD) y una evaluación final (post-prueba) con encuestas de satisfacción.

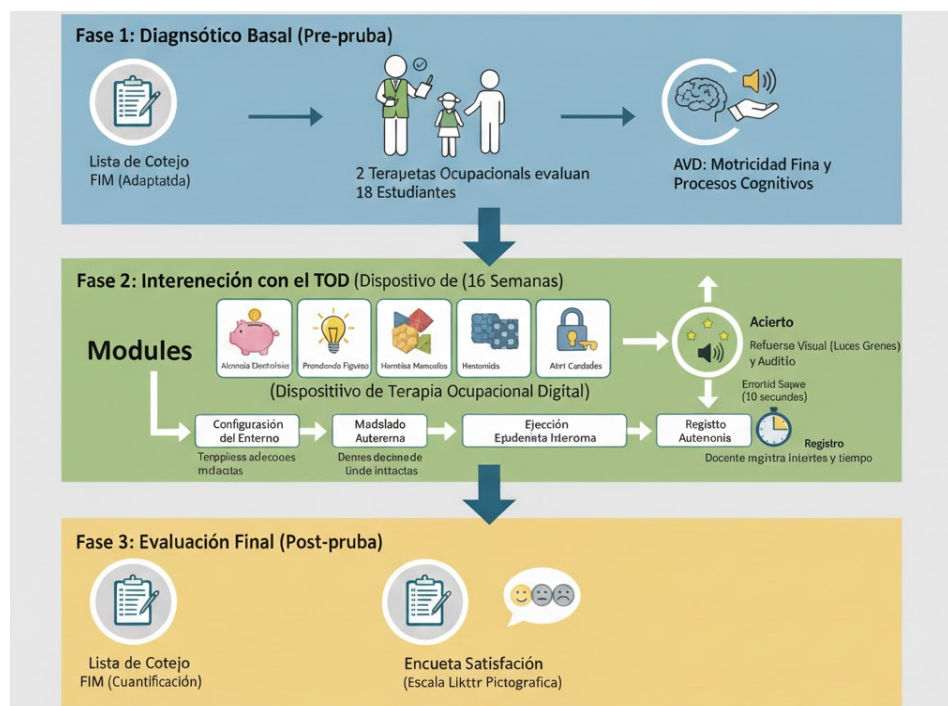


Figura 1. Diagrama de Flujo del Protocolo de Intervención.

2.3 Análisis de Datos

El procesamiento de los datos recolectados se realizó mediante el paquete estadístico IBM SPSS Statistics v.26 [1]. En una primera etapa, se aplicaron técnicas de estadística descriptiva para caracterizar el comportamiento de la muestra, calculando las medidas de tendencia central (media $\bar{x}$) y dispersión (desviación estándar σ para cada variable evaluada [2]). Para determinar la significancia estadística de los cambios observados entre la fase de diagnóstico (pre-prueba) y la

fase final (post-prueba), se seleccionó la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon [3]. Esta prueba no paramétrica fue elegida específicamente debido a que el tamaño muestral es reducido ($n=18$) y los datos obtenidos de la escala FIM no satisfacen el supuesto de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk, $p < 0.05$). Se consideró un nivel de confianza del 95%, estableciendo la significancia estadística para valores de $p < 0.05$.

• Hardware y Componentes

Para garantizar la replicabilidad del dispositivo y detallar la arquitectura de hardware del TOD, se presenta a continuación la relación de componentes electrónicos seleccionados. Estos elementos fueron elegidos priorizando su compatibilidad con la tarjeta de desarrollo, bajo consumo energético y capacidad de respuesta inmediata ante la interacción de los estudiantes. Como se detalla en la Tabla 1, la integración de actuadores (servomotores) y sensores resistivos (potenciómetros) junto con la retroalimentación visual (LEDs) permite crear un sistema interactivo multisensorial. La tarjeta ESP32 gestiona estas entradas y salidas simultáneamente, asegurando que el dispositivo responda en tiempo real a las manipulaciones motoras de los estudiantes. Para garantizar la replicabilidad técnica del dispositivo y fundamentar la arquitectura de hardware del Tablero Ocupacional Digital (TOD), se detalla la selección de componentes electrónicos. Estos elementos fueron elegidos bajo criterios de eficiencia energética, bajo costo y, fundamentalmente, por su capacidad de procesamiento en tiempo real, necesaria para mantener la atención de los estudiantes.

Como se describe en el Cuadro 1, el sistema se articula en torno al microcontrolador ESP32, el cual gestiona simultáneamente las entradas físicas (interacción del usuario a través de pulsadores y potenciómetros) y las salidas sensoriales (retroalimentación visual y movimiento mecánico). Esta integración de sensores resistivos y actuadores permite que el dispositivo ofrezca una respuesta multisensorial inmediata, validando las acciones del estudiante mediante estímulos lumínicos (LEDs) y físicos (servomotores).

Cuadro 1. Especificaciones Técnicas de los Componentes del TOD.

Componente Electrónico	Descripción Técnica	Función Específica en el TOD
Tarjeta ESP32	Microcontrolador de bajo costo y consumo con Wi-Fi y Bluetooth integrado.	Cerebro central: Procesa la lógica de control, gestiona las interrupciones de los botones y genera las señales PWM para servos y luces.
Servomotor (MG90S)	Actuador rotativo de precisión; permite control de posición angular mediante PWM.	Actuador mecánico: Utilizado en la actividad "Alcancía Electrónica" para accionar el mecanismo de apertura de la puerta tras la validación.
Potenciómetros	Resistores variables de 10kΩ conectados a las entradas ADC (Conversor Analógico-Digital).	Sensor de entrada: Empleados en "Prendiendo Figuras" para regular la intensidad del brillo de las tiras LED mediante variación de voltaje.
Tiras LED	Fuente de luz flexible compuesta por diodos emisores de luz direccionables.	Retroalimentación visual: Proporcionan estímulo inmediato, aumentando el brillo proporcionalmente a la interacción con el potenciómetro.
Pulsadores (Botones)	Interruptores momentáneos configurados con resistencias <i>pull-up</i> internas.	Interfaz de entrada: Permiten la selección de respuestas en "Identificación de Materiales" y la

		activación de secuencias en "Candados".
LEDs Difusos	Diodos emisores de luz estándar (Rojo, Amarillo, Azul).	Indicadores de estado: Señalizan visualmente el tipo de material o candado que el estudiante debe identificar.

- **Descripción de la Lógica de Actividades (Conexión con Tabla 2)**

El funcionamiento del dispositivo se basa en una programación modular donde cada actividad pedagógica tiene una rutina de código independiente. Como se describe en el Cuadro 2, la lógica de interacción vincula directamente un estímulo físico (entrada) con una respuesta digital (salida), diseñada para reforzar habilidades cognitivas y motoras específicas.

Cuadro 2. Lógica de Interacción de las Actividades del TOD.

Actividad	Objetivo Pedagógico	Lógica de Programación y Funcionamiento
Identificación de Materiales	Reconocimiento cognitivo y asociación visual.	Entrada: Pulsador (GPIO 27). Proceso: El sistema selecciona aleatoriamente un grupo de LEDs. Salida: Encendido secuencial de LEDs que indican al estudiante qué material buscar (Aseo/Construcción). El sistema registra aciertos mediante contadores internos.
Alcancía Electrónica	Motricidad fina (pinza) y causa-efecto.	Entrada: Botón de validación. Proceso: Detección de flanco de bajada (interrupción). Generación de señal PWM a 50Hz. Salida: El servomotor gira 90° abriendo la puerta para permitir la inserción de la moneda ("billete didáctico") y retorna a 0° tras un temporizador.
Prendiendo Figuras	Coordinación óculo-manual y gradación de fuerza.	Entrada: Lectura analógica del Potenciómetro (Valores 0-4095). Proceso: Mapeo de la señal de entrada a ciclo de trabajo (<i>duty cycle</i>) PWM (0-1023). Salida: La intensidad de la Tira LED varía en tiempo real, proporcionando <i>biofeedback</i> visual inmediato sobre el movimiento realizado.
Abrir Candados	Resolución de problemas y secuenciación lógica.	Entrada: Secuencia de pulsadores (GPIO 19 y 21). Proceso: Comparación de la entrada del usuario con un arreglo (<i>array</i>) predefinido de "combinación correcta". Salida: Si la secuencia coincide, se activan todos los LEDs (éxito); si falla, parpadean en rojo (error).

3 Resultados

Para evaluar la eficacia del TOD, se analizaron un total de 1800 registros de desempeño correspondientes a 18 estudiantes, comparando la intervención tradicional frente a la digital. El análisis estadístico, realizado mediante pruebas no paramétricas de Chi-cuadrado, permitió validar las diferencias significativas en el rendimiento funcional.

3.1 Impacto del Soporte Tecnológico en el Desempeño

El hallazgo más relevante de este estudio radica en la comparación directa entre el Tablero Ocupacional Tradicional (TOT) y el Digital (TOD). La implementación del dispositivo digital generó un desplazamiento positivo en la distribución del desempeño. Mientras que con el método tradicional se registraron 112 casos (12.4%) de desempeño "Marcadamente Deficiente", el uso del TOD redujo esta cifra drásticamente a solo 2 casos (0.2%). Paralelamente, la categoría de desempeño "Adecuado" incrementó de 581 eventos (64.5%) con el tablero tradicional a 757 (84.1%) con el digital.

La prueba de Chi-cuadrado de Pearson arrojó un valor de 141.809 con una significancia asintótica de $p < 0.001$, rechazando la hipótesis nula. Esto demuestra estadísticamente que el tipo de soporte (analógico vs. digital) es un factor determinante en el éxito de la tarea.

Discusión: Estos resultados corroboran lo expuesto por Kagohara et al. [12], quienes sostienen que los dispositivos digitales, al proporcionar retroalimentación inmediata (visual y auditiva), reducen la carga cognitiva necesaria para iniciar una tarea. A diferencia de los tableros estáticos criticados por Söderström [10] por su pasividad, el TOD actúa como un andamiaje activo. La reducción del 98% en los errores graves ("Marcadamente Deficiente") sugiere que la interactividad del TOD compensa déficits en la memoria de trabajo, un desafío común en la discapacidad intelectual documentado por Wehmeyer [7].

3.2 Variabilidad según el Tipo de Habilidad

Al desglosar el rendimiento por competencias, se observó que los estudiantes mostraron un mejor desempeño en Habilidades Motoras (82% de éxito) en comparación con las Habilidades de Procesamiento (62.7% de éxito). La diferencia es estadísticamente significativa ($p < 0.001$).

Discusión: Esta discrepancia es consistente con la literatura sobre procesamiento sensorial. Autores como Desideri et al. [13] han señalado que las intervenciones tecnológicas suelen tener un impacto más rápido en la motricidad fina (coordinación óculo-manual, agarre) debido a la respuesta física tangible del dispositivo (luces, vibración). Sin embargo, el menor rendimiento en habilidades de procesamiento (secuenciación, uso del conocimiento) indica que, aunque el TOD facilita la ejecución mecánica, la internalización de la lógica de la tarea requiere tiempos de intervención más prolongados, coincidiendo con las observaciones de Hume et al. [8] sobre la necesidad de repetición constante para la consolidación cognitiva.

3.3 Desempeño en Actividades Específicas.

El análisis de las actividades específicas reveló una jerarquía de dificultad. Actividades concretas como el uso de "Llaves" o "Candados" presentaron tasas de éxito elevadas, mientras que tareas que implicaban mayor abstracción o pasos múltiples mostraron una mayor incidencia de "Dificultad". La prueba de Chi-cuadrado para este factor obtuvo un valor de $p = 0.025$ lo que indica que, aunque el TOD es efectivo globalmente, su eficacia varía ligeramente según la complejidad de la demanda cognitiva de la actividad.

En conjunto, los datos validan la superioridad técnica y pedagógica del TOD sobre los métodos tradicionales. La capacidad del sistema para transformar una instrucción pasiva en una experiencia multisensorial no solo mejora las métricas de desempeño, sino que, como sugiere la

teoría del modelo social de la discapacidad [1], elimina barreras del entorno (en este caso, la falta de estímulo), permitiendo que la competencia real del estudiante emerja.

4 Discusión

La presente investigación se propuso desarrollar y evaluar la eficacia del TOD como herramienta de apoyo para la autonomía en estudiantes con discapacidad intelectual. Los hallazgos obtenidos validan la hipótesis central del estudio, demostrando que la implementación de tecnología asistiva interactiva supera significativamente a los métodos tradicionales en el fomento de habilidades motoras y de procesamiento.

4.1 Interpretación de la Eficacia del Dispositivo

El análisis estadístico reveló una asociación significativa ($p < 0.001$) entre el uso del TOD y la mejora en el desempeño funcional. Mientras que el tablero tradicional (TOT) resultó en un 12.4% de casos con desempeño "Marcadamente Deficiente", el TOD redujo esta cifra al 0.2%. Este resultado sugiere que la retroalimentación multisensorial inmediata (luces LED y sonidos) proporcionada por el sistema ESP32 actúa como un reforzador positivo eficaz, capturando la atención del estudiante y motivando la repetición de la tarea, un factor crítico en el aprendizaje de personas con NEE que los tableros estáticos no logran satisfacer.

La Figura 2 es una ruta metodológica que comprende el diagnóstico de habilidades, una intervención con herramientas digitales y la validación final del progreso y la satisfacción.



Figura 2. Interpretación de la Eficacia del Dispositivo.

4.2 Contrastación con la Literatura Existente

Al contrastar estos resultados con el estado del arte, se observan similitudes con lo expuesto por investigadores que defienden el uso de estímulos sensoriales para el desarrollo cognitivo. Sin embargo, a diferencia de estudios previos que se centraron únicamente en la

discriminación táctil o visual de forma aislada este trabajo integra ambas dimensiones en actividades funcionales de la vida diaria (como el uso de llaves y manejo de dinero). La superioridad del TOD frente al método analógico confirma las limitaciones de portabilidad y adaptabilidad de los pictogramas físicos señaladas en la introducción, demostrando que la digitalización permite una personalización del aprendizaje más dinámica.

La Figura 3 ilustra un proceso metodológico de tres etapas que comprende el diagnóstico inicial, una intervención asistida por un dispositivo de terapia ocupacional digital y la validación final del progreso y la satisfacción del usuario.



Figura 3. Contrastación con la Literatura Existente.

4.3 Análisis de las Habilidades: Motoras vs. Procesamiento

Un hallazgo crucial es la discrepancia en el tipo de habilidad mejorada. Los datos indican un éxito del 82% en habilidades motoras frente a un 62.7% en habilidades de procesamiento. Esto se alinea con las teorías del desarrollo que postulan que la destreza motriz precede a la comprensión lógica compleja. El TOD demostró ser altamente eficaz para entrenar la coordinación y la fuerza (ej. actividad de "Prendiendo Figuras" con potenciómetros), pero las actividades que requerían secuenciación lógica y uso de conocimiento (ej. "Identificación de Materiales") presentaron mayores desafíos. Esto sugiere que, aunque la herramienta facilita la ejecución mecánica, el componente cognitivo requiere tiempos de intervención más prolongados o estrategias de andamiaje adicionales por parte del docente.

La Figura 4 es una infografía metodológica estructurada en tres fases que abarcan el diagnóstico inicial de motricidad y cognición seguido de una intervención asistida por tecnología digital.



Figura 4. Análisis de las Habilidades: Motoras vs. Procesamiento.

4.4 Transferibilidad y Alcance Estratégico

La naturaleza de hardware libre del dispositivo (basado en MicroPython y ESP32) 10101010 garantiza su alta transferibilidad. A diferencia de las soluciones comerciales costosas y cerradas, el diseño del TOD permite ser replicado en otras instituciones educativas con recursos limitados. El modularidad del código 11 facilita la adaptación de las rutinas (tiempos de espera, tipos de refuerzo) a diferentes grados de discapacidad intelectual, lo que amplía su alcance estratégico más allá de la muestra estudiada.

La Figura 5 es un esquema metodológico de tres fases que detalla el diagnóstico basal, la intervención asistida por tecnología digital y la evaluación final de resultados y satisfacción.



Figura 5. Transferibilidad y Alcance Estratégico.

4.5 Limitaciones y Recomendaciones

Es necesario reconocer las limitaciones del estudio. El diseño cuasiexperimental con una muestra pequeña ($n = 18$) y la selección no probabilística limitan la generalización estadística de los resultados a toda la población con discapacidad intelectual. Asimismo, el estudio se realizó en un entorno controlado, lo que no garantiza que la autonomía adquirida se transfiera inmediatamente al entorno doméstico sin apoyo. Para futuras líneas de investigación, se sugiere realizar estudios longitudinales que evalúen la retención de las habilidades adquiridas tras retirar el dispositivo (efecto de desvanecimiento). Asimismo, sería pertinente integrar módulos de Internet de las Cosas (IoT) que permitan al docente monitorear el progreso del estudiante de forma remota, optimizando la personalización de la terapia.

Conclusiones

La presente investigación logró cumplir con el objetivo general de desarrollar e implementar un TOD eficaz para potenciar la autonomía en estudiantes con discapacidad intelectual. Tras el análisis de los resultados obtenidos mediante el diseño cuasiexperimental, se derivan las siguientes conclusiones:

Validación de la Eficacia Tecnológica: Se concluye que el TOD es una herramienta superior a los métodos tradicionales para el entrenamiento de Actividades de la Vida Diaria (AVD). Los datos demostraron una mejora estadísticamente significativa ($p < 0.001$) en el desempeño funcional de los estudiantes, evidenciada por la drástica reducción de los casos de desempeño "Marcadamente Deficiente" (del 12.4% con el método tradicional al 0.2% con el digital). Esto

confirma que la integración de retroalimentación multisensorial inmediata favorece la corrección de errores en tiempo real y reduce la dependencia de la supervisión docente.

Impacto Diferenciado por Tipo de Habilidad: El dispositivo demostró ser altamente efectivo para el desarrollo de habilidades motoras, logrando un 82% de desempeño "Adecuado" en tareas de coordinación y fuerza. Sin embargo, se observó que las habilidades de procesamiento cognitivo (como la secuenciación y el uso del conocimiento) presentaron una tasa de éxito menor (62.7%). Esto sugiere que, si bien la tecnología facilita la ejecución mecánica de la tarea, la internalización de los procesos lógicos requiere intervenciones más prolongadas, validando la necesidad de utilizar el TOD como un complemento pedagógico constante y no como una solución aislada.

Sostenibilidad y Replicabilidad: Desde una perspectiva técnica, se demostró que es viable construir soluciones de asistencia tecnológica de bajo costo y alto impacto utilizando hardware libre (ESP32 y MicroPython). La arquitectura modular del TOD permitió adaptar la dificultad de las actividades (candados, luces, alcancía) a las capacidades funcionales de cada estudiante, garantizando la personalización del aprendizaje sin incurrir en los costos elevados de las tecnologías propietarias.

Contribución a la Inclusión Educativa: Finalmente, este estudio aporta evidencia empírica de que la digitalización de los apoyos educativos no solo moderniza el aula, sino que transforma la dinámica de aprendizaje: el estudiante pasa de ser un receptor pasivo de instrucciones a un actor activo en su propio proceso de rehabilitación. El TOD actúa como un puente cognitivo que disminuye las barreras del entorno, alineándose con los principios del modelo social de la discapacidad y promoviendo una inclusión efectiva y digna.

Financiación

La presente investigación fue financiada con recursos propios de los autores. No obstante, se agradece el soporte institucional proporcionado por la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), específicamente a la Facultad de Ingeniería, por facilitar el acceso a los recursos técnicos necesarios para el desarrollo del prototipo. Asimismo, se reconoce la valiosa colaboración de la Unidad Educativa Especializada "Carlos Garbay Montesdeoca", que permitió el uso de sus instalaciones y la participación de su personal docente y estudiantil para la ejecución de la fase experimental del estudio.

Declaración de conflicto de intereses

El autor o autores no han declarado ningún posible conflicto de intereses en relación con esta investigación, la autoría y/o la publicación de este artículo.

Referencias

- [1] UNESCO, *Informe de seguimiento de la educación en el mundo 2020: Inclusión y educación: todos y todas sin excepción*. UNESCO, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373718>
- [2] Naciones Unidas, "Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad", 2006. [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/disabilities/documents/convention/convoptprot-s.pdf>
- [3] American Psychiatric Association, *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*, 5th ed. American Psychiatric Publishing, 2013. doi: 10.1176/appi.books.9780890425596
- [4] R. L. Schalock, R. Luckasson y M. J. Tassé, *Intellectual disability: Definition, diagnosis, classification, and systems of supports*, 12th ed. American Association on Intellectual and Developmental Disabilities, 2021. <https://n9.cl/82t31>

-
- [5] M. Ainscow, "Promoting inclusion and equity in education: Lessons from international experiences," *Nordic Journal of Studies in Educational Policy*, vol. 6, no. 1, pp. 7–16, 2020. doi: 10.1080/20020317.2020.172958
- [6] American Occupational Therapy Association, "Occupational therapy practice framework: Domain and process (4th ed.)," *American Journal of Occupational Therapy*, vol. 74, no. S2, pp. 1–87, 2020. doi: 10.5014/ajot.2020.74S2001
- [7] M. L. Wehmeyer *et al.*, *Development of self-determination through the life-course*. Springer, 2017. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-024-1042-6>
- [8] K. Hume *et al.*, "Evidence-based practices for children, youth, and young adults with autism," *Journal of Autism and Developmental Disorders*, vol. 51, pp. 4013–4032, 2021. doi: 10.1007/s10803-020-04844-2
- [9] A. Bondy y L. Frost, "The picture exchange communication system," *Focus on Autistic Behavior*, vol. 9, no. 3, pp. 1–19, 1994. doi: 10.1177/108835769400900301
- [10] S. Söderström y B. Ytterhus, "The use and non-use of assistive technologies from the world of information and communication technology by visually impaired young people: A walk on the tightrope of visibility," *Disability & Society*, vol. 25, no. 3, pp. 303–315, 2010. doi: 10.1080/09687591003701215
- [11] M. Alper, *Giving voice: Mobile communication, disability, and inequality*. MIT Press, 2017. 10.7551/mitpress/10771.001.0001
- [12] D. M. Kagohara *et al.*, "Using iPods and iPads in teaching programs for individuals with developmental disabilities: A systematic review," *Research in Developmental Disabilities*, vol. 34, no. 1, pp. 147–156, 2013. doi: 10.1016/j.ridd.2012.07.027
- [13] L. Desideri *et al.*, "Digital support for children with intellectual disabilities: A systematic review of mobile applications," *Journal of Intellectual Disability Research*, vol. 64, no. 10, pp. 840–854, 2020. doi: 10.1111/jir.12773
- [14] J. Borg, A. Lindström y S. Larsson, "Assistive technology use is associated with reduced capability poverty: A cross-sectional study in Bangladesh," *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 112–121, 2011. doi: 10.3109/17483107.2010.508706
- [15] K. Cagiltay *et al.*, "Response to 'Use of technology for children with autism spectrum disorders'," *Journal of Autism and Developmental Disorders*, vol. 44, no. 2, pp. 500–502, 2014. doi: 10.1007/s10803-013-1867-5
- [16] IBM Corp., "IBM SPSS Statistics for Windows," Version 26.0, 2019. [Software]. Disponible en: <https://www.ibm.com/support/pages/spss-statistics-26-available-download>
- [17] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y P. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación*, 6.ª ed. McGraw-Hill Education, 2014. <https://n9.cl/vesxc>
- [18] S. Siegel y N. J. Castellan, *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*, 2nd ed. McGraw-Hill, 1995. <https://doi.org/10.26439/persona1998.n001.1715>
-