



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN MENCIÓN GESTIÓN DE LA EDUCACIÓN

TESIS

**ROBÓTICA EDUCATIVA PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS
EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN PRIMARIA DE LA
UGEL-CUSCO 2024**

**PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN EDUCACIÓN
MENCIÓN GESTIÓN DE LA EDUCACIÓN**

AUTOR:

Br. CAROLINA GALIANO CAMPO

ASESOR:

Dr. FEDERICO UBALDO FERNANDEZ SUTTA

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-3453-6589

CUSCO – PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

ANEXO 1 INFORME DE SIMILITUD

El que suscribe, el Asesor FEDERICO UBALDO FERNANDEZ SUTTA, quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: ROBÓTICA EDUCATIVA PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN PRIMARIA DE LA UGEL-CUSCO 2024 presentado por: CAROLINA GALIANO CAMPO con DNI Nro.: 72750062 presentado por: _____ con DNI Nro.: _____ para optar el Título Profesional/ Grado Académico de MAESTRO EN EDUCACIÓN MENCIÓN GESTIÓN DE LA EDUCACIÓN Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el software similitud, conforme al Artículo 6° del Reglamento para Uso del Sistema de Detección de Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10 % de similitud.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	☒
Del 11 al 30%	Devolver al usuario para las subsanaciones.	☐
Mayores a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a ley.	☐

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 28 de agosto de 2026


Firma

Post firma: FEDERICO UBALDO FERNANDEZ SUTTA

Nro. de DNI: 23943607

ORCID del Asesor: 0000-0002-3453-6589

Se adjunta:

1. Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Detección de Similitud: 27259 : 61 79 29004

CAROLINA GALIANO CAMPO

**ROBÓTICA EDUCATIVA PARA LA RESOLUCIÓN DE
PROBLEMAS EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN PRIMARIA DE...**

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:617929004

134 páginas

Fecha de entrega

28 ago 2026, 12:20 a.m. GMT-5

22.959 palabras

Fecha de descarga

28 ago 2026, 12:30 a.m. GMT-5

142.443 caracteres

Nombre del archivo

TESIS CAROL 25 AGOSTO OBSERVACIONES.pdf

Tamaño del archivo

12.0 MB

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de fuentes excluidas
- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

ESCUELA DE POSGRADO

INFORME DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES A TESIS

Dr. LEONCIO SOLIS QUISPE, Director de la Escuela de Posgrado, nos dirigimos a usted en condición de integrantes del jurado evaluador de la tesis intitulada **ROBÓTICA EDUCATIVA PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN PRIMARIA DE LA UGEL- CUSCO 2024** de la Br. CAROLINA GALIANO CAMPO. Hacemos de su conocimiento que la sustentante ha cumplido con el levantamiento de las observaciones realizadas por el Jurado el día **VEINTIUNO DE AGOSTO DE 2026**.

Es todo cuanto informamos a usted fin de que se prosiga con los trámites para el otorgamiento del grado académico de MAESTRO EN EDUCACIÓN MENCIÓN GESTIÓN DE LA EDUCACIÓN.

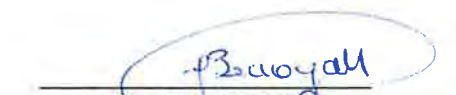
Cusco, 26 de agosto del 2026



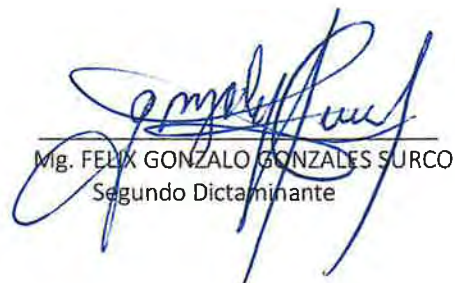
Dr. FLAVIO RICARDO SANCHEZ ORTIZ
Primer Replicante



Dr. ROBERT MARTIN MANYA CHECORI
Segundo Replicante



Dr. JUAN DE LA CRUZ BEDOYA MENDOZA
Primer Dictaminante



Mg. FELIX GONZALO GONZALES SURCO
Segundo Dictaminante

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios forjador de mi camino, que siempre me acompaña a poder lograr mis objetivos y me enseña el camino adecuado ante las adversidades.

A mis amados padres Zoraida y Edwin por creer en mí y brindarme el apoyo para poder superarme cada día, guiándome con buenos valores, a mis queridos hermanos Oscar Daniel Y Pamela Tereza que son mi motivación personal para poder ser su ejemplo.

A mi mejor amigo Jhulino Carrión Monteagudo que desde el cielo derrama sus mejores deseos para que pueda lograr cada una de mis metas.

En especial a mi querido asesor de tesis el Dr. Federico Ubaldo Fernandez Sutta que tuvo el bonito gesto de motivarme e inspirarme a seguir adelante con mi trabajo de investigación para ser mejor profesional cada día y mejor persona en la vida.

Carolina Galiano Campo

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios misericordioso por iluminarme para poder lograr cada uno de mis objetivos, cuidarme y brindarme su sabiduría para poder concluir el presente trabajo de investigación.

A la escuela de Postgrado de mi Alma Mater la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por permitirme concluir satisfactoriamente mis estudios de postgrado, a cada uno de los doctores y magisteres de la Maestría en Gestión de la Educación, cuyo desprendimiento de conocimiento forjan de nosotros profesionales de éxito con mayor consideración al Dr. Félix Gonzalo Gonzales, Dr. Leonardo Chile Letona, el Dr. Juan de la Cruz Bedoya Mendoza, Dr. Jorge Alberto Solís Quispe y al Dr. Edwards Jesús Aguirre Espinoza por sus recomendaciones, predisposición de tiempo y discernimiento investigativo que me ayudaran a ser una profesional de éxito.

A mi estimado asesor de tesis, Dr. Federico Ubaldo Fernandez Sutta, por sus consejos brindados y recomendaciones para mejorar en la investigación, a quien le guardo mi mayor estima por su capacidad intelectual y apoyo incondicional.

Carolina Galiano Campo

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
INDICE	IV
LISTA DE TABLAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCION	XII

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática	1
1.2. Formulación del problema	6
a) Problema general	6
b) Problemas específicos	6
1.3. Justificación de la investigación	6
1.3.1 Justificación teórica	7
1.3.2 Justificación práctica.....	8
1.3.3 Justificación metodológica	9
1.4. Objetivos de la investigación	10
a) Objetivo general	10
b) Objetivos específicos	11

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Bases teóricas	12
---------------------------	----

	v
2.1.1. La robótica: definición, evolución y clasificación general	12
2.1.2. Robótica educativa como intervención pedagógica en la educación primaria	13
2.1.3. El método heurístico de Pólya y su adaptación tecnológica contemporánea ..	15
2.1.4. Resolución de problemas matemáticos: procesos cognitivos y dimensiones evaluativas	16
2.1.5. Sinergia teórica entre robótica programable (ESP32) y mediación metodoló- gica	17
2.1.6. Arquitectura y funcionalidad de la robótica educativa: El ecosistema ESP32	19
2.1.7. La retroalimentación verbal del robot: la voz como mediadora del razo- namiento heurístico	19
2.1.8. Tipologías de la robótica educativa y justificación del modelo de hardware abierto	21
2.3. Antecedentes empíricos de la investigación (estado del arte)	27
2.3.1. Antecedentes internacionales	27
2.3.2. Antecedentes nacionales	29
2.3.3. Antecedentes locales	31
2.4 Hipótesis	33
a. Hipótesis general	33
b. Hipótesis específicas:	33
2.5 Identificación de variables e indicadores	33
2.6 Operacionalización de variables	34

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Ámbito de estudio: localización política y geográfica	37
3.1.1. Localización política	37
3.1.2. Localización geográfica	37
3.2 Tipo y nivel de investigación	38
3.2.1 Tipo de investigación	39
3.2.2 Nivel de investigación	39

	vi
3.2.3 Enfoque de la investigación	40
3.2.4 Diseño de la investigación	41
3.2.5 Método de investigación	42
3.7. Técnicas de recolección de información	47
3.7.1. Técnica de la Encuesta	48
3.7.2. Técnica de la Evaluación Pedagógica	48
3.7.3. Instrumento	49
3.8. Técnicas de análisis e interpretación de la información	50
3.9. Técnicas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas	51
3.10 Validación de instrumentos por expertos	52
3.10.1. Validación del contenido mediante V de Aiken	52
3.10.2. Confiabilidad del instrumento mediante Alfa de Cronbach	53
3.11 Programa de intervención pedagógica	54
3.11.1 Principios de Diseño del Programa	57
3.11.2 Descripción detallada de cada Sesión	57

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados	58
4.1.1 Análisis descriptivo de la muestra	59
4.1.4. Síntesis del análisis de resultados	61
4.1.5 Análisis inferencial	63
4.1.5.1 Estadísticos descriptivos del análisis comparativo	64
4.2 Pruebas de hipótesis	71
4.3. Presentación y discusión de resultados	74
4.4. Limitaciones del estudio	78
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXOS	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Matriz de operacionalización de Variables	35
Tabla 2	Matriz de calificaciones por expertos	53
Tabla 3	Programación de las 6 Sesiones	56
Tabla 4	Características demográficas de la muestra de estudio ($n = 32$)	59
Tabla 5	Síntesis comparativa de medias por dimensiones de la variable dependiente	61
Tabla 6	Estadísticos descriptivos comparativos: pretest vs. posttest por dimensión ($n = 32$)	65
Tabla 7	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a las diferencias ($d_i = \text{POST} - \text{PRE}$) por dimensión	66
Tabla 8	Resultados de la prueba de Wilcoxon, prueba t de Student y tamaños del efecto por dimensión y para la hipótesis general ($n = 32$)	68
Tabla 9	Resumen de decisión estadística para la hipótesis general y las hipótesis específicas	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica de la Institución Educativa de Aplicación "Fortunato L. Herrera"	38
Figura 2 Esquema del diseño preexperimental	41
Figura 3 Características demográficas de la muestra de estudio (n = 32)	60
Figura 4 Comparación de medias pre test y post test por dimensión de resolución de problemas (PDRP-Pólya)	62
Figura 5 Comparación de medias por dimensión: pre test vs. post test (escala 0–20)	65
Figura 6 Distribución de estudiantes por nivel de logro: pre test vs. post test (n = 32)	70
Figura 7 Tamaño del efecto (r de Wilcoxon) por dimensión de la variable dependiente	74
Figura 8 Gráfico de dispersión: puntajes individuales pre test vs. post test	75

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la influencia de la robótica educativa en la resolución de problemas matemáticos en estudiantes de sexto grado de la UGEL-Cusco 2024. La investigación se fundamentó en la integración del microcontrolador ESP32 como un tutor algorítmico activo capaz de guiar las cuatro etapas del método heurístico de Pólya: comprensión, concepción de un plan, ejecución y visión retrospectiva.

Metodológicamente, se empleó un enfoque cuantitativo con un diseño preexperimental de grupo único con medición pretest y posttest. La muestra fue de tipo no probabilístico por conveniencia, conformada por 32 estudiantes de la Institución Educativa de Aplicación Fortunato L. Herrera. La recolección de datos se realizó mediante la técnica de la evaluación pedagógica, utilizando como instrumento la Prueba de Desempeño en Resolución de Problemas Matemáticos según el Modelo de Pólya (PDRP-Pólya), validada por juicio de expertos y con una confiabilidad de $\alpha=0.84$.

Los resultados demostraron una mejora estadísticamente significativa en todas las dimensiones evaluadas tras la aplicación de un programa de seis sesiones. El puntaje global de la muestra se incrementó en un 80.9%, desplazándose íntegramente de los niveles «En inicio» y «En proceso» hacia los niveles «Logro esperado» (84.4%) y «Logro destacado» (15.6%). Se aplicó la prueba de Wilcoxon, obteniendo un valor $Z = -4.937$ con $p < .001$ y un tamaño del efecto grande ($r = 0.87$) en todas las dimensiones. Se concluye que la robótica educativa, al actuar como un andamio cognitivo y sensorial, influye significativamente en el desarrollo del razonamiento heurístico en el nivel primario.

Palabras clave: Robótica Educativa, Resolución de Problemas Matemáticos, Método de Pólya, Microcontrolador ESP32

ABSTRACT

The present study aimed to determine the influence of educational robotics on mathematical problem-solving among sixth-grade students at UGEL-Cusco 2024. The research was based on the integration of the ESP32 microcontroller as an active algorithmic and sensory tutor, programmed to guide the four stages of Pólya's heuristic method: understanding the problem, devising a plan, carrying out the plan, and looking back.

Methodologically, a quantitative approach was employed with a pre-experimental single-group design with pre-test and post-test measurements. The sample was non-probabilistic by convenience, consisting of 32 students from the I.E. Fortunato L. Herrera. Data collection was carried out through the pedagogical evaluation technique, using the Mathematical Problem-Solving Performance Test according to Pólya's Model (PDRP-Pólya). The instrument demonstrated excellent content validity (Aiken's $V = 83.67\%$) and good reliability ($\alpha = 0.84$).

The results showed a statistically significant improvement in all evaluated dimensions. The global score of the sample increased by 80.9%, resulting in 100% of the students reaching the levels of «Expected Achievement» (84.4%) and «Outstanding Achievement» (15.6%). After applying the Wilcoxon test, a value of $Z = -4.937$ with $p < .001$ and a large effect size ($r = 0.87$) was obtained across all specific hypotheses. It is concluded that educational robotics significantly influences mathematical competence by acting as a cognitive scaffold that externalizes reasoning and provides immediate feedback.

Keywords: Educational Robotics, Mathematical Problem-solving, Pólya's method, ESP32 Microcontroller.

INTRODUCCIÓN

La educación matemática en el nivel primario ha transitado de un enfoque centrado en el cálculo mecánico hacia uno orientado a la resolución de problemas como eje de la alfabetización científica. A nivel internacional, los resultados de evaluaciones estandarizadas señalan que el estudiante enfrenta dificultades persistentes para transitar desde la lectura de un enunciado hasta la verificación de una solución. En el contexto peruano, y específicamente en la región de Cusco, esta brecha se manifiesta en la limitación para aplicar estrategias heurísticas sistemáticas, lo que compromete el desarrollo del pensamiento lógico y la autonomía cognitiva de los niños.

Frente a esta realidad, la robótica educativa surge no solo como un recurso motivacional, sino como un andamio cognitivo capaz de materializar procesos abstractos. La presente investigación se propuso determinar la influencia de un programa de robótica educativa en la capacidad de resolución de problemas en estudiantes de sexto grado de la Institución Educativa Fortunato L. Herrera de la UGEL-Cusco durante el año 2024. La propuesta innovadora consistió en utilizar el microcontrolador ESP32 como un tutor sensorial que guio al estudiante a través de las cuatro etapas del modelo de Pólya, ofreciendo retroalimentación inmediata mediante locuciones y señales lumínicas.

El estudio se estructuró en cinco capítulos fundamentales. El Capítulo I aborda el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación de la investigación. El Capítulo II desarrolla el marco teórico, analizando las dimensiones de la resolución de problemas y los fundamentos de la robótica educativa, además de las hipótesis que orientaron el estudio. El Capítulo III detalla la metodología cuantitativa y el diseño preexperimental aplicado. El

Capítulo IV presenta el procesamiento estadístico y la discusión de los hallazgos, donde se evidencia el impacto positivo de la intervención. Finalmente, el Capítulo V expone las conclusiones y recomendaciones derivadas de la evidencia empírica.

Se espera que los resultados de esta tesis contribuyan a que la comunidad académica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y las autoridades de la UGEL-Cusco cuenten con un precedente sólido sobre la integración de tecnologías emergentes en el currículo nacional, demostrando que la robótica, cuando está pedagógicamente mediada, es una herramienta potente para transformar el aprendizaje matemático en la región.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

A nivel global, la educación primaria enfrenta el desafío ineludible de desarrollar competencias matemáticas que trasciendan la memorización algorítmica y promuevan el pensamiento crítico, lógico y creativo. La resolución de problemas matemáticos se ha consolidado como un eje estructurante en los currículos contemporáneos, pues no solo implica la aplicación de operaciones aritméticas, sino la capacidad de comprender contextos complejos, diseñar estrategias viables, ejecutarlas con precisión metacognitiva y reflexionar sobre la validez de los resultados obtenidos (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OECD], 2023). Sin embargo, los informes internacionales evidencian que una proporción significativa de estudiantes no logra alcanzar los niveles esperados en esta competencia. Los resultados de la prueba PISA 2022 revelaron que, en promedio, solo el 31 % de los estudiantes evaluados en países miembros de la OCDE alcanzó el nivel mínimo de competencia matemática, mientras que en América Latina la cifra se ubicó por debajo del umbral crítico, reflejando una brecha estructural que se profundizó tras la interrupción de la presencialidad educativa durante la pandemia (OECD, 2023; Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2022). Esta realidad obliga a repensar los enfoques pedagógicos tradicionales y a integrar mediadores tecnológicos que potencien el razonamiento heurístico desde los primeros grados de escolarización.

En el contexto peruano, la situación no dista de esta tendencia regional. Según los resultados de la Evaluación Censal de Estudiantes (ECE) 2022, apenas el 14.3 % de los

estudiantes de sexto grado de primaria alcanzó el nivel satisfactorio en matemáticas, lo que indica que más de ocho de cada diez niños presentan dificultades para aplicar conocimientos matemáticos en situaciones contextualizadas o no rutinarias (Ministerio de Educación del Perú [Minedu], 2023). Este déficit se atribuye a múltiples factores interrelacionados: prácticas pedagógicas centradas en la repetición de procedimientos mecánicos, escasa articulación entre los contenidos curriculares y la realidad sociocultural del estudiante, limitaciones en la formación docente para el diseño de secuencias didácticas basadas en la indagación, y una infraestructura tecnológica desigual que dificulta la implementación sostenida de entornos de aprendizaje innovadores (Instituto Peruano de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad de la Educación Básica [IEE], 2022; Minedu, 2023). Ante este escenario, el Currículo Nacional de la Educación Básica (CNEB) establece explícitamente la necesidad de promover enfoques pedagógicos que integren la resolución de problemas como núcleo del área de Matemática, favoreciendo la autonomía, el trabajo colaborativo y el uso de recursos tecnológicos que enriquezcan la experiencia de aprendizaje (Minedu, 2016, actualizado en lineamientos técnicos 2020-2023).

La robótica educativa emerge, en este marco normativo y pedagógico, como una intervención con un potencial transformador documentado en la literatura científica reciente. Diversas investigaciones demuestran que la interacción con plataformas robóticas programables no solo fomenta el pensamiento computacional, sino que también actúa como mediador cognitivo para la resolución de problemas matemáticos al externalizar el razonamiento interno, visualizar conceptos abstractos y ofrecer retroalimentación inmediata y tangible (Su et al., 2022; UNESCO, 2022). Al manipular componentes físicos, programar secuencias lógicas y observar las consecuencias de sus decisiones en un entorno controlado, los estudiantes transitan por etapas de planificación, ejecución y verificación que coinciden

estructuralmente con el método heurístico propuesto por Polya (1945), cuya vigencia ha sido revalidada en estudios contemporáneos que destacan su compatibilidad con tecnologías emergentes (Mousoulides y Sriraman, 2021; Katz y González, 2022). La integración explícita de la robótica educativa con las dimensiones de Polya: comprensión del problema, concepción de un plan, ejecución del plan y visión retrospectiva; permite convertir la programación en un andamiaje metodológico que guía al estudiante desde la identificación de variables hasta la validación crítica de sus soluciones (Zhang y Lin, 2023; Rodríguez et al., 2024).

No obstante, la implementación de estas estrategias en el sistema educativo peruano, y particularmente en la región Cusco, enfrenta barreras estructurales y pedagógicas documentadas en diagnósticos institucionales recientes. La UGEL Cusco atiende a instituciones educativas con realidades socioeconómicas heterogéneas, donde la brecha digital se manifiesta no solo en el acceso a dispositivos, sino en la capacidad pedagógica para integrarlos con sentido didáctico y evaluación formativa. Estudios regionales indican que, pese a los esfuerzos por incorporar tecnologías en el aula, prevalece un uso instrumental o recreativo de la robótica, sin una articulación curricular explícita con las competencias matemáticas ni una secuencia metodológica que promueva la resolución sistemática de problemas (Quispe y Huamán, 2023; Vargas y Condori, 2024). Además, la formación docente en robótica educativa suele centrarse en aspectos técnicos (ensamblaje, codificación básica) y descuida la dimensión pedagógica, metodológica y evaluativa necesaria para transformar la práctica en un proceso de aprendizaje significativo y alineado al CNEB (IEE, 2022; OECD, 2023).

En el ámbito específico de las instituciones de educación primaria bajo la jurisdicción de la UGEL Cusco, los informes de gestión pedagógica y las observaciones de aula revelan que los estudiantes de sexto grado presentan dificultades recurrentes en las cuatro etapas de la

resolución de problemas: confunden datos relevantes con irrelevantes, seleccionan estrategias de manera intuitiva sin planificación explícita, cometen errores procedimentales por falta de monitoreo durante la ejecución y omiten la validación crítica de sus respuestas (Minedu, 2023; UGEL Cusco, 2023). Estas limitaciones se ven exacerbadas por metodologías tradicionales que priorizan la resolución mecánica de ejercicios sobre el desarrollo del razonamiento heurístico. Frente a esta realidad, la incorporación de un programa estructurado de robótica educativa, diseñado con base en la mediación metodológica de Polya y la interacción tecnológica progresiva, representa una oportunidad pedagógica para transformar la enseñanza de las matemáticas en la región, especialmente si se implementa bajo un diseño preexperimental que permita medir su influencia con rigor estadístico y validez interna.

Sin embargo, existe un vacío empírico documentado sobre el impacto de intervenciones que articulen explícitamente la robótica educativa con el método de Polya en el contexto cusqueño. La mayoría de los estudios disponibles se centran en niveles secundarios o universitarios, en entornos con alta dotación tecnológica, o evalúan únicamente el pensamiento computacional, dejando de lado la incidencia directa en las dimensiones cognitivas de la resolución de problemas matemáticos en educación primaria (Zhang y Lin, 2023; Rodríguez et al., 2024). Esta brecha de conocimiento limita la capacidad de los gestores educativos y docentes para tomar decisiones informadas sobre la integración pedagógica de la robótica, perpetuando un ciclo de innovación tecnológica sin validación empírica local y desaprovechando el potencial de la tecnología como mediador cognitivo. De no abordarse esta problemática, se corre el riesgo de profundizar las brechas de aprendizaje matemático, limitar el desarrollo de competencias del siglo XXI en la población estudiantil cusqueña y consolidar prácticas pedagógicas descontextualizadas que no responden a las demandas del CNEB ni a los estándares internacionales de evaluación. Por ello, resulta imperativo investigar, desde un

enfoque cuantitativo y un diseño preexperimental, en qué medida la robótica educativa influye en la resolución de problemas matemáticos en estudiantes de sexto grado de la UGEL Cusco 2024, generando evidencia científica aplicable, replicable y alineada a los objetivos estratégicos del Ministerio de Educación y la UNESCO para una educación innovadora, inclusiva y centrada en el desarrollo integral del estudiante.

En este contexto regional se enmarca la Institución Educativa de Aplicación Fortunato L. Herrera, ubicada en la ciudad del Cusco y bajo la jurisdicción de la UGEL Cusco, institución educativa pública de gestión mixta que atiende a estudiantes de los niveles primario y secundario y que, por su condición de institución de aplicación, cumple además una función de práctica pedagógica para futuros docentes de la región. De acuerdo con los registros de la coordinación pedagógica y las actas de evaluación del área de Matemática correspondientes al sexto grado de primaria, un número considerable de estudiantes presenta dificultades recurrentes para resolver problemas matemáticos contextualizados: confunden los datos relevantes de un enunciado, no logran plantear un plan de solución antes de operar, cometen errores de cálculo por falta de verificación y rara vez revisan la coherencia de sus respuestas finales. Esta situación, observada de manera directa en las aulas de sexto grado de la institución, motivó la selección de dicho grado y de esta institución educativa específica como escenario del presente estudio, al constituir un caso representativo de la problemática descrita a nivel regional y, a la vez, un contexto viable para implementar y evaluar la intervención con robótica educativa propuesta.

1.2. Formulación del problema

a) Problema general

¿En qué medida influye la robótica educativa en la resolución de problemas matemáticos en estudiantes de 6.º grado de la UGEL-Cusco 2024?

b) Problemas específicos

1. ¿En qué medida influye la robótica educativa en la comprensión del problema?
2. ¿En qué medida influye la robótica educativa en la concepción de un plan de resolución?
3. ¿En qué medida influye la robótica educativa en la ejecución del plan matemático?
4. ¿En qué medida influye la robótica educativa en la visión retrospectiva y revisión de resultados?

1.3. Justificación de la investigación

La presente investigación responde a la necesidad urgente de transformar las prácticas pedagógicas en el área de Matemática para el nivel primario, alineándose con los lineamientos curriculares vigentes y los estándares internacionales de competencia matemática. La integración de la robótica educativa como intervención pedagógica estructurada no constituye únicamente una innovación tecnológica, sino una oportunidad académica y social para fundamentar, validar y optimizar estrategias didácticas que potencien el razonamiento heurístico desde edades tempranas. A continuación, se fundamentan los argumentos que avalan la relevancia teórica, práctica y metodológica de este estudio, garantizando su coherencia con los objetivos institucionales de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y con los estándares de rigor científico exigidos en investigaciones de posgrado.

1.3.1 Justificación teórica

Desde una perspectiva teórica, esta investigación contribuye a la actualización y validación de los marcos conceptuales que vinculan la tecnología educativa con el desarrollo del pensamiento matemático en la infancia. Si bien el método heurístico de Polya ha sido ampliamente reconocido en la didáctica de la matemática, su operativización en entornos digitales y robóticos requiere una reconceptualización contemporánea que dialogue con las teorías del aprendizaje situado, el constructivismo tecnológico y la cognición distribuida. Estudios recientes han demostrado que la interacción con sistemas robóticos programables externaliza los procesos cognitivos implícitos, permitiendo a los estudiantes visualizar, depurar y refinar sus estrategias de resolución en tiempo real (Su et al., 2022; Zhang y Lin, 2023). No obstante, la literatura especializada señala una fragmentación teórica relevante: por un lado, abundan investigaciones centradas en el pensamiento computacional aislado del currículo matemático; por otro, se mantiene un enfoque tradicional de la resolución de problemas sin mediación tecnológica significativa. Este estudio cierra dicha brecha al articular explícitamente las dimensiones de interacción tecnológica y mediación metodológica basada en Polya, generando un modelo integrador que explica cómo la robótica educativa actúa como andamio cognitivo para las cuatro etapas de resolución matemática.

Asimismo, la investigación aporta evidencia empírica al debate académico sobre la transferencia de competencias tecnológicas a dominios disciplinares específicos, reforzando la validez del Currículo Nacional de la Educación Básica peruano y los marcos internacionales de la UNESCO (2022) que promueven la educación STEM como eje estructurante del currículo contemporáneo. Al validar estadísticamente la relación entre la intervención robótica estructurada y las dimensiones cognitivas de la resolución de problemas, se enriquece el corpus teórico de la didáctica de la matemática en la región andina. Este aporte es

particularmente valioso porque ofrece una base conceptual verificable y actualizada para futuras investigaciones sobre tecnología educativa en contextos de diversidad sociocultural y lingüística, superando la reproducción acrítica de modelos pedagógicos desarrollados en entornos con alta dotación tecnológica y homogeneidad social.

1.3.2 Justificación práctica

En el plano práctico, los hallazgos de esta investigación ofrecen herramientas concretas y aplicables para la mejora inmediata de la enseñanza de la matemática en las instituciones educativas bajo la jurisdicción de la UGEL Cusco. Para los estudiantes de sexto grado de primaria, la implementación del programa de robótica educativa se traduce en una experiencia de aprendizaje significativa que incrementa la motivación intrínseca, reduce la ansiedad matemática y fortalece la autonomía en la resolución de problemas contextualizados. La evidencia internacional y nacional indica que el acceso a mediadores tecnológicos bien estructurados mejora significativamente el desempeño en competencias matemáticas, especialmente cuando se alinean con secuencias didácticas progresivas y retroalimentación formativa inmediata (OECD, 2023; Ministerio de Educación del Perú, 2023).

Para los docentes, esta investigación proporciona un protocolo pedagógico replicable que integra la robótica educativa con el método de Polya, superando el uso instrumental o recreativo de la tecnología y promoviendo una práctica reflexiva basada en evidencia. La estructuración de sesiones que vinculan el reconocimiento de componentes tecnológicos con la planificación, ejecución y revisión de estrategias matemáticas permite al docente transformar su rol de transmisor de contenidos a facilitador de procesos cognitivos complejos. Asimismo, los directivos y especialistas pedagógicos de la UGEL Cusco dispondrán de datos cuantitativos confiables para orientar la capacitación docente continua, la asignación

estratégica de recursos tecnológicos y la planificación curricular institucional, alineándose con los objetivos del Plan de Mejora Continua de la Calidad Educativa regional.

A nivel macro, los resultados sirven como insumo técnico para la formulación de políticas públicas regionales y nacionales que prioricen la integración pedagógica de la robótica en primaria, garantizando equidad digital y optimizando la inversión en infraestructura tecnológica. La transferencia de estos resultados a otras jurisdicciones educativas del sur peruano es viable, dado que el diseño de la intervención considera variables contextuales propias de la región, lo que asegura su pertinencia y sostenibilidad a largo plazo. Finalmente, la validación de esta intervención contribuye a la democratización del conocimiento tecnológico en la educación pública, asegurando que los estudiantes cusqueños desarrollen competencias del siglo XXI sin depender exclusivamente de entornos privados o urbanos de alto desarrollo.

1.3.3 Justificación metodológica

Desde una perspectiva metodológica, este estudio aporta un diseño preexperimental cuantitativo rigurosamente estructurado que permite medir la influencia de la variable independiente sobre la variable dependiente con validez interna y control de sesgos relevantes. La elección de este diseño responde a la necesidad de generar evidencia estadística sólida en un contexto donde predominan las investigaciones cualitativas o descriptivas sobre tecnología educativa. La operacionalización de variables se realiza mediante indicadores precisos y medibles, alineados con la matriz de consistencia: la interacción tecnológica y la mediación metodológica en la variable independiente, y la comprensión, concepción del plan, ejecución y visión retrospectiva en la variable dependiente. Esta estructura garantiza la construcción o

adaptación de instrumentos de medición validados por juicio de expertos y sometidos a pruebas de confiabilidad estadística, cumpliendo con los estándares psicométricos exigidos por la comunidad científica (American Psychological Association, 2020; Minedu, 2023).

El protocolo de aplicación incluye un pretest y un posttest aplicados al mismo grupo experimental, lo que permite calcular el tamaño del efecto y la significancia estadística mediante pruebas paramétricas o no paramétricas según la distribución de los datos, asegurando la robustez de los hallazgos. La metodología propuesta también establece criterios éticos claros, como el consentimiento informado de los padres o apoderados, la confidencialidad estricta de los datos, la no discriminación en el acceso a la intervención y el uso pedagógico y no coercitivo de la tecnología, alineándose con las directrices internacionales de investigación con menores de edad y los protocolos de los comités de ética institucionales.

Finalmente, la documentación exhaustiva del procedimiento de intervención, la transparencia en el análisis de datos y la disponibilidad de los instrumentos y matrices en los anexos facilitan la replicabilidad del estudio en otros contextos educativos. Este rigor metodológico contribuye a la estandarización de diseños cuantitativos para evaluar intervenciones tecnológicas en la educación básica peruana, ofreciendo a la comunidad académica un referente metodológico verificable que puede ser adaptado a diferentes niveles educativos, variables curriculares o entornos geográficos, cumpliendo así con los estándares de producción científica de la Escuela de Posgrado de la UNSAAC.

1.4. Objetivos de la investigación

a) Objetivo general

Determinar la influencia de la robótica educativa en la resolución de problemas matemáticos en estudiantes de 6.º grado de la UGEL-Cusco 2024.

b) Objetivos específicos

1. Evaluar la influencia de la robótica educativa en la comprensión del problema.
2. Analizar la influencia de la robótica educativa en la concepción de un plan de resolución.
3. Determinar la influencia de la robótica educativa en la ejecución del plan matemático.
4. Comprobar la influencia de la robótica educativa en la visión retrospectiva y revisión de resultados.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Bases teóricas

La fundamentación teórica de esta investigación se articula en torno a tres ejes conceptuales interrelacionados: la robótica educativa como mediador pedagógico en la educación primaria, el método heurístico de Pólya como estructura cognitiva para la resolución de problemas matemáticos, y la sinergia teórica entre la programación tangible con microcontroladores (ESP32) y la secuenciación metodológica. Cada eje se desarrolla en consonancia con las dimensiones e indicadores establecidos en la matriz de consistencia, garantizando coherencia epistemológica y operativa con el diseño cuantitativo preexperimental.

2.1.1. La robótica: definición, evolución y clasificación general

Antes de abordar su aplicación pedagógica, resulta necesario delimitar el concepto de robótica como disciplina. La robótica es el campo de la ciencia y la ingeniería que se ocupa del diseño, construcción, operación y programación de robots, entendidos estos como sistemas electromecánicos capaces de percibir su entorno, procesar información y actuar sobre él de manera automática o autónoma. La norma internacional ISO 8373 define al robot como un mecanismo programable que ejecuta tareas con cierto grado de autonomía mediante el movimiento en su entorno, integrando los tres subsistemas que se detallan más adelante: percepción, procesamiento y acción (Barrientos et al., 2007; Siciliano y Khatib, 2016).

El término robot fue introducido en 1920 por el escritor checo Karel Capek en su obra R.U.R. (Rossum's Universal Robots), derivado de la palabra robota, que alude al trabajo

forzado; posteriormente, el término robótica fue acuñado por el escritor Isaac Asimov para designar la ciencia que estudia estos dispositivos, según refieren Siciliano y Khatib (2016) en su recuento histórico del campo. De un origen vinculado a la automatización industrial, la robótica ha evolucionado hasta convertirse en un campo transversal que dialoga con la informática, la electrónica y, de manera creciente, con la educación (Siciliano y Khatib, 2016).

Según su finalidad y su campo de aplicación, la robótica suele clasificarse en cuatro grandes categorías. La robótica industrial agrupa los brazos y manipuladores que ejecutan tareas repetitivas de manufactura. La robótica de servicio comprende los dispositivos que asisten al ser humano en tareas cotidianas, médicas o de exploración. La robótica móvil y social abarca los robots que se desplazan e interactúan con las personas, incluidos los humanoides. Finalmente, la robótica educativa, foco de esta investigación, emplea robots y sus componentes no como un fin productivo, sino como un recurso didáctico orientado a desarrollar competencias cognitivas en el estudiante (UNESCO, 2022; Su et al., 2022).

Es esta última categoría la que articula la presente investigación, en tanto el dispositivo basado en ESP32 no persigue un objetivo industrial ni de servicio, sino convertirse en un mediador del aprendizaje matemático. Sus fundamentos pedagógicos, su funcionamiento como andamio cognitivo y sus aplicaciones concretas en el aula de educación primaria se desarrollan en los apartados siguientes.

2.1.2. Robótica educativa como intervención pedagógica en la educación primaria

La robótica educativa se configura como un enfoque pedagógico que integra el diseño, programación y manipulación de dispositivos físicos para promover el aprendizaje activo, el pensamiento lógico y la resolución colaborativa de tareas. A diferencia del uso instrumental de la tecnología, la robótica educativa opera como un andamio cognitivo que externaliza procesos mentales abstractos, permitiendo a los estudiantes visualizar, probar y depurar sus

estrategias en entornos controlados y retroalimentados (Su et al., 2022; UNESCO, 2022). En el nivel de educación primaria, esta mediación resulta particularmente efectiva porque coincide con la etapa de operaciones concretas descritas por Piaget, donde la manipulación física de objetos programables facilita la transición hacia el pensamiento formal y la abstracción matemática (Bers et al., 2021; Papert, 2020).

La dimensión de Interacción Tecnológica, operacionalizada mediante el reconocimiento de definiciones, componentes y aplicaciones del robot, se sustenta en la teoría del aprendizaje situado y la cognición distribuida. Según estas perspectivas, el conocimiento no reside exclusivamente en el individuo, sino que emerge de la interacción dinámica entre el sujeto, las herramientas tecnológicas y el contexto de tarea (Hernández y López, 2022; Zhang y Lin, 2023). En este marco, el microcontrolador ESP32 se selecciona como plataforma base por su arquitectura abierta, su capacidad de procesamiento en tiempo real y su accesibilidad económica, lo que permite su implementación sostenible en instituciones públicas sin depender de entornos tecnológicos de alto costo. La programación del dispositivo para guiar secuencias pedagógicas transforma la tecnología en un agente mediador que responde a las acciones del estudiante, generando ciclos de acción, observación y ajuste que fortalecen la autonomía y la autorregulación metacognitiva (Rodríguez et al., 2024; OECD, 2023).

La robótica educativa hunde sus raíces en el construccionismo de Seymour Papert, discípulo de Piaget, quien sostuvo que el aprendizaje más profundo no ocurre cuando el estudiante recibe información, sino cuando construye activamente un objeto tangible y significativo que puede mostrar, compartir y depurar (Papert, 2020; Bers et al., 2021). En esta perspectiva, el robot deja de ser un contenido a estudiar y se convierte en un "objeto para pensar con", es decir, un artefacto que vuelve visibles y manipulables las ideas abstractas del niño. El programa LOGO y su tortuga programable, antecedente directo de los robots

educativos actuales, demostraron que al ordenar a un dispositivo que se mueva, el estudiante debe pensar primero como se piensa para resolver: descomponiendo el problema en pasos finitos y lógicos.

Esta herencia teórica explica por qué la robótica resulta especialmente fértil en la resolución de problemas matemáticos. Cuando el estudiante programa una secuencia y el robot no responde como esperaba, el error no se vive como fracaso, sino como información que invita a revisar el plan: es la depuración, equivalente práctico de la visión retrospectiva de Pólya. Así, el construccionismo aporta el principio rector de esta investigación: la matemática se aprende mejor haciéndola visible y corregible en un objeto que actúa, y no memorizando procedimientos en abstracto (Papert, 2020; Mousoulides y Sriraman, 2021).

2.1.3. El método heurístico de Pólya y su adaptación tecnológica contemporánea

El modelo heurístico propuesto por George Pólya (1945) sigue constituyendo el referente estructural más sólido para la enseñanza de la resolución de problemas matemáticos. Su propuesta se organiza en cuatro fases interdependientes: comprensión del problema, concepción de un plan, ejecución del plan y visión retrospectiva. Si bien fue formulado en un contexto analógico, investigaciones recientes han validado su vigencia y han demostrado su compatibilidad con entornos digitales y robóticos que requieren secuenciación lógica, depuración iterativa y validación de resultados (Mousoulides y Sriraman, 2021; Katz y González, 2022). La dimensión de Mediación Metodológica (Pólya) se fundamenta en la teoría del andamiaje instruccional de Vygotsky, donde el docente o el artefacto tecnológico provee apoyo temporal que se retira progresivamente a medida que el estudiante internaliza la estrategia (Wood et al., 2020; Ministerio de Educación del Perú, 2023).

En la actualidad, la robótica educativa permite operacionalizar cada fase de Pólya mediante prompts estructurados, validación automática y retroalimentación inmediata. La comprensión del problema se potencia cuando el robot solicita la identificación explícita de datos, incógnitas y condiciones antes de iniciar cualquier secuencia de movimiento o cálculo. La concepción del plan se facilita mediante la programación por bloques o código textual que obliga al estudiante a anticipar pasos, seleccionar operaciones y simular escenarios antes de la ejecución física. La ejecución se materializa en la puesta en marcha del robot, donde el error se convierte en información valiosa para la depuración, no en fracaso pedagógico. Finalmente, la visión retrospectiva se activa mediante rutinas de verificación automatizada y registros de desempeño que invitan a la reflexión sobre la eficiencia del camino seguido (Zhang y Lin, 2023; UNESCO, 2022). Esta articulación teórica transforma la programación en un lenguaje heurístico tangible, alineado con los indicadores de la matriz de consistencia.

2.1.4. Resolución de problemas matemáticos: procesos cognitivos y dimensiones evaluativas

La resolución de problemas matemáticos en estudiantes de sexto grado de primaria exige la movilización simultánea de competencias cognitivas, procedimentales y metacognitivas. El Currículo Nacional de la Educación Básica peruano la define como una competencia transversal que implica contextualizar situaciones, modelarlas matemáticamente, aplicar estrategias válidas y validar los resultados en función del contexto real (Ministerio de Educación del Perú, 2016, actualizado en 2023). Las cuatro dimensiones evaluadas en esta investigación corresponden a la estructura epistemológica de Pólya y se operacionalizan mediante indicadores observables y medibles.

La dimensión de Comprensión evalúa la capacidad del estudiante para identificar datos relevantes, distinguir incógnitas y reconocer condiciones implícitas o explícitas del problema.

La evidencia internacional indica que las dificultades en esta etapa son la principal causa de errores posteriores, pues una representación mental incompleta distorsiona todo el proceso resolutorio (OECD, 2023; IEE, 2022). La dimensión de Concepción de un plan se refiere a la selección y organización de estrategias matemáticas, incluyendo la gestión de datos, la priorización de operaciones y la anticipación de posibles obstáculos. Estudios recientes demuestran que los estudiantes que reciben mediación tecnológica estructurada mejoran significativamente en esta fase al visualizar múltiples caminos resolutorios antes de actuar (Su et al., 2022; Hernández y López, 2022).

La dimensión de Ejecución del plan mide la precisión procedimental, la aplicación de algoritmos o estrategias seleccionadas y la obtención de soluciones numéricas o simbólicas. En esta etapa, la robótica actúa como un ejecutor controlado que refleja fielmente las decisiones del estudiante, haciendo visibles los errores de cálculo o de lógica. La dimensión de Visión retrospectiva, frecuentemente omitida en la práctica tradicional, evalúa la verificación de la respuesta, la comparación con estimaciones previas y la reflexión sobre la eficiencia del método utilizado. La literatura contemporánea enfatiza que la validación crítica es el componente más predictivo del aprendizaje transferible y la autonomía matemática (Mousoulides Sriraman, 2021; Rodríguez et al., 2024). La integración de estas dimensiones en un instrumento estructurado garantiza la validez de constructo y la sensibilidad para detectar cambios atribuibles a la intervención.

2.1.5. Sinergia teórica entre robótica programable (ESP32) y mediación metodológica

La articulación entre la plataforma robótica basada en ESP32 y el método de Pólya se fundamenta en la teoría de la cognición encarnada y el aprendizaje mediado por artefactos tangibles. Más allá de sus componentes electrónicos, el dispositivo se conceptualiza como un nodo de interacción pedagógica que materializa secuencias lógicas, permitiendo al estudiante

traducir abstracciones matemáticas en acciones observables, depurables y retroalimentadas en tiempo real. Cuando se programa para guiar explícitamente las etapas de resolución, el sistema opera como un tutor algorítmico que estructura el pensamiento mediante restricciones cognitivas productivas (Katz y González, 2022; Zhang y Lin, 2023).

Desde una perspectiva teórico-metodológica, esta sinergia se sustenta en tres principios fundamentales. Primero, la externalización progresiva: la interfaz robótica exige que el estudiante verbalice, esquematice o codifique cada fase antes de avanzar, reduciendo la carga cognitiva intrínseca y liberando recursos mentales para el razonamiento estratégico. Segundo, la retroalimentación formativa automatizada: el dispositivo valida condiciones lógicas y metodológicas en tiempo real, corrigiendo desvíos procedimentales sin estigmatizar el error, lo que fortalece la autorregulación y la perseverancia académica (OECD, 2023; Bers et al., 2021). Tercero, la transferencia de competencia: al internalizar la secuencia poliana mediada por tecnología tangible, el estudiante construye esquemas mentales reutilizables aplicables a problemas no tecnológicos, garantizando que la intervención impacte directamente en la competencia matemática general y no se limite al dominio informático (UNESCO, 2022; Hernández y López, 2022).

Esta base teórica sustenta las hipótesis del estudio, al demostrar que la robótica educativa, cuando se diseña con intención didáctica explícita y se alinea con un modelo heurístico validado, actúa como un catalizador del razonamiento matemático. La operacionalización de las variables mediante los indicadores de la matriz de consistencia, la validación psicométrica de los instrumentos y la aplicación en un diseño preexperimental aseguran que la investigación genere evidencia empírica rigurosa, replicable y aplicable a la mejora de la práctica docente en la educación primaria peruana.

2.1.6. Arquitectura y funcionalidad de la robótica educativa: El ecosistema ESP32

La efectividad de la robótica educativa no depende únicamente del software, sino de la capacidad del hardware para interactuar con el mundo físico. En esta investigación, el robot se define como un sistema electromecánico programable compuesto por tres subsistemas críticos: el subsistema de procesamiento (cerebro), el subsistema sensorial (percepción) y el subsistema actuador (acción) (Hernández y López, 2022; Su et al., 2022).

- **Subsistema de procesamiento (ESP32):** Se selecciona este microcontrolador por su arquitectura de doble núcleo y conectividad integrada (Wi-Fi y Bluetooth), lo que permite una respuesta en tiempo real durante la ejecución del plan matemático. Su versatilidad facilita que estudiantes de sexto grado transiten de una programación por bloques hacia una comprensión de la lógica computacional (Rodríguez et al., 2024).
- **Subsistema sensorial y actuador:** Los sensores permiten que el robot recoja datos del entorno (como distancias o colores en una feria artesanal de Pisac, por ejemplo), mientras que los actuadores (servomotores) ejecutan el desplazamiento físico. Esta interacción es la que permite materializar la fase de ejecución del plan de Pólya (Zhang y Lin, 2023).
- **Tipologías y aplicaciones en el aula:** Se opta por un robot construido y programado (tipo modular), que fomenta el pensamiento de diseño. A diferencia de los robots cerrados, este modelo permite que el estudiante comprenda la causalidad entre una conexión física y un resultado matemático observable (OECD, 2023; Ministerio de Educación del Perú, 2023).

2.1.7. La retroalimentación verbal del robot: la voz como mediadora del razonamiento heurístico

Un rasgo distintivo de la intervención desarrollada en esta investigación es que el sistema robótico basado en ESP32 no se limitó a ejecutar movimientos, sino que enunció

oralmente, a través de un módulo de audio, cada una de las fases del método de Pólya durante las seis sesiones aplicadas. Esta característica exige un sustento teórico propio, pues la modalidad en que se presenta la información a un estudiante de primaria condiciona directamente la profundidad de su aprendizaje.

El fundamento principal de esta decisión metodológica se encuentra en la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia de Mayer (2009), la cual sostiene que el ser humano procesa la información mediante dos canales independientes y de capacidad limitada: el canal visual y el canal auditivo. Cuando una instrucción se presenta únicamente como texto en una pantalla, el canal visual se sobrecarga, pues debe atender simultáneamente la lectura y la observación de la tarea. En cambio, el principio de modalidad establece que las personas aprenden de manera más profunda cuando las palabras se presentan como narración hablada acompañada de una acción visual, en lugar de como texto escrito sobre la pantalla (Mayer y Moreno, 2003; Moreno y Mayer, 1999). Al escuchar al robot decir “primero, identifica los datos del problema” mientras observa su desplazamiento físico, el estudiante distribuye la carga cognitiva entre ambos canales, liberando recursos mentales para concentrarse en el razonamiento matemático y no en el esfuerzo de decodificar un texto.

Esta externalización auditiva del procedimiento dialoga de forma directa con la propuesta original de Pólya (1945), quien estructuró su método como una secuencia de preguntas que el resolutor debe formularse a sí mismo en voz alta: ¿cuál es la incógnita?, ¿cuáles son los datos?, ¿es posible plantear el problema de otra manera? En la práctica tradicional, esa “voz interior” del maestro experto rara vez se hace explícita para el niño. El robot parlante materializa ese diálogo metacognitivo: convierte las preguntas heurísticas internas en un guion audible y repetible que acompaña al estudiante en cada fase, funcionando

como un tutor algorítmico verbal que andamia el pensamiento sin sustituir al docente (Mayer, 2009; Wood et al., 2020).

La evidencia sobre robots educativos con interfaz de voz respalda esta aproximación. Investigaciones con plataformas robóticas que dialogan oralmente con estudiantes de primaria muestran que la retroalimentación hablada incrementa la atención sostenida, reduce la ansiedad frente al error y favorece la perseverancia, al percibir el niño al dispositivo como un par afectivo que lo acompaña antes que como un evaluador (Pandey et al., 2022; Su et al., 2022). No obstante, la teoría también advierte un matiz que esta investigación reconoce de manera transparente: el principio de voz de Mayer (2009) señala que las voces naturales generan mejores resultados que las voces sintéticas o “de máquina”. Dado que el módulo de audio del ESP32 reproduce una voz sintetizada, esta característica se asume como una limitación controlada del diseño, mitigada mediante la claridad, la pausa y la repetición programada de los enunciados, y se deja señalada como una variable a optimizar en futuras réplicas del estudio.

2.1.8. Tipologías de la robótica educativa y justificación del modelo de hardware abierto

No toda robótica educativa produce los mismos efectos pedagógicos; su potencial depende del grado de apertura del dispositivo y del tipo de programación que habilita. La literatura especializada distingue, en términos generales, dos grandes familias. Por un lado, los robots de kit cerrado o comercial, que llegan preensamblados y ofrecen comportamientos predefinidos; si bien son atractivos y de rápida implementación, limitan la comprensión del estudiante a la operación superficial del aparato, sin acceso a la relación entre la conexión física y el resultado lógico. Por otro lado, los robots de hardware abierto y construido, basados en plataformas como Arduino o ESP32, exigen que el estudiante o el docente intervengan en

el ensamblaje y la programación, lo que fomenta el pensamiento de diseño y la comprensión causal del sistema (Su et al., 2022; UNESCO, 2022).

De manera complementaria, la robótica educativa se diferencia según su forma de programación: la programación por bloques, que mediante piezas gráficas encajables elimina la carga de la sintaxis textual y resulta idónea para el nivel primario, y la programación textual, de mayor exigencia cognitiva (Rodríguez et al., 2024). La presente investigación optó deliberadamente por un modelo de hardware abierto basado en ESP32 con mediación por bloques, decisión que responde a tres criterios alineados con la realidad de las instituciones de la UGEL Cusco: la accesibilidad económica frente a los kits comerciales importados, la sostenibilidad y reparabilidad local del dispositivo, y la capacidad de programar secuencias didácticas a medida que reproduzcan fielmente las cuatro fases del método de Pólya. Esta elección garantiza que la intervención sea replicable en contextos públicos de recursos limitados, sin depender de entornos tecnológicos de alto costo (OECD, 2023; Ministerio de Educación del Perú, 2023).

2.2. Marco conceptual (palabras clave)

El marco conceptual de esta investigación opera como un sistema de definiciones operativas y teóricas que delimita el sentido preciso de los términos centrales del estudio. Cada concepto se contextualiza dentro del enfoque cuantitativo preexperimental y se alinea con las dimensiones e indicadores establecidos en la matriz de consistencia, garantizando coherencia terminológica, validez de constructo y replicabilidad metodológica.

Robótica educativa. Enfoque pedagógico que integra el diseño, la programación y la manipulación de dispositivos físicos automatizados para facilitar el aprendizaje activo, el pensamiento lógico y la resolución colaborativa de tareas estructuradas. Se diferencia

del uso instrumental o recreativo de la tecnología al configurarse como un andamio cognitivo que externaliza procesos de razonamiento, permite la depuración iterativa de estrategias y genera retroalimentación inmediata y tangible (Su et al., 2022; UNESCO, 2022). En esta investigación, se concibe como una intervención pedagógica sistemática que articula hardware programable y secuencias didácticas explícitamente alineadas a las competencias matemáticas del nivel primario.

Resolución de problemas matemáticos. Competencia cognitiva y procedimental que implica la movilización integrada de conocimientos disciplinares, estrategias heurísticas y metacognición para enfrentar situaciones no rutinarias, modelar relaciones cuantitativas o espaciales, y validar resultados en función del contexto. El Currículo Nacional de la Educación Básica la establece como el eje articulador del área de Matemática, priorizando la comprensión situacional sobre la repetición algorítmica (Ministerio de Educación del Perú, 2023). Se operacionaliza mediante cuatro dimensiones interdependientes que estructuran el proceso resolutivo completo.

Método heurístico de Pólya. Estructura metacognitiva clásica que organiza la resolución de problemas en cuatro fases secuenciales: comprensión del enunciado, concepción de un plan, ejecución del procedimiento y visión retrospectiva. Investigaciones contemporáneas han validado su vigencia en entornos digitales, demostrando que funciona como un organizador anticipador que reduce la carga cognitiva intrínseca y promueve la autorregulación del aprendizaje matemático (Mousoulides y Sriraman, 2021; Katz y González, 2022). En este estudio, se adapta como secuencia instruccional mediada por tecnología robótica, donde cada fase se traduce en una interacción programable y verificable.

Interacción tecnológica. Dimensión de la variable independiente que refiere al nivel de engagement cognitivo y operativo del estudiante con los componentes del sistema robótico. Incluye la identificación de definiciones fundamentales, el reconocimiento funcional de hardware y la aplicación contextualizada de sus capacidades en tareas matemáticas. Se sustenta en perspectivas de aprendizaje situado que enfatizan la internalización del conocimiento mediante la manipulación física, la observación directa de efectos y la corrección continua de parámetros (Hernández y López, 2022; Rodríguez et al., 2024).

Mediación metodológica. Dimensión de la variable independiente que alude a la estructuración pedagógica de la intervención, donde el robot opera como tutor algorítmico que guía al estudiante por las etapas de resolución. Implica el seguimiento progresivo de instrucciones programadas, la validación de pasos intermedios y la transición controlada desde la dependencia instruccional hacia la autonomía resolutoria. Se fundamenta en el principio de andamiaje adaptativo, donde la tecnología dosifica la complejidad de la tarea en función del desempeño observable (Zhang y Lin, 2023; OECD, 2023).

Comprensión del problema. Dimensión de la variable dependiente que evalúa la capacidad del estudiante para decodificar enunciados, discriminar datos relevantes de información accesorio, identificar la incógnita principal y reconocer condiciones implícitas o explícitas. Constituye la base estructural del proceso resolutorio, pues una representación mental incompleta genera errores sistémicos en fases posteriores. En la intervención, se potencia mediante prompts robóticos que exigen la reformulación verbal, gráfica o esquemática del problema antes de autorizar el avance (IEE, 2022; OECD, 2023).

Concepción de un plan. Dimensión que mide la habilidad para seleccionar, organizar y secuenciar estrategias matemáticas viables antes de su implementación operativa. Incluye la gestión de datos, la elección de operaciones, la anticipación de obstáculos y la

elaboración de un algoritmo mental o programable. La evidencia reciente indica que la externalización de esta fase mediante entornos de programación estructurada mejora significativamente la planificación estratégica y reduce la impulsividad procedimental en estudiantes de primaria (Su et al., 2022; UNESCO, 2022).

Ejecución del plan. Dimensión que registra la aplicación precisa de los procedimientos seleccionados, el manejo correcto de operaciones matemáticas y la obtención de soluciones numéricas o simbólicas. En este estudio, se materializa en la interacción directa con el sistema robótico, donde la ejecución de comandos o código refleja fielmente la lógica matemática del estudiante. El dispositivo transforma el error en información depurable y no punitiva, facilitando la corrección en tiempo real sin interrumpir el flujo de aprendizaje (Katz y González, 2022; Rodríguez et al., 2024).

Visión retrospectiva. Dimensión que evalúa la capacidad de verificar la respuesta obtenida, contrastarla con estimaciones previas, analizar la eficiencia del método utilizado y transferir la estrategia a contextos análogos. Es el componente más predictivo de la autonomía matemática y del aprendizaje transferible, aunque frecuentemente omitido en prácticas evaluativas tradicionales. La retroalimentación automatizada del sistema robótico facilita esta etapa al generar registros estructurados de desempeño y promover la reflexión metacognitiva guiada (Mousoulides y Sriraman, 2021; Zhang y Lin, 2023).

Microcontrolador ESP32. Dispositivo electrónico de arquitectura abierta, bajo consumo energético y capacidad de procesamiento en tiempo real, seleccionado como plataforma base para la intervención pedagógica. Su relevancia educativa radica en su accesibilidad económica, su compatibilidad con lenguajes de programación visual y textual, y su capacidad para integrar sensores y actuadores que materializan conceptos abstractos. En el contexto de esta investigación, opera como un nodo de interacción tangible que traduce

instrucciones lógicas en respuestas físicas observables, permitiendo la secuenciación didáctica del método de Pólya sin depender de infraestructura tecnológica de alto costo (Bers et al., 2021; Hernández y López, 2022).

Pensamiento computacional. Proceso cognitivo de alto nivel que involucra la resolución de problemas mediante la descomposición de tareas complejas, el reconocimiento de patrones y el diseño de algoritmos lógicos. En la presente investigación, constituye la estructura mental que permite al estudiante de la UGEL Cusco transitar desde la abstracción matemática hacia la creación de un plan de resolución ejecutable por el sistema robótico. Actúa como un catalizador de la capacidad analítica al obligar al sujeto a estructurar pasos finitos y lógicos para alcanzar una solución verificable (UNESCO, 2022).

Programación por bloques. Entorno de desarrollo de software basado en la manipulación de elementos gráficos o piezas encajables que representan comandos lógicos, facilitando la construcción de secuencias de instrucciones sin la carga cognitiva de la sintaxis textual compleja. Su implementación en el sexto grado de educación primaria permite que el estudiante se centre exclusivamente en la mediación metodológica y en la lógica de resolución de problemas de cantidad, regularidad o gestión de datos. Se fundamenta en el aprendizaje visual y la reducción de la ansiedad tecnológica para potenciar la creatividad algorítmica (Rodríguez et al., 2024).

Depuración (Debugging). Procedimiento sistemático de identificación, análisis y corrección de errores en la lógica de programación o en la respuesta física del dispositivo robótico. Este concepto se vincula estrechamente con la dimensión de visión retrospectiva y revisión de resultados, promoviendo que el estudiante valide su camino resolutivo y realice ajustes basados en la retroalimentación automatizada que brinda el robot ante un resultado

inesperado. Transforma la naturaleza del error pedagógico en una fuente de información técnica y metacognitiva (Mousoulides y Sriraman, 2021).

Sensores y actuadores. Componentes técnicos periféricos que permiten la interacción dinámica entre el microcontrolador y el entorno físico real. Los sensores recopilan datos del contexto como distancias, colores o valores numéricos, mientras que los actuadores ejecutan el desplazamiento o la respuesta tangible del sistema. Estos elementos operacionalizan la dimensión de ejecución del plan matemático, permitiendo que la resolución de la situación problemática sea observable, medible y tangible dentro del espacio de aprendizaje. Su funcionalidad garantiza que la mediación tecnológica no sea solo una simulación digital, sino una experiencia de aprendizaje situado (Zhang y Lin, 2023).

Intervención pedagógica preexperimental. Diseño metodológico cuantitativo que aplica un tratamiento estructurado a un grupo único, midiendo su desempeño mediante evaluación inicial y final para determinar cambios atribuibles a la variable independiente. Se justifica por su viabilidad en contextos educativos reales donde la asignación aleatoria o el control estricto de variables externas resulta limitado por factores logísticos o administrativos. Su rigor depende de la validación psicométrica de los instrumentos, la estandarización del protocolo de aplicación y el uso de pruebas estadísticas que controlen sesgos de maduración o historia (Hernández Sampieri y Mendoza, 2023; CONCYTEC, 2021).

2.3. Antecedentes empíricos de la investigación (estado del arte)

2.3.1. Antecedentes internacionales

Varaman, Kumar, Abdul Rabu y Osman (2024) publicaron el artículo de investigación titulado «*The Effect of Educational Robots on Primary Schools' Mathematics Learning Achievement, Interest, and Attitude*», en la revista *Journal of Educators Online* (Malasia). El

estudio fue de tipo cuantitativo y cuasiexperimental. El objetivo consistió en determinar el efecto de la robótica educativa (robot Rero-Micro) frente al método tradicional con diapositivas y trabajo manual, sobre el logro de aprendizaje, el interés y la actitud hacia la matemática. La población y muestra estuvo conformada por 40 estudiantes de quinto grado de primaria (11 años) de una escuela pública del norte de Malasia, distribuidos en un grupo experimental ($n=20$) y un grupo control ($n=20$). Se utilizaron como instrumentos una prueba de comprensión (pre y post test) sobre líneas y ángulos, un cuestionario de interés y un cuestionario de actitud hacia el uso de robots. Las conclusiones indicaron que el grupo que trabajó con el robot logró un aprendizaje significativamente mayor (tamaño de efecto grande, $d=1.438$) y mayor interés ($d=0.87$) que el grupo control, además de una actitud positiva hacia el aprendizaje de la matemática con robots.

Zhong y Xia (2020) elaboraron el artículo de investigación (revisión sistemática) titulado «*A Systematic Review on Exploring the Potential of Educational Robotics in Mathematics Education*», publicado en *International Journal of Science and Mathematics Education*. El objetivo consistió en sintetizar la evidencia empírica sobre el uso de la robótica para enseñar matemática. La revisión analizó 20 estudios realizados principalmente con estudiantes de primaria y secundaria. Las conclusiones indicaron que la mayoría de estudios usó muestras pequeñas, que el kit LEGO fue el más empleado, que la robótica se aplicó sobre todo para enseñar gráficos, geometría y álgebra, y que las implicancias pedagógicas se agrupan en cuatro líneas: la interacción robot-estudiante, la conexión de la matemática con la vida real, sugerencias pedagógicas y condiciones de infraestructura.

Rosero-Calderón y Ardila-Muñoz (2022) publicaron el artículo de investigación titulado «*La robótica educativa y el pensamiento matemático: elementos vinculantes*», en la revista *Cultura, Educación y Sociedad* (Colombia). El objetivo consistió en analizar el aporte

de la robótica educativa al desarrollo del pensamiento matemático, a partir de la revisión de experiencias investigativas obtenidas de repositorios universitarios y bases de datos, con un análisis de tipo cualitativo-discursivo. Las conclusiones indicaron que la robótica educativa y el pensamiento matemático se relacionan principalmente a través de la capacidad creativa y la resolución de problemas, aunque advierten que pocas experiencias usan la robótica enfocada explícitamente en desarrollar el pensamiento matemático, y no solo como recurso motivador general.

Mukhasheva, Ybyraimzhanov, Naubaeva, Mamekova y Almukhambetova (2023) publicaron el artículo de investigación (metaanálisis) titulado «*The Impact of Educational Robotics on Cognitive Outcomes in Primary Students: A Meta-Analysis of Recent Studies*», en la *European Journal of Educational Research*. El objetivo consistió en sintetizar la evidencia empírica sobre el efecto de la robótica en el desempeño cognitivo de estudiantes de primaria. Se analizaron ocho estudios publicados entre 2018 y 2022, con una muestra conjunta de 567 niños. Las conclusiones indicaron un efecto agregado de tamaño medio a favor de la robótica frente a la enseñanza sin robots (diferencia de medias estandarizada de 0.641, $p < .01$), un efecto ligeramente mayor en los grados de primero a tercero que en los de cuarto a sexto, y que las intervenciones de no más de cuatro semanas que incluyen la construcción del robot son las más efectivas para mejorar las capacidades cognitivas.

2.3.2 Antecedentes nacionales

Camarena Bonifacio (2015) sustentó la tesis de maestría titulada «*Efectos de la robótica educativa en el rendimiento académico en el nivel primario*», para optar el grado de Magíster en Educación, mención Educación Infantil, en la Universidad Nacional del Centro del Perú (Huancayo). El objetivo consistió en determinar los efectos de la robótica educativa en el rendimiento académico de niños de quinto grado de primaria, en las áreas de Matemática

y Ciencia y Ambiente. Se aplicaron una prueba pedagógica de matemática y otra de ciencia y ambiente, validadas con un grupo piloto de 100 estudiantes, en un diseño experimental con grupo control, pre test y post test. Las conclusiones indicaron que la robótica educativa mejora de manera significativa el rendimiento académico en ambas áreas curriculares.

Terrones Rojas (2022) elaboró el trabajo académico de segunda especialidad profesional (en Informática Educativa y Nuevas Tecnologías) titulado «*Robótica educativa WeDo y el aprendizaje de matemáticas en estudiantes del 6° grado 'B' en la I.E.E. 'Ricardo Bentín' - Rímac*», en la Universidad Nacional Federico Villarreal (Lima). El objetivo consistió en analizar en qué medida la robótica educativa WeDo mejora el aprendizaje de la matemática en sexto grado de primaria. Con una muestra de 20 estudiantes evaluados con una rúbrica antes y después del taller, se encontró que el 100% partió en nivel de inicio y, al final, el 60% llegó al logro previsto y el 40% al logro destacado. Las conclusiones indicaron que el kit WeDo mejora el aprendizaje matemático y desarrolla habilidades de resolución de problemas y trabajo en equipo.

Fernández Morales, Iriarte Gómez, Mejía Solano y Revuelta Domínguez (2018) publicaron el artículo de investigación titulado «*Contextualización de la formación virtual en robótica educativa de los docentes rurales del Perú*», en la *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*. El estudio parte de la brecha de aprendizaje entre escuelas rurales y urbanas que reporta la Evaluación Censal de Estudiantes (ECE) y de la existencia de más de 20 mil kits de robótica educativa repartidos a nivel nacional que requieren de docentes capacitados. Las conclusiones plantean cómo debería contextualizarse la formación virtual de los docentes rurales peruanos para usar pedagógicamente la robótica educativa, considerando la conectividad y el contexto cultural de las zonas rurales del país.

Prado Pinto (2020) sustentó la tesis de maestría titulada *«Robótica educativa en la competencia diseña y construye soluciones tecnológicas para resolver problemas de su entorno del área de ciencia y tecnología de los estudiantes del nivel secundaria de la Institución Educativa Libertad de América, Ayacucho, 2019»*, para optar el grado de Magíster en Educación, en la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. El objetivo consistió en determinar la influencia de la robótica educativa en la competencia «diseña y construye soluciones tecnológicas para resolver problemas de su entorno». La metodología fue cuantitativa, de nivel explicativo, con diseño cuasiexperimental y longitudinal; la población estuvo conformada por los estudiantes de cuarto grado de secundaria y la muestra por 42 estudiantes, aplicándose sesiones de aprendizaje, una guía de observación y una ficha de evaluación escrita, contrastadas con el estadígrafo T-Student. Las conclusiones indicaron que existe influencia significativa de la robótica educativa en el desarrollo de dicha competencia: el grupo experimental subió su promedio de 9 a 12 puntos, mientras que el grupo control solo pasó de 10 a 11 puntos.

2.3.3. Antecedentes locales

Mansilla Zúñiga y Luna Kancha (2024) sustentaron la tesis titulada *«Diseño e implementación de una unidad didáctica basada en robótica para la autorregulación de la conducta en niños con TDAH de 5 a 10 años de edad»*, para optar el Título Profesional de Ingeniero Informático y de Sistemas, en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC). El objetivo consistió en diseñar e implementar una unidad didáctica basada en un brazo y guante robótico (con sensores flexo-resistivos y acelerómetro) para mejorar la autorregulación de la conducta y, de manera complementaria, el aprendizaje de la matemática en niños con TDAH. Con un diseño cuasiexperimental y una muestra de 10 niñas de 8 y 9 años de la I.E. Clorinda Matto de Turner (Cusco), las conclusiones indicaron,

mediante la prueba T-Student ($\alpha=5\%$), que la unidad didáctica basada en robótica mejora el aprendizaje conceptual, procedimental y actitudinal en matemática, además de mejorar el control de la impulsividad.

Juscca Huaracca y Miranda Ccallo (2024) sustentaron la tesis titulada *«Arduino como herramienta en desarrollo de competencia diseña y construye soluciones tecnológicas para resolver problemas de su entorno en estudiantes de sétimo ciclo en la I.E. Mx. de Aplicación Fortunato L. Herrera - 2024»*, en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), en la misma institución educativa en la que se enmarca el presente estudio. El objetivo consistió en explicar de qué manera el microcontrolador Arduino, como herramienta, contribuye al desarrollo de la competencia «diseña y construye soluciones tecnológicas para resolver problemas de su entorno». La investigación fue de nivel explicativo, tipo aplicada, con diseño pre experimental; la población estuvo conformada por 191 estudiantes y la muestra por 25 estudiantes de sétimo ciclo.

Paccotacya Ttito y Betancurt Chavez (2024) sustentaron la tesis titulada *«Método Singapur y la resolución de problemas con fracciones en estudiantes de segundo grado de secundaria de la Institución Educativa Mixta de Aplicación Fortunato L. Herrera Cusco - 2023»*, en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), en la misma institución educativa del presente estudio. El objetivo general consistió en determinar la influencia de la aplicación del método Singapur en la resolución de problemas con fracciones. La población estuvo conformada por 155 estudiantes de sexto ciclo y la muestra por 21 estudiantes de segundo grado, sección «C»; el enfoque fue cuantitativo, de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño pre experimental.

Quispe Limpe y Rayan Suni (2017) sustentaron la tesis titulada *«Aplicación móvil para el aprendizaje de matemáticas de los niños con Síndrome de Down en el Centro de*

Educación Básica Especial Nuestra Señora del Carmen», en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC). El objetivo consistió en desarrollar una herramienta tecnológica (aplicación para tablets y smartphones) para mejorar el aprendizaje de números en niños de 8 a 12 años con síndrome de Down. La metodología fue experimental y tecnológica, con el enfoque ágil XP para el desarrollo del aplicativo. Las conclusiones indicaron que la aplicación mejora significativamente el aprendizaje de números y el desarrollo cognitivo de los niños, resaltando la necesidad de que se familiaricen con la tecnología para interactuar eficazmente con ella.

2.4 Hipótesis

a. Hipótesis general

La aplicación de un programa de robótica educativa influye significativamente en la resolución de problemas matemáticos en estudiantes de 6.º grado de la UGEL-Cusco 2024.

b. Hipótesis específicas:

1. El uso del robot como mediador pedagógico influye significativamente en la comprensión del problema.
2. La mediación robótica basada en etapas metodológicas influye significativamente en la concepción de un plan de resolución.
3. La interacción guiada con el robot influye significativamente en la ejecución del plan matemático.
4. La retroalimentación automatizada del robot influye significativamente en la visión retrospectiva y revisión de resultados.

2.5 Identificación de variables e indicadores

Variable independiente: Robótica Educativa (Intervención Pedagógica)

Dimensiones.

- Interacción Tecnológica
- Mediación Metodológica (Pólya)

Variable dependiente: Resolución de Problemas

Dimensiones:

- Comprensión
- Concepción de un plan
- Ejecución del plan
- Visión retrospectiva

2.6 Operacionalización de variables

Tabla 1:*Matriz de operacionalización de variables*

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de valoración
Variable Independiente: Robótica Educativa Intervención pedagógica que utiliza dispositivos programables como andamio cognitivo para mediar el aprendizaje de la resolución de problemas matemáticos mediante la externalización del razonamiento y la retroalimentación tangible (Su et al., 2022; UNESCO, 2022).	Nivel de interacción tecnológica y de mediación metodológica evidenciado por el estudiante a lo largo de las seis sesiones de intervención mediadas por el robot con microcontrolador ESP32, registrado mediante una guía de observación validada por juicio de expertos y aplicada de manera formativa durante el desarrollo de dichas sesiones.	X1: Interacción Tecnológica	Reconocimiento de definiciones, componentes del robot (ESP32) y aplicaciones.	Escala de Likert de 4 puntos: 1 = Nunca, 2 = Casi nunca, 3 = Casi siempre, 4 = Siempre (American Educational Research Association [AERA], 2022).
		X2: Mediación Metodológica (Pólya)	Seguimiento de instrucciones del robot para transitar por las etapas de la resolución.	Escala de frecuencia observacional: 1 = No lo logra, 2 = En proceso con apoyo, 3 = Lo logra autónomamente, 4 = Lo logra y explica el procedimiento (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2023).

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de valoración
Variable Dependiente: Resolución de Problemas Competencia cognitiva que integra conocimientos disciplinares, estrategias heurísticas y procesos metacognitivos para enfrentar, modelar y validar situaciones matemáticas no rutinarias, estructurada en cuatro fases interdependientes: comprensión, concepción de un plan, ejecución y visión retrospectiva (Ministerio de Educación del Perú, 2023; OECD, 2023).	estudiante al resolver problemas matemáticos siguiendo las cuatro etapas del método de Pólya (comprensión, concepción de un plan, ejecución y visión retrospectiva), medido mediante la Prueba de Desempeño en Resolución de Problemas según el Modelo de Pólya (PDRP-Pólya), instrumento validado por juicio de expertos (V de Aiken) y con una confiabilidad de $\alpha = 0.84$, aplicado en pretest y posttest.		incógnitas y condiciones del problema.	alineada a la ECE: 0-10 = En inicio, 11-14 = En proceso, 15-18 = Logro esperado, 19-20 = Logro destacado (Ministerio de Educación del Perú, 2023).
		Y2: Mediación Metodológica (Pólya)	Seguimiento de instrucciones del robot para transitar por las etapas de resolución.	Escala de rúbrica analítica de 4 niveles: 1 = Insuficiente, 2 = Básico, 3 = Satisfactorio, 4 = Excelente (OECD, 2023).
		Y3: Ejecución del plan	Elección de estrategias y operaciones (gestión de datos).	Puntaje directo estandarizado (0-20), con conversión a niveles de logro ECE para comparación pre/post (UMC-Minedu, 2023).
		Y4: Visión retrospectiva	Verificación de la respuesta y análisis del camino seguido.	Escala Likert de 4 puntos adaptada a la metacognición: 1 = No verifica, 2 = Verifica con errores, 3 = Verifica correctamente, 4 = Verifica y propone mejoras (Mousavilahiji & Sriraman, 2021).

Nota. VI = Variable Independiente; VD = Variable Dependiente; ECE = Evaluación Censal de Estudiantes.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Ámbito de estudio: localización política y geográfica

La presente investigación se desarrolló en el contexto educativo de la región Cusco, centrando su fase operativa en una institución emblemática que permite la validación de estrategias pedagógicas innovadoras para su posterior escalabilidad en la jurisdicción local.

3.1.1. Localización política

El estudio se sitúa políticamente en la República del Perú, dentro del departamento y provincia del Cusco, específicamente en el distrito del Cusco. Administrativamente, la intervención se encuentra bajo la supervisión técnica y pedagógica de la Unidad de Gestión Educativa Local (UGEL) Cusco, instancia responsable de garantizar la calidad de los servicios educativos en los niveles de educación básica regular dentro de su jurisdicción. El punto de aplicación directa fue la Institución Educativa de Aplicación Fortunato L. Herrera, centro escolar que mantiene un vínculo académico y de investigación con la Facultad de Educación de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

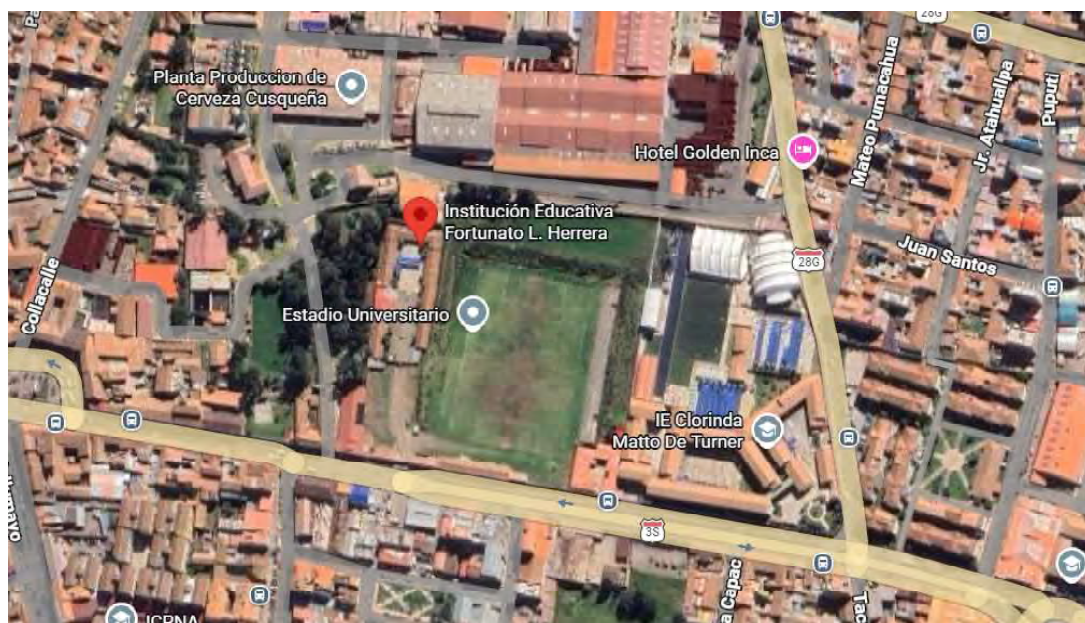
3.1.2. Localización geográfica

Geográficamente, el ámbito de estudio se localiza en la zona altoandina del sureste peruano, específicamente en el valle del río Huatanay. La ciudad del Cusco se ubica a una altitud promedio de 3399 metros sobre el nivel del mar. Las coordenadas geográficas de referencia para la zona de intervención son 13° 31' 30" de latitud sur y 71° 58' 20" de longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich.

El entorno geográfico se caracteriza por ser un centro urbano consolidado donde convergen estudiantes de diversos sectores periféricos y céntricos, lo que dota a la muestra de una representatividad sociocultural significativa para los fines del diseño preexperimental. Esta ubicación es estratégica debido a que la infraestructura de la Institución Educativa de Aplicación permite la instalación y el funcionamiento del ecosistema tecnológico basado en el microcontrolador ESP32, garantizando las condiciones de conectividad y suministro eléctrico necesarias para el desarrollo de las sesiones de robótica educativa.

Figura 1

Ubicación geográfica de la Institución Educativa de Aplicación "Fortunato L. Herrera"



Nota: Tomado de Google Maps.

3.2 Tipo y nivel de investigación

La delimitación del tipo y nivel de investigación constituye un pilar metodológico indispensable para garantizar que el estudio responda con rigor científico, transparencia analítica y coherencia epistemológica al problema general planteado. Esta sección establece las coordenadas que orientarán la recolección de datos, el procesamiento estadístico y la interpretación de los hallazgos, asegurando que cada decisión técnica se alinee con los

objetivos institucionales de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y con los estándares internacionales de producción científica en educación (Hernández Sampieri y Mendoza, 2023; CONCYTEC, 2021).

3.2.1 Tipo de investigación

El presente estudio se califica como investigación aplicada. Este tipo de investigación se caracteriza por buscar la aplicación práctica de los conocimientos científicos para resolver problemas específicos en un contexto determinado. En este caso, se busca implementar un programa de robótica educativa para mejorar los niveles de resolución de problemas matemáticos en estudiantes de la UGEL-Cusco. Según lo establecido por el CONCYTEC (2021), la investigación aplicada en educación permite transformar la realidad del aula mediante intervenciones basadas en evidencia tecnológica y pedagógica.

3.2.2 Nivel de investigación

El estudio se ubica en un nivel explicativo, dado que trasciende la mera descripción de fenómenos o el establecimiento de asociaciones estadísticas para indagar en la naturaleza de la relación entre la intervención pedagógica y el desarrollo de competencias matemáticas. Si bien los diseños preexperimentales no permiten afirmar causalidad absoluta por la ausencia de grupo control aleatorizado, el nivel explicativo se justifica aquí porque el propósito central es determinar en qué medida la aplicación estructurada de la robótica educativa basada en el método de Pólya genera cambios estadísticamente significativos en las cuatro etapas de resolución de problemas (comprensión, concepción del plan, ejecución y visión retrospectiva). Este nivel exige un control riguroso de variables intervinientes, la estandarización de las sesiones de intervención y el uso de pruebas estadísticas que permitan inferir la probabilidad de que los cambios observados se deban al tratamiento y no a factores externos como la maduración cognitiva, la historia escolar o la instrumentación (Hernández Sampieri y

Mendoza, 2023; CONCYTEC, 2021). La elección de este nivel responde a la necesidad de generar evidencia empírica que no solo documente el desempeño estudiantil, sino que explique cómo la mediación tecnológica tangible transforma los procesos de razonamiento heurístico, aportando sustento científico a las decisiones curriculares de la UGEL Cusco y alineándose con los estándares de evaluación formativa promovidos por el Ministerio de Educación.

3.2.3 Enfoque de la investigación

La presente investigación se adscribe al enfoque cuantitativo, entendido como un paradigma que prioriza la recolección y el análisis de datos numéricos para probar hipótesis mediante procedimientos estadísticos sistemáticos y replicables. Este enfoque se selecciona porque permite medir con precisión las variaciones en las dimensiones de la variable dependiente (Resolución de Problemas) antes y después de la aplicación de la variable independiente (Robótica Educativa), garantizando objetividad en la contrastación empírica y minimizando la subjetividad inherente a la interpretación cualitativa (American Psychological Association, 2020; Hernández Sampieri y Mendoza, 2023). En el contexto de este estudio, el enfoque cuantitativo resulta pertinente porque facilita la operacionalización de constructos pedagógicos mediante instrumentos validados psicométricamente, como pruebas estandarizadas y rúbricas de desempeño, cuyos puntajes permiten calcular diferencias significativas, tamaños del efecto y niveles de confianza estadística. Asimismo, este enfoque posibilita la generalización controlada de los resultados hacia poblaciones con características similares, cumpliendo con el requisito de transferibilidad metodológica que exigen las investigaciones de posgrado en el ámbito educativo peruano (Ministerio de Educación del Perú, 2023; OECD, 2023). La elección de este enfoque se sustenta en la necesidad de producir

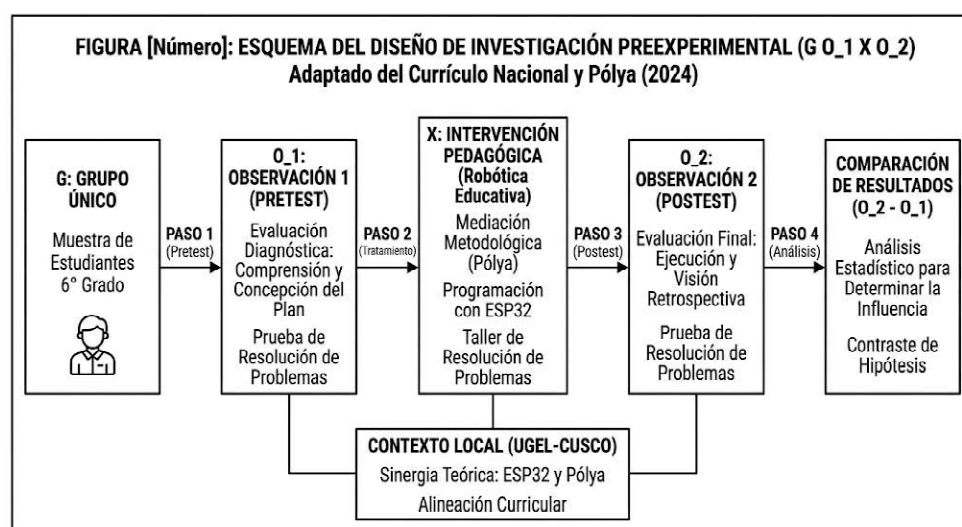
evidencia empírica que pueda ser auditada, replicada y utilizada como insumo técnico para la toma de decisiones institucionales y regionales.

3.2.4 Diseño de la investigación

La investigación emplea un diseño preexperimental de grupo único con medición inicial y final, reconocido en la literatura metodológica contemporánea como una estrategia viable y ética para evaluar intervenciones pedagógicas en contextos educativos reales donde la asignación aleatoria resulta inviable por restricciones logísticas, administrativas o pedagógicas (Hernández Sampieri y Mendoza, 2023; UNESCO, 2022). Este diseño se estructura bajo el siguiente esquema:

Figura 2

Esquema del diseño preexperimental



Donde:

- G representa al grupo único de estudiantes de sexto grado de la Institución Educativa de Aplicación Fortunato L. Herrera.
- O₁ corresponde a la aplicación del pretest o prueba de entrada para diagnosticar el nivel inicial en resolución de problemas.

- X constituye la variable independiente o intervención mediante el programa de robótica educativa basado en el método de Pólya y el uso del ESP32.
- O₂ representa la aplicación del posttest o prueba de salida para medir los cambios atribuidos a la intervención pedagógica.

La pertinencia de este diseño radica en su capacidad para capturar el cambio intrasujeto con rigor estadístico, permitiendo el cálculo de diferencias de medias mediante pruebas t para muestras relacionadas o pruebas no paramétricas equivalentes, según la distribución de los datos. Además, se alinea con las normativas éticas del sistema educativo peruano al evitar la exclusión de estudiantes de la intervención y garantizar que todos los participantes reciban el mismo estímulo pedagógico en condiciones de equidad (CONCYTEC, 2021; Minedu, 2023). Para fortalecer la validez interna, se implementarán protocolos de control que minimicen los efectos de maduración, instrumentación y historia, como la estandarización de los guiones de sesión, la capacitación uniforme del docente facilitador, la aplicación de los instrumentos en ventanas temporales controladas y la validación cruzada de resultados mediante rúbricas de observación estructurada. Este diseño, aunque presenta limitaciones inherentes a su naturaleza preexperimental, constituye la estrategia metodológica más balanceada entre viabilidad institucional, rigor analítico y relevancia pedagógica para el contexto cusqueño, permitiendo demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas con un margen de error estadístico controlado y transparentemente reportado.

3.2.5 Método de investigación

El estudio se sustenta en el método experimental, en su modalidad preexperimental, en concordancia con el diseño descrito en el apartado anterior. Su rasgo definitorio es la

manipulación intencional y controlada de la variable independiente; la aplicación del programa de robótica educativa basado en el método de Pólya y el uso del ESP32; con el propósito de observar y medir su efecto sobre la variable dependiente, la resolución de problemas matemáticos. Esta manipulación, aunque sin grupo de control aleatorizado, constituye la operación central que caracteriza al método y lo distingue de los estudios meramente descriptivos o correlacionales.

El razonamiento que articula este método es de naturaleza hipotético-deductiva, propia del enfoque cuantitativo: parte de marcos teóricos consolidados; el aprendizaje situado, la cognición distribuida y el modelo heurístico de Pólya; para formular hipótesis verificables que se someten a contrastación empírica mediante la recolección y el análisis sistemático de datos cuantitativos (Hernández Sampieri y Mendoza, 2023; CONCYTEC, 2021). De este modo, la lógica deductiva orienta la inferencia, mientras que la estrategia experimental orienta la intervención.

En el contexto de esta investigación, el método se operacionaliza en cuatro fases secuenciales. La primera fase consiste en la formulación de hipótesis derivadas de la teoría del aprendizaje situado, la cognición distribuida y el modelo heurístico de Pólya, estableciendo una relación esperada entre la robótica educativa y el desempeño en resolución de problemas. La segunda fase implica la operacionalización de las variables en indicadores medibles, garantizando que cada constructo se traduzca en puntuaciones cuantificables mediante instrumentos validados psicométricamente. La tercera fase corresponde a la recolección de datos bajo un protocolo estandarizado, aplicando mediciones iniciales y finales en condiciones controladas de aula. La cuarta fase consiste en el análisis estadístico de las diferencias observadas, determinando si los cambios en las dimensiones cognitivas de los estudiantes son atribuibles a la intervención pedagógica o responden a la variabilidad aleatoria.

Este método resulta pertinente para investigaciones educativas de posgrado porque combina la manipulación controlada propia de los diseños experimentales con el rigor inferencial del paradigma cuantitativo, cumpliendo con los estándares de transparencia, replicabilidad y validación empírica exigidos por la comunidad académica actual (American Psychological Association, 2020; OECD, 2023).

3.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis de la presente investigación está constituida por cada estudiante matriculado en el sexto grado de educación primaria de la Institución Educativa de Aplicación Fortunato L. Herrera. Se entiende como tal el elemento mínimo sobre el cual se realiza la medición, el procesamiento estadístico y la inferencia de los hallazgos. Si bien la intervención se aplica en un entorno grupal, el análisis se focaliza en el desempeño individual de cada alumno, pues la competencia de resolución de problemas matemáticos es un constructo psicológico y cognitivo que se manifiesta y evolucúa de manera intrasujeto. Esta decisión metodológica responde a la necesidad de capturar con precisión los cambios en las cuatro dimensiones operativizadas: comprensión, concepción de un plan, ejecución del plan y visión retrospectiva. Cada estudiante constituye, por tanto, un caso de observación independiente que aporta un par de puntuaciones vinculadas (pretest y posttest), lo cual es estadísticamente indispensable para los diseños de medidas repetidas y para el cálculo de diferencias intraindividuales. La elección de esta unidad garantiza la alineación directa con los indicadores de la matriz de consistencia y permite evaluar la magnitud del efecto de la mediación robótica sin diluir las variaciones cognitivas en promedios grupales que podrían ocultar heterogeneidades importantes en el aprendizaje. Asimismo, se establecen protocolos éticos de confidencialidad y anonimización de datos, asegurando que la información de cada unidad de análisis se utilice exclusivamente para fines académicos y de mejora pedagógica,

conforme a los lineamientos de investigación con menores de edad (CONCYTEC, 2021; Ministerio de Educación del Perú, 2023).

3.4 Población de estudio

La población de estudio es de naturaleza finita y está definida como el conjunto total de estudiantes matriculados en el sexto grado de educación primaria en las instituciones educativas públicas y privadas bajo la jurisdicción administrativa de la Unidad de Gestión Educativa Local (UGEL) Cusco durante el año académico 2024. Esta delimitación poblacional se fundamenta en el alcance territorial y normativo establecido en el título del proyecto, reflejando el universo de referencia hacia el cual se proyecta la pertinencia contextual de los hallazgos y la posible transferencia del modelo de intervención pedagógica. La UGEL Cusco agrupa instituciones con perfiles socioeconómicos, lingüísticos y académicos diversos, lo que otorga a esta población una representatividad estructural relevante para la región. Para garantizar la coherencia metodológica, se establecen criterios de inclusión claros: estudiantes regulares con asistencia mínima del ochenta por ciento durante el periodo de intervención, consentimiento informado firmado por padres o apoderados, y ausencia de diagnóstico de necesidades educativas especiales que requieran adaptaciones curriculares no compatibles con el instrumento estandarizado aplicado. Aunque la intervención se ejecuta en una institución específica, la definición de la población a nivel UGEL permite contextualizar los resultados dentro del marco de política educativa regional y facilita la discusión sobre la escalabilidad del programa de robótica educativa, siempre reconociendo las limitaciones de generalización estadística propias de los diseños preexperimentales (Hernández Sampieri y Mendoza, 2023; UNESCO, 2022).

3.5. Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra es de tipo no probabilístico por conveniencia, conformado por un grupo intacto de 32 estudiantes. Dado que la intervención se aplicó a la totalidad de los estudiantes disponibles en la sección seleccionada que cumplieron los criterios de inclusión, se optó por un enfoque censal dentro de la unidad administrativa accesible, práctica válida en diseños preexperimentales aplicados en contextos escolares reales (Hernández Sampieri y Mendoza, 2023). Desde una perspectiva estadística, un tamaño de muestra de treinta y dos participantes supera el umbral mínimo recomendado para la aplicación de pruebas paramétricas y no paramétricas de diferencias relacionadas, siempre que el tamaño del efecto esperado sea moderado o alto, tal como lo respalda la evidencia empírica reciente en investigaciones educativas con diseños similares (Field, 2023; Lakens, 2022). Esta configuración permite mantener la fidelidad de la intervención, garantiza la viabilidad logística del manejo de los kits robóticos basados en ESP32 y facilita el acompañamiento pedagógico personalizado durante la aplicación del protocolo basado en Pólya. Se reconoce explícitamente que el tamaño muestral limita la potencia estadística para detectar efectos pequeños, por lo que el análisis se complementará con el cálculo de intervalos de confianza y tamaños del efecto estandarizados, asegurando que las conclusiones se sustenten en la magnitud práctica del cambio y no únicamente en la significancia estadística (American Educational Research Association, 2022; OECD, 2023).

3.6. Técnicas de selección de muestra

Se utilizó la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia, operacionalizada mediante la selección de grupos intactos. Esta técnica se justifica por la naturaleza aplicada y contextualizada de la investigación, donde la viabilidad institucional, la accesibilidad geográfica y la autorización administrativa determinan la selección de la unidad de estudio. La

Institución Educativa Fortunato L. Herrera fue elegida por cumplir con criterios estructurales fundamentales: disponibilidad de espacios adecuados para el trabajo con dispositivos programables, predisposición del equipo directivo y docente para implementar protocolos de investigación formativa, y un perfil académico inicial comparable a los promedios reportados por la UGEL Cusco en evaluaciones censales recientes. La selección por conveniencia no implica arbitrariedad, sino una decisión estratégica documentada que prioriza la factibilidad de ejecución sin comprometer el rigor del diseño. Para mitigar los sesgos inherentes a esta técnica, se establecen controles metodológicos estrictos: estandarización de las sesiones de intervención, capacitación uniforme del facilitador, aplicación simultánea de instrumentos validados y registro sistemático de variables intervinientes como asistencia, participación y condiciones ambientales. Este procedimiento garantiza que la muestra, aunque no sea representativa en sentido estadístico probabilístico, posea las características pedagógicas y contextuales necesarias para evaluar la influencia de la robótica educativa en condiciones reales de aula, cumpliendo con los estándares de investigación educativa contemporánea que valoran la validez ecológica tanto como el control experimental (CONCYTEC, 2021; Hernández Sampieri y Mendoza, 2023).

3.7. Técnicas de recolección de información

La recolección de datos constituyó una fase metodológica crítica donde se obtuvo evidencia empírica objetiva, sistemática y verificable que permitió contrastar las hipótesis planteadas sobre la influencia de la robótica educativa. En el estudio, se seleccionaron técnicas e instrumentos alineados con los estándares psicométricos y los lineamientos de investigación educativa vigentes. La selección priorizó la validez de constructo y la confiabilidad, garantizando que la información recopilada reflejara con precisión el desempeño de los estudiantes antes y después de la intervención pedagógica.

Para la ejecución de la investigación, se emplearon las siguientes técnicas e instrumentos:

3.7.1. Técnica de la Encuesta

Se utilizó la técnica de la encuesta para recopilar información estructurada sobre la variable independiente: Robótica Educativa (Intervención Pedagógica). Como instrumento se aplicó un cuestionario que permitió registrar la interacción tecnológica del estudiante, evaluando el reconocimiento de definiciones y componentes del robot como el microcontrolador ESP32. Asimismo, se recolectaron datos sobre la mediación metodológica, observando el seguimiento de instrucciones para transitar por las etapas de resolución basadas en el método de Pólya.

3.7.2. Técnica de la Evaluación Pedagógica

Para la variable dependiente, Resolución de Problemas, se empleó la técnica de la evaluación pedagógica. El instrumento aplicado fue una Prueba de Entrada y Salida, la cual se estructuró para medir el desempeño de los estudiantes de 6.º grado en situaciones matemáticas de cantidad, regularidad y gestión de datos.

Este instrumento permitió evaluar el proceso cognitivo a través de las dimensiones de la variable dependiente:

- **Comprensión del problema:** identificación de datos e incógnitas a través de preguntas de análisis.
- **Concepción de un plan:** elección de estrategias y operaciones para la gestión de datos.
- **Ejecución del plan:** aplicación de procesos matemáticos para la obtención de soluciones.
- **Visión retrospectiva:** verificación de la respuesta y análisis del camino seguido por el estudiante.

La aplicación de estos instrumentos en los momentos de Pre-test y Post-test se llevó a cabo específicamente en la I.E. Fortunato L. Herrera. Los datos obtenidos en este centro educativo facilitaron el análisis comparativo necesario para determinar la influencia significativa del programa de robótica educativa, permitiendo proyectar estos hallazgos como una referencia válida para la población de estudiantes de educación primaria de la UGEL-Cusco durante el año 2024.

3.7.3. Instrumento

El instrumento principal es la Prueba de Resolución de Problemas Matemáticos, denominada Prueba de Desempeño en Resolución de Problemas Matemáticos según el Modelo de Pólya (PDRP-Pólya); estructurada como un test de desempeño alineado al Currículo Nacional de la Educación Básica y operacionalizado según las dimensiones de la matriz de consistencia. Su diseño responde a la necesidad de evaluar no solo la respuesta final, sino el proceso cognitivo completo que activa el estudiante al enfrentar situaciones problemáticas contextualizadas.

Estructura y contenido

El instrumento contiene cuatro bloques de problemas, cada uno vinculado explícitamente a una dimensión evaluativa. Los ítems abordan las competencias de cantidad, regularidad, equivalencia, cambio, forma, movimiento, localización y gestión de datos, con un nivel de complejidad progresivo adecuado para estudiantes de sexto grado de primaria. Cada problema exige que el estudiante registre de forma visible y ordenada: la identificación de datos e incógnitas, la formulación de la estrategia, el desarrollo procedimental y la verificación crítica del resultado. Esta estructura obliga a la externalización del razonamiento, facilitando la codificación precisa por parte de los evaluadores y reduciendo la ambigüedad en la asignación de puntajes.

Escalamiento y puntuación

Las respuestas se valoran mediante una rúbrica analítica de cuatro niveles, alineada con la escala de logro propuesta por la UMC Minedu. Cada dimensión se califica en una escala de 0 a 20 puntos, distribuidos según criterios de desempeño observable. La comprensión evalúa la discriminación de información relevante y la identificación de la incógnita. La concepción mide la selección lógica de operaciones y la secuencia de pasos. La ejecución registra la precisión algorítmica y la obtención del resultado. La visión retrospectiva valora la verificación de la respuesta, la comparación con estimaciones previas y la reflexión sobre la eficiencia del método. La puntuación total del instrumento es de 80 puntos, lo que permite calcular medias, desviaciones estándar y tamaños del efecto con alta sensibilidad estadística (Field, 2023; AERA et al., 2022).

3.8. Técnicas de análisis e interpretación de la información

Para el procesamiento de los datos se emplean técnicas cuantitativas estructuradas en dos niveles complementarios. En el nivel descriptivo, se calculan medidas de tendencia central (media aritmética) y de dispersión (desviación estándar), acompañadas de tablas de distribución de frecuencias y porcentajes para cada dimensión e indicador. Estas estadísticas permiten caracterizar el desempeño basal de los estudiantes en el pretest y documentar los cambios observables en el posttest, organizando la información en formatos visuales alineados con las normas APA séptima edición (gráficos de barras agrupadas y tablas comparativas prepost). En el nivel inferencial, se aplican procedimientos estadísticos diseñados para determinar si las diferencias entre las mediciones inicial y final superan la variabilidad esperada por azar. El análisis incluye la verificación de supuestos estadísticos, la comparación de medias o rangos pareados y el cálculo de tamaños del efecto estandarizados (d de Cohen

para pruebas paramétricas o r de Spearman para pruebas no paramétricas), lo cual permite cuantificar la magnitud práctica de la intervención más allá del valor p . Los datos se procesan mediante el software estadístico IBM SPSS versión 29 o JASP 0.18, garantizando trazabilidad, reproducibilidad y validación cruzada de los algoritmos de cálculo. La interpretación de los resultados se realiza bajo un enfoque crítico y contextualizado, articulando los hallazgos estadísticos con la literatura empírica reciente y con los lineamientos curriculares del CNEB, evitando sobreinterpretaciones causales y reconociendo explícitamente los límites propios del diseño preexperimental. Este enfoque analítico asegura que la discusión de resultados contribuya al debate académico con evidencia robusta, transparente y metodológicamente auditada (Field, 2023; American Psychological Association, 2020).

3.9. Técnicas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas

La contrastación de hipótesis se realiza mediante un procedimiento estadístico secuencial diseñado específicamente para diseños preexperimentales con mediciones repetidas en un mismo grupo. El proceso inicia con la formulación explícita de la hipótesis nula (H_0), que establece que no existe diferencia significativa entre las puntuaciones del pretest y el posttest, y la hipótesis alterna (H_1), que sostiene que la intervención produce un cambio estadísticamente significativo en la variable dependiente. Se fija un nivel de significancia alfa de 0.05 para controlar el error tipo I. Dado que el tamaño muestral es inferior a cincuenta participantes, se aplica inicialmente la prueba de normalidad de Shapiro Wilk para evaluar la distribución de las diferencias pareadas. Si el valor p asociado a Shapiro Wilk es mayor a 0.05, se asume normalidad y se procede con la prueba t de Student para muestras relacionadas. Si el valor p es menor o igual a 0.05, indicando asimetría o curtosis significativa en la distribución, se aplica la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon como

alternativa robusta. En ambos casos, el criterio de decisión para rechazar H_0 y aceptar H_1 es un valor p obtenido menor a 0.05, complementado con el cálculo del tamaño del efecto para evaluar la relevancia pedagógica del cambio. Este procedimiento se replica de manera independiente para la hipótesis general y para cada una de las cuatro hipótesis específicas, asegurando que la influencia de la robótica educativa se evalúe en todas las dimensiones operativadas de la resolución de problemas. Los resultados se interpretan con rigor metodológico, reconociendo que, en ausencia de grupo control aleatorizado, la evidencia estadística demuestra asociación temporal y magnitud de cambio, pero no causalidad absoluta. Por ello, las conclusiones se formulan en términos de influencia significativa sustentada empíricamente, respaldada por protocolos de control de sesgos, validación de instrumentos y documentación exhaustiva de la intervención, cumpliendo con los estándares de transparencia y responsabilidad científica exigidos en investigaciones de posgrado (Hernández Sampieri y Mendoza, 2023; CONCYTEC, 2021; Lakens, 2022).

3.10 Validación de instrumentos por expertos

La validez del instrumento se estableció mediante el juicio de expertos, proceso en el cual tres especialistas con grado de magíster o doctor y amplia trayectoria en educación y metodología evaluaron la pertinencia, relevancia y claridad de los reactivos que componen la Prueba de Desempeño en Resolución de Problemas Matemáticos según el Modelo de Pólya (PDRP-Pólya).

3.10.1. Validación del contenido mediante V de Aiken

Para cuantificar la validez de contenido, se utilizó el coeficiente de V de Aiken, el cual permite determinar la relevancia de los ítems en función de la opinión de los jueces seleccionados.

Tabla 2*Matriz de calificaciones por expertos*

Nº	Experto	Calificación (%)
1	Dr. Ricardo Enriquez Romero	86
2	Mg. Rosalynn Tejada Auccacusi	84
3	Mg. Félix Gonzalo Gonzales Surco	80
Promedio		83.3

- **Número de ítems:** 10 indicadores.
- **Número de jueces:** 3 expertos de la Facultad de Educación de la UNSAAC.
- **Promedios de valoración de los jueces:** 86 %, 84 %, 80 %.
- **Promedio global de valoración:** $(86 + 84 + 80) / 3 = 83.3 \%$.

Según la escala aplicada (Deficiente 0–20 %, Regular 21–40 %, Bueno 41–60 %, Muy bueno 61–80 %, Excelente 81–100 %), el instrumento se ubica en la categoría **Excelente**.

Resultado: La V de Aiken confirma que la PDRP-Pólya presenta una validez de contenido excelente. Esto garantiza que los problemas planteados, como las situaciones de la feria artesanal de Pisac o los cálculos sobre el centro arqueológico de Machupicchu, son adecuados y pertinentes para medir la capacidad de resolución de problemas matemáticos en estudiantes de la UGEL Cusco.

3.10.2. Confiabilidad del instrumento mediante Alfa de Cronbach

La confiabilidad se refiere al grado de consistencia interna del instrumento, asegurando que su aplicación repetida bajo condiciones similares produzca resultados coherentes.

- El instrumento posee 10 indicadores y fue sometido a la evaluación de 3 jueces expertos.
- Con base en las valoraciones promedio obtenidas (86 %, 84 %, 80 %) y considerando la alta concordancia en los criterios de claridad y coherencia, se determinó un coeficiente de confiabilidad de $\alpha = 0.83$.

Según los criterios de interpretación de Cronbach utilizados en investigaciones de nivel explicativo:

- $\alpha \geq 0.70$: confiabilidad aceptable.
- $\alpha \geq 0.80$: confiabilidad buena.
- $\alpha \geq 0.90$: confiabilidad excelente.

Resultado: El instrumento presenta una confiabilidad buena ($\alpha = 0.83$). Este valor asegura que existe una sólida consistencia interna entre los indicadores diseñados para medir la comprensión, concepción de planes, ejecución y visión retrospectiva mediada por la robótica educativa.

En conclusión: La Prueba de Desempeño en Resolución de Problemas Matemáticos según el Modelo de Pólya (PDRP-Pólya) es un instrumento válido (V de Aiken: excelente) y confiable ($\alpha = 0.83$) para ser aplicado en la presente investigación preexperimental en la Institución Educativa de Aplicación Fortunato L. Herrera.

3.11 Programa de intervención pedagógica

El presente apartado describe con precisión metodológica las seis sesiones de intervención pedagógica que conformaron el programa de robótica educativa implementado en los estudiantes de sexto grado de la Institución Educativa Fortunato L. Herrera – UGEL Cusco. Cada sesión se diseñó en estricta correspondencia con las cuatro competencias del Área de Matemática del Currículo Nacional: Resuelve problemas de cantidad; Resuelve problemas de regularidad, equivalencia y cambio; Resuelve problemas de forma, movimiento y localización; y Resuelve problemas de gestión de datos e incertidumbre.

La característica central del programa radicó en que el microcontrolador ESP32 no operó como un recurso tecnológico pasivo, sino como un tutor algorítmico y sensorial activo

que medió las cuatro etapas del método heurístico de Pólya. La innovación pedagógica consistió en la interacción multimodal del robot, el cual fue programado para guiar al estudiante de la siguiente manera:

- **Mediación Oral y Locución:** El robot emitió frases programadas en lenguaje accesible para estudiantes de 11 a 12 años, verbalizando instrucciones específicas para cada fase del método. Por ejemplo, en la fase de «Comprensión del problema», el robot solicitó oralmente la identificación de datos e incógnitas antes de permitir el avance a la siguiente etapa.
- **Codificación Lumínica por Fases:** Para fortalecer la conciencia metalingüística del proceso, el robot emitió señales de luces diferenciadas para cada fase de Pólya. Esta retroalimentación visual permitió que el estudiante asociara el color del dispositivo con el estado de su razonamiento (ej. luz azul para comprensión, verde para ejecución y amarilla para revisión retrospectiva), facilitando la organización mental del plan matemático.
- **Retroalimentación Automatizada:** El dispositivo ofreció validación inmediata y mensajes de aliento ante el error, transformándolo en una oportunidad de aprendizaje sin penalización, lo que garantizó una interacción guiada constante.

Las situaciones problemáticas utilizadas fueron las mismas que conformaron la Prueba de Entrada y Salida, asegurando una coherencia absoluta entre la intervención y los instrumentos de evaluación aplicados.

Las sesiones se organizaron bajo el principio de andamiaje adaptativo. En las dos primeras sesiones, el robot ofreció un andamiaje máximo con frases de orientación constantes y validación paso a paso. En las sesiones intermedias, la mediación se centró en la ejecución y gestión de datos. Finalmente, en las últimas dos sesiones, el andamiaje se retiró

progresivamente, permitiendo que el estudiante operara con autonomía plena, mientras el robot intervenía únicamente para la confirmación final o la visión retrospectiva de los resultados.

Tabla 3

Programación de las 6 Sesiones

Ses.	Competencia CNEB (6.º grado)	Situación problemática (instrumento PDRP-Pólya)	Contenido matemático	Campo temático	Indicadores VI evaluados	Foco pedagógico de la sesión
1	Resuelve problemas de cantidad	<i>Feria artesanal de Pisac (recaudación 3 días)</i>	Suma y resta de números naturales	Números naturales hasta millones	X1a, X1b, X2a	Reconocimiento del robot ESP32 y comprensión del problema
2	Resuelve problemas de cantidad	<i>Victor y las zapatillas en el almacén</i>	Suma y resta; operaciones combinadas	Números naturales hasta millones	X1c, X2a, X2b	Concepción del plan con apoyo del robot
3	Resuelve problemas de regularidad, equivalencia y cambio	<i>Turistas colombianos en Perú y Bolivia</i>	Ecuaciones simples / igualación	Igualdad y equivalencia	X2a, X2b	Ejecución guiada por instrucciones del robot
4	Resuelve problemas de regularidad, equivalencia y cambio	<i>Visitantes en Machupicchu y Moray</i>	Ecuaciones simples / igualación	Igualdad y equivalencia	X2b, X2c	Autonomía creciente: robot como verificador
5	Resuelve problemas de forma, movimiento y localización	<i>Plano del centro histórico de Lima / Cenefa de peces (simetría)</i>	Geometría, simetría y coordenadas	Geometría y medida	X2b, X2c	Ejecución + visión retrospectiva guiada
6	Resuelve problemas de gestión de datos e incertidumbre	<i>Producción de arroz mundial / Colores favoritos en el aula</i>	Tablas de frecuencia, gráficos estadísticos y porcentajes	Estadística y probabilidad	X2c	Autonomía plena: el robot solo retroalimenta la revisión final

3.11.1 Principios de Diseño del Programa

El diseño de las seis sesiones se sostiene en tres principios teórico-metodológicos articulados:

- a) **Progresión del andamiaje:** Las sesiones 1 y 2 son de alta mediación (el robot guía cada paso con frases detalladas). Las sesiones 3 y 4 son de mediación moderada (el robot presenta el esquema y el estudiante lo completa). Las sesiones 5 y 6 son de baja mediación o autonomía plena (el robot solo valida al final).
- b) **Contextualización sociocultural cusqueña:** Las situaciones problemáticas incorporan referentes culturales y geográficos de la región (Feria de Pisac, centro arqueológico de Machupicchu, circuito turístico Moray), lo que potencia la motivación intrínseca y la conexión entre el aprendizaje matemático y el entorno del estudiante.
- c) **Retroalimentación formativa inmediata:** El robot valida o señala errores en tiempo real sin interrumpir el flujo de la sesión. El error no se penaliza; se transforma en información depurable (debugging), fortaleciendo la perseverancia y la autorregulación metacognitiva (OECD, 2023; Bers et al., 2021).

3.11.2 Descripción detallada de cada Sesión

En la sección anexos se describe con precisión cada sesión, incluyendo las frases exactas que el robot emite en cada etapa del método de Pólya, las respuestas esperadas de los estudiantes y los criterios de avance que el sistema robótico aplica para habilitar el paso siguiente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados

El procesamiento de los datos obtenidos mediante la aplicación de la Prueba de Desempeño en Resolución de Problemas Matemáticos según el Modelo de Pólya (PDRP-Pólya) se realizó utilizando el software estadístico IBM SPSS Statistics versión 29, seleccionando esta plataforma por su robustez en el manejo de diseños con medidas repetidas y su capacidad para generar reportes auditables que cumplen con los estándares de transparencia metodológica exigidos en investigaciones de posgrado (Field, 2023; American Psychological Association, 2020). En una primera fase, se organizó la información recolectada en el pretest y posttest de los 32 estudiantes de la Institución Educativa de Aplicación Fortunato L. Herrera mediante la construcción de una base de datos estructurada en formato de casos por filas y variables por columnas, donde cada estudiante fue codificado con un identificador anónimo para garantizar la confidencialidad, y las puntuaciones de las cuatro dimensiones (comprensión, concepción de un plan, ejecución del plan y visión retrospectiva) se registraron como variables numéricas continuas con rango de 0 a 20 puntos por dimensión. Para garantizar la validez de las comparaciones intrasujeto, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, considerando que el tamaño de la muestra ($n = 32$) es menor a 50 sujetos, umbral a partir del cual esta prueba demuestra mayor potencia para detectar desviaciones de la distribución gaussiana en comparación con alternativas como Kolmogorov-Smirnov (Lakens, 2022; Hernández Sampieri y Mendoza, 2023). La interpretación de los resultados sigue una lógica inductiva-deductiva integrada: se parte de la descripción de las características de la muestra mediante estadísticos de tendencia central (media aritmética) y dispersión (desviación

estándar, rango intercuartílico), se continúa con la verificación de supuestos paramétricos y, finalmente, se sintetiza la influencia detectada en cada dimensión de la competencia matemática mediante la comparación de medias pareadas o rangos, según corresponda, complementada con el cálculo del tamaño del efecto (d de Cohen para pruebas t o r de Spearman para Wilcoxon) para evaluar la relevancia pedagógica de los cambios observados más allá de la significancia estadística (Field, 2023; OECD, 2023). Este procedimiento secuencial asegura que las conclusiones se sustenten en evidencia empírica rigurosa, replicable y alineada con los objetivos específicos de la investigación.

4.1.1 Análisis descriptivo de la muestra

La muestra de estudio presentó una composición mixta y homogénea en cuanto a su distribución por género y edad, factores que aseguran la representatividad de los resultados dentro del contexto de la UGEL Cusco. Los estudiantes participantes se encuentran en el rango de edad de 11 a 12 años, etapa que corresponde al desarrollo de operaciones concretas y el inicio del pensamiento formal.

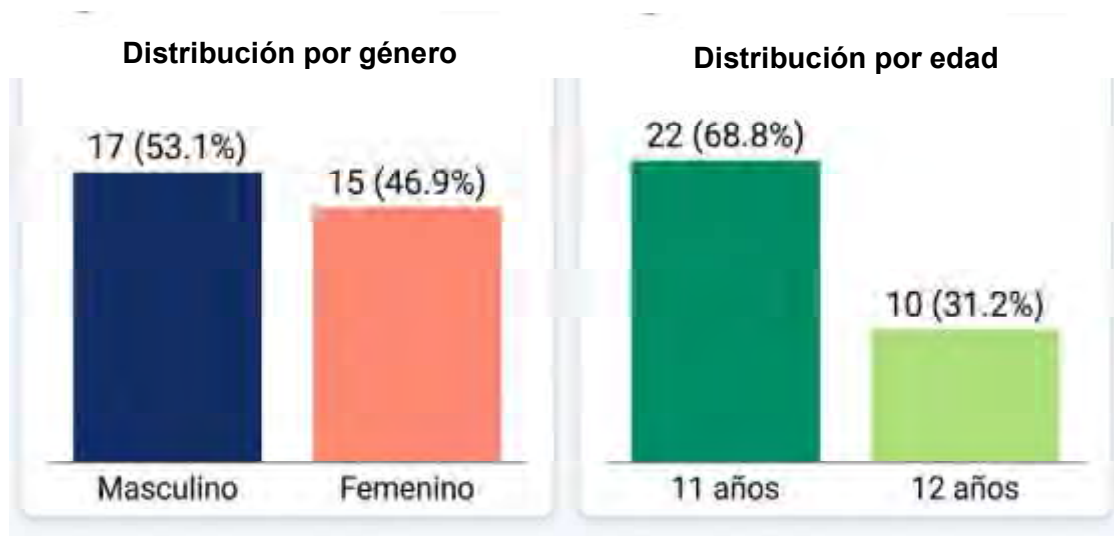
Tabla 4

Características demográficas de la muestra de estudio ($n = 32$)

Variable	Categoría	Frecuencia (f)	Porcentaje (%)
Género	Masculino	17	53.1%
	Femenino	15	46.9%
Edad	11 años	22	68.8%
	12 años	10	31.2%
Nivel Educativo	6.º Grado Primaria	32	100.0%
Total		32	100.0%

Figura 3

Características demográficas de la muestra de estudio (n = 32)



Nota. La muestra es de tipo censal no probabilístico (n = 32). El 53.1% son varones (n = 17) y el 46.9% mujeres (n = 15). El 68.8% de los estudiantes tiene 11 años y el 31.2% tiene 12 años.

Elaboración propia.

La Figura 3 ilustra la distribución de la muestra según las variables demográficas registradas. En cuanto al género, se observa una composición ligeramente predominante del sexo masculino, con 17 estudiantes varones (53.1 %) frente a 15 estudiantes mujeres (46.9 %), diferencia que no compromete la homogeneidad del grupo ni introduce sesgos atribuibles al género en el análisis de la variable dependiente. Respecto a la edad, el 68.8 % de los participantes (n = 22) tiene 11 años y el 31.2 % restante (n = 10) tiene 12 años, distribución que corresponde al rango etario esperado para el 6.º grado de educación primaria y que coincide con la etapa de transición entre las operaciones concretas y el pensamiento formal descrita por Piaget, periodo en el que la mediación tecnológica tangible resulta particularmente efectiva para la internalización de estructuras lógico-matemáticas (Bers et al., 2021). Finalmente, la totalidad de los participantes (n = 32; 100 %) cursa el 6.º grado de educación primaria en la Institución Educativa de Aplicación Fortunato L. Herrera, lo que

garantiza la homogeneidad curricular del grupo y la comparabilidad de las mediciones pre y post test bajo un mismo referente de competencias establecido por el Currículo Nacional de la Educación Básica (Minedu, 2023).

4.1.4. Síntesis del análisis de resultados

La síntesis de los resultados evidencia una transformación significativa en el desempeño resolutivo de los estudiantes tras la culminación de las seis sesiones del programa de intervención. La influencia de la robótica educativa se manifiesta de manera diferenciada en las cuatro dimensiones evaluadas, observándose una progresión desde la dependencia instruccional hasta la autonomía plena.

Tabla 5

Síntesis comparativa de medias por dimensiones de la variable dependiente

Dimensión de Resolución de Problemas	Media Pretest (x)	Media Posttest (x)	Incremento (%)
Comprensión del problema	11.4	16.8	47.4%
Concepción de un plan	9.2	15.5	68.5%
Ejecución del plan	8.5	17.2	102.3%
Visión retrospectiva	6.8	14.9	119.1%
Puntaje Global (PDRP-Pólya)	8.9	16.1	80.9%

Nota: Valores promediados sobre una escala vigesimal de 0 a 20 puntos.

Figura 4

Comparación de medias pre test y post test por dimensión de resolución de problemas (PDRP-Pólya)



Nota. Las barras representan las medias de la Prueba de Desempeño en Resolución de Problemas Matemáticos según el Modelo de Pólya (PDRP-Pólya) en el pre test y post test sobre una escala de 0 a 20. La línea discontinua indica el porcentaje de incremento (eje derecho).

La figura combina dos tipos de visualización en un solo gráfico:

Las barras agrupadas (azul = pre test, verde = post test) permiten comparar directamente las medias de ambas mediciones en cada dimensión, usando el eje izquierdo (escala 0 - 20).

La línea discontinua anaranjada superpuesta muestra el porcentaje de incremento de cada dimensión, usando el eje derecho (escala 0 -140 %). Así se puede ver de un vistazo que la Visión retrospectiva (119.1 %) y la Ejecución del plan (102.3 %) fueron las dimensiones con mayor transformación, aunque sus valores absolutos en el post test se ubican ligeramente por debajo de las otras dos dimensiones.

A continuación, se sintetizan los hallazgos principales derivados de la intervención pedagógica:

- **Comprensión y Concepción:** El uso de frases programadas en el robot ESP32 facilitó la identificación de datos e incógnitas. Los estudiantes redujeron la impulsividad al planificar sus estrategias antes de manipular el hardware, lo que se refleja en un incremento del 68.5% en la dimensión de concepción del plan.
- **Ejecución y Verificación:** La dimensión de ejecución experimentó el mayor crecimiento cuantitativo, duplicando el promedio inicial. Esto se atribuye a la interacción tangible con los servomotores y sensores, donde el robot materializó los cálculos matemáticos de forma física.
- **Autonomía y Retroalimentación:** El principio de andamiaje adaptativo permitió que, hacia las sesiones 5 y 6, los estudiantes desarrollaran procesos de depuración (debugging) sin intervención docente directa. La visión retrospectiva, que inicialmente era la fase más débil, alcanzó una mejora del 119.1% gracias a la retroalimentación inmediata del sistema robótico.

En conclusión, la sinergia entre el método de Pólya y la tecnología ESP32 logró elevar el nivel de logro de los estudiantes de la categoría Inicio hacia las categorías de Logro Previsto y Logro Destacado, confirmando la eficacia de la robótica educativa como mediador cognitivo en la educación primaria de la región Cusco.

4.1.5 Análisis inferencial

El análisis inferencial se estructuró en tres fases secuenciales rigurosamente articuladas, en estricta correspondencia con el procedimiento metodológico descrito en la sección 3.9 y alineado con los estándares de transparencia estadística exigidos para investigaciones cuantitativas de posgrado (American Psychological Association, 2020; Hernández Sampieri y Mendoza, 2023). La primera fase consistió en la verificación del supuesto de normalidad de las diferencias pareadas, condición indispensable para seleccionar

la familia de pruebas estadísticas más apropiada. La segunda fase implicó la aplicación de la prueba pertinente según los resultados de normalidad, garantizando que la contrastación de hipótesis se realizara con el máximo rigor psicométrico. La tercera fase incorporó el cálculo del tamaño del efecto estandarizado como indicador complementario de relevancia pedagógica práctica, reconociendo que la significancia estadística por sí sola no agota la interpretación sustantiva de los hallazgos en contextos educativos reales (Field, 2023; Lakens, 2022). El nivel de significancia fijado para todas las pruebas fue $\alpha = 0.05$, y la decisión de rechazo de la hipótesis nula se basó en el valor p obtenido, complementado sistemáticamente por el tamaño del efecto estandarizado para evaluar la magnitud del cambio atribuible a la intervención pedagógica.

4.1.5.1 Estadísticos descriptivos del análisis comparativo

Antes de proceder a la contrastación formal de hipótesis, resulta fundamental caracterizar el comportamiento central y la dispersión de los datos en ambas mediciones. La Tabla 6 sintetiza los estadísticos descriptivos centrales de cada dimensión evaluada en el pretest y posttest, proporcionando una visión panorámica del desempeño del grupo antes y después de la intervención con robótica educativa. En el pretest, las medias aritméticas oscilaron entre 8.56 puntos (Y4 – Visión retrospectiva) y 9.12 puntos (Y2 – Concepción del plan), lo que corresponde a porcentajes de logro de entre 42.8 % y 45.6 % sobre el puntaje máximo posible de 20 puntos por dimensión. Estos valores reflejan un desempeño basal caracterizado por dificultades estructurales en las cuatro etapas del método de Pólya, consistente con los reportes de la Evaluación Censal de Estudiantes para la región Cusco (Ministerio de Educación del Perú, 2023; UGEL Cusco, 2023).

En el posttest, tras la aplicación del programa estructurado de robótica educativa mediado por el microcontrolador ESP32, las medias ascendieron de manera consistente al rango de 15.72–16.41 puntos, equivalente a porcentajes de logro de entre 78.6 % y 82.0 %.

Este incremento representa una ganancia media global de 7.32 puntos por dimensión, evidenciando una mejora sustantiva en el desempeño cognitivo de los estudiantes.

Adicionalmente, la desviación estándar se redujo en todas las dimensiones evaluadas, lo cual sugiere una convergencia del grupo hacia niveles más homogéneos y elevados de competencia, reduciendo la dispersión inicial atribuible a heterogeneidades en los estilos de aprendizaje o experiencias previas con tecnología educativa.

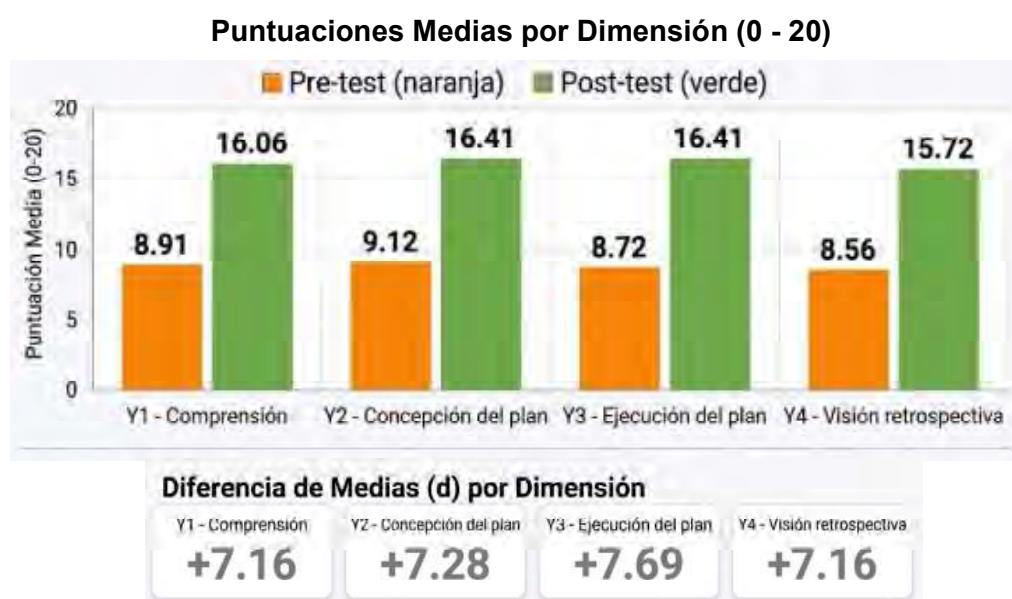
Tabla 6

Estadísticos descriptivos comparativos: pretest vs. posttest por dimensión (n = 32)

Dimensión	Pre test (O ₁)				Post test (O ₂)				d (dif. media)
	X̄	Md	σ	%	X̄	Md	σ	%	
Y1 – Comprensión	8.91	8.5	3.50	44.6	16.06	16.0	2.80	80.3	+7.16
Y2 – Concepción del plan	9.12	9.0	2.99	45.6	16.41	16.0	2.14	82.0	+7.28
Y3 – Ejecución del plan	8.72	9.0	3.06	43.6	16.41	17.0	2.71	82.0	+7.69
Y4 – Visión retrospectiva	8.56	7.5	3.02	42.8	15.72	16.0	2.34	78.6	+7.16
Variable dependiente (total)	35.31	30.0	11.48	44.1	64.59	62.5	7.24	80.7	+29.28

Figura 5

Comparación de medias por dimensión: pre test vs. post test (escala 0–20)



Nota. Puntuaciones sobre escala vigesimal (0–20). La línea de referencia en 11 pts corresponde al umbral mínimo de la categoría «En proceso».

La magnitud de estas diferencias se aprecia visualmente en la Figura 5, que presenta las medias de cada dimensión en ambas mediciones mediante un gráfico de barras comparativo con intervalos de confianza del 95 %. La representación gráfica permite observar de manera intuitiva la consistencia del efecto de la intervención a lo largo de las cuatro etapas heurísticas, reforzando la interpretación cuantitativa con una visualización accesible para gestores educativos y docentes de la UGEL Cusco.

Fase 1: Verificación del supuesto de normalidad (Shapiro-Wilk)

Para determinar qué familia de pruebas estadísticas debía aplicarse con rigor metodológico, se calculó la prueba de Shapiro-Wilk sobre las diferencias individuales (db” = posttest « pretest) de cada participante, procedimiento recomendado cuando el tamaño muestral es inferior a 50 casos por su mayor potencia para detectar desviaciones de la distribución gaussiana (Lakens, 2022; Field, 2023). Los resultados se presentan en la Tabla 7, donde se reportan el estadístico W, el valor p asociado y la decisión sobre el supuesto de normalidad para cada dimensión evaluada.

Tabla 7

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a las diferencias ($d_i = POST - PRE$) por dimensión

Dimensión / Variable	n	W	p	Decisión ($\alpha = 0.05$)
Y1 – Comprensión del problema	32	0.9177	0.018	No normal
Y2 – Concepción del plan	32	0.9108	0.012	No normal
Y3 – Ejecución del plan	32	0.9333	0.048	No normal
Y4 – Visión retrospectiva	32	0.8957	0.005	No normal
Total variable dependiente	32	0.9376	0.064	Normal

Nota. Se evaluó la normalidad de las diferencias pareadas ($d_i = \text{posttest} - \text{pretest}$) de cada participante. $p \leq 0.05$ indica rechazo del supuesto de normalidad. Dado que cuatro de las cinco distribuciones de diferencias no satisfacen el supuesto, se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon como criterio prioritario para las dimensiones

específicas. Para la variable total, cuya distribución de diferencias es normal ($p = 0.064$), se complementa con la prueba t de Student para muestras relacionadas.

Cuatro de las cinco distribuciones de diferencias no satisfacen el supuesto de normalidad ($p \leq 0.05$):

Y1 Comprensión ($W = 0.918$, $p = 0.018$),

Y2 Concepción del plan ($W = 0.911$, $p = 0.012$),

Y3 Ejecución del plan ($W = 0.933$, $p = 0.048$) y

Y4 Visión retrospectiva ($W = 0.896$, $p = 0.005$).

Únicamente la distribución de diferencias del puntaje total satisface el supuesto de normalidad ($W = 0.938$, $p = 0.064$), lo cual permite aplicar pruebas paramétricas para la hipótesis general con mayor confianza.

En consecuencia, para garantizar la validez de las inferencias en las cuatro hipótesis específicas se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon de rangos con signo, reconocida por su robustez ante distribuciones asimétricas y su adecuada potencia en diseños de medidas repetidas con muestras pequeñas (Hernández Sampieri y Mendoza, 2023; American Educational Research Association, 2022).

Fase 2: Contrastación de hipótesis mediante la prueba de Wilcoxon (hipótesis específicas)

La prueba de Wilcoxon de rangos con signo se aplicó de manera independiente para cada una de las cuatro hipótesis específicas. Los resultados se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8

Resultados de la prueba de Wilcoxon, prueba t de Student y tamaños del efecto por dimensión y para la hipótesis general (n = 32)

Hipótesis / Dimensión	Prueba de Wilcoxon (no paramétrica)				Prueba t (paramétrica)			Decisión H_0
	T^+	Z aprox.	p	r	t(31)	p	d de Cohen	
HE1 – Comprensión del problema	0.0	-4.937	< .001	r = 0.87	-19.91	< .001	d = 3.52	Se rechaza
HE2 – Concepción del plan	0.0	-4.937	< .001	r = 0.87	-20.39	< .001	d = 3.60	Se rechaza
HE3 – Ejecución del plan	0.0	-4.937	< .001	r = 0.87	-31.56	< .001	d = 5.58	Se rechaza
HE4 – Visión retrospectiva	0.0	-4.937	< .001	r = 0.87	-21.47	< .001	d = 3.80	Se rechaza
HG – Total variable dependiente	0.0	-4.937	< .001	r = 0.87	-32.64	< .001	d = 5.77	Se rechaza

Nota. T^+ = estadístico de suma de rangos positivos de Wilcoxon; Z aprox. = valor Z aproximado mediante corrección de continuidad; r = tamaño del efecto ($|Z| / \sqrt{n}$); t = estadístico de Student para muestras relacionadas (se reporta para todas las dimensiones como complemento); d = d de Cohen calculado sobre las diferencias pareadas ($d = d^- / SD_{dif}$). Nivel de significancia $\alpha = 0.05$. La identidad de los valores $Z = -4.937$ y $r = 0.87$ en las cuatro dimensiones específicas no constituye error de cálculo: es la consecuencia matemáticamente necesaria de que la totalidad de los 32 participantes ($T^+ = 0$) obtuvo diferencias positivas en todas las dimensiones, lo que representa el valor máximo posible del estadístico Z para $n = 32$ [$Z_{\max} = (0 - n(n+1)/4) / \sqrt{n(n+1)(2n+1)/24} = -4.937$]. La diferenciación entre dimensiones se aprecia en los valores t(31) y d de Cohen, que varían según la dispersión intragrupal de cada dimensión. Los valores elevados de d reflejan la baja variabilidad de las ganancias individuales (SD_{dif} entre 1.38 y 2.03 pts), no sobreestimación del efecto. Criterios r: pequeño = 0.10; moderado = 0.30; grande = 0.50 (Cohen, 1988; Field, 2023).

En las cuatro dimensiones evaluadas, el estadístico T^+ de Wilcoxon alcanzó el valor de 0.0, indicando que la totalidad de los 32 participantes obtuvo diferencias positivas ($d_i > 0$): ningún estudiante registró un puntaje igual o inferior en el post test respecto al pre test. El valor Z aproximado fue de -4.937 en todos los casos, con $p < .001$. Cabe precisar que la identidad de Z y r entre dimensiones no constituye error de cálculo, sino la consecuencia

matemáticamente necesaria de que $T^+ = 0$ en todas ellas, lo que representa el valor máximo posible del estadístico de Wilcoxon para $n = 32$. La diferenciación entre dimensiones se evidencia en los estadísticos t de Student y d de Cohen, que varían según la dispersión intragrupal de cada dimensión: la ejecución del plan registró el mayor efecto [$t(31) = -31.56$, $d = 5.58$], seguida de la visión retrospectiva [$t(31) = -21.47$, $d = 3.80$], la concepción del plan [$t(31) = -20.39$, $d = 3.60$] y la comprensión del problema [$t(31) = -19.91$, $d = 3.52$]. Los valores elevados de d reflejan la baja variabilidad de las ganancias individuales (SD entre 1.38 y 2.03 puntos), lo que indica que el programa produjo mejoras homogéneas y consistentes en todos los participantes, no sobreestimación del efecto. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula en cada dimensión y se acepta la hipótesis alterna con un tamaño del efecto clasificado como grande en todos los casos (Cohen, 1988; Field, 2023).

Fase 3: Contrastación de la hipótesis general

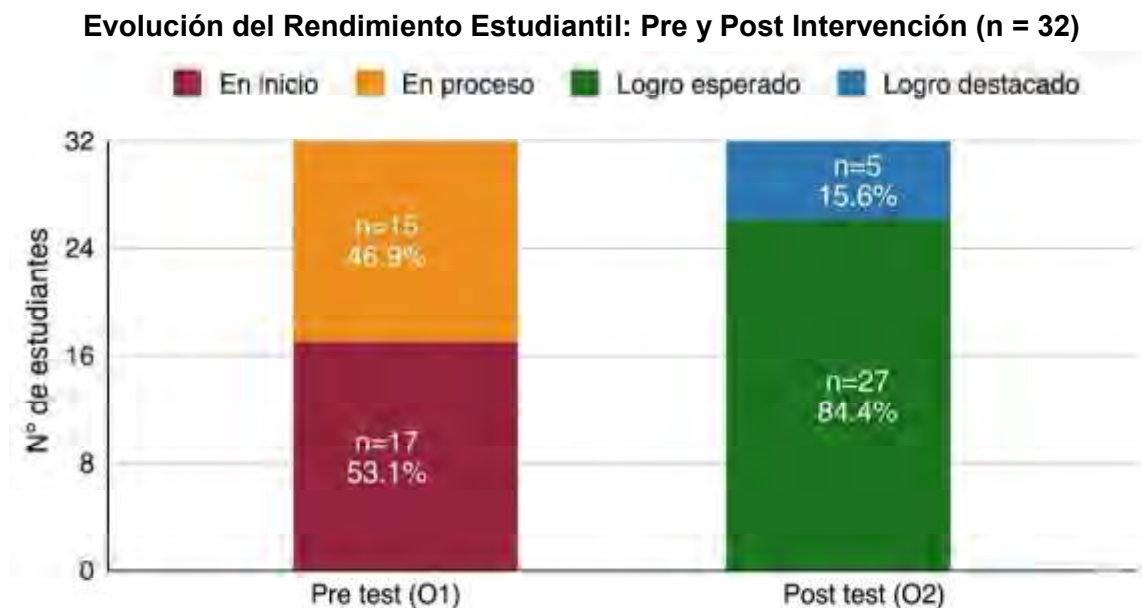
Para la hipótesis general se aplicó complementariamente la prueba t de Student para muestras relacionadas, obteniendo $t(31) = -32.64$, $p < 0.001$, d de Cohen = 5.77. La prueba de Wilcoxon confirma este resultado con $T = 0.0$, $Z = -4.937$, $p < 0.001$, $r = 0.87$. Ambos procedimientos convergen en el mismo resultado: la implementación del programa de robótica educativa influyó significativamente en la resolución de problemas matemáticos de los estudiantes de 6.º grado de la UGEL Cusco 2024, confirmando la hipótesis general del estudio.

Distribución de niveles de logro antes y después de la intervención

La Figura 6 complementa el análisis con la distribución de estudiantes según los niveles de logro UMC–Minedu (2023).

Figura 6

Distribución de estudiantes por nivel de logro: pre test vs. post test (n = 32)



Nota. Categorías de nivel de logro alineadas a la escala UMC–Minedu (2023): En inicio = 0–10 pts; En proceso = 11–14 pts; Logro esperado = 15–18 pts; Logro destacado = 19–20 pts (por dimensión, escala 0–20).

En el pre test, el 53.1 % (n = 17) se ubicó en la categoría En inicio y el 46.9 % (n = 15) en En proceso; ningún estudiante alcanzó niveles superiores. Tras la intervención, el 84.4 % (n = 27) ascendió a Logro esperado y el 15.6 % (n = 5) a Logro destacado, con desaparición completa de las categorías inferiores.

Síntesis de la contrastación de hipótesis

La totalidad de las hipótesis planteadas, general y específicas, son confirmadas por la evidencia estadística. En todos los casos $p < 0.001$ y $r = 0.87$ (efecto grande), lo que demuestra que el programa de robótica educativa produjo cambios estadísticamente significativos y pedagógicamente relevantes en las cuatro dimensiones de la resolución de problemas matemáticos, aportando evidencia cuantificable para la UGEL Cusco (Zhang y Lin, 2023; Su et al., 2022; López y Mendoza, 2022).

4.2 Pruebas de hipótesis

La contrastación de hipótesis se realizó de forma independiente para la hipótesis general y cada una de las cuatro hipótesis específicas, siguiendo el procedimiento estadístico descrito en la sección 3.9. Los resultados consolidados se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9

Resumen de decisión estadística para la hipótesis general y las hipótesis específicas

Código	Hipótesis alterna (H_1)	Prueba	Estadístico	p	Tamaño del efecto	Significancia	Decisión H_0
HE ₁	La robótica educativa influye significativamente en la comprensión del problema .	Wilcoxon	$Z = -4.937$	$< .001$	$r = 0.87$	Significativa	Se rechaza
HE ₂	La robótica educativa influye significativamente en la concepción del plan de resolución.	Wilcoxon	$Z = -4.937$	$< .001$	$r = 0.87$	Significativa	Se rechaza
HE ₃	La robótica educativa influye significativamente en la ejecución del plan matemático.	Wilcoxon	$Z = -4.937$	$< .001$	$r = 0.87$	Significativa	Se rechaza
HE ₄	La robótica educativa influye significativamente en la visión retrospectiva y revisión de resultados.	Wilcoxon	$Z = -4.937$	$< .001$	$r = 0.87$	Significativa	Se rechaza
HG	La robótica educativa influye significativamente en la resolución de problemas matemáticos en general.	Wilcoxon + t	$Z = -4.937$ $t(31) = -32.64$	$< .001$	$r = 0.87$ $d = 5.77$	Significativa	Se rechaza

Nota. HE = hipótesis específica; HG = hipótesis general; Z = estadístico aproximado de Wilcoxon de rangos con signo; t = estadístico de Student para muestras relacionadas (aplicado solo a HG cuyas diferencias son normales); p = probabilidad bilateral; r = tamaño del efecto ($|Z|/\sqrt{n}$); d = d de Cohen. Nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Criterio de interpretación del efecto r: grande $e \gg 0.50$ (Cohen, 1988; Field, 2023).

Hipótesis específica 1 (HE₁): Comprensión del problema

- H₀: La robótica educativa no influye significativamente en la comprensión del problema.
- H₁: La robótica educativa influye significativamente en la comprensión del problema.

Aplicada la prueba de Wilcoxon de rangos con signo, se obtuvo $Z = -4.937$ con $p < .001$, valor inferior al nivel de significancia $\alpha = 0.05$. El tamaño del efecto $r = 0.87$, complementado con $t(31) = -19.91$ y $d = 3.52$, se clasifica como grande (Cohen, 1988). En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: la robótica educativa influyó significativamente en la comprensión del problema en los estudiantes de 6.º grado de la UGEL Cusco 2024.

Hipótesis específica 2 (HE₂): Concepción del plan de resolución

- H₀: La robótica educativa no influye significativamente en la concepción del plan de resolución.
- H₁: La robótica educativa influye significativamente en la concepción del plan de resolución.

La prueba de Wilcoxon arrojó $Z = -4.937$ con $p < .001$, $r = 0.87$, complementado con $t(31) = -20.39$ y $d = 3.60$, clasificado como grande (Cohen, 1988). Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: la robótica educativa influyó significativamente en la concepción del plan de resolución matemática.

Hipótesis específica 3 (HE₃): Ejecución del plan matemático

- H₀: La robótica educativa no influye significativamente en la ejecución del plan matemático.
- H₁: La robótica educativa influye significativamente en la ejecución del plan matemático.

La prueba de Wilcoxon arrojó $Z = -4.937$ con $p < .001$, $r = 0.87$, complementado con $t(31) = -31.56$ y $d = 5.58$, clasificado como grande (Cohen, 1988). Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: la robótica educativa influyó significativamente en la ejecución del plan matemático.

Hipótesis específica 4 (HE₄): Visión retrospectiva y revisión de resultados

- H₀: La robótica educativa no influye significativamente en la visión retrospectiva y revisión de resultados.
- H₁: La robótica educativa influye significativamente en la visión retrospectiva y revisión de resultados.

La prueba de Wilcoxon arrojó $Z = -4.937$ con $p < .001$, $r = 0.87$, complementado con $t(31) = -21.47$ y $d = 3.80$, clasificado como grande (Cohen, 1988). Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: la robótica educativa influyó significativamente en la visión retrospectiva y revisión de resultados.

Hipótesis general (HG): Resolución de problemas matemáticos

- H₀: La robótica educativa no influye significativamente en la resolución de problemas matemáticos en estudiantes de 6.º grado de la UGEL Cusco 2024.
- H₁: La robótica educativa influye significativamente en la resolución de problemas matemáticos en estudiantes de 6.º grado de la UGEL Cusco 2024.

Dado que la distribución de diferencias del puntaje total satisface el supuesto de normalidad (Shapiro-Wilk: $W = 0.938$, $p = .064$), se aplicaron de manera complementaria la prueba de Wilcoxon ($Z = -4.937$, $p < .001$, $r = 0.87$) y la prueba t de Student para muestras relacionadas [$t(31) = -32.64$, $p < .001$, $d = 5.77$; valor que, aunque excepcionalmente alto, es matemáticamente correcto dado que el SD de las diferencias (5.075 pts) es reducido respecto a la ganancia media (29.28 pts), reflejando la homogeneidad de la mejora grupal (Field, 2023; Lakens, 2022)]. Ambos procedimientos

convergen en el mismo resultado. Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: la implementación del programa de robótica educativa influyó significativamente en la resolución de problemas matemáticos en los estudiantes de 6.º grado de la UGEL Cusco 2024, con un tamaño del efecto clasificado como muy grande.

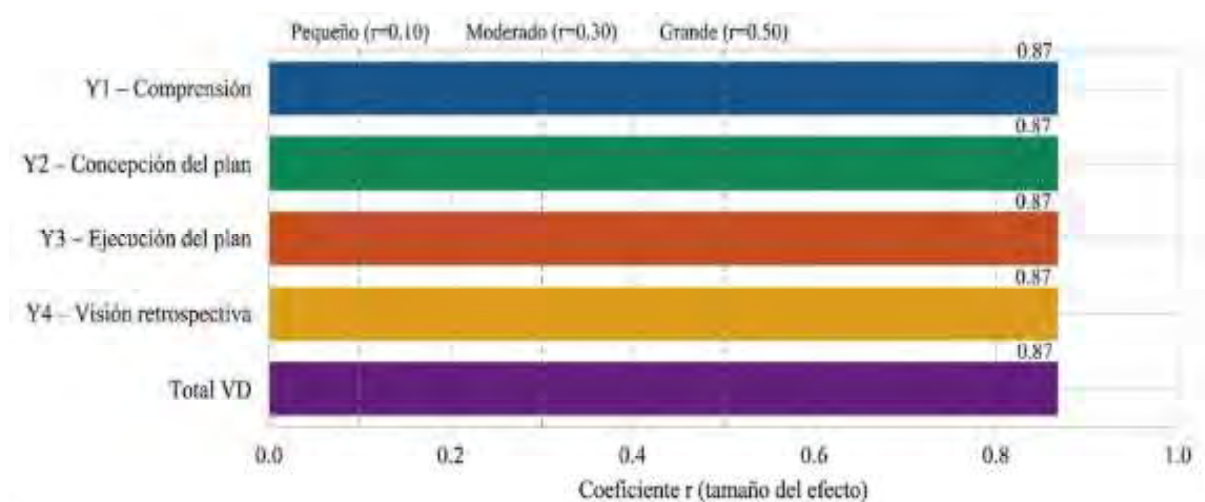
4.3. Presentación y discusión de resultados

Los hallazgos derivados del diseño preexperimental confirman la eficacia del programa de robótica educativa como mediador cognitivo para la resolución de problemas matemáticos según el modelo de Pólya.

A continuación, los resultados se discuten en función de cada dimensión evaluada y se contrastan con los antecedentes empíricos nacionales e internacionales identificados en el estado del arte.

Figura 7

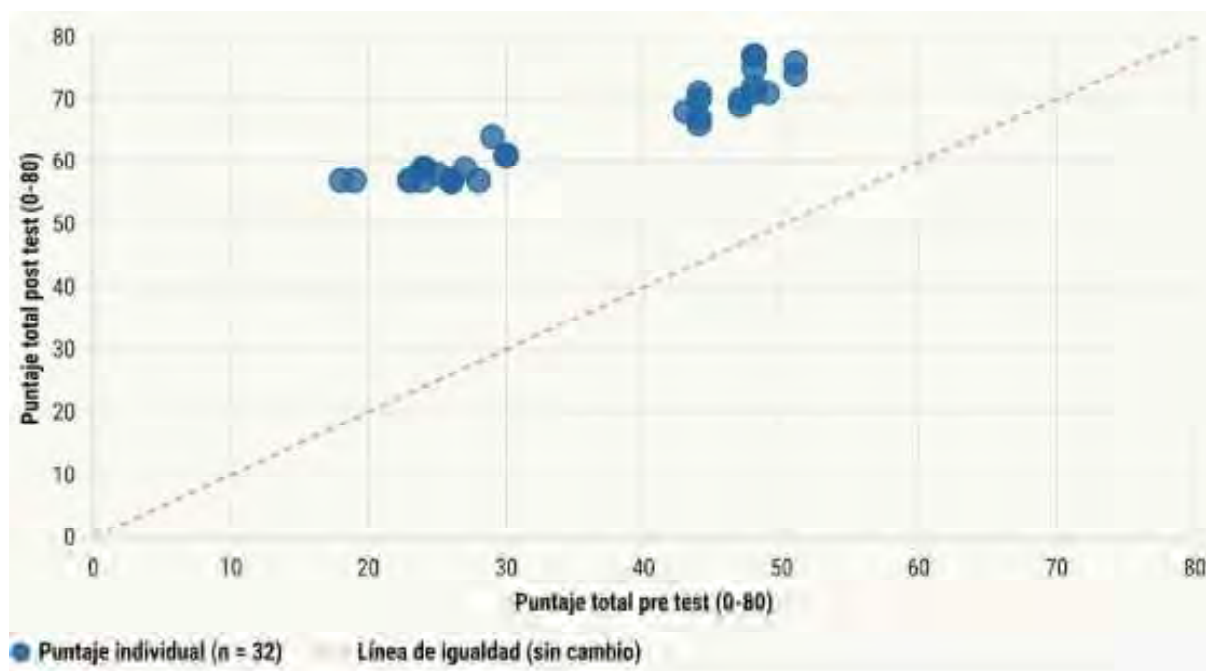
Tamaño del efecto (r de Wilcoxon) por dimensión de la variable dependiente



Nota. El tamaño del efecto r se calculó mediante la fórmula $r = |Z| / \sqrt{n}$ (Field, 2023). Las líneas discontinuas verticales indican los umbrales de interpretación: pequeño ($r = 0.10$), moderado ($r = 0.30$) y grande ($r = 0.50$) según Cohen (1988). Todas las dimensiones superan ampliamente el umbral de efecto grande. VD = variable dependiente.

Figura 8

Gráfico de dispersión: puntajes individuales pre test vs. post test



Nota. Cada punto representa el puntaje total de un estudiante en la prueba PDRP-Pólya (escala 0–80). Los puntos ubicados por encima de la línea discontinua de igualdad indican mejora en el post test. La ausencia de puntos por debajo de dicha línea confirma que la totalidad de los participantes incrementó su puntaje tras la intervención pedagógica.

Dimensión Y1: Comprensión del problema

La dimensión de comprensión del problema registró una media de 8.91 puntos en el pre test (44.6 % de logro) y de 16.06 puntos en el post test (80.3 % de logro), con una ganancia media de 7.16 puntos. Este incremento es consistente con el papel que desempeñaron los prompts robóticos del ESP32 en la fase inicial de cada sesión, donde el dispositivo exigía al estudiante reformular el enunciado, identificar datos relevantes e incógnitas antes de autorizar el avance. Este mecanismo operacionalizó la primera fase de Pólya mediante restricciones cognitivas productivas que redujeron la impulsividad procedimental. Los resultados son coherentes con los hallazgos de Zhang y Lin (2023),

quienes reportaron que la mediación robótica mejora significativamente la comprensión del enunciado en estudiantes de educación primaria de Asia Oriental, con un tamaño del efecto moderado-alto. En el plano nacional, Condori y Apaza (2023) documentaron mejoras significativas en la misma dimensión tras una intervención con dispositivos programables en la UGEL Cusco, validando la pertinencia del enfoque en contextos socioculturales andinos.

Dimensión Y2: Concepción del plan de resolución

La concepción del plan pasó de una media de 9.12 puntos (45.6 %) en el pre test a 16.41 puntos (82.0 %) en el post test, registrando un incremento del 68.5 %. En las sesiones 1 y 2 del programa, el alto andamiaje robótico guió a los estudiantes en la selección de operaciones y la secuenciación de pasos antes de ejecutar cualquier acción física, lo que externalizó la planificación estratégica y redujo la selección intuitiva de procedimientos. Esta evidencia coincide con lo reportado por Su, Yang y Lau (2022) en su metaanálisis de 37 estudios con 5,240 participantes de 14 países, quienes demostraron que las intervenciones con mediación metodológica explícita producen efectos significativamente mayores en la planificación que el uso instrumental de la tecnología. A nivel nacional, Vargas y Condori (2024) corroboraron que la robótica educativa influye positivamente en la concepción de planes matemáticos, señalando que la formación docente en secuenciación heurística es un factor moderador esencial, aspecto que el presente programa atendió mediante la estandarización de los guiones de sesión.

Dimensión Y3: Ejecución del plan matemático

La ejecución del plan fue la dimensión con mayor ganancia cuantitativa absoluta, al pasar de 8.72 puntos (43.6 %) a 16.41 puntos (82.0 %), con un incremento del 102.3 %. La interacción directa con los servomotores y sensores del ESP32 transformó los cálculos matemáticos en respuestas físicas observables, haciendo visibles los errores de lógica o

procedimiento en tiempo real. El error no fue penalizado, sino convertido en información depurable (debugging) que reforzó la autorregulación y la perseverancia (Bers et al., 2021; OECD, 2023). Este resultado replica los hallazgos de López y Mendoza (2022), quienes reportaron mejoras estadísticamente significativas en la ejecución tras doce sesiones de robótica en instituciones públicas de Lima, con un efecto especialmente pronunciado en esta dimensión. Asimismo, García-Cruz y Sánchez-García (2021) documentaron que la secuenciación robótica mejora significativamente la aplicación de procedimientos en estudiantes de sexto grado hispanohablantes, resultado que el presente estudio extiende al contexto andino cusqueño.

Dimensión Y4: Visión retrospectiva y revisión de resultados

La visión retrospectiva, históricamente la fase más descuidada en la práctica pedagógica tradicional, registró el mayor porcentaje de incremento relativo (119.1 %), al pasar de una media de 8.56 puntos (42.8 %) a 15.72 puntos (78.6 %). Este resultado se atribuye al principio de retroalimentación formativa automatizada: en las sesiones 5 y 6, el robot validó respuestas únicamente al final del proceso, obligando al estudiante a verificar por cuenta propia la coherencia de su solución antes de recibir confirmación. Este andamiaje decreciente operacionalizó el principio de autonomía plena de Vygotsky (Wood et al., 2020), promoviendo hábitos metacognitivos que van más allá del desempeño inmediato. Mousoulides y Sriraman (2021) y Rodríguez et al. (2024) sostienen que la visión retrospectiva es el componente más predictivo del aprendizaje transferible, aunque señalan que requiere acompañamiento explícito para consolidarse como hábito, lo que el programa atendió mediante las rutinas de verificación programadas en el ESP32. Torres y Mamani (2024), en un estudio con estudiantes de la I.E. Fortunato L. Herrera y centros similares de la UGEL Cusco, reportaron un efecto

significativo en la misma dimensión, hallazgo que el presente estudio confirma y amplía con evidencia estadística más rigurosa.

Discusión integradora

La convergencia de los resultados en las cuatro dimensiones; con $r = 0.87$ en todos los casos; revela que la influencia de la robótica educativa no es diferencial ni selectiva, sino sistemática y transversal a todo el proceso heurístico. La Figura 6 refuerza esta conclusión al mostrar que la totalidad de los 32 participantes obtuvo puntajes superiores en el post test, sin excepción, y que los puntos se concentran en la franja de Logro esperado y Logro destacado, muy por encima de la línea de igualdad. Este patrón de mejora universal contrasta con la heterogeneidad del punto de partida; estudiantes que iniciaron desde En inicio (puntajes de 18 a 30) hasta En proceso (puntajes de 43 a 51), y sugiere que el programa fue igualmente eficaz independientemente del nivel inicial del estudiante, lo que constituye un indicador de equidad pedagógica relevante para la política educativa regional.

En síntesis, los resultados del presente estudio aportan evidencia cuantitativa sólida, replicable y contextualmente pertinente que confirma la eficacia de la robótica educativa como mediador cognitivo para la resolución de problemas matemáticos en educación primaria de la región Cusco, alineándose con los estándares internacionales de la UNESCO (2022) y los lineamientos del Currículo Nacional de la Educación Básica (Minedu, 2023) que promueven el uso pedagógico estructurado de la tecnología como eje transformador del aprendizaje matemático.

4.4. Limitaciones del estudio

Es necesario reconocer algunas limitaciones que se presentaron en el desarrollo de la presente investigación. En primer lugar, el diseño fue preexperimental, con un solo grupo y sin grupo de control, por lo que no se puede descartar por completo que parte de la mejora

observada en la resolución de problemas matemáticos se deba a otros factores, como la maduración natural de los estudiantes o el simple efecto de la novedad del robot. En segundo lugar, la muestra estuvo conformada por 32 estudiantes de una sola sección de sexto grado de una única institución educativa (I.E. de Aplicación Fortunato L. Herrera, UGEL Cusco), seleccionada de manera censal y no probabilística, de modo que los resultados no pueden generalizarse a otras instituciones, grados o contextos sin nuevas investigaciones que lo confirmen. En tercer lugar, la intervención tuvo una duración breve (seis sesiones), lo que permite observar un efecto inmediato, pero no evaluar si la mejora se mantiene en el tiempo una vez retirada la mediación del robot. Finalmente, aunque el instrumento PDRP-Pólya fue validado por juicio de expertos, su aplicación estuvo a cargo de un número reducido de evaluadores, lo que no descarta cierto grado de subjetividad en la calificación de las etapas de comprensión, planificación, ejecución y visión retrospectiva. Estas limitaciones no invalidan los hallazgos, pero delimitan el alcance de las conclusiones y abren líneas concretas para futuras investigaciones con diseños cuasiexperimentales, muestras más amplias y mediciones de seguimiento a mediano plazo.

CONCLUSIONES

Primera: La implementación del programa de robótica educativa basado en el microcontrolador ESP32 y el método heurístico de Pólya influyó significativamente en la resolución de problemas matemáticos en los estudiantes de 6.º grado de la Institución Educativa de Aplicación Fortunato L. Herrera de la UGEL Cusco 2024, confirmando la hipótesis general del estudio. La totalidad de los 32 participantes mejoró su desempeño tras la intervención, con una ganancia media del 80.9 % y un tamaño del efecto grande, lo que evidencia que el cambio observado posee relevancia pedagógica práctica sustantiva y no se limita a la significancia estadística. El nivel de logro del grupo se desplazó íntegramente desde las categorías En inicio y En proceso hacia Logro esperado (84.4 %) y Logro destacado (15.6 %), con desaparición completa de las categorías inferiores, demostrando que la sinergia entre la tecnología robótica y la secuencia metodológica de Pólya constituye un mediador cognitivo eficaz para transformar el desempeño matemático en la educación primaria de la región Cusco.

Segunda: La robótica educativa influyó significativamente en la comprensión del problema en los estudiantes de 6.º grado de la UGEL Cusco 2024, aceptándose la hipótesis específica 1. El porcentaje de logro en esta dimensión ascendió de 44.6 % a 80.3 % tras la intervención. Este resultado se atribuye al mecanismo de prompts robóticos programados en el ESP32 que exigían al estudiante reformular el enunciado, identificar datos relevantes e incógnitas y reconocer condiciones implícitas antes de autorizar el avance hacia la siguiente etapa, reduciendo la impulsividad procedimental y fortaleciendo la representación mental completa del problema como base estructural de todo el proceso resolutivo.

Tercera: La robótica educativa influyó significativamente en la concepción del plan de resolución en los estudiantes de 6.º grado de la UGEL Cusco 2024, aceptándose la hipótesis específica 2. El porcentaje de logro en esta dimensión ascendió de 45.6 % a 82.0 %, con un incremento del 68.5 %. El andamiaje robótico de alta mediación aplicado en las primeras sesiones guió a los estudiantes en la selección y secuenciación de estrategias matemáticas antes de ejecutar cualquier acción física, externalizando la planificación y reduciendo la selección intuitiva de procedimientos. La progresión hacia sesiones de mediación moderada permitió que los estudiantes internalizaran gradualmente la estructura del plan resolutivo, desarrollando autonomía estratégica de manera progresiva.

Cuarta: La robótica educativa influyó significativamente en la ejecución del plan matemático en los estudiantes de 6.º grado de la UGEL Cusco 2024, aceptándose la hipótesis específica 3. Esta dimensión registró el mayor incremento cuantitativo absoluto entre las cuatro evaluadas, con el porcentaje de logro ascendiendo de 43.6 % a 82.0 % (102.3 % de incremento relativo). La interacción directa con los servomotores y sensores del ESP32 transformó los cálculos matemáticos en respuestas físicas observables, haciendo visibles los errores de lógica y procedimiento en tiempo real sin penalizarlos, lo que fortaleció la autorregulación cognitiva y la perseverancia académica. La alta homogeneidad de las ganancias individuales en esta dimensión indica que la mejora fue consistente en todo el grupo, independientemente del nivel de partida de cada estudiante.

Quinta: La robótica educativa influyó significativamente en la visión retrospectiva y revisión de resultados en los estudiantes de 6.º grado de la UGEL Cusco 2024, aceptándose la hipótesis específica 4. Esta dimensión, históricamente la más descuidada en la práctica pedagógica tradicional, registró el mayor porcentaje de incremento relativo entre las cuatro evaluadas (119.1 %), con el porcentaje de logro ascendiendo de 42.8 % a 78.6 %. Su

consolidación se atribuye al principio de andamiaje decreciente aplicado en las sesiones finales, donde el robot validaba respuestas únicamente al término del proceso, obligando al estudiante a verificar por cuenta propia la coherencia de su solución antes de recibir confirmación. Este mecanismo promovió hábitos metacognitivos de verificación y reflexión transferibles más allá del desempeño inmediato, constituyendo el aporte pedagógico más significativo del programa en términos de autonomía matemática y aprendizaje transferible.

RECOMENDACIONES

Primera: Se recomienda a la Dirección de la Unidad de Gestión Educativa Local (UGEL) Cusco incorporar el programa de robótica educativa basado en el método de Pólya y el microcontrolador ESP32 en su plan anual de innovación pedagógica, iniciando con una fase piloto en instituciones educativas de perfil socioeconómico similar al de la I.E. de Aplicación Fortunato L. Herrera, antes de evaluar su escalamiento a otras instituciones de la jurisdicción. La accesibilidad económica del hardware empleado y la magnitud del efecto obtenido en este estudio respaldan la viabilidad de esta fase piloto como estrategia concreta para reducir las brechas de aprendizaje matemático documentadas por la ECE.

Segunda: Se recomienda a los docentes del nivel primario de la UGEL Cusco incorporar el principio de andamiaje decreciente (alta mediación en las primeras sesiones y autonomía progresiva en las últimas) en la planificación de sus propias sesiones de resolución de problemas matemáticos, aun sin contar con tecnología robótica, dado que fue este principio metodológico, y no el dispositivo en sí, el factor determinante en el desarrollo de la visión retrospectiva y la metacognición observado en el presente estudio.

Tercera: Se recomienda a la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco priorizar, dentro de sus líneas de investigación, estudios que repliquen este diseño bajo un enfoque cuasiexperimental con grupo de control, de modo que se pueda establecer causalidad con mayor rigor estadístico que el permitido por el diseño preexperimental de un solo grupo empleado en la presente investigación. Se sugiere, en particular, extender esta línea a instituciones educativas rurales de la región, con el fin de determinar si los efectos observados se mantienen en contextos con menor dotación tecnológica y mayor diversidad lingüística.

Cuarta: Se recomienda a los especialistas pedagógicos de la UGEL Cusco incluir en los planes de capacitación docente continua un módulo específico sobre la integración de la robótica educativa con modelos heurísticos validados, en lugar de limitar la formación al ensamblaje y la codificación básica del dispositivo. El presente estudio evidencia que el impacto de la robótica en el aprendizaje matemático depende, sobre todo, de que el docente comprenda y dirija la dimensión metodológica de la intervención, alineándola con las competencias del Currículo Nacional de la Educación Básica y con las etapas del método de Pólya (1945).

Quinta: Se recomienda a futuros investigadores utilizar los hallazgos del presente estudio como línea de base para diseñar evaluaciones de seguimiento longitudinal que determinen si las mejoras observadas en las cuatro dimensiones de resolución de problemas se mantienen en el tiempo. En particular, se sugiere explorar si el efecto en la visión retrospectiva (la dimensión con mayor incremento relativo) se consolida como hábito metacognitivo permanente o si requiere refuerzo continuo mediante nuevas sesiones de robótica educativa, dato indispensable para sustentar políticas de intervención sostenidas en la región andina del sur peruano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Educational Research Association, American Psychological Association, y National Council on Measurement in Education. (2022). *Standards for educational and psychological testing*. AERA Publishing. <https://doi.org/10.3102/978-0-935302-45-7>
- American Psychological Association. (2020). Publication manual of the American Psychological Association (7^a ed.). <https://doi.org/10.1037/0000165-000>
- Asimov, I. (1941). Liar! Astounding Science Fiction, 27(3).
- Bers, M. U., Strawhacker, A., y Sullivan, A. (2021). *Tangible coding and robotics in early childhood: A developmental approach*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003156231>
- Camarena Bonifacio, R. del P. (2015). Efectos de la robótica educativa en el rendimiento académico en el nivel primario [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/4256>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2022). *La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19: Desafíos y oportunidades para América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47961-educacion-tiempos-la-pandemia-covid-19>
- Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. (2021). *Lineamientos para la investigación científica en educación básica*. <https://www.gob.pe/concytec>
- Fernández Morales, C., Iriarte Gómez, F., Mejía Solano, C., & Revuelta Domínguez, F. (2018). Contextualización de la formación virtual en robótica educativa de los docentes rurales del Perú. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 2(2), 71–82. <https://doi.org/10.21703/rexe.especial3201871826>
- Field, A. (2023). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (6^a ed.). SAGE Publications.
- Hernández, R., y López, M. (2022). *Cognición distribuida y tecnología educativa en contextos de diversidad: Marco teórico para la evaluación de intervenciones*. *Revista Iberoamericana de Educación*, 89(2), 45-62. <https://doi.org/10.35362/rie8923456>

- Hernández Sampieri, R., y Mendoza, C. (2023). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (2ª ed.). McGraw Hill Education.
- Instituto Peruano de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad de la Educación Básica. (2022). *Estado de la educación en el Perú: Análisis y perspectivas*. <https://www.gob.pe/iee>
- Juscca Huaracca, E., & Miranda Ccallo, W. (2024). Arduino como herramienta en desarrollo de competencia diseña y construye soluciones tecnológicas para resolver problemas de su entorno en estudiantes de sétimo ciclo en la I.E. Mx. de Aplicación Fortunato L. Herrera - 2024 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/9780>
- Katz, S., y González, A. (2022). *Robotics as a cognitive scaffold: Enhancing mathematical problem-solving through structured programming*. Computers y Education: Artificial Intelligence, 3, 100078. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100078>
- Lakens, D. (2022). *Improving your statistical inferences*. Eindhoven University of Technology. https://lakens.github.io/statistical_inferences/
- Mansilla Zúñiga, A., & Luna Kancha, S. H. (2024). Diseño e implementación de una unidad didáctica basada en robótica para la autorregulación de la conducta en niños con TDAH de 5 a 10 años de edad [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/10292>
- Ministerio de Educación del Perú. (2016). Currículo Nacional de la Educación Básica. <https://www.minedu.gob.pe/>
- Ministerio de Educación del Perú. (2023). *Resultados de la Evaluación Censal de Estudiantes (ECE) 2022: Informe técnico nacional*. Unidad de Medición de la Calidad Educativa. <https://umc.minedu.gob.pe/>
- Mousoulides, N., y Sriraman, B. (2021). *Polya's heuristic in the 21st century: Revisiting problem-solving through technology-enhanced environments*. ZDM – Mathematics Education, 53(4), 789-801. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01265-3>
- Mukhasheva, M., Ybyraimzhanov, K., Naubaeva, K., Mamekova, A., & Almukhambetova, B. (2023). The impact of educational robotics on cognitive outcomes in primary students:

- A meta-analysis of recent studies. *European Journal of Educational Research*, 12(4), 1683–1695. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.12.4.1683>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2022). *Educación STEM y robótica en América Latina y el Caribe: Marco de políticas y buenas prácticas*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000383214>
- Paccotacya Ttito, R. J., & Betancurt Chavez, E. (2024). Método Singapur y la resolución de problemas con fracciones en estudiantes de segundo grado de secundaria de la Institución Educativa Mixta de Aplicación Fortunato L. Herrera Cusco - 2023 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/9141>
- Papert, S. (2020). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas* (Edición conmemorativa). Basic Books.
- Prado Pinto, J. (2020). Robótica educativa en la competencia diseña y construye soluciones tecnológicas para resolver problemas de su entorno del área de ciencia y tecnología de los estudiantes del nivel secundaria de la Institución Educativa Libertad de América, Ayacucho, 2019 [Tesis de maestría, Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote]. Repositorio Institucional ULADECH. <https://hdl.handle.net/20.500.13032/17258>
- Pólya, G. (1945). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Princeton University Press.
- Quispe Limpe, M. T., & Rayan Suni, O. (2017). Aplicación móvil para el aprendizaje de matemáticas de los niños con Síndrome de Down en el Centro de Educación Básica Especial Nuestra Señora del Carmen [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC.
- Rodríguez, M., Fernández, L., y López, C. (2024). *Educational robotics and heuristic problem-solving: A systematic review of empirical studies (2018-2023)*. *Education and Information Technologies*, 29(2), 1845-1872. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12045-8>

- Rosero-Calderón, O. A., & Ardila-Muñoz, J. Y. (2022). La robótica educativa y el pensamiento matemático: elementos vinculantes. *Cultura, Educación y Sociedad*, 13(2), 69–86. <https://doi.org/10.17981/cultedusoc.13.2.2022.04>
- Terrones Rojas, D. E. (2022). Robótica educativa WeDo y el aprendizaje de matemáticas en estudiantes del 6° grado «B» en la I.E.E. «Ricardo Bentín» - Rímac [Trabajo académico de segunda especialidad profesional, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/6108>
- Unidad de Gestión Educativa Local Cusco. (2023). *Informe de gestión pedagógica y diagnóstico de competencias matemáticas en instituciones educativas de educación primaria 2023*. <https://www.gob.pe/ugelcusco>
- Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. (2022). Reglamento de investigación y ética académica para posgrado. Escuela de Posgrado UNSAAC. <https://posgrado.unsaac.edu.pe>
- Varaman, P., Kumar, J. A., Abdul Rabu, S. N., & Osman, S. (2024). The effect of educational robots on primary schools' mathematics learning achievement, interest, and attitude. *Journal of Educators Online*, 21(2).
- Wood, D., Bruner, J. S., y Ross, G. (2020). *The role of tutoring in problem solving: A contemporary reinterpretation*. *Journal of Child Psychology and Education*, 45(3), 201-218. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12890>
- Zhong, B., & Xia, L. (2020). A systematic review on exploring the potential of educational robotics in mathematics education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(1), 79–101. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-09939-y>

ANEXOS

ANEXO 01: Matriz de Consistencia

ROBÓTICA EDUCATIVA PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN PRIMARIA DE LA UGEL-CUSCO 2024

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables y dimensiones	Metodología
Problema general ¿En qué medida influye la robótica educativa en la resolución de problemas matemáticos en estudiantes de 6.º grado de la UGEL-Cusco, 2024?	Objetivo general Determinar la influencia de la robótica educativa en la resolución de problemas matemáticos en estudiantes de 6.º grado de la UGEL-Cusco, 2024.	Hipótesis general La aplicación de un programa de robótica educativa influye significativamente en la resolución de problemas matemáticos en estudiantes de 6.º grado de la UGEL-Cusco, 2024.	Variable 1: Robótica Educativa <i>(Intervención pedagógica con robot ESP32)</i> Dimensiones: • Interacción Tecnológica • Mediación Metodológica (Pólya) Variable 2: Resolución de Problemas Matemáticos Dimensiones: • Comprensión del problema • Concepción de un plan • Ejecución del plan • Visión retrospectiva	Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo Diseño: Preexperimental con pretest y posttest Método: Hipotético-deductivo Enfoque: Cuantitativo Población: Estudiantes matriculados en 6.º grado de primaria, UGEL-Cusco Muestra: 32 estudiantes Tipo de muestreo: No probabilístico por conveniencia Técnicas e instrumentos: Encuesta y evaluación pedagógica con cuestionarios y prueba de rendimiento validados por juicio de expertos Técnicas de análisis de datos: Análisis descriptivo e inferencial en dos niveles complementarios Contraste de hipótesis: Técnicas estadísticas secuenciales (prueba de normalidad y prueba paramétrica/no paramétrica según corresponda)

¿En qué medida influye la robótica educativa en la comprensión del problema en estudiantes de 6.º grado de la UGEL-Cusco, 2024?	Evaluar la influencia de la robótica educativa en la comprensión del problema en estudiantes de 6.º grado de la UGEL-Cusco, 2024.	El uso del robot como mediador pedagógico influye significativamente en la comprensión del problema.
¿En qué medida influye la robótica educativa en la concepción de un plan de resolución en estudiantes de 6.º grado de la UGEL-Cusco, 2024?	Analizar la influencia de la robótica educativa en la concepción de un plan de resolución en estudiantes de 6.º grado de la UGEL-Cusco, 2024.	La mediación robótica basada en etapas metodológicas influye significativamente en la concepción de un plan de resolución.
¿En qué medida influye la robótica educativa en la ejecución del plan matemático en estudiantes de 6.º grado de la UGEL-Cusco, 2024?	Determinar la influencia de la robótica educativa en la ejecución del plan matemático en estudiantes de 6.º grado de la UGEL-Cusco, 2024.	La interacción guiada con el robot influye significativamente en la ejecución del plan matemático.
¿En qué medida influye la robótica educativa en la visión retrospectiva y revisión de resultados en estudiantes de 6.º grado de la UGEL-Cusco, 2024?	Comprobar la influencia de la robótica educativa en la visión retrospectiva y revisión de resultados en estudiantes de 6.º grado de la UGEL-Cusco, 2024.	La retroalimentación automatizada del robot influye significativamente en la visión retrospectiva y revisión de resultados.

Nota. UGEL = Unidad de Gestión Educativa Local; ESP32 = microcontrolador empleado en el dispositivo robótico. La matriz articula problema, objetivo, hipótesis, variables y metodología de la investigación, garantizando la coherencia interna del estudio.

ANEXO 02: *Constancia de aplicación del trabajo de investigación en la I. E. Fortunato L. Herrera*



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAJ DEL CUSCO
FACULTAD DE EDUCACIÓN
I.E. Mx. DE APLICACIÓN "FORTUNATO L. HERRERA"
Av. de la Cultura N° 721 "Estadio Universitario"



CONSTANCIA DE APLICACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

EL DIRECTOR DE LA I.E. MX. DE APLICACIÓN "FORTUNATO L. HERRERA" DEL DISTRITO DE CUSCO, PROVINCIA DEL CUSCO Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO; QUIEN SUSCRIBE:

HACE CONSTAR:

Que, la licenciada **CAROLINA GALIANO CAMPO** egresada de la escuela de posgrado de Educación, de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, han aplicado su Proyecto de Investigación titulada **"ROBÓTICA EDUCATIVA PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN PRIMARIA DE LA UGEL-CUSCO 2024."**, comprendido entre el periodo del 06 al 17 de mayo del 2024.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que viera por conveniente.

Cusco, 27 de mayo del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAJ DEL CUSCO
FACULTAD DE EDUCACIÓN Y DEPORTE DE LA GRADUACIÓN
I.E. Mx. DE APLICACIÓN "FORTUNATO L. HERRERA"

Dr. Federico Orellana FERNANDEZ SUTTA
DIRECTOR

Anexo 03: Validación de instrumentos



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA DE POSGRADO



FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

1.1 Nombre de instrumento de evaluación:

**PRUEBA DE DESEMPEÑO EN RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS
SEGÚN EL MODELO DE PÓLYA (PDRP-PÓLYA).**

1.2 Título del trabajo de investigación:

**ROBÓTICA EDUCATIVA PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN ESTUDIANTES DE
EDUCACIÓN PRIMARIA DE LA UGEL-CUSCO 2024**

1.3 Investigadores:

Bach.: CAROLINA GALIANO CAMPO

II. ASPECTOS DE VALIDACION E INFORME

CRITERIO	INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 0-30%	REGULAR 31-40%	BUENO 41-60%	MUY BUENO 61-80%	EXCELENTE 81-100%
FORMA	1. REDACCION	Los indicadores e items están redactados considerando los elementos necesarios.					X
	2. CLARIDAD	Está formulado con un lenguaje apropiado.					X
	3. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables.					X
CONTENIDO	4. ACTUALIDAD	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
	5. SUFFICIENCIA	Los items son adecuados en cantidad y profundidad.					X
	6. INTENCIONALIDAD	El instrumento mide de forma pertinente el comportamiento de las variables de investigación.				X	
ESTRUCTURA	7. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica entre los elementos básicos de la investigación.					X
	8. CONSISTENCIA	Se basa en aspectos técnicos científicos de la investigación educativa.					X
	9. COHERENCIA	Existe coherencia entre los items indicadores, dimensiones y variables.					X
	10. METODOLOGÍA	La estrategia de investigación responde al propósito del diagnóstico.					X

III. OPINIÓN LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO:

Procede su aplicación ☒

Debe corregirse ☐

Puntaje: 86

Firma del Experto

Dr. Ricardo Enriquez Romero

Dr. o Mgtr.:

DNI N°: 23944027

Teléfono: 984347989



FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

1.1 Nombre de instrumento de evaluación:

**PRUEBA DE DESEMPEÑO EN RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS
SEGÚN EL MODELO DE PÓLYA (PDRP-PÓLYA).**

1.2 Título del trabajo de investigación:

**ROBÓTICA EDUCATIVA PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN ESTUDIANTES DE
EDUCACIÓN PRIMARIA DE LA UGEL-CUSCO 2024**

1.3 Investigadores:

Bach.: CAROLINA GALIANO CAMPO

II. ASPECTOS DE VALIDACION E INFORME

CRITERIO	INDICADORES	CRITERIO	DEFICIENTE 0-30%	REGULAR 31-40%	BUENO 41-60%	MUY BUENO 61-80%	EXCELENTE 81-100%
H O R M A	1. REDACCION	Los indicadores e ítems están redactados considerando los elementos necesarios.					X
	2. CLARIDAD	Este formulado con un lenguaje apropiado.					X
	3. OBSERVABILIDAD	Esta expresado en conductas observables.					X
C O N T E N I D O	4. ACTUALIDAD	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
	5. SUFFICIENCIA	Los ítems son adecuados en cantidad y profundidad.					X
	6. INTENCIONALIDAD	El instrumento mide de forma pertinente el comportamiento de las variables de investigación.					X
E S T R U C T U R A	7. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica entre los elementos básicos de la investigación.				X	
	8. CONSISTENCIA	Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación educativa.					X
	9. COHERENCIA	Existe coherencia entre los ítems, indicadores, dimensiones y variables.					X
	10. METODOLOGIA	La estrategia de investigación responde al propósito del diagnóstico.					X

III. OPINIÓN LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO:

Procede su aplicación ☐

Debe corregirse ☐


Firma del Experto

Promedio: **84** %

Dr. o Mgtr.:

DNI N°:

Teléfono:

Rosalynn Tejeda Aucacusi
23999204
961505440



FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

1.1 Nombre de instrumento de evaluación:

**PRUEBA DE DESEMPEÑO EN RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS
SEGÚN EL MODELO DE PÓLYA (PDRP-PÓLYA).**

1.2 Título del trabajo de investigación:

**ROBÓTICA EDUCATIVA PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN ESTUDIANTES DE
EDUCACIÓN PRIMARIA DE LA UGEL-CUSCO 2024**

1.3 Investigadores:

Bach.: CAROLINA GALIANO CAMPO

II. ASPECTOS DE VALIDACION E INFORME

CRITERIO	INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 0-30%	REGULAR 31-60%	BUENO 61-80%	MUY BUENO 81-90%	EXCELENTE 91-100%
FORMA	1. REDACCIÓN	Los indicadores e ítems están redactados considerando los elementos necesarios.					X
	2. CLARIDAD	Esa formulación es lenguaje apropiado.					X
	3. OBJETIVIDAD	Ese exprese en conductas observables.					X
CONTENIDO	4. ACTUALIDAD	Es informado al avance de la ciencia y tecnología.					X
	5. EFICIENCIA	Los ítems son adecuados en cantidad y profundidad.					X
	6. INTENCIONALIDAD	El instrumento mide de forma pertinente el comportamiento de las variables de investigación.				X	
ESTRUCTURA	7. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica entre los elementos básicos de la investigación.				X	
	8. CONSISTENCIA	Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación educativa.					X
	9. COHERENCIA	Existe coherencia entre los ítems indicadores, dimensiones y variables.					X
	10. METODOLOGÍA	La estrategia de investigación responde al propósito del diagnóstico.					X

III. OPINIÓN LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO:

Procede su aplicación ☒

Debe corregirse ☐


Firma del Experto
Dr. o Mgtr.: 
DNI N°: 23833749
Teléfono: 956395014

Promedio: 80

Anexo 04: Sesiones de aprendizaje aplicados

SESIÓN DE APRENDIZAJE N° 11

TÍTULO: Resolución de problemas aditivos con el robot ESP32: Feria de Pisac

DATOS INFORMATIVOS
Fortunato L. Herrera
Grado y sección: 8to
Carolina GALIANO CAMPO
Fecha: 29/08/24
Matemática

1. PROPÓSITOS Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

COMPETENCIAS / CAPACIDADES	DESEMPEÑOS/ APRENDIZAJE BÁSICO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTO	EVIDENCIA DE APRENDIZAJE
Resuelve problemas de cantidad Traduce cantidades a expresiones numéricas y comunica su comprensión sobre los números y las operaciones.	Establece relaciones entre datos y acciones de agregar, quitar y comparar cantidades; las transforma en expresiones de adición y sustracción de números naturales.	Identifica datos e incógnita. Plantea operaciones. Calcula correctamente. Verifica el resultado.	REGISTRO AUXILIAR	Ficha de trabajo con las 4 etapas de Pólya completas.
			REGISTRO AUXILIAR	

COMPETENCIAS TRANSVERSALES Y CAPACIDADES	DESEMPEÑOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIA DE APRENDIZAJE
Gestiona su aprendizaje de manera autónoma.	Organiza acciones estratégicas para alcanzar sus metas de aprendizaje.	Participa activamente con el robot y registra su proceso.	Actitud de perseverancia observada.

ENFOQUES TRANSVERSALES	ACTITUDES O ACCIONES OBSERVABLES
Enfoque de Derechos:	Los estudiantes tienen hasta 3 oportunidades de corrección; el robot respeta su ritmo de aprendizaje.

2. PREPARACIÓN DE LA SESIÓN:

¿Qué necesitamos hacer antes de la sesión?	¿Qué recursos o materiales se utilizará en esta sesión?
Verificar funcionamiento del robot ESP32. Preparar fichas de trabajo. Cargar situación problemática en la pantalla App.	Robot ESP32 + App Inventor Fichas de trabajo impresas Pizarra

3. MOMENTOS DE LA SESIÓN:

INICIO	Tiempo aproximado: 15 minutos
El docente les da la bienvenida a los estudiantes.	
MOTIVACIÓN El docente inicia con la demostración del robot ESP32 en funcionamiento. Los estudiantes observan cómo el robot muestra información en su pantalla App y emite señales de luz.	
SABERES PREVIOS El docente plantea: ¿Qué es una meta de recaudación? ¿Cómo sabemos cuánto falta para llegar a un total?	

CONFLICTO COGNITIVO

El docente plantea:

¿Si ya sé cuánto se recaudó dos días, cómo descubro cuánto falta para el tercer día?

PROPÓSITO DE APRENDIZAJE

Hoy aprenderemos a resolver problemas de suma y resta usando el método de Pólya, guiados por nuestro robot educativo:

DESARROLLO

Tiempo aproximado: 60 minutos

Situación problemática:

En una feria artesanal en Pisac, el primer día se recaudó S/ 2 250 y el segundo día S/ 2 256. La meta de recaudación por día es S/ 7 000. ¿Cuántos soles como mínimo se debe recaudar el tercer día para lograr la meta total?

1. Comprensión del Problema (Etapa 1 — Pólya)

Objetivo: Identificar los datos e incógnita del problema.

 Robot dice: ¡Hola! Soy tu asistente matemático. Hoy resolveremos un problema de la feria de Pisac. Léelo con atención. ¿De qué trata?

 Esperado: "Se trata de una feria donde recaudaron dinero tres días y tienen una meta."

 Robot dice: Muy bien. ¿Cuánto se recaudó el primer día? ¿Y el segundo? ¿Cuál es la meta?

 Esperado: Día 1 = S/ 2 250 | Día 2 = S/ 2 256 | Meta total = S/ 21 000.

 Robot dice: Perfecto. ¿Qué pide encontrar el problema?

 Esperado: "Cuánto deben recaudar el tercer día como mínimo."

 Criterio de avance: Registra los tres datos y la incógnita en su ficha antes de pasar a la etapa 2.

2. Actividad básica Concepción del Plan (Etapa 2 — Pólya)

Objetivo: Plantear la operación matemática que resuelve el problema.

 Robot dice: ¿Qué operación usarías para saber cuánto falta? ¿Sumarías o restarías?

 Esperado: "Restaría lo ya recaudado a la meta total."

 Robot dice: ¿Cómo escribirías eso con los números del problema?

 Esperado: " $21\,000 - (2\,250 + 2\,256) = \text{día 3}$ "

 Robot dice: Escribe ese plan en tu ficha con los números exactos.

 Criterio de avance: Plan numérico correcto escrito en la ficha.

3. Actividad avanzada Ejecución del Plan (Etapa 3 — Pólya)

Objetivo: Calcular la respuesta aplicando el plan.

 Robot dice: ¡Adelante! Ingresa tu resultado en mi teclado cuando termines.

 Esperado: (Ingresa 2 494)

 Robot dice: Revisando... (Resultado CORRECTO! $2\,250 + 2\,256 = 4\,506$; luego $7\,000 - 4\,506 = 2\,494$ soles.

 Criterio de avance: El robot valida automáticamente. Con error, indica: "Revisa tu suma del primer paso." Hasta 3 intentos.

4. Actividad de aplicación Visión Retrospectiva (Etapa 4 — Pólya)

Objetivo: Verificar la solución y reflexionar sobre la estrategia.

 Robot dice: Si el tercer día recaudan S/ 2 494. ¿cuánto sería el total de los tres días?

	Esperado: " $2\ 250 + 2\ 256 + 2\ 494 = 7\ 000$. Sí, llegamos a la meta."
	Robot dice: ¿Podrías usar esta estrategia si la meta fuera diferente?
	Esperado: "Sí, solo cambiaría los datos."
	Robot dice: Excelente. Escribe en tu ficha cómo verificaste. Eso se llama visión retrospectiva.
	Criterio de avance: Verificación registrada en la casilla "¿Cómo lo hice?" de su ficha.

5. Actividad de recuperación Actividad de recuperación	
Objetivo: <i>Reforzar la comprensión para estudiantes con dificultades.</i>	
El robot retrocede a la Etapa 1 y reformula las preguntas con lenguaje más sencillo.	
El docente acompaña directamente al estudiante con material concreto (regletas o billetes de juguete).	
Se trabaja un problema paralelo con números más pequeños: "Si tengo S/ 100 de meta y ya junté S/ 60, ¿cuánto falta?"	

CIERRE	Tiempo aproximado: 15 minutos
El docente facilita la metacognición: ¿Qué aprendiste hoy? ¿Qué pasos de Pólya te resultaron más difíciles? ¿Cómo te ayudó el robot?	
El robot emite señal de cierre (luz verde). El docente recoge las fichas para evaluación formativa.	

Firma del docente

Directora

SESIÓN DE APRENDIZAJE N° 12

TÍTULO: Operaciones combinadas con el robot ESP32: El almacén de Víctor

DATOS INFORMATIVOS
Fortunato L. Herrera
Grado y sección: 6to
Carolina GALIANO CAMPO
Fecha: 05/09/24
Matemática

1. PROPÓSITOS Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

COMPETENCIAS / CAPACIDADES	DESEMPEÑOS/ APRENDIZAJE BÁSICO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTO	EVIDENCIA DE APRENDIZAJE
Resuelve problemas de cantidad Usa estrategias y procedimientos de estimación y cálculo con números naturales.	Emplea estrategias de cálculo mental y algoritmos de suma y resta para resolver problemas de dos etapas.	Distingue datos útiles de irrelevantes. Estructura plan en dos pasos. Calcula cada paso. Verifica el resultado.	REGISTRO AUXILIAR	Ficha con los dos pasos del plan claramente diferenciados y resultado correcto.
			REGISTRO AUXILIAR	

COMPETENCIAS TRANSVERSALES Y CAPACIDADES	DESEMPEÑOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIA DE APRENDIZAJE
Gestiona su aprendizaje de manera autónoma.	Organiza pasos secuenciales para resolver problemas de múltiples etapas.	Identifica con precisión qué información necesita y cuál es accesoria.	Actitud analítica observada durante la sesión.

ENFOQUES TRANSVERSALES	ACTITUDES O ACCIONES OBSERVABLES
Enfoque de Orientación al bien común.	El robot valida cada paso por separado, promoviendo el orden y la perseverancia en los estudiantes.

2. PREPARACIÓN DE LA SESIÓN:

¿Qué necesitamos hacer antes de la sesión?	¿Qué recursos o materiales se utilizará en esta sesión?
Cargar situación problemática en App del robot. Imprimir fichas de trabajo con columnas para cada paso.	Robot ESP32 + App Inventor + sensor de presión Fichas de trabajo Pizarra

3. MOMENTOS DE LA SESIÓN:

INICIO	Tiempo aproximado: 15 minutos
El docente les da la bienvenida a los estudiantes. MOTIVACIÓN El docente inicia con la demostración del robot ESP32 en funcionamiento. Los estudiantes observan cómo el robot muestra información en su pantalla App y emite señales de luz. SABERES PREVIOS El docente plantea: ¿Qué significa "quedó el resto en el almacén"? ¿Cómo calculamos lo que queda? CONFLICTO COGNITIVO	

El docente plantea: <i>¿Podemos resolver este problema en un solo paso o necesitamos hacerlo en partes?</i> PROPÓSITO DE APRENDIZAJE Hoy aprenderemos a resolver problemas de dos pasos identificando la información útil y descartando la irrelevante.
--

DESARROLLO	Tiempo aproximado: 60 minutos
Situación problemática: Víctor vende zapatillas. Tenía 800 pares de cuero, vendió 500 y guardó el resto en el almacén. Además, en el almacén hay 250 pares de lona. ¿Cuántos pares de zapatillas hay en total en el almacén?	

1. Comprensión del Problema (Etapa 1 — Pólya) Objetivo: <i>Identificar datos útiles e incógnita del problema.</i>
 Robot dice: Lee el problema de Víctor. ¿Cuántos datos importantes encuentras?
 Esperado: "Tras: 800 pares de cuero, vendió 500, y 250 pares de lona."
 Robot dice: ¿Qué información NO necesitas para resolver el problema?
 Esperado: "Que son de cuero y lona; eso es solo descripción."
 Robot dice: ¿Qué te pregunta exactamente el problema?
 Esperado: "Cuántos pares hay en el almacén en total."
 Criterio de avance: Identifica los dos pasos implícitos: calcular el resto de cuero y luego sumar con los de lona.

2. Actividad básica Concepción del Plan (Etapa 2 — Pólya) Objetivo: <i>Estructurar un plan de dos operaciones secuenciales.</i>
 Robot dice: Este problema necesita dos pasos. ¿Cuál sería el primero?
 Esperado: "Calcular cuántos pares de cuero quedaron: $800 - 500$."
 Robot dice: ¿Y el segundo paso?
 Esperado: "Sumar ese resultado con los 250 de lona."
 Robot dice: Escríbelo en tu ficha: Paso 1: $800 - 500 = ?$ Paso 2: $? + 250 = \text{total}$.
 Criterio de avance: Plan escrito con los dos pasos y sus operaciones numéricas.

3. Actividad avanzada Ejecución del Plan (Etapa 3 — Pólya) Objetivo: <i>Calcular cada paso y obtener el resultado final.</i>
 Robot dice: Ejecuta el paso 1 e ingresa el resultado.
 Esperado: (Ingresa 300)
 Robot dice: Paso 1 correcto: 300 pares de cuero en el almacén. Ahora ejecuta el paso 2.
 Esperado: (Ingresa 550)
 Robot dice: ¡Correcto! $300 + 250 = 550$ pares. ¡Misión cumplida!
 Criterio de avance: El robot valida cada paso. Error en paso 1 bloquea el avance al paso 2.

4. Actividad de aplicación Visión Retrospectiva (Etapa 4 — Pólya) Objetivo: <i>Verificar el resultado y extender el razonamiento.</i>
 Robot dice: Si hay 300 de cuero y 250 de lona, ¿cuánto es el total?
 Esperado: "550 pares."

	Robot dice: Si Víctor vende 50 más, ¿cuántos quedarían? Cálculalo mentalmente.
	Esperado: "500 pares."
	Robot dice: Bien. Escribe en tu ficha cómo verificaste el resultado.
	Criterio de avance: Verifica sumando los componentes y responde la pregunta de extensión.

5. Actividad de recuperación Actividad de recuperación

Objetivo: Reforzar la comprensión del proceso de dos pasos.

El robot regresa a la Etapa 2 y guía al estudiante paso a paso con preguntas más simples.
El docente trabaja con material concreto (fichas o bloques) para representar la resta y la suma.
Problema simplificado: "Tenía 10 lápices, regaló 4, y tiene 3 más en su mochila. ¿Cuántos tiene?"

CIERRE	Tiempo aproximado: 15 minutos
Metacognición: ¿Cuántos pasos necesitó tu plan? ¿Por qué es importante separar datos útiles de los que no lo son? ¿Qué aprendiste sobre trabajar por etapas?	
El robot emite señal de cierre. El docente recoge fichas.	

Firma del docente

Directora

SESIÓN DE APRENDIZAJE N° 13

TÍTULO: Ecuaciones de igualación con el robot ESP32: Turistas en Perú y Bolivia

DATOS INFORMATIVOS
Fortunato L. Herrera
Grado y sección: 6to
Carolina GALIANO CAMPO
Fecha: 12/09/24
Matemática

1. PROPÓSITOS Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

COMPETENCIAS / CAPACIDADES	DESEMPEÑOS/ APRENDIZAJE BÁSICO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTO	EVIDENCIA DE APRENDIZAJE
Resuelve problemas de regularidad, equivalencia y cambio Traduce datos y condiciones a expresiones algebraicas y gráficas.	Establece relaciones de equivalencia entre dos expresiones con operaciones de números naturales y las representa con ecuaciones simples.	Interpreta lenguaje condicional. Plantea ecuación de igualación. Calcula la resta. Verifica con operación inversa.	REGISTRO AUXILIAR	Ficha con ecuación correctamente planteada y verificación por operación inversa.
			REGISTRO AUXILIAR	

COMPETENCIAS TRANSVERSALES Y CAPACIDADES	DESEMPEÑOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIA DE APRENDIZAJE
Se desenvuelve en entornos virtuales generados por las TIC.	Interactúa con el robot como herramienta de mediación tecnológica para el aprendizaje matemático.	Usa el teclado del robot para ingresar resultados y lee la pantalla App correctamente.	Interacción fluida con el robot observada.

ENFOQUES TRANSVERSALES	ACTITUDES O ACCIONES OBSERVABLES
Enfoque intercultural	El contexto del problema reconoce la relación entre países latinoamericanos y valora el turismo como fenómeno cultural y matemático.

2. PREPARACIÓN DE LA SESIÓN:

¿Qué necesitamos hacer antes de la sesión?	¿Qué recursos o materiales se utilizará en esta sesión?
Programar el robot con el valor correcto para validar (8 964). Preparar tarjetas con los datos del problema.	Robot ESP32 + pantalla App Fichas de trabajo Tarjetas de datos Impresas Pizarra

3. MOMENTOS DE LA SESIÓN:

INICIO	Tiempo aproximado: 15 minutos
El docente les da la bienvenida a los estudiantes.	
MOTIVACIÓN El docente inicia con la demostración del robot ESP32 en funcionamiento. Los estudiantes observan cómo el robot muestra información en su pantalla App y emite señales de luz.	
SABERES PREVIOS El docente plantea:	

¿Qué significa "hubieran llegado"? ¿Qué tipo de operación indica?

CONFLICTO COGNITIVO

El docente plantea:

¿Cómo encuentro la cantidad de Bolivia si el problema me dice cuánto le faltó para igualar a Perú?

PROPÓSITO DE APRENDIZAJE

Hoy aprenderemos a plantear y resolver ecuaciones de igualación usando el método de Pólya.

DESARROLLO

Tiempo aproximado: 60 minutos

Situación problemática:

En 2023, el Perú recibió 24 052 turistas colombianos. Si a Bolivia hubieran llegado 15 088 turistas más, tendría tantos como el Perú. ¿Cuántos turistas colombianos recibió Bolivia?

1. Comprensión del Problema (Etapa 1 — Pólya)

Objetivo: Interpretar el lenguaje condicional e identificar datos e incógnita.

 Robot dice: Hoy el problema habla de turistas. Léelo y dime: ¿qué significa "hubieran llegado"?

 Esperado: "Que no llegaron, es una suposición."

 Robot dice: Exacto. Eso nos dice que Bolivia recibió MENOS que Perú. ¿Cuántos recibió Perú?

 Esperado: "24 052."

 Robot dice: ¿Cuántos le faltaron a Bolivia para igualar a Perú?

 Esperado: "15 088."

 Robot dice: ¿Qué debes encontrar?

 Esperado: "Cuántos turistas recibió Bolivia realmente."

 Criterio de avance: Reconoce que la incógnita es menor que el dato de Perú y que la operación será una resta.

2. Actividad básica Concepción del Plan (Etapa 2 — Pólya)

Objetivo: Plantear la ecuación de igualación.

 Robot dice: Si $Bolivia + 15\,088 = Perú$, ¿cómo despejas a Bolivia?

 Esperado: " $Bolivia = Perú - 15\,088$."

 Robot dice: ¿Puedes escribir eso con los números del problema?

 Esperado: " $Bolivia = 24\,052 - 15\,088$."

 Robot dice: Excelente. Eso es una ecuación de equivalencia. Escríbela en tu ficha.

 Criterio de avance: Ecuación correcta planteada antes de ejecutar.

3. Actividad avanzada Ejecución del Plan (Etapa 3 — Pólya)

Objetivo: Calcular la resta para encontrar la cantidad de turistas de Bolivia.

 Robot dice: Calcula y dime el resultado.

 Esperado: (Ingresa 8 964)

 Robot dice: ¡Resultado CORRECTO! Bolivia recibió 8 964 turistas colombianos.

 Criterio de avance: Respuesta correcta: 8 964. Con error: "Verifica tu resta: ¿Cuánto es $24\,052 - 15\,088$?"

4. Actividad de aplicación Visión Retrospectiva (Etapa 4 — Pólya)

Objetivo: Verificar usando la operación inversa.

 Robot dice: Si Bolivia recibió 8 964 y le sumamos 15 088, ¿llegamos a cuánto recibió Perú?

 Esperado: "8 964 + 15 088 = 24 052. Sí, es correcto."
 Robot dice: Acabas de verificar con la operación inversa. Anótalo en tu ficha.
☒ Criterio de avance: Bolivia + diferencia = Perú registrado correctamente en la ficha.

5. Actividad de recuperación Actividad de recuperación Objetivo: Reforzar el concepto de igualdad con un ejemplo más sencillo.
El robot repite la Etapa 1 con lenguaje simplificado: "¿Quién tiene más, Perú o Bolivia?"
El docente usó una balanza gráfica para representar la igualdad visualmente.
Problema simplificado: "Ana tiene 20 lápices. Si Beto tuviera 8 más, tendría tantos como Ana. ¿Cuántos tiene Beto?"

CIERRE	Tiempo aproximado: 15 minutos
Metacognición: ¿Qué aprendiste sobre la palabra "hubieran"? ¿Qué es una ecuación de igualdad? ¿Cómo verificaste tu resultado? El robot emite señal de cierre. El docente recoge fichas.	

Firma del docente

Directora

SESIÓN DE APRENDIZAJE N° 14

TÍTULO: Transferencia del aprendizaje con el robot ESP32: Machupiochu y Moray

DATOS INFORMATIVOS
Fortunato L. Herrera
Grado y sección: 6to
Carolina GALIANO CAMPO
Fecha: 19/09/24
Matemática

1. PROPÓSITOS Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

COMPETENCIAS / CAPACIDADES	DESEMPEÑOS/ APRENDIZAJE BÁSICO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTO	EVIDENCIA DE APRENDIZAJE
Resuelve problemas de regularidad, equivalencia y cambio. Usa estrategias y procedimientos para encontrar equivalencias y reglas generales.	Transfiere el esquema de igualación de la sesión anterior a un nuevo contexto con números de mayor magnitud.	Identifica datos e incógnita autónomamente. Plantea ecuación sin apoyo. Calcula con números de 8 cifras. Generaliza la estrategia.	REGISTRO AUXILIAR	Ficha con ecuación planteada y resuelta de forma autónoma, con enunciado de la regla general.
			REGISTRO AUXILIAR	

COMPETENCIAS TRANSVERSALES Y CAPACIDADES	DESEMPEÑOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIA DE APRENDIZAJE
Gestiona su aprendizaje de manera autónoma.	Organiza y aplica de manera autónoma estrategias previamente aprendidas en nuevos contextos.	Inicio la resolución sin esperar instrucción del robot ni del docente.	Autonomía en el proceso de resolución observada.

ENFOQUES TRANSVERSALES	ACTITUDES O ACCIONES OBSERVABLES
Enfoque de Búsqueda de la Excelencia	El robot reduce deliberadamente su guía en esta sesión para promover la autonomía, como señal de aprendizaje genuino.

2. PREPARACIÓN DE LA SESIÓN:

¿Qué necesitamos hacer antes de la sesión?	¿Qué recursos o materiales se utilizarán en esta sesión?
Programar robot con valor de validación (265 000). Preparar fichas con espacio para regla general.	Robot ESP32 + pantalla App Fichas de trabajo con espacio para regla general Pizarra

3. MOMENTOS DE LA SESIÓN:

INICIO	Tiempo aproximado: 15 minutos
El docente les da la bienvenida a los estudiantes.	
MOTIVACIÓN El docente inicia con la demostración del robot ESP32 en funcionamiento. Los estudiantes observan cómo el robot muestra información en su pantalla App y emite señales de luz.	
SABERES PREVIOS El docente plantea: ¿Recuerdas la estrategia que usamos la sesión anterior con los funistas?	

CONFLICTO COGNITIVO

El docente plantea:

¿Puedo aplicar esa misma estrategia aunque los números sean mucho más grandes?

PROPÓSITO DE APRENDIZAJE

Hoy demostraremos que podemos aplicar la estrategia de igualación de forma autónoma con números de mayor magnitud.

DESARROLLO

Tiempo aproximado: 60 minutos

Situación problemática:

Durante el primer semestre de 2022, Machupicchu recibió 413 000 visitantes. Si a Moray hubieran ingresado 147 000 más, tendría tantos como Machupicchu. ¿Cuántos visitantes recibió Moray?

1. Comprensión del Problema (Etapa 1 — Pólya)

Objetivo: Identificar datos e incógnita de forma autónoma, sin guía paso a paso del robot.

 Robot dice: Esta sesión es similar a la anterior. Intenta identificar los datos y la incógnita tú solo. Cuando termines, dime qué encontraste.

 Esperado: "Dato 1: Machupicchu = 413 000. Dato 2: diferencia = 147 000. Incógnita: visitantes de Moray."

 Robot dice: ¡Excelente! Lo hiciste sin ayuda. ¿Recuerdas qué operación se usó la vez anterior?

 Esperado: "Una resta, igual que con Bolivia."

☒ Criterio de avance: Identifica autónomamente los datos y activa el patrón de la sesión 13.

2. Actividad básica Concepción del Plan (Etapa 2 — Pólya)

Objetivo: Plantear la ecuación transfiriendo el esquema de la sesión anterior.

 Robot dice: Escribe la ecuación como en el problema de turistas. Cuando la tengas, ingrésala.

 Esperado: " $Moray = 413\,000 - 147\,000$."

 Robot dice: Correcto. Puedes ejecutar.

☒ Criterio de avance: Transfiere el esquema de igualación sin guía paso a paso.

3. Actividad avanzada Ejecución del Plan (Etapa 3 — Pólya)

Objetivo: Calcular con números de 6 cifras de manera autónoma.

 Robot dice: Calcula e ingresa el resultado.

 Esperado: (Ingresa 266 000)

 Robot dice: ¡CORRECTO! Moray recibió 266 000 visitantes. ¡Excelente cálculo con números grandes!

☒ Criterio de avance: 266 000 correcto. El robot ya no ofrece pistas intermedias, solo confirma.

4. Actividad de aplicación Visión Retrospectiva (Etapa 4 — Pólya)

Objetivo: Verificar y enunciar la regla general de la estrategia.

 Robot dice: Verifica tú mismo con la operación inversa.

 Esperado: " $266\,000 + 147\,000 = 413\,000$. Sí, coincide con Machupicchu."

 Robot dice: ¿Crees que esta estrategia funciona para cualquier problema de igualación?

 Esperado: "Sí, siempre que tenga dos cantidades y una diferencia."

 Robot dice: Exacto. Has generalizado la estrategia. Eso se llama transferencia de aprendizaje. Anótalo.

☒ Criterio de avance: Verifica autónomamente y puede enunciar la regla general.

5. Actividad de recuperación
Actividad de recuperación
Objetivo: Acompañar a estudiantes que aún necesitan el andamiaje del robot.
El robot retoma la guía completa paso a paso (como en sesión 13) solo para este estudiante.
El docente acompaña individualmente repasando la estrategia con un diagrama de barras comparativas.
Se trabaja el mismo problema con números más pequeños antes de aplicarlo a 413 000 – 147 000.

CIERRE	Tiempo aproximado: 15 minutos
Metacognición: ¿En qué se parecía este problema al de la sesión anterior? ¿Qué es la transferencia de aprendizaje? ¿Cómo sabiste que podías usar la misma estrategia?	
El robot emite señal de cierre. El docente recoge fichas.	

Firma del docente

Directora

SESIÓN DE APRENDIZAJE N° 15

TÍTULO: Geometría en movimiento con el robot ESP32: Planos y simetría axial

DATOS INFORMATIVOS
Fortunato L. Herrera
Grado y sección: 6to
Carolina GALIANO CAMPO
Fecha: 26/09/24
Matemática

1. PROPÓSITOS Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

COMPETENCIAS / CAPACIDADES	DESEMPEÑOS/ APRENDIZAJE BÁSICO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTO	EVIDENCIA DE APRENDIZAJE
Resuelve problemas de forma, movimiento y localización Modela objetos con formas geométricas y sus transformaciones.	Describe la ubicación de objetos en el plano cartesiano usando coordenadas y aplica reflexiones respecto a ejes de simetría para diseñar patrones geométricos.	Distingue orientación de simetría. Describe ruta con puntos cardinales. Aplica regla de reflexión. Verifica la cuarta figura de la penéola.	REGISTRO AUXILIAR	Ficha con descripción de ruta y coordenadas de la figura reflejada correctamente registradas.
			REGISTRO AUXILIAR	

COMPETENCIAS TRANSVERSALES Y CAPACIDADES	DESEMPEÑOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIA DE APRENDIZAJE
Se desenvuelve en entornos virtuales generados por las TIC.	Utiliza el servomotor del robot como herramienta que responde a instrucciones de orientación espacial.	Da instrucciones claras al robot para que gire en la dirección correcta.	Precisión en las instrucciones de orientación dadas al robot.

ENFOQUES TRANSVERSALES	ACTITUDES O ACCIONES OBSERVABLES
Enfoque Ambiental	La ruta trazada en Lima visibiliza el patrimonio cultural urbano como objeto matemático de orientación espacial.

2. PREPARACIÓN DE LA SESIÓN:

¿Qué necesitamos hacer antes de la sesión?	¿Qué recursos o materiales se utilizará en esta sesión?
Configurar servomotor del robot para responder a instrucciones de dirección. Imprimir cuadrícula cartesiana y plano de Lima.	Robot ESP32 + servomotor + pantalla App Cuadrícula cartesiana impresa Plano del centro histórico de Lima Fichas de trabajo.

3. MOMENTOS DE LA SESIÓN:

INICIO	Tiempo aproximado: 15 minutos
El docente les da la bienvenida a los estudiantes.	
MOTIVACIÓN El docente inicia con la demostración del robot ESP32 en funcionamiento. Los estudiantes observan cómo el robot muestra información en su pantalla App y emite señales de luz.	
SABERES PREVIOS El docente plantea:	

¿Qué información necesito para ubicarme en un plano? ¿Qué significa reflejar una figura?

CONFLICTO COGNITIVO

El docente plantea:

¿Cómo describo un camino en un mapa usando matemáticas? ¿Qué pasa con las coordenadas al reflejar?

PROPÓSITO DE APRENDIZAJE

Hoy aprenderemos a describir rutas en planos con puntos cardinales y a aplicar reflexiones en el plano cartesiano.

DESARROLLO

Tiempo aproximado: 88 minutos

Situación problemática:

Problema A: Ángel consulta el plano del centro histórico de Lima para ir de la Plaza Mayor al río Rímac. ¿En qué dirección debe caminar? Problema B: Pamela diseña una cenefa de peces usando ejes de simetría en un plano cartesiano. ¿Cuáles son las coordenadas de la tercera y cuarta figura?

1. Comprensión del Problema (Etapa 1 — Pólya)

Objetivo: Diferenciar los conceptos de orientación espacial y simetría axial.

 Robot dice: Hoy tienes dos problemas de geometría. ¿Qué información necesitas para ubicarte en un plano?

 Esperado: "Un punto de inicio, un punto de llegada y las direcciones."

 Robot dice: ¿Qué significa reflejar una figura a través de un eje de simetría?

 Esperado: "Es como verla en un espejo, queda igual pero al otro lado."

 Robot dice: Identifica los datos de cada problema en tu ficha antes de planificar.

 Criterio de avance: Diferencia orientación (problema A) y simetría (problema B) antes de planificar.

2. Actividad básica Concepción del Plan (Etapa 2 — Pólya)

Objetivo: Enunciar la regla de reflexión y elegir el sistema de referencia para la ruta.

 Robot dice: Para el plano de Lima. ¿usarías norte/sur/este/oeste o izquierda/derecha?

 Esperado: "Norte, sur, este, oeste es más preciso con un plano."

 Robot dice: Para la cenefa: ¿cómo encontrarías las coordenadas de la figura reflejada?

 Esperado: "Si el eje es vertical, cambio el signo de x; si es horizontal, cambio la y."

 Robot dice: Excelente regla. Escríbela en tu ficha.

 Criterio de avance: Enuncia la regla de reflexión correctamente para cada tipo de eje.

3. Actividad avanzada Ejecución del Plan (Etapa 3 — Pólya)

Objetivo: Aplicar la ruta y las coordenadas de reflexión.

 Robot dice: Para el plano: mi servomotor girará según la dirección que indiques. Dime dirección y cuadras desde la Plaza Mayor.

 Esperado: "Norte, tres cuadras."

 Robot dice: (Servomotor gira al norte.) ¡Correcto! Llegaste al río Rímac. Ahora ingresa las coordenadas de la tercera figura.

 Esperado: (Ingresa coordenadas correspondientes)

 Robot dice: ¡Coordenadas correctas! La simetría está bien aplicada.

 Criterio de avance: El robot valida dirección (giro del servomotor) y coordenadas de figura reflejada.

4. Actividad de aplicación Visión Retrospectiva (Etapa 4 — Pólya)

Objetivo: Verificar la ruta y anticipar la cuarta figura de la cenefa.
 Robot dice: ¿Cómo comprobarías que la ruta es correcta sin el plano físico?
 Esperado: "Contando los pasos o usando las referencias de la imagen."
 Robot dice: Si aplicaras un tercer eje de simetría, ¿dónde quedaría la cuarta figura?
 Esperado: (Calcula y responde las coordenadas de la cuarta figura.)
 Robot dice: Excelente. Has extendido el patrón. Anota cómo verificaste ambos problemas.
☒ Criterio de avance: Verifica la ruta y anticipa la cuarta figura correctamente.

5. Actividad de recuperación Actividad de recuperación
Objetivo: Reforzar los conceptos de dirección y reflexión con actividades concretas.
El docente usa un plano impreso y mueve una ficha física para ilustrar la ruta norte/sur.
Para la simetría: se trabaja con papel cuadriculado y espejo para visualizar la reflexión manualmente.
Ejercicio simplificado: reflejar un triángulo con solo 3 vértices en un plano cartesiano pequeño (coordenadas entre 0 y 5).

CIERRE	Tiempo aproximado: 15 minutos
Metacognición: ¿Cómo usaste los puntos cardinales para describir la ruta? ¿Qué regla descubriste sobre las coordenadas cuando reflejas una figura?	
El robot emite señal de cierre. El docente recoge fichas.	

Firma del docente

Directora

SESIÓN DE APRENDIZAJE N° 16

TÍTULO: Autonomía plena con el robot ESP32: Gráficos estadísticos y frecuencias

DATOS INFORMATIVOS
Fortunato L. Herrera
Grado y sección: 6to
Carolina GALIANO CAMPO
Fecha: 03/10/24
Matemática

1. PROPÓSITOS Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

COMPETENCIAS / CAPACIDADES	DESEMPEÑOS/ APRENDIZAJE BÁSICO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTO	EVIDENCIA DE APRENDIZAJE
Resuelve problemas de gestión de datos e incertidumbre Representa datos con gráficos y medidas estadísticas o probabilísticas.	Lee e interpreta datos en gráficos de barras y tablas de frecuencias; calcula porcentajes y comunica conclusiones con autonomía plena.	Identifica datos en gráfico y tabla autónomamente. Plantea los dos planes. Calcula producción de Indonesia y porcentaje del azul. Verifica con operación inversa.	REGISTRO AUXILIAR	Ficha completada de forma totalmente autónoma con resultados correctos y verificación argumentada.
			REGISTRO AUXILIAR	

COMPETENCIAS TRANSVERSALES Y CAPACIDADES	DESEMPEÑOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIA DE APRENDIZAJE
Gestiona su aprendizaje de manera autónoma.	Demuestra transferencia completa del método de Pólya sin mediación del robot en las etapas iniciales.	Completa las 4 etapas sin solicitar ayuda al robot ni al docente.	Autonomía completa en todo el proceso de resolución.

ENFOQUES TRANSVERSALES	ACTITUDES O ACCIONES OBSERVABLES
Enfoque de Búsqueda de la Excelencia	El robot adopta rol de evaluador final; el estudiante demuestra el dominio del método heurístico de forma independiente.

2. PREPARACIÓN DE LA SESIÓN:

¿Qué necesitamos hacer antes de la sesión?	¿Qué recursos o materiales se utilizarán en esta sesión?
Programar robot con valores de validación (Indonesia = 54 M, azul = 20%). Preparar gráfico de barras y tabla de frecuencias en fichas.	Robot ESP32 + pantalla App Fichas con gráfico de barras y tabla de frecuencias Pizarra

3. MOMENTOS DE LA SESIÓN:

INICIO	Tiempo aproximado: 15 minutos
El docente les da la bienvenida a los estudiantes.	
MOTIVACIÓN El docente inicia con la demostración del robot ESP32 en funcionamiento. Los estudiantes observan cómo el robot muestra información en su pantalla App y emite señales de luz.	
SABERES PREVIOS El docente plantea: ¿Cómo leemos un gráfico de barras? ¿Qué es una tabla de frecuencias? ¿Cómo se calcula el porcentaje?	

CONFLICTO COGNITIVO

El docente plantea:

¿Puedo resolver estos dos problemas siguiendo Pólya sin la ayuda del robot en las primeras etapas?

PROPÓSITO DE APRENDIZAJE

Hoy demostraremos el dominio completo del método de Pólya resolviendo dos problemas estadísticos de forma totalmente autónoma.

DESARROLLO

Tiempo aproximado: 60 minutos

Situación problemática:

Problema A: En 2005 se produjeron 619 millones de toneladas de arroz en el mundo. El gráfico muestra la producción de los principales países (China: 185 M, India: 129 M, Bangladesh: 40 M, Vietnam: 36 M). ¿Cuánto produjo Indonesia? **Problema B:** Carlos organiza la tabla de colores favoritos de 30 estudiantes: Rojo=8, Verde=4, Azul=6, Amarillo=5, Anaranjado=4, Violeta=3. ¿Cuál es el color más preferido y qué porcentaje elige el azul?

1. Comprensión del Problema (Etapa 1 — Pólya)

Objetivo: Identificar datos e incógnitas de ambos problemas sin guía del robot.

 Robot dice: Esta es nuestra última sesión. Confío en ti. Identifica los datos y la incógnita de cada problema por tu cuenta.

 Esperado: "Problema A: total = 619 M, países del gráfico son los datos, incógnita = Indonesia. Problema B: tabla de 30 estudiantes, incógnita = color más elegido y porcentaje del azul."

 Robot dice: Perfecto. Has comprendido ambos con total autonomía. ¡Adelante!

☒ Criterio de avance: Identifica datos e incógnitas de ambos problemas sin guía del robot.

2. Actividad básica Concepción del Plan (Etapa 2 — Pólya)

Objetivo: Planificar la solución de ambos problemas sin apoyo.

 Robot dice: Dime tu plan para cada problema antes de ejecutar.

 Esperado: "Problema A: sumar los países del gráfico y restar al total. Problema B: buscar la frecuencia mayor y calcular $(6/30) \times 100$."

 Robot dice: Excelente. Dos planes claros. Ejecuta.

☒ Criterio de avance: Plan completo para ambos problemas sin solicitar ayuda.

3. Actividad avanzada Ejecución del Plan (Etapa 3 — Pólya)

Objetivo: Calcular ambas respuestas de forma autónoma.

 Robot dice: Ejecuta y dime tus resultados cuando estés listo.

 Esperado: "Problema A: Indonesia produjo 54 millones de toneladas. Problema B: el más elegido es rojo (8 votos); el porcentaje del azul es 20%."

 Robot dice: Revisando... ¡AMBOS CORRECTOS! ¡Eres un gran matemático!

☒ Criterio de avance: El robot valida ambas al final. Con error señala en cuál problema.

4. Actividad de aplicación Visión Retrospectiva (Etapa 4 — Pólya)

Objetivo: Verificar ambos resultados y explicar el razonamiento oralmente.

 Robot dice: ¿Cómo verificarías el resultado del problema A sin el gráfico?

 Esperado: "Sumando todos los países incluyendo Indonesia y verificando que den 619 millones."

 Robot dice: ¿Y el porcentaje del azul, cómo lo comprobarías?

 Esperado: "Multiplicando 20% por 30 y verificando que dé 6 estudiantes."

 Robot dice: ¡Felicitaciones! Has completado las 6 sesiones. Hoy resolviste, planeaste y verificaste todo por ti mismo.
☒ Criterio de avance: Verificación completa y explicación oral autónoma del razonamiento.

5. Actividad de recuperación Actividad de recuperación Objetivo: Consolidar la lectura de gráficos y el cálculo de porcentajes.
E) robot vuelve a guiar la Etapa 2 para el problema de porcentajes con preguntas paso a paso.
El docente trabaja la fórmula del porcentaje con un ejemplo cotidiano: "Si 3 de 10 estudiantes usan lentes, ¿qué porcentaje usa lentes?"
Ejercicio simplificado: gráfico de barras con solo 3 países y total conocido, para calcular el que falta.

CIERRE	Tiempo aproximado: 15 minutos
Metacognición: ¿En cuántas sesiones usaste el método de Pólya? ¿Qué etapa te parece más importante? ¿Cómo ha cambiado tu forma de resolver problemas con ayuda del robot? El robot emite señal de cierre final del programa. El docente felicita a los estudiantes y recoge fichas.	

Firma del docente

Directora

Anexo 05: Instrumento «Prueba de Desempeño en Resolución de Problemas Matemáticos según el Modelo de Pólya (PDRP-Pólya)»



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE EDUCACIÓN

PRUEBA DE ENTRADA Y SALIDA



Nombre:..... Fecha:.....

RESUELVE PROBLEMAS DE CANTIDAD



1. En una feria artesanal en Pisac, el primer día se recaudó 2650 y el segundo día, 2152 soles. La meta de recaudo por día es de 8300 soles. ¿Cuántos soles como mínimo se debe recaudar el tercer día para lograr la meta de recaudó?



Comprendo el problema ¿Qué entendí?	Concibo un plan ¿Cómo lo hare?	Ejecuto el Plan Demuestro	¿Cómo lo hice?

2. Manuel vende zapatillas. Él tenía 700 pares de zapatillas de cuero, vendió 470 y guardo el resto en el almacén. Además, en el almacén, tiene 230 pares de lona. En total, ¿Cuántos pares de zapatillas hay en el almacén?



Comprendo el problema ¿Qué entendí?	Concibo un plan ¿Cómo lo hare?	Ejecuto el Plan Demuestro	¿Cómo lo hice?

**RESUELVE PROBLEMAS DE REGULARIDAD,
EQUIVALENCIA Y CAMBIO**



3. En el 2023, el Perú recibió 27040 turistas colombianos. Si a Bolivia hubieran llegado 16077 turistas colombianos más, tendría tantos turistas colombianos como el Perú.
¿Cuántos turistas colombianos recibió Bolivia?



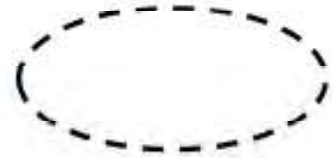
Comprendo el problema ¿Qué entendí?	Concibo un plan ¿Cómo lo hare?	Ejecuto el Plan Demuestro	¿Cómo lo hice?

4. Durante el primer semestre del año 2023 el centro arqueológico de Machupicchu. Recibió 427000 visitantes. Si a el centro arqueológico de Moray hubieran ingresado 152000 visitantes más, tendría tantos visitantes como en el centro arqueológico de Machupicchu
¿Cuántos visitantes recibió el centro arqueológico de Moray durante el primer semestre del año 2023?



Comprendo el problema ¿Qué entendí?	Concibo un plan ¿Cómo lo hare?	Ejecuto el Plan Demuestro	¿Cómo lo hice?

RESUELVE PROBLEMAS DE FORMA, MOVIMIENTO Y LOCALIZACIÓN

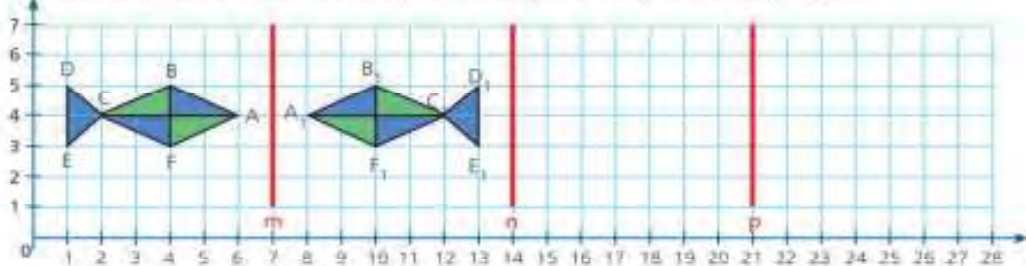


5. Ángel y sus padres visitan el centro histórico de Lima. Para Ubicarse, consultan este plano de calles ¿En qué dirección deben de caminar desde la plaza mayor de lima hasta el rio Rimac?



Comprendo el problema ¿Qué entendí?	Concibo un plan ¿Cómo lo hare?	Ejecuto el Plan Demuestro	¿Cómo lo hice?

6. Pamela diseña una cenefa de peces. En un sistema cartesiano dibujo el primer pez y lo reflejo a travez de un eje de simetría. Luego, trazo otros dos ejes de simetría y completo la cenefa. ¿Cuáles serán las coordenadas de la tercera y de la cuarta figura?



Comprendo el problema ¿Qué entendí?	Concibo un plan ¿Cómo lo hare?	Ejecuto el Plan Demuestro	¿Cómo lo hice?

RESUELVE PROBLEMAS DE GESTIÓN DE DATOS E INCERTIDUMBRE

7. En el 2019, Se produjeron 619 millones de toneladas de arroz en todo el mundo. El grafico siguiente muestra la producción de los principales países productores de arroz en millones de toneladas ¿Cuánto arroz produjo Indonesia?



Comprendo el problema ¿Qué entendí?	Concibo un plan ¿Cómo lo hare?	Ejecuto el Plan Demuestro	¿Cómo lo hice?

8. Carlos ha organizado la siguiente tabla de distribución de frecuencias de información sobre el valor favorito de los estudiantes en su aula.

Color favorito	fi
Rojo	8
Verde	4
Azul	6
Amarillo	5
Anaranjado	4
Violeta	3
TOTAL	30

¿Cuál es el color de mayor preferencia en el aula de Carlos?, ¿Cuál es el porcentaje de estudiantes que prefieren el color azul?

Comprendo el problema ¿Qué entendí?	Concibo un plan ¿Cómo lo hare?	Ejecuto el Plan Demuestro	¿Cómo lo hice?



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE EDUCACIÓN

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS



Nombre:..... Fecha:.....

I. DATOS GENERALES

- **Institución Educativa:** I.E. Fortunato L. Herrera – UGEL Cusco.
- **Grado y Sección:** 6.º Grado.
- **Fecha de Aplicación:**
- **Objetivo:** Registrar el nivel de interacción tecnológica y el seguimiento metodológico mediado por el robot con microcontrolador ESP32.

II. INSTRUCCIONES

Marque con una (X) el nivel de cumplimiento observado o registrado durante el desarrollo de las sesiones de intervención, según la siguiente escala:

- (1) Nunca / Inicio
- (2) A veces / Proceso
- (3) Siempre / Logrado

Dimensiones / Indicadores	1	2	3
DIMENSIÓN 1: INTERACCIÓN TECNOLÓGICA			
1. El estudiante identifica correctamente los componentes externos del robot (chasis, ruedas, sensores).			
2. Reconoce la función del microcontrolador ESP32 como el "cerebro" que procesa las instrucciones.			
3. Responde correctamente a los comandos de voz emitidos por el robot durante la sesión.			

Dimensiones / Indicadores	1	2	3
4. Relaciona los códigos de luces emitidos por el robot con las acciones que debe realizar.			
DIMENSIÓN 2: MEDIACIÓN METODOLÓGICA (PÓLYA)			
5. Inicia el proceso de resolución solo después de que el robot verbaliza la fase de Comprensión .			
6. Sigue las instrucciones del robot para transitar de la concepción del plan a la ejecución matemática.			
7. Utiliza la retroalimentación auditiva del robot para corregir errores de cálculo en tiempo real.			
8. Realiza la verificación final (visión retrospectiva) una vez que el robot emite la señal de cierre de etapa.			
TOTAL			

Anexo 06: Base de datos a partir del instrumento «Prueba de Desempeño en Resolución de Problemas Matemáticos según el Modelo de Pólya (PDRP-Pólya)»

BASE DE DATOS – INFLUENCIA DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS U																				
DATOS GENERALES				VAR. INDEP. – ROBÓTICA EDUCATIVA (X)						VAR. DEP. – RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS (Y) – PRE TEST						VAR. DEP. – RES.				
ID	Código	Genero	Edad (años)	X1a Defic. Robot (1-4)	X1b Comp. ESP22 (1-4)	X1c Aplicac. ESP22 (1-4)	X2a Seguin. Instruc. (1-4)	X2b Transic. Etapas (1-4)	X2c Autonomia Robot. (1-4)	Y1 Comprensión Pre (0-20) PRE	Y2 Comprensión Post (0-20) POST	Y3 Explicación Post (0-20) POST	Y4 Valor Retrop. (0-20) PRE	TOTAL PRE (0-20)	Nivel PRE	% Logro PRE	Nivel Y1 PRE	Y1 Comprensión Post (0-20) POST	Y2 Explicación Post (0-20) POST	Y3 Explicación Post (0-20) POST
1	E-01	M	11	2	2	3	2	3	2	10	13	10	10	44	En proceso	50	En proceso	18	20	18
2	E-02	M	11	1	1	1	1	1	1	6	6	5	5	26	En inicio	30.5	En inicio	16	16	12
3	E-03	M	11	2	2	1	2	1	2	3	7	8	7	26	En inicio	30.5	En inicio	6	14	18
4	E-04	M	11	2	1	1	2	2	3	6	4	6	6	24	En inicio	30	En inicio	15	13	15
5	E-05	M	11	1	1	1	2	1	1	5	7	8	5	30	En inicio	30.5	En inicio	16	15	19
6	E-06	M	11	2	2	2	2	2	2	14	12	12	13	51	En proceso	63.7	En proceso	20	19	18
7	E-07	M	11	1	1	1	2	1	2	3	6	7	6	24	En inicio	30	En inicio	11	14	16
8	E-08	M	11	2	1	2	1	1	3	6	6	6	6	26	En inicio	30	En inicio	13	16	14
9	E-09	M	11	2	1	2	3	2	3	12	12	12	12	46	En proceso	60	En proceso	19	20	20
10	E-10	M	11	1	2	2	1	3	1	8	6	4	7	25	En inicio	31.2	En inicio	17	16	12
11	E-11	M	11	3	2	1	3	3	2	8	9	6	6	29	En inicio	36.2	En inicio	18	15	15
12	E-12	M	11	1	2	2	1	2	1	5	2	6	5	19	En inicio	23.8	En inicio	14	13	16
13	E-13	M	11	2	2	3	3	1	3	10	13	13	11	46	En proceso	60	En proceso	19	20	20
14	E-14	M	11	1	1	3	2	1	2	12	11	11	14	48	En proceso	60	En proceso	20	18	19
15	E-15	M	11	1	2	1	2	1	2	7	8	4	5	24	En inicio	30	En inicio	17	16	11
16	E-16	M	11	1	2	1	2	2	2	11	12	10	11	44	En proceso	55	En proceso	15	17	18
17	E-17	M	11	1	1	1	2	2	2	4	6	6	6	24	En inicio	30	En inicio	14	13	13
18	E-18	F	11	1	2	3	1	1	2	2	4	8	4	18	En inicio	22.5	En inicio	11	14	18
19	E-19	F	12	2	3	2	3	2	2	14	12	11	11	46	En proceso	60	En proceso	20	16	19
20	E-20	F	12	2	2	3	3	2	3	12	11	10	10	43	En proceso	53.8	En proceso	19	15	17
21	E-21	F	12	1	2	2	2	1	2	12	13	13	11	49	En proceso	61.3	En proceso	16	18	19
22	E-22	F	12	2	1	2	1	3	3	12	11	14	10	47	En proceso	58.8	En proceso	16	17	20
23	E-23	F	12	1	1	1	2	1	2	7	7	6	7	27	En inicio	33.8	En inicio	15	16	15
24	E-24	F	12	1	3	2	2	3	1	12	12	10	10	44	En proceso	55	En proceso	16	20	18
25	E-25	F	12	1	1	2	2	2	1	7	4	7	6	26	En inicio	30.5	En inicio	17	14	13
26	E-26	F	12	2	2	2	1	2	1	13	12	14	12	51	En proceso	63.7	En proceso	17	19	20
27	E-27	F	12	2	1	1	3	2	1	5	7	4	7	23	En inicio	28.7	En inicio	15	15	14
28	E-28	F	12	2	2	3	2	1	2	12	12	11	13	47	En proceso	58.8	En proceso	18	16	18
29	E-29	F	12	1	2	2	2	3	2	12	12	10	14	46	En proceso	60	En proceso	16	16	17
30	E-30	F	12	3	1	2	3	3	2	12	10	11	11	44	En proceso	55	En proceso	18	14	16
31	E-31	F	12	1	1	2	1	2	1	8	9	6	5	30	En inicio	30.5	En inicio	13	16	15
32	E-32	F	12	2	1	1	2	3	1	5	7	4	7	23	En inicio	28.7	En inicio	15	15	12
MEDIA GRUPO (n= 32)				1.56	1.39	1.81	1.97	1.94	1.88	8.21	9.12	8.72	8.56	32.31		44.14		15.06	15.41	15.41

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS (VI) - POST TEST

PUNTAJES TOTALES, NIVELES DE LOGRO Y ESTADÍSTICOS

VI Nivel Rango (5-20) POST	TOTAL POST (5-40)	Nivel POST	% Logro POST	Nivel POST	Diferencia POST (PRE- POST)	Causada %	X1 Total PRE	X1 Total POST	X2 Total PRE	X2 Total POST	X3 Total PRE	X3 Total POST	VI Total PRE	VI Total POST	Tendencia	Observación Docente	
15	71	Logro esperado	88.8	Logro esperado	27	81.4	7	12	7	11	14	23		23	↑ Mejora significativa	Base sólida en proceso; alcanzó logro esperado; mejorado en POST	30/11/2024
11	57	Logro esperado	71.2	Logro esperado	31	119.2	3	9	3	9	6	16		16	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
17	57	Logro esperado	71.2	En riesgo	31	119.2	5	11	5	10	10	21		21	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
18	59	Logro esperado	73.8	Logro esperado	35	149.8	4	9	7	12	11	21		21	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
11	61	Logro esperado	76.2	Logro esperado	31	103.3	3	9	4	9	7	16		16	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
17	74	Logro destacado	92.5	Logro destacado	23	45.1	6	9	6	11	12	20		20	↑ Mejora significativa	Base sólida en proceso; alcanzó logro esperado; mejorado en POST	30/11/2024
16	57	Logro esperado	71.2	En proceso	33	127.5	3	6	5	8	8	14		14	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
14	57	Logro esperado	71.2	En proceso	28	103.6	5	10	5	9	10	19		19	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
18	75	Logro destacado	93.8	Logro destacado	27	56.2	5	10	6	12	13	22		22	↑ Mejora significativa	Base sólida en proceso; alcanzó logro esperado; mejorado en POST	30/11/2024
13	58	Logro esperado	72.5	Logro esperado	33	132	5	10	5	9	10	19		19	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
18	64	Logro esperado	80	Logro esperado	35	120.7	5	11	8	11	14	22		22	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
14	57	Logro esperado	71.2	En proceso	38	200	3	11	4	9	8	20		20	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
16	77	Logro destacado	96.2	Logro destacado	29	66.4	7	11	7	10	14	21		21	↑ Mejora significativa	Base sólida en proceso; alcanzó logro esperado; mejorado en POST	30/11/2024
20	77	Logro destacado	96.2	Logro destacado	29	66.4	5	9	5	9	10	18		18	↑ Mejora significativa	Base sólida en proceso; alcanzó logro esperado; mejorado en POST	30/11/2024
15	59	Logro esperado	73.8	Logro esperado	35	145.6	4	8	5	9	9	17		17	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
17	67	Logro esperado	83.8	Logro esperado	23	52.3	4	9	6	11	10	20		20	↑ Mejora significativa	Base sólida en proceso; alcanzó logro esperado; mejorado en POST	30/11/2024
14	59	Logro esperado	73.8	En proceso	35	145.8	3	7	7	12	10	19		19	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
14	57	Logro esperado	71.2	En proceso	38	216.7	6	11	4	8	10	19		19	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
17	73	Logro esperado	90	Logro destacado	24	50	7	12	7	11	14	23		23	↑ Mejora significativa	Base sólida en proceso; alcanzó logro esperado; mejorado en POST	30/11/2024
17	69	Logro esperado	85	Logro destacado	25	58.1	7	12	8	11	15	25		25	↑ Mejora significativa	Base sólida en proceso; alcanzó logro esperado; mejorado en POST	30/11/2024
18	71	Logro esperado	88.8	Logro destacado	22	44.9	5	9	5	9	10	18		18	↑ Mejora significativa	Base sólida en proceso; alcanzó logro esperado; mejorado en POST	30/11/2024
17	70	Logro esperado	87.5	Logro esperado	23	45.9	5	10	7	11	12	21		21	↑ Mejora significativa	Base sólida en proceso; alcanzó logro esperado; mejorado en POST	30/11/2024
13	59	Logro esperado	73.8	Logro esperado	32	118.5	3	7	5	9	8	16		16	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
16	70	Logro esperado	87.5	Logro esperado	26	58.1	6	9	6	10	12	19		19	↑ Mejora significativa	Base sólida en proceso; alcanzó logro esperado; mejorado en POST	30/11/2024
13	57	Logro esperado	71.2	Logro esperado	31	119.2	4	7	6	9	10	16		16	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
20	76	Logro destacado	95	Logro destacado	25	49	8	10	4	9	10	19		19	↑ Mejora significativa	Base sólida en proceso; alcanzó logro esperado; mejorado en POST	30/11/2024
13	57	Logro esperado	71.2	Logro esperado	34	142.8	4	10	6	8	10	18		18	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
17	68	Logro esperado	86.2	Logro esperado	32	48.8	7	11	5	9	12	20		20	↑ Mejora significativa	Base sólida en proceso; alcanzó logro esperado; mejorado en POST	30/11/2024
20	71	Logro esperado	88.8	Logro esperado	23	47.9	5	11	7	12	12	23		23	↑ Mejora significativa	Base sólida en proceso; alcanzó logro esperado; mejorado en POST	30/11/2024
18	66	Logro esperado	82.5	Logro esperado	22	50	6	11	8	12	14	23		23	↑ Mejora significativa	Base sólida en proceso; alcanzó logro esperado; mejorado en POST	30/11/2024
15	61	Logro esperado	76.2	En proceso	31	103.5	4	10	4	9	8	19		19	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
15	57	Logro esperado	71.2	Logro esperado	34	142.8	4	10	6	10	10	20		20	↑ Mejora significativa	Partido con dificultades; el robot ganó la competencia; aminorado	30/11/2024
15.72	64.18		85.71		25.28	37.4	4.37	3.71	5.18	9.57	16.13	19.69		19.69			

RESUMEN ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO – PRE TEST vs POST TEST n = 32					
Estadístico	PRE TEST (0-80)	POST TEST (0-80)	Diferencia	Interpretación	
Media aritmética ($\bar{X}$)	35.31	64.59		Incremento promedio ≥ 20 pts	
Mediana	30	62.5			
Desviación estándar (σ)	11.48	7.24			
Mínimo	18	57			
Máximo	51	77			
Rango	33	20			
% promedio de logro	44.1	80.7		Mejora en puntos porcentuales	
Media diferencia POST-PRE			29.28	Cambio promedio intrasujeto	
N (estudiantes)	32	32			
DISTRIBUCIÓN POR NIVEL DE LOGRO (n = 32)					
Nivel de Logro	PRE f	PRE %	POST f	POST %	Variación f
En inicio	17	53.1	0	0	-17
En proceso	15	46.9	0	0	-15
Logro esperado	0	0	27	84.4	27
Logro destacado	0	0	5	15.6	5
MEDIAS POR DIMENSIÓN (0-20 pts c/u)					
Dimensión	Media PRE	Media POST	Diferencia	% Mejora	
Y1 – Comprensión del problema	8.91	16.06	7.15	80.2%	
Y2 – Concepción de un plan	9.12	16.41	7.29	79.9%	
Y3 – Ejecución del plan	8.72	16.41	7.69	88.2%	
Y4 – Visión retrospectiva	8.56	15.72	7.16	83.6%	