

CARACTERIZACIÓN DEL PENSAMIENTO ESPACIAL EN INGENIERÍA MECÁNICA Y ARQUITECTURA

CHARACTERIZATION OF SPATIAL THINKING IN MECHANICAL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

Artículo recibido el: 10/11/2025

Artículo aceptado el: 9/2/2026

Fabian Arevalo Gordillo*

*Universidad Antonio Nariño, Bogotá, Colombia

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-7852-0480>

fabarevalo@uan.edu.co

Osvaldo Jesús Rojas Velázquez*

*Universidad Antonio Nariño, Bogotá, Colombia

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3327-3799>

orojasv69@uan.edu.co

Óscar Fernando Manrique Florez*

*Universidad Antonio Nariño, Palmira, Valle del Cauca, Colombia

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1988-0189>

oscamanrique@uan.edu.co

Jhony Alexander Corredor*

*Universidad Antonio Nariño, Palmira, Valle del Cauca, Colombia

jcorredortabares@gmail.com

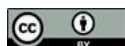
The authors declare that there is no conflict of interest

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo caracterizar el pensamiento espacial en estudiantes de ingeniería mecánica y arquitectura mediante dos aportes complementarios, uno teórico y otro práctico. El aporte teórico se fundamenta en un análisis sistemático del estado del arte que jerarquiza y diferencia conceptos como pensamiento espacial, razonamiento espacial, habilidades espaciales, visualización y orientación espacial en el contexto disciplinar, proporcionando un marco conceptual que orienta el diseño curricular y fortalece los procesos de enseñanza y aprendizaje en educación superior. El aporte práctico comprende el diseño, implementación y análisis de un sistema de actividades que profundiza la caracterización a partir de evidencia empírica recogida en el aula. La investigación adopta un enfoque cualitativo de investigación-acción e integra problemas orientados al desarrollo del pensamiento espacial desde una perspectiva STEM, articulados con el cálculo integral y la geometría aplicada al diseño arquitectónico. Los resultados evidencian desarrollos diferenciales en visualización y orientación espacial, así como rasgos disciplinares específicos. Se concluye que el pensamiento espacial puede fortalecerse

Abstract

This research aims to characterize spatial thinking in Mechanical Engineering and Architecture students through two complementary contributions: one theoretical and one practical. The theoretical contribution is grounded in a systematic analysis of the state of the art that hierarchizes and differentiates concepts such as spatial thinking, spatial reasoning, spatial skills, visualization, and spatial orientation within the disciplinary context, providing a conceptual framework that guides curriculum design and strengthens teaching and learning processes in higher education. The practical contribution involves the design, implementation, and analysis of a system of activities that deepens this characterization based on empirical evidence collected in the classroom. The study adopts a qualitative action-research approach and integrates problems aimed at fostering spatial thinking from a STEM perspective, articulated with integral calculus and geometry applied to architectural design. The results reveal differential developments in visualization and spatial orientation, as well as discipline-specific features. It is concluded that spatial thinking can be strengthened through contextualized activities



mediante actividades contextualizadas, y que su evaluación requiere criterios integrados. El estudio aporta orientaciones para la innovación pedagógica y el mejoramiento curricular universitario.

Palabras clave: Pensamiento Espacial. Habilidades Espaciales. Visualización Espacial. Orientación Espacial. Educación STEM.

and that its assessment requires integrated criteria. The study provides guidelines for pedagogical innovation and university curriculum improvement.

Keywords: *Spatial Thinking. Spatial Skills. Spatial Visualization. Spatial Orientation. STEM Education.*

1 INTRODUCCION

El pensamiento espacial constituye un componente esencial del aprendizaje matemático y del desempeño académico en múltiples áreas del conocimiento. Desde mediados del siglo XX, investigaciones provenientes de la psicología cognitiva y la educación matemática han mostrado que la capacidad para comprender, manipular y transformar relaciones espaciales influye directamente en el desarrollo del pensamiento matemático y en la resolución de problemas (Bishop, 1980). Investigaciones indican asociaciones consistentes entre habilidades espaciales y rendimiento matemático en todos los niveles educativos (Casey *et al.*, 1995; Mix & Cheng, 2012; Newcombe, 2013; Frick, 2019; Gilligan *et al.*, 2022). Además, se ha documentado que el pensamiento espacial potencia el desempeño en campos STEM, lo que ha impulsado su integración en programas universitarios orientados a la formación científica y tecnológica (Wai *et al.*, 2009; Uttal & Cohen, 2012; Buckley *et al.*, 2019).

Aunque el pensamiento espacial es maleable en todas las etapas de la vida, su desarrollo varía según las prácticas disciplinares. En ingeniería, se vincula con procesos de visualización, rotación mental y anticipación de configuraciones tridimensionales necesarias para modelar sistemas físicos (Sorby, 2009; Buckley *et al.*, 2019). En arquitectura, la articulación entre representaciones bidimensionales y tridimensionales, así como el tránsito entre escalas y perspectivas durante el diseño, constituye un eje central del trabajo profesional (Berkowitz *et al.*, 2021; Tone *et al.*, 2021). Investigaciones recientes confirman que estas habilidades permiten a los estudiantes manipular mentalmente posiciones de objetos, relaciones topológicas y propiedades volumétricas, aspectos cruciales para la comprensión y producción de modelos en 2D y 3D (Stieff & Uttal, 2015; Duffy *et al.*, 2018).

A pesar de este amplio cuerpo de literatura, persisten ambigüedades respecto a la estructura conceptual del pensamiento espacial. Diversos estudios utilizan de manera indistinta términos como pensamiento espacial, razonamiento espacial y habilidades espaciales, sin clarificar sus relaciones jerárquicas ni sus diferencias operativas (Uttal & Cohen, 2012;

Harris.2021). Esta falta de delimitación teórica ha dificultado comprender cómo interactúan visualización, orientación y razonamiento espacial en tareas matemáticas y, particularmente, cómo estas dimensiones se activan en disciplinas que comparten la necesidad de interpretar configuraciones espaciales, pero con propósitos formativos distintos.

En este contexto, se hace necesario caracterizar el pensamiento espacial en escenarios de resolución de problemas matemáticos que involucren a estudiantes de programas con demandas espaciales diferenciadas. El presente estudio aborda este vacío mediante un análisis comparativo del pensamiento espacial de estudiantes de ingeniería mecánica y de arquitectura al resolver problemas matemáticos en cursos universitarios.

En coherencia con este propósito, la investigación se orienta a partir de la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo caracterizar el pensamiento espacial en el contexto de la resolución de problemas retadores en estudiantes de ingeniería mecánica y arquitectura?

En este marco, el objetivo general de la investigación es avanzar en la caracterización del pensamiento espacial en estudiantes de ingeniería mecánica y arquitectura, en el contexto de la resolución de problemas retadores, con el fin de enriquecer la discusión en educación matemática sobre el papel del pensamiento espacial en la formación universitaria y aportar lineamientos que contribuyan a su fortalecimiento en programas de ingeniería y arquitectura.

Para alcanzar este objetivo, el estudio desarrolla un aporte teórico sustentado en una revisión sistemática de la literatura, orientada a clarificar las relaciones entre pensamiento espacial, razonamiento espacial y habilidades espaciales, a partir de la cual se propone una estructura conceptual jerarquizada que delimita y articula dichos constructos. Este marco teórico se complementa con un aporte práctico, consistente en el diseño y la implementación de un sistema de actividades didácticas orientadas a identificar y analizar los rasgos del pensamiento espacial en la práctica, particularmente en contextos de resolución de problemas retadores.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Pensamiento espacial

El pensamiento espacial puede entenderse como un conjunto integrado de procesos cognitivos que permiten construir, transformar, manipular y representar mentalmente objetos, configuraciones y relaciones espaciales. Este pensamiento articula componentes perceptuales.

visuoespaciales y de razonamiento que posibilitan comprender el espacio y operar sobre él (McGee. 1979; Uttal *et al.*. 2013; Araujo. 2020)

En el ámbito de la ingeniería, el pensamiento espacial se ha asociado históricamente con la visualización, la rotación mental y la interpretación de formas tridimensionales en contextos físico–mecánicos (Duffy *et al.*. 2020). En arquitectura, en cambio, este pensamiento implica la articulación flexible entre representaciones bidimensionales y tridimensionales, la integración de escalas y la manipulación iterativa de configuraciones espaciales durante los procesos de diseño (Tone *et al.*. 2021).

2.2 Razonamiento espacial

El razonamiento espacial se refiere a la capacidad de comprender, interpretar, imaginar y manipular relaciones entre objetos en el espacio. A diferencia del pensamiento espacial que integra procesos, representaciones y habilidades, el razonamiento espacial se centra específicamente en los mecanismos lógicos, inferenciales y transformacionales que se activan cuando una persona analiza configuraciones espaciales o anticipa sus modificaciones (Clements & Battista. 1992; Lowrie *et al.*. 2016; Harris. 2021).

Este razonamiento es fundamental en la resolución de problemas, especialmente aquellos que requieren anticipar movimientos, evaluar transformaciones geométricas o inferir propiedades espaciales no explícitas (Lowrie *et al.*. 2016; Harris. 2021).

En ingeniería, el razonamiento espacial se vincula con la capacidad para anticipar comportamientos físicos y estructurales, comprender cambios de perspectiva y analizar relaciones entre objetos en contextos reales de diseño y análisis (Uttal *et al.*. 2013; Sorby. 2009). En arquitectura, se manifiesta como la habilidad para ejecutar transformaciones mentales en 2D y 3D, evaluar geometrías complejas y explorar alternativas espaciales durante el proceso proyectual (Serrano. 2025).

2.3 Habilidades espaciales

Las habilidades espaciales corresponden a capacidades específicas implicadas en la manipulación mental de objetos y configuraciones espaciales. Incluyen procesos como rotación, transformación, composición y descomposición, cortes, cambios de perspectiva y combinación de elementos en el espacio (Thurstone. 1938; Dorta *et al.*. 2008). Mientras el

pensamiento y el razonamiento espaciales constituyen constructos amplios. las habilidades espaciales funcionan como indicadores observables y medibles que permiten analizar de manera precisa el funcionamiento cognitivo espacial.

A partir del análisis de investigaciones en ingeniería y arquitectura. es posible identificar dos grandes habilidades espaciales fundamentales para el desarrollo del pensamiento espacial (Ilić & Djukic. 2017; Tone *et al.*. 2021; Buckley *et al.*. 2019); (1) La visualización espacial se entiende como la capacidad para manipular mentalmente objetos en dos y tres dimensiones. Esta habilidad incluye subprocesos como la rotación mental. la traslación y otras transformaciones mentales que permiten reconstruir. anticipar o reinterpretar configuraciones geométricas (McGee. 1979; Sorby. 1999; Berkan *et al.*. 2020; Uttal *et al.*. 2013).

(2) La orientación espacial se define como la capacidad para modificar mentalmente la perspectiva del observador mientras se mantiene fija la posición del objeto. lo que permite comprender cómo varía su apariencia desde diferentes puntos de vista. Esta habilidad suele subdividirse en perspectiva interna y perspectiva externa. las cuales facilitan la interpretación de configuraciones. posiciones y relaciones espaciales en 2D y 3D (Sorby. 1999; Uttal *et al.*. 2013; Berkowitz *et al.*. 2021).

Ambas habilidades. comunes en ingeniería y arquitectura. constituyen pilares esenciales para comprender el desarrollo del pensamiento espacial y su contribución al pensamiento matemático. particularmente en tareas de modelación. resolución de problemas y razonamiento geométrico dentro de la educación matemática.

2.4 Educación STEM

Zollman (2012) describe la educación STEM como un modelo que articula de manera coherente las disciplinas que lo conforman. mientras que Bybee (2013) la concibe como un enfoque flexible que puede materializarse como modelo. práctica educativa. programa o marco curricular. todos ellos orientados a la integración disciplinar.

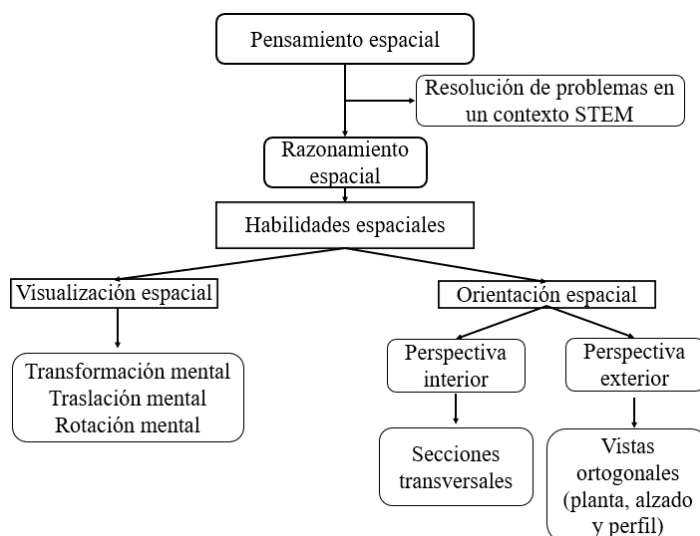
Desde esta perspectiva. el pensamiento espacial adquiere una relevancia central. Wai *et al.* (2009) evidencian que las habilidades espaciales constituyen un predictor significativo del éxito académico y profesional en disciplinas STEM. En este sentido. la presente investigación reconoce que tanto el pensamiento matemático como el pensamiento espacial cumplen un papel articulador dentro de la educación STEM. al favorecer procesos cognitivos como la visualización. manipulación. interpretación. análisis y representación de objetos y relaciones

espaciales. Estas capacidades permiten a los estudiantes modelar situaciones, interpretar múltiples representaciones y abordar la resolución de problemas complejos mediante el uso de conceptos matemáticos, reforzando así el carácter interdisciplinar y aplicado del enfoque STEM.

A partir del marco teórico y de las investigaciones que lo sustentan, y considerando la experticia de los autores en educación matemática, arquitectura e ingeniería mecánica, así como los aportes de estudios previos (Tartre, 1990; Harris, 2021; Tone *et al.*, 2021), se propone una categorización conceptual, representada en la Figura 1 que se tomó y se adaptó de Arevalo (2026), en la que se explicita la relación entre pensamiento espacial, razonamiento espacial, habilidades espaciales y educación STEM. Esta categorización constituye el punto de partida del aporte teórico de la investigación y será posteriormente triangulada mediante el análisis de las actividades diseñadas, con el propósito de lograr una caracterización más precisa y robusta del pensamiento espacial.

Figura 1

Categorización del pensamiento espacial



Fuente. Elaboración Propia

3 METODOLOGIA

La presente investigación adopta un enfoque cualitativo, en coherencia con Sampieri, Fernández y Baptista (2014), mediante un diseño de investigación-acción Sampieri *et al.* (2014). Este diseño favorece un proceso de retroalimentación continua a partir de las observaciones y análisis realizados en el aula, y orienta la implementación de actividades

basadas en la resolución de problemas de cálculo y geometría. las cuales estimulan procesos de análisis. interpretación. razonamiento. heurísticas y argumentación propios del pensamiento matemático y espacial.

La investigación se desarrolló mediante cinco fases articuladas: una fase exploratoria orientada al planteamiento del problema y del objetivo general. la revisión del estado del arte y el diseño. validación y aplicación de instrumentos para la recolección de información; una fase de diseño centrada en la elaboración del sistema de actividades; una fase de trabajo de campo dedicada a la implementación de dichas actividades. la recopilación de datos y la aplicación de la encuesta de satisfacción; una fase de análisis enfocada en la interpretación de los resultados y la consolidación del aporte teórico.

La población está conformada por estudiantes de ingeniería mecánica (tercer semestre) y arquitectura (sexto semestre) de la UAN. La muestra es intencional y corresponde a catorce (14) estudiantes de ingeniería mecánica y tres (3) estudiantes de arquitectura. Se organizaron grupos de trabajo de dos y tres integrantes con el propósito de favorecer el aprendizaje colaborativo. En el caso de arquitectura. el trabajo se realizó con un único grupo. quien contó con acompañamiento continuo del docente durante el desarrollo de las actividades.

El sistema de actividades implementado se diseñó para favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje del cálculo integral en ingeniería mecánica y la geometría en arquitectura. Su propósito es desarrollar el pensamiento espacial mediante estrategias didácticas. herramientas tecnológicas y tareas contextualizadas que requieren representar. manipular y analizar información visual y geométrica en 2D y 3D.

Los problemas propuestos están basados en *manipulación mental. representaciones gráficas. herramientas manipulables. enunciados verbales. tecnologías digitales. geometría descriptiva (dibujo a mano alzada). proyecciones ortogonales y cortes transversales* para promover las habilidades espaciales en estudiantes de ingeniería y arquitectura. (Ilić & Djukic.2017; Cho. 2017; Tone *et al.*. 2021; Sorby. 2009; Duffy *et al.*. 2020).

4 ANALISIS DE LAS ACTIVIDADES

El análisis de la información se estructuró a partir del sistema de categorización presentado en la Figura 1. en el cual se distinguen dos habilidades espaciales centrales: visualización espacial y orientación espacial. La visualización espacial fue operacionalizada mediante tres subcategorías: rotación mental. traslación mental y transformación mental. Por su parte. la orientación espacial se examinó a través de las perspectivas interna y externa.

permitiendo identificar la posición del sujeto frente al objeto y los cambios de referencia implicados en la resolución de las tareas.

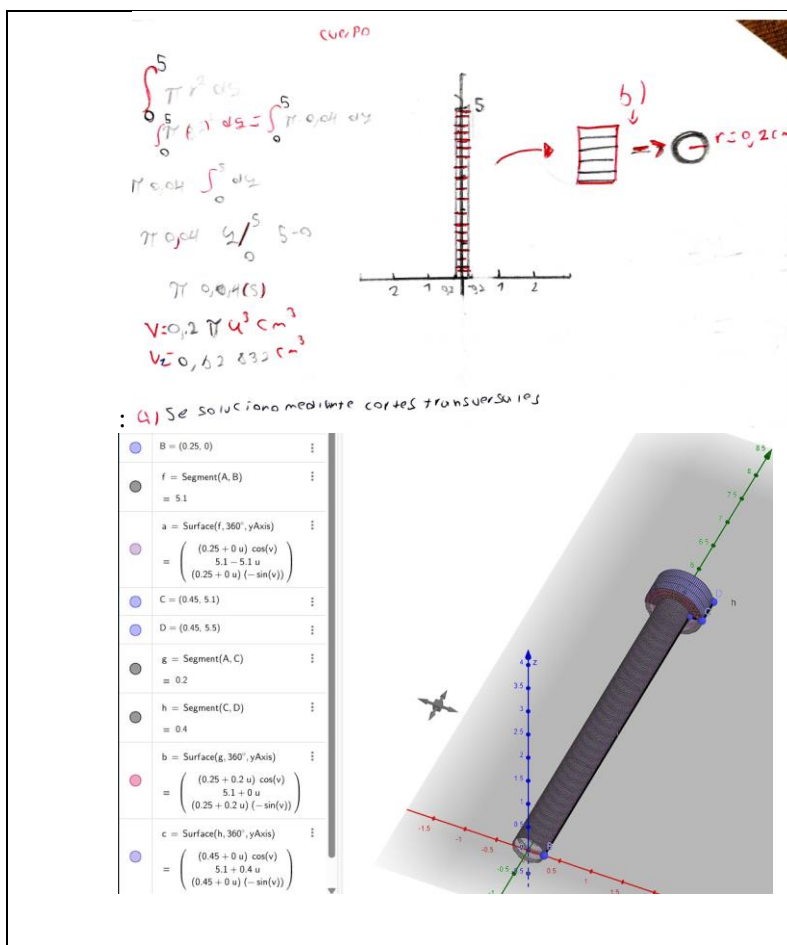
Con base en este marco analítico, en la Tabla 2 tomada y adaptada de la tesis doctoral de Arevalo (2026) se presenta el análisis de respuestas representativas de estudiantes de Ingeniería Mecánica y Arquitectura. En dicha tabla se sistematizan los registros asociados a las habilidades espaciales, sus respectivas subcategorías y las cualidades evidenciadas, tanto en las producciones escritas como en las observaciones derivadas de la implementación en el aula. Esta sistematización permitió establecer relaciones entre los desempeños observados y la estructura teórica propuesta.

Es pertinente señalar que la presente investigación se centra en el análisis de dos actividades específicas del sistema diseñado: una correspondiente al programa de Ingeniería Mecánica, titulada *Tornillos*, y otra del programa de Arquitectura, denominada *Planos y el espacio*. Los problemas trabajados en ambas disciplinas (Tabla 2) fueron tomados de Arevalo (2026) y se fundamentan en el marco teórico adoptado, así como en la caracterización preliminar del pensamiento espacial expuesta en la Figura 1. Estos se clasifican según el programa académico y la habilidad espacial predominante involucrada en su resolución, lo cual permite un análisis comparativo entre contextos disciplinares

Tabla 2

Problemas propuestos y categorías obtenidas de acuerdo con la habilidad espacial y sus subcomponentes

Problemas propuestos en ingeniería Mecánica o Arquitectura.	Habilidad espacial trabajada y caracterización obtenida en el análisis de los problemas.
1. (Problema ingeniería mecánica) Una empresa nacional ha contratado a un ingeniero mecánico con el objetivo de diseñar un tornillo metálico que posea una cabeza cilíndrica. Para facilitar el proceso de diseño, la empresa proporciona una muestra del tornillo, similar a la que se distribuye en cada grupo. Se solicita determinar el volumen que ocupa el tornillo en centímetros cúbicos (cm³) y representar su modelo tridimensional utilizando el software GeoGebra. 	Visualización espacial Rotación mental •Determina el ángulo de rotación en figuras tridimensionales que han sido rotadas. •Identifica el eje de rotación para generar y representar sólidos



tridimensionales de forma manual.

- Identifica el eje de rotación de sólidos de revolución y lo ubica en herramientas tecnológicas como GeoGebra para solucionar problemas.

- Usa rotación de sólidos para solucionar problemas de forma efectiva.

Traslación mental

- Ubica figuras tridimensionales en el plano cartesiano para solucionar problemas de forma efectiva.

Transformación mental

- Descompone piezas tridimensionales en sólidos para solucionar problemas.

- Representa mentalmente piezas mecánicas que surgen de un contexto verbal.

- Representa de forma gráfica la deformación de tornillos mediante las fuerzas de tensión.

- Representa de forma gráfica la deformación de tornillos mediante las fuerzas de torsión.

- Representa de forma gráfica la deformación de tornillos mediante las fuerzas de compresión.

Orientación espacial

Perspectiva interior

- Identifica el interior de un sólido a partir de las figuras obtenidas mediante cortes transversales.

Perspectiva exterior

- Reconoce las líneas de contorno de una figura tridimensional para representarlas en el plano.

- Capacidad para recordar la ubicación de objetos en el espacio.

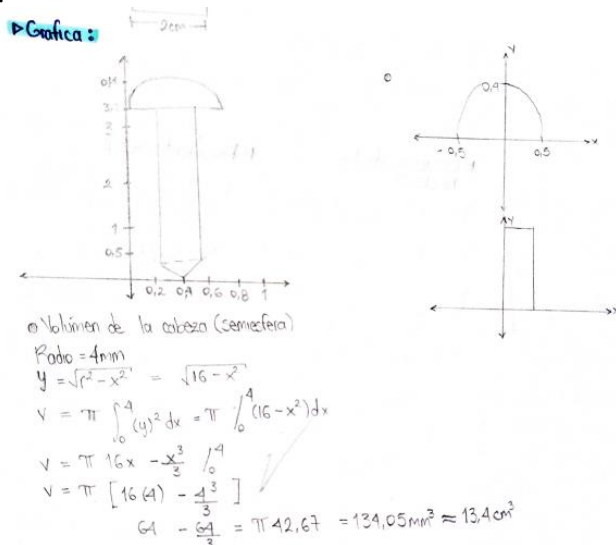
- Comprende el diseño de una estructura a partir de su perspectiva exterior presentada mediante los tipos de vista (Alzado, perfil y planta)

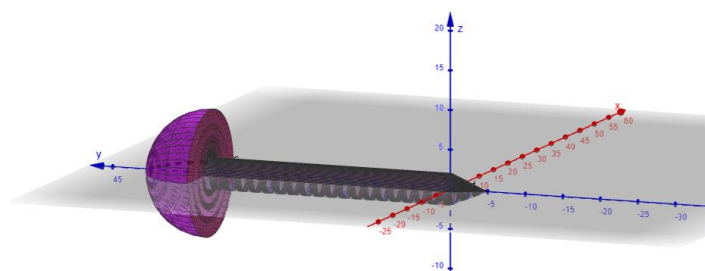
2. (Problema ingeniería mecánica) En el diseño de un escritorio una compañía necesita unir dos piezas de madera. para ello necesitan diseñar un tornillo perforante de acero con cabeza redonda. de esta forma se especifican las siguientes medidas:

La cabeza redonda del tornillo debe tener un diámetro de 8mm. el cuerpo del tornillo debe medir 32 mm con un diámetro de 4mm y la punta del tornillo debe medir 5mm.

a) Determine el volumen del tornillo y realice un gráfico de su representación.

Respuestas:

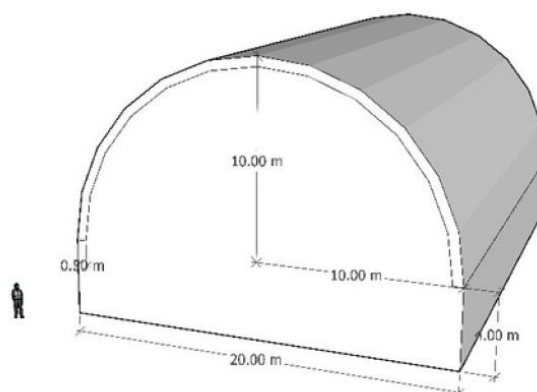




1. (Problema arquitectura) Un arquitecto está diseñando una nueva biblioteca que tendrá una bóveda semicircular como techo. La bóveda se extenderá sobre una sala rectangular que mide 20 m de ancho, 30 m de largo y altura de 4m. Además, el grosor del concreto que forma la bóveda será de 0.5m y por ello el arquitecto necesita calcular:

- Realice un modelo representativo de la biblioteca en sketch up.
- El volumen de concreto necesario para construir la bóveda
- el área total de la superficie inferior y de la pared de la bóveda que debería ser pintada.

Respuestas:



primero calculo el radio interior que se obtiene restando el espesor del concreto al radio exterior=

$$R_i = R_e - t$$

t (espesor de la bóveda)

$$R_e = 10.00\text{m}$$

$$t = 0.50\text{m}$$

$$R_i = 10.00 - 0.50 = 9.50\text{m}$$

$$L = 30.00\text{m}$$

Entonces:

$$V = \pi/2 (10^2 - 9.5^2)(30) =$$

$$R_e^2 = 10^2 = 100$$

$$R_i^2 = 9.5^2 = 90.25$$

$$R_e^2 - R_i^2 = 100 - 90.25 = 9.75$$

$$V = \pi/2 * 9.75 = 4.875\pi = 15.315$$

$$V = 15.315 * 30 = 459.46\text{m}^3$$

$$V = 459.46\text{m}^3$$

El volumen total del concreto necesario para construir la bóveda es aproximadamente 459.46 metros cúbicos.

- b) El volumen de concreto necesario para construir la bóveda

$$V = 1/2 \pi L (R_{ext}^2 - R_{int}^2)$$

$$\text{FORMULA: } V = 1/2 * \pi * 30 * (10^2 - 9.5^2) \quad V = 15\pi * (100 - 90.25) \quad V = 15\pi * 9.75 = 146.25\pi \approx 459.4 \text{ m}^3$$

RESULTADO: 459.4M3

- c) el área total de la superficie inferior y de la pared de la bóveda que debería ser pintada

AREA INTERNA:

$$A_{inferior} = \pi * 9.5 * 30 = 285\pi \approx 895.4 \text{ m}^2$$

AREA MUROS:

$$A_{paredes} = (19 * 4) * 2 = 152 \text{ m}^2$$

$$A_{paredes} = (29 * 4) * 2 = 232 \text{ m}^2$$

AREA PINTADA:

$$= 152 + 232 = 384 \text{ m}^2$$

Visualización espacial

Rotación mental

- Emplea las dimensiones de un problema verbal para rotar sólidos.
- Usa rotación mental para ver la interacción de cada uno de los componentes que conforman una casa.
- Emplea herramientas tecnológicas como AutoCAD y Sketchup para representar las rotaciones mentales de planos que cumplen con las condiciones verbales y de confort de problemas.

Traslación mental

- Emplea las dimensiones de un problema verbal para trasladar sólidos y componer figuras.
- Emplea herramientas tecnológicas como AutoCAD y Sketchup para representar las traslaciones mentales de planos que cumplen con las condiciones verbales y de confort de problemas.

Transformación mental

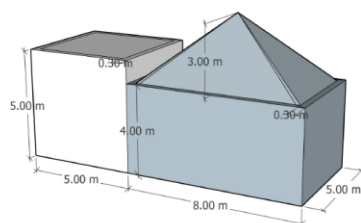
- Emplea las dimensiones de un problema verbal para componer sólidos tridimensionales.
- Usa la transformación sustractiva para solucionar problemas.
- Usa el largo, ancho y alto para transformar sólidos a partir de los requerimientos verbales del problema.

Emplea herramientas tecnológicas como AutoCAD y Sketchup

2. (Problema arquitectura) Estás diseñando una casa en un terreno de 300 m². La normativa local establece que la altura máxima de la casa no debe exceder los 6 metros y el volumen total de la casa no debe superar los 1000 m³. El diseño incluye:

- Una sala de estar de forma cúbica, un área de comedor en forma de prisma rectangular.
 - Un techo inclinado con forma de pirámide rectangular. Además, el ancho de las paredes exteriores de la casa es de 0.3 metros. Datos proporcionados:
 - La sala de estar será un cubo con dimensiones exteriores de 5 metros de lado y paredes de 0.3 metros de grosor.
 - El área de comedor será un prisma rectangular con dimensiones exteriores de 8 metros de largo, 5 metros de ancho y 4 metros de altura, también con paredes de 0.3 metros de grosor.
 - El techo inclinado será una pirámide rectangular con una base de 8 metros de largo y 5 metros de ancho y una altura de 3 metros. No se consideran paredes para el techo.
- a) Calcula el volumen interior habitable de la sala de estar y el área de comedor, teniendo en cuenta el grosor de las paredes.
- b) Calcula el volumen total del techo inclinado.

RESPUESTAS:



a) Calcula el volumen interior habitable de la sala de estar y el área de comedor, teniendo en cuenta el grosor de las paredes.

para calcular el lado interior habitable es:

Lado exterior (Le): 5m

grosor de las paredes (t): 0.3m

lado interior (Li): ?

$$Li = Le - 2 * t$$

$$Li = 5 - 2 * 0.3 = 5 - 0.6 = 4.4m$$

el volumen interior es igual a la longitud interior elevada al cubo.

$$Vi = 4.4^3 = 85.184m^3$$

a) Calcula el volumen interior habitable de la sala de estar y el área de comedor, teniendo en cuenta el grosor de las paredes.

R// El volumen habitable de la sala de estar es de 5.821 m³

Área	19.404 m ²
Volumen	5.821 m ³

R// El volumen habitable del área del comedor es de 9.768 m³

Área	32.560 m ²
Volumen	9.768 m ³

b) Calcula el volumen total del techo inclinado.

R// El calculo total del techo es 15.629 m³

Volumen	15.629 m ³
Área	52.096 m ²

c) Determina la fuerza que ejerce el techo debido a su propio peso, dado que el material del techo es de aluminio donde su densidad es de 2700 kg/m³.

R// La fuerza que ejerce el techo debido a su propio peso es de 108,220.44 kg-f quieren decir 1,061.28 toneladas

para representar las transformaciones mentales de planos que cumplen con las condiciones verbales y de confort de problemas.

Orientación espacial

Perspectiva interior

- Identifica la ubicación de paredes o techos a partir de las dimensiones de un problema verbal.

Perspectiva exterior

- Relaciona las vistas de planta, alzado y perfil para representar planos de casas de acuerdo con su confort.
- Identificar apoyos y cargas para imaginar como el peso del techo se transmite hacia las paredes.

5 CONCLUSIONES

La presente investigación contribuye a la comprensión y caracterización del pensamiento espacial en estudiantes de ingeniería mecánica y arquitectura, avanzando en la identificación de sus componentes, manifestaciones y condiciones de desarrollo en contextos de aprendizaje basados en la resolución de problemas. Los resultados permiten articular de manera coherente un marco teórico que integra el pensamiento espacial, la resolución de problemas, la educación STEM, la geometría descriptiva y el uso de herramientas tecnológicas como elementos centrales en la formación universitaria en ambas disciplinas.

En primer lugar, el análisis del estado del arte y de los estudios recientes permitió identificar cinco tendencias fundamentales para el desarrollo del pensamiento espacial:

- El papel estructural de la geometría descriptiva en la construcción y manipulación de configuraciones espaciales (Akin & Erem, 2011; Danchenko & Zelenaya, 2021).
- El potencial de los problemas verbales y gráficos para promover procesos de interpretación y transformación espacial (Wai *et al.*, 2009; Duffy *et al.*, 2018).
- La relevancia de la resolución de problemas contextualizados para activar mecanismos de razonamiento espacial y creatividad (Suh & Cho, 2020; Stieff & Uttal, 2015);
- La utilidad de los materiales manipulativos para favorecer la visualización tridimensional y la composición/descomposición de objetos (Davishahl *et al.*, 2022);
- El papel de las tecnologías digitales como mediadoras del diseño. La representación y las transformaciones espaciales (Harris, 2023).

A partir de la triangulación entre el marco teórico, las actividades diseñadas y las evidencias producidas por los estudiantes, se obtuvo una caracterización inicial del pensamiento espacial en ambas carreras. Se identificó el desarrollo diferencial de las habilidades de visualización espacial (rotación, traslación y transformación mental) y orientación espacial (perspectivas interna y externa), así como elementos disciplinares propios: en ingeniería mecánica, la relación entre las fuerzas físicas y la estructura del movimiento; en arquitectura, la influencia de la iluminación, el confort y las decisiones proyectuales en su razonamiento espacial.

La implementación del sistema de actividades reveló que la combinación de problemas contextualizados, materiales manipulativos y herramientas tecnológicas promueve el uso de heurísticas espaciales, incrementa la motivación y favorece la construcción de representaciones más precisas en 2D y 3D. Asimismo, se observaron dificultades recurrentes en la interpretación

de intersecciones espaciales. en la correspondencia entre representaciones verbales y gráficas. y en la construcción de modelos tridimensionales coherentes. lo que sugiere la necesidad de fortalecer las prácticas de enseñanza orientadas al razonamiento visual y geométrico.

En términos de aportes. este estudio propone un modelo de caracterización del pensamiento espacial basado en rejillas analíticas que distinguen los rasgos específicos de cada disciplina y sus elementos comunes. Este modelo ofrece una vía para evaluar el nivel de desarrollo del pensamiento espacial en programas de ingeniería mecánica y arquitectura. y se materializa en la propuesta de un test que puede servir como instrumento diagnóstico para estas carreras.

Este estudio abre nuevas líneas de investigación orientadas a profundizar en la relación entre representaciones espaciales. razonamiento matemático y prácticas de aula; a evaluar la progresión del pensamiento espacial a lo largo del currículo universitario; y a explorar el impacto longitudinal de actividades basadas en STEM en el desarrollo cognitivo y profesional de los futuros ingenieros y arquitectos.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Fabian Arevalo Gordillo fue el autor principal del estudio y estuvo a cargo de la revisión del estado del arte. la construcción del marco teórico y la redacción del manuscrito.

Osvaldo Jesús Rojas contribuyó a la revisión de la escritura. la formulación del problema de investigación y de las preguntas de investigación. así como al diseño metodológico.

Oscar Manrique colaboró en el diseño y desarrollo de las actividades implementadas en los contextos de ingeniería mecánica y arquitectura.

Jhony Alexander Corredor contribuyó a la resolución de las actividades de arquitectura y participó en el análisis de datos. Todos los autores leyeron y aprobaron el manuscrito final.

REFERENCIAS

- AKDOĞAN. M.; ALAÇAM. S.; YAĞMUR-KILIMCI. E. S. Exploring the influence of architectural education on higher-dimensional spatial abilities: a cross-disciplinary study. *Estoa. Journal of the Faculty of Architecture and Urbanism*. [S.l.]. v. 14. n. 27. p. 243–256. 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.18537/est.v014.n027.a15> Acceso el: 1 mar. 2026.
- AKIN. O.; EREM. O. Architecture students' spatial reasoning with 3-D shapes. *Journal of Design Research*. [S.l.]. v. 9. n. 4. p. 339–359. 2011. Disponible en: <https://doi.org/10.1504/JDR.2011.043362> Acceso el: 1 mar. 2026.

- AMRO, D. K.; DAWOUD, H. Influencing factors of spatial ability for architecture and interior design students: a fuzzy DEMATEL and interpretive structural model. *Buildings*. [S.l.]. v. 14. n. 9. p. 2934. 2024. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/buildings14092934> Acceso el: 1 mar. 2026.
- ARAUJO, S. Desarrollo del pensamiento métrico espacial a través de la implementación de un laboratorio de geometría interactivo. *Revista ESPACIOS*. [S.l.]. v. 41. n. 35. 2020. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a20v41n35/20413514.html> . Acceso el: 1 mar. 2026.
- ARÉVALO, F. Caracterización del pensamiento espacial en ingeniería mecánica y arquitectura. 2026. Tesis (Doctorado) – Universidad Antonio Nariño. Bogotá. 2026.
- BERKOWITZ, M. *et al.* Spatial abilities for architecture: cross sectional and longitudinal assessment with novel and existing spatial ability tests. *Frontiers in Psychology*. [S.l.]. v. 12. p. 587. 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.609363> . Acceso el: 1 mar. 2026.
- BERNAL, C. A. Metodología de la investigación: administración. economía. humanidades y ciencias sociales. Bogotá: Pearson. 2018.
- BISHOP, A. J. Spatial abilities and mathematics education: a review. *Educational Studies in Mathematics*. [S.l.]. v. 11. n. 3. p. 257–269. 1980. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF00697739> . Acceso el: 1 mar. 2026.
- BUCKLEY, J.; SEERY, N.; CANTY, D. Spatial cognition in engineering education: developing a spatial ability framework to support the translation of theory into practice. *European Journal of Engineering Education*. [S.l.]. v. 44. n. 1-2. p. 164–178. 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1327944> . Acceso el: 1 mar. 2026.
- BUCKLEY, J.; SEERY, N.; CANTY, D. Spatial cognition in engineering education: developing a spatial ability framework to support the translation of theory into practice. *European Journal of Engineering Education*. [S.l.]. v. 44. n. 1-2. p. 164–178. 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1327944> . Acceso el: 1 mar. 2026.
- BYBEE, R. W. The case for STEM education: challenges and opportunities. Arlington: NSTA Press. 2013.
- CASEY, M. B. *et al.* The influence of spatial ability on gender differences in mathematics college entrance test scores across diverse samples. *Developmental Psychology*. [S.l.]. v. 31. n. 4. p. 697–705. 1995. Disponible en: <https://doi.org/10.1037/0012-1649.31.4.697> . Acceso el: 1 mar. 2026.
- CHO, J. Y. An investigation of design studio performance in relation to creativity. spatial ability. and visual cognitive style. *Thinking Skills and Creativity*. [S.l.]. v. 23. p. 67–78. 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2016.11.006> . Acceso el: 1 mar. 2026.

- CLEMENTS. D. H.; BATTISTA. M. T. Geometry and spatial reasoning. In: GROUWS. D. A. (ed.). *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York: Macmillan. 1992. p. 420–464.
- DANCHENKO. L. Development of spatial-design thinking in architecture education. *E3S Web of Conferences*. [S.l.]. v. 274. art. 09010. 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127409010>. Acceso el: 1 mar. 2026.
- DAVISHAHL. E.; SINGLETON. L.; HASKELL. T.; RUPE. K.; GLEN. L. Scaffolding spatial abilities in integral calculus. In: *ASEE ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION*. 2022. Minneapolis. MN. *Proceedings* [...]. [S.l.]: ASEE. 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.18260/1-2--42091>. Acceso el: 1 mar. 2026.
- DUFFY. G.; SORBY. S. A.; BOWE. B. An investigation of the role of spatial ability in representing and solving word problems among engineering students. *Journal of Engineering Education*. [S.l.]. v. 109. n. 3. p. 424–442. 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jee.20349>. Acceso el: 1 mar. 2026.
- DUFFY. G.; SORBY. S.; REVES. P. R.; DELAHUNTY. T.; PEREZ. L.; RAVISHANKAR. J. The link between spatial skills and engineering problem-solving. In: *IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON TEACHING. ASSESSMENT. AND LEARNING FOR ENGINEERING (TALE)*. 2018. *Proceedings* [...]. [S.l.]: IEEE. 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/TALE.2018.8615193>. Acceso el: 1 mar. 2026.
- FRICK. A. Spatial transformation skills and later mathematical achievement. *Psychological Research*. [S.l.]. v. 83. p. 1465–1484. 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00426-018-1008-5>. Acceso el: 1 mar. 2026.
- GILLIGAN-LEE. K. A.; HAWES. Z. C. K.; MIX. K. S. Spatial thinking as the missing piece in mathematics curricula. *npj Science of Learning*. [S.l.]. v. 7. p. 10. 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41539-022-00128-9>. Acceso el: 1 mar. 2026.
- HARRIS. D. Spatial reasoning in context: bridging cognitive and educational perspectives of spatial-mathematics relations. *Frontiers in Education*. [S.l.]. v. 8. art. 1302099. 2023. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1302099>. Acceso el: 1 mar. 2026.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI. R.; FERNÁNDEZ COLLADO. C.; BAPTISTA LUCIO. P. *Metodología de la investigación*. 6. ed. México: McGraw-Hill. 2014.
- LOWRIE. T.; LOGAN. T.; RAMFUL. A. Spatial reasoning influences students' performance on mathematics tasks. *Mathematics Education Research Journal*. [S.l.]. v. 39. n. 3. p. 407–414. 2016.
- MCGEE. M. Human spatial abilities: psychometric studies and environmental. genetic. hormonal and neurological influences. *Psychological Bulletin*. [S.l.]. v. 86. n. 5. p. 889–918. 1979. Disponible en: <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.5.889>. Acceso el: 1 mar. 2026.

- MIX, K. S.; CHENG, Y. L. The relation between space and math: developmental and educational implications. *Advances in Child Development and Behavior*. [S.l.]. v. 42. p. 197–243. 2012. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394388-0.00006-X> . Acceso el: 1 mar. 2026.
- NEWCOMBE, N. S. Seeing relationships: using spatial thinking to teach science, mathematics, and social studies. *American Educator*. [S.l.]. v. 37. p. 26–40. 2013.
- SCHENCK, K. E.; NATHAN, M. J. Navigating spatial ability for mathematics education: a review and roadmap. *Educational Psychology Review*. [S.l.]. v. 36. n. 3. p. 90. 2024. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09935-5> . Acceso el: 1 mar. 2026.
- SERRANO MARIÑO, B. L. Razonamiento espacial y su expresión en la metodología de transición del diseño 2D al 3D en estudiantes de Arquitectura. *Anales de Investigación en Arquitectura*. [S.l.]. v. 15. n. 2. 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.18861/ania.2025.15.2.4168>. Acceso el: 1 mar. 2026.
- SORBY, S. A. Developing 3-D spatial visualization skills. *Engineering Design Graphics Journal*. [S.l.]. v. 63. n. 2. p. 21–32. 1999.
- SORBY, S. A. Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students. *International Journal of Science Education*. [S.l.]. v. 31. n. 3. p. 459–480. 2009. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09500690802595839> . Acceso el: 1 mar. 2026.
- STIEFF, M.; UTTAL, D. How much can spatial training improve STEM achievement? *Educational Psychology Review*. [S.l.]. v. 27. n. 4. p. 607–615. 2015. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9304-8> . Acceso el: 1 mar. 2026.
- SUH, J.; CHO, J. Y. Linking spatial ability, spatial strategies, and spatial creativity: a step to clarify the fuzzy relationship between spatial ability and creativity. *Thinking Skills and Creativity*. [S.l.]. v. 35. art. 100628. 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100628>. Acceso el: 1 mar. 2026.
- TARTRE, L. A. Spatial orientation skill and mathematical problem solving. *Journal for Research in Mathematics Education*. [S.l.]. v. 21. n. 3. p. 216–229. 1990. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/749375> . Acceso el: 1 mar. 2026.
- THURSTONE, L. Primary mental abilities. Chicago: University of Chicago Press. 1938.
- TONE, H.; GUTIÉRREZ, J.; ESCAPA, J.; ESCAPA, P. Spatial skill and perceptions of space: representing 2D drawings as 3D drawings inside immersive virtual reality. *Applied Sciences*. [S.l.]. v. 11. n. 4. p. 1475. 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app11041475>. Acceso el: 1 mar. 2026.
- TONE, H.; GUTIÉRREZ, J.; ESCAPA, J.; ESCAPA, P. Spatial skill and perceptions of space: representing 2D drawings as 3D drawings inside immersive virtual reality. *Applied Sciences*. [S.l.]. v. 11. n. 4. p. 1475. 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app11041475>. Acceso el: 1 mar. 2026.

- UTTAL. D. H. *et al.* The malleability of spatial skills: a meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*. [S.l.]. v. 139. n. 2. p. 352–402. 2013. Disponible en: <https://doi.org/10.1037/a0028446> . Acceso el: 1 mar. 2026.
- UTTAL. D. H.; COHEN. C. A. Spatial thinking and STEM education: when, why, and how? In: ROSS. B. (ed.). *Psychology of learning and motivation*. [S.l.]: Academic Press. 2012. p. 147–181.
- WAI. J.; LUBINSKI. D.; BENBOW. C. Spatial ability for STEM domains: aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*. [S.l.]. v. 101. n. 4. p. 817–835. 2009. Disponible en: <https://doi.org/10.1037/a0016127> . Acceso el: 1 mar. 2026.
- WOLFGANG. C.; STANNARD. L.; JONES. I. Advanced constructional play with LEGOs among preschoolers as a predictor of later school achievement in mathematics. *Early Child Development and Care*. [S.l.]. v. 173. n. 5. p. 467–475. 2003. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/0300443032000088212> . Acceso el: 1 mar. 2026.
- XU. T.; SUN. S.; KONG. Q. Spatial reasoning and its contribution to mathematical performance across different content domains. *Journal of Intelligence*. [S.l.]. v. 13. n. 4. p. 41. 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jintelligence13040041> . Acceso el: 1 mar. 2026.
- ZOLLMAN. A. Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*. [S.l.]. v. 112. n. 1. p. 12–19. 2012. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2012.00101.x> . Acceso el: 1 mar. 2026.

Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron por igual al desarrollo de este artículo.

Disponibilidad de datos

Todos los conjuntos de datos relevantes para los resultados de este estudio están disponibles en su totalidad en el artículo.

Cómo citar este artículo (APA)

Gordillo, F. A., Velázquez, O. J. R., Florez, Óscar F. M., & Corredor, J. A. (2026). CARACTERIZACIÓN DEL PENSAMIENTO ESPACIAL EN INGENIERÍA MECÁNICA Y ARQUITECTURA. *Veredas Do Direito*, 23, e235095. <https://doi.org/10.18623/rvd.v23.5095>