



Elkin Andrés Medina-Segura

E-mail: medinaelkinandres@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-8889-774X>.

Helen Giselle Orrala-Domínguez

E-mail: orralahelen1006@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-3103-4575>.

Angelo Misael Tigrero-Quiroz

E-mail: angelotigrero46@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-7773-6894>

Brittany Lizbeth Santistevan-Quirumbay

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-5801-6901>

E-mail: brittanysantistevan08@gmail.com

Graciela Celedonia Sosa-Bueno

E-mail: gsosa5882@upse.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1236-0997>

Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), Carrera de Ingeniería Civil, La Libertad, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Medina-Segura, E. A., Orrala-Domínguez, H. G., Tigrero-Quiroz, A. M., Santistevan-Quirumbay, B. L., & Sosa-Bueno, G. C. (2026). Enseñanza de los ángulos geométricos en la formación inicial de Ingeniería Civil: una revisión bibliográfica. *Portal de la Ciencia*, 7(S1), 492-504, DOI: <https://doi.org/10.51247/pdlc.v7iEspecial1.984>

==== o ====

Enseñanza de los ángulos geométricos en la formación inicial de Ingeniería Civil: una revisión bibliográfica

RESUMEN

La enseñanza de la geometría y la trigonometría en los primeros niveles de Ingeniería Civil suele impartirse de manera abstracta, desvinculada de los problemas propios de la disciplina, lo que dificulta que el estudiantado reconozca su valor aplicado. El propósito de este artículo fue analizar, desde una perspectiva formativa, la importancia de los ángulos geométricos en la configuración de edificaciones y sistemas estructurales, con el fin de identificar aportes de la literatura académica que permitan fortalecer su enseñanza en la formación inicial de Ingeniería Civil. Se empleó una revisión bibliográfica de enfoque cualitativo y alcance descriptivo-analítico, no sistemática, basada en literatura reciente sobre geometría aplicada, configuración estructural, representación gráfica y tecnologías educativas. Los resultados muestran que los ángulos organizan relaciones espaciales, constructivas y estructurales presentes en cubiertas, rampas, escaleras, cerchas y sistemas reticulados; que la triangulación constituye un principio didáctico útil para introducir la noción de estabilidad estructural; y que herramientas como BIM, GeoGebra y la realidad aumentada favorecen la visualización espacial de estas relaciones durante el aprendizaje. Se concluye que integrar ejemplos constructivos reales en la enseñanza de la geometría y la trigonometría fortalece la comprensión espacial de los estudiantes de Ingeniería Civil y facilita la transición hacia

asignaturas posteriores de dibujo técnico, topografía y análisis estructural, lo que representa un aporte pedagógico relevante para la formación de ingenieros civiles.

Palabras clave: formación inicial; enseñanza de la geometría; ingeniería civil; representación gráfica; tecnologías educativas.

==== o =====

Teaching geometric angles in initial civil engineering training: a literature review

ABSTRACT

The teaching of geometry and trigonometry in the early levels of Civil Engineering is often delivered in an abstract way, disconnected from problems specific to the discipline, which makes it difficult for students to recognize its applied value. This article aimed to analyze, from a formative perspective, the importance of geometric angles in the configuration of buildings and structural systems, in order to identify contributions from the academic literature that could strengthen their teaching in early Civil Engineering education. A qualitative, descriptive-analytical, non-systematic literature review was carried out, drawing on recent literature on applied geometry, structural configuration, graphic representation, and educational technologies. The results show that angles organize spatial, constructive, and structural relationships present in roofs, ramps, stairs, trusses, and lattice systems; that triangulation constitutes a useful didactic principle for introducing the notion of structural stability; and that tools such as BIM, GeoGebra, and augmented reality support spatial visualization of these relationships during learning. The article concludes that integrating real constructive examples into the teaching of geometry and trigonometry strengthens spatial understanding among Civil Engineering students and facilitates the transition to subsequent courses in technical drawing, surveying, and structural analysis, representing a relevant pedagogical contribution to civil engineering education.

Keywords: initial training; geometry teaching; civil engineering; graphic representation; educational technologies.

==== o =====

Ensino dos ângulos geométricos na formação inicial em engenharia civil: uma revisão da literatura.

RESUMO

O ensino de geometria e trigonometria nos primeiros níveis de Engenharia Civil costuma ser ministrado de forma abstrata, desvinculada dos problemas próprios da disciplina, o que dificulta que os estudantes reconheçam seu valor aplicado. O propósito deste artigo foi analisar, a partir de uma perspectiva formativa, a importância dos ângulos geométricos na configuração de edificações e sistemas estruturais, com o objetivo de identificar contribuições da literatura acadêmica que permitam fortalecer seu ensino na formação inicial em Engenharia Civil. Empregou-se uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa e alcance descritivo-analítico, não sistemática, baseada em literatura recente sobre geometria aplicada, configuração estrutural, representação gráfica e tecnologias educacionais. Os resultados mostram que os ângulos organizam relações espaciais, construtivas e estruturais presentes em coberturas, rampas, escadas, treliças e sistemas reticulados; que a triangulação constitui um princípio didático útil para introduzir a noção de estabilidade estrutural; e que ferramentas como BIM, GeoGebra e realidade aumentada favorecem a visualização espacial dessas relações durante a aprendizagem. Conclui-se que integrar exemplos construtivos reais no ensino de geometria e trigonometria fortalece a compreensão espacial dos estudantes de

Engenharia Civil e facilita a transição para disciplinas posteriores de desenho técnico, topografia e análise estrutural, o que representa uma contribuição pedagógica relevante para a formação de engenheiros civis.

Palavras-chave: formação inicial; ensino de geometria; engenharia civil; representação gráfica; tecnologias educacionais.

==== o ====

INTRODUCCIÓN

La geometría y la trigonometría constituyen fundamentos matemáticos esenciales de la Ingeniería Civil, pues permiten describir la forma, la orientación y las relaciones espaciales de los elementos de una obra. Dentro de ellas, los ángulos geométricos resultan especialmente relevantes porque expresan la inclinación o el cambio de dirección entre líneas, planos y componentes constructivos: determinan la pendiente de una cubierta, la inclinación de una rampa, la relación entre huella y contrahuella de una escalera, y la dirección de las diagonales en cerchas y sistemas reticulados (Girardet y Botton, 2021; Zerlenga et al., 2023). Su estudio no se limita a la resolución de ejercicios abstractos, sino que interviene en decisiones relacionadas con la configuración arquitectónica, la estabilidad estructural y la representación técnica de los proyectos.

No obstante, en la formación inicial de Ingeniería Civil estos contenidos suelen enseñarse de manera desconectada de sus aplicaciones constructivas y estructurales, lo que limita que el estudiantado reconozca su valor más allá del ejercicio matemático abstracto. Antes de analizar sistemas estructurales avanzados, los estudiantes necesitan reconocer pendientes, proyectar dimensiones, interpretar vistas y relacionar representaciones bidimensionales con objetos tridimensionales; sin embargo, esta transición rara vez se acompaña de ejemplos constructivos reales que muestren por qué un ángulo determina la forma, la función y, en ocasiones, la seguridad de un elemento.

La literatura sobre configuración geométrica muestra que la triangulación presente en cerchas, reticulados y sistemas diagrid constituye un principio central de estabilidad formal (Scaramozzino y Lacidogna, 2021; Brütting et al., 2022; Kozłowski y Sokół, 2022), mientras que la literatura educativa evidencia que la visualización espacial puede fortalecerse mediante recursos como BIM, GeoGebra y la realidad aumentada (Del Cerro Velázquez y Morales Méndez, 2021; Meterelliyöz y Özener, 2022; Pulido-Arcas et al., 2021). Sin embargo, estos dos campos la geometría aplicada a la construcción y la investigación educativa sobre visualización espacial rara vez se articulan en una lectura conjunta orientada específicamente a la enseñanza inicial de Ingeniería Civil. Esta dispersión dificulta que el estudiantado reconozca los ángulos como un contenido transversal que conecta forma, función, representación y aprendizaje. Esta brecha resulta especialmente relevante en el primer nivel de la carrera, cuando el estudiantado apenas comienza a construir su vocabulario técnico y su capacidad de visualización espacial, y cuando una conexión temprana entre matemática y práctica constructiva puede facilitar el tránsito hacia asignaturas posteriores del plan de estudios.

Esta fragmentación tiene consecuencias didácticas concretas: cuando los ángulos se enseñan como contenido puramente matemático, el estudiantado tiende a memorizar procedimientos (razones trigonométricas, teoremas, fórmulas de área) sin desarrollar una comprensión relacional de por qué esos procedimientos importan para el ejercicio profesional. La incorporación de ejemplos constructivos reales una cubierta, una escalera, un sistema de arriostramiento permite anclar el aprendizaje matemático en problemas reconocibles del campo disciplinar, favoreciendo lo que la literatura educativa describe como visualización y razonamiento espacial aplicado (Medina Herrera et al., 2024). De este modo, un ángulo deja

de ser un dato aislado y se convierte en una pieza de un razonamiento constructivo más amplio.

Por ello, resulta pertinente una revisión bibliográfica que integre los fundamentos y aplicaciones de los ángulos geométricos con los aportes de la literatura educativa sobre visualización espacial y tecnologías de representación, orientada específicamente al valor formativo de estos contenidos en la formación inicial de Ingeniería Civil.

En consecuencia, la pregunta que orienta este artículo es la siguiente: ¿de qué manera los ángulos geométricos, sus aplicaciones constructivas y su representación gráfica pueden integrarse en la enseñanza de la Geometría y la Trigonometría durante la formación inicial de Ingeniería Civil?. El objetivo general de este artículo consiste en analizar la importancia de los ángulos geométricos en la configuración de edificaciones y sistemas estructurales, recorriendo sus fundamentos, sus aplicaciones constructivas, su relación con los sistemas triangulados y su utilidad en la representación gráfica, para comprender de qué manera estos contenidos aportan a la formación inicial en Ingeniería Civil.

Para alcanzar este propósito, el artículo se propone, en primer lugar, identificar los fundamentos geométricos asociados al estudio de los ángulos en la configuración de edificaciones; a partir de ahí, describe la aplicación de dichos ángulos en elementos constructivos y estructurales como cubiertas, rampas, escaleras y diagonales; posteriormente, analiza la relación que existe entre la triangulación, las cerchas, los sistemas reticulados y la configuración estructural; examina, además, la utilidad que tienen la representación gráfica y el modelado geométrico para comprender las relaciones angulares presentes en una edificación; y, finalmente, relaciona todo este recorrido con el aporte formativo que el estudio de los ángulos geométricos representa para la formación inicial en Ingeniería Civil.

Metodología

Este artículo se desarrolló mediante una revisión bibliográfica de enfoque cualitativo y alcance descriptivo-analítico, de carácter narrativo y no sistemático, orientada a integrar literatura sobre geometría aplicada a edificaciones, configuración estructural, representación gráfica y educación en ingeniería. Las revisiones narrativas resultan adecuadas cuando se busca explicar conceptos, examinar un tema desde perspectivas diversas y construir una síntesis interpretativa, sin aplicar los procedimientos de cribado propios de una revisión sistemática (Sukhera, 2022; Agarwal et al., 2023). Las revisiones integrativas, por su parte, permiten ordenar aportes procedentes de enfoques diversos para comprender mejor un fenómeno (Dhollande et al., 2021), mientras que un proceso de búsqueda, selección y síntesis explícito contribuye a que una revisión narrativa sea más transparente para el lector (Sarkar y Bhatia, 2021; Turnbull et al., 2023).

La búsqueda documental se realizó en Google Scholar, Scopus, Web of Science, SciELO, ScienceDirect, SpringerLink y Wiley Online Library, combinando descriptores en español e inglés como "ángulos geométricos", "configuración estructural", "triangulación", "sistemas diagrid", "representación gráfica", "BIM", "visualización espacial" y "engineering education". Se priorizaron artículos y revisiones académicas publicados preferentemente en los últimos cinco años, con DOI verificable, vinculados directamente con alguno de los ejes del estudio. Se excluyeron blogs, páginas comerciales, documentos sin autoría identificable y fuentes sin relación directa con los objetivos del artículo. También se admitieron fuentes anteriores a ese periodo cuando resultaban indispensables para explicar conceptos geométricos o estructurales consolidados, evitando así una exclusión artificial de literatura relevante por motivos exclusivamente cronológicos.

La información seleccionada se organizó en cinco categorías alineadas con los objetivos específicos: fundamentos geométricos, aplicaciones constructivas y estructurales, triangulación y sistemas reticulados, representación gráfica y modelado, y aporte formativo

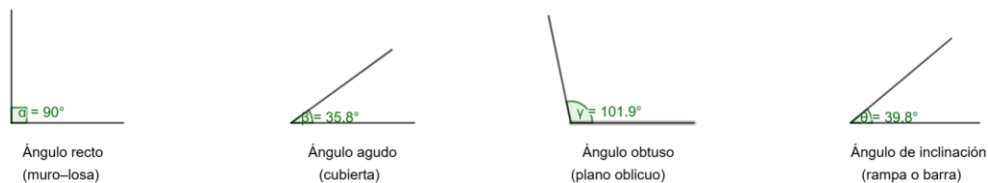
en la formación inicial. El análisis se realizó mediante lectura interpretativa, comparación temática y síntesis bibliográfica, sin aplicar metaanálisis, protocolo PRISMA, cálculos estructurales propios ni validaciones experimentales. Como límite metodológico, se precisa que este artículo no realizó revisión sistemática ni evaluación formal de calidad de las fuentes; su aporte se ubica en la integración conceptual y descriptivo-analítica de literatura pertinente para sustentar el valor formativo de los ángulos geométricos en Ingeniería Civil, y no en la generación de evidencia empírica original.

RESULTADOS

Los ángulos geométricos permiten interpretar relaciones de horizontalidad, verticalidad y oblicuidad dentro de una edificación, asociadas respectivamente a niveles y losas, columnas y muros, y cubiertas, rampas o diagonales. Esta lectura tripartita permite comprender cómo una variación angular modifica simultáneamente la altura, la longitud y la proyección de un elemento (Girardet & Boton, 2021; Khoshamadi et al., 2023). La Figura 1 sintetiza cuatro tipos de ángulo (recto, agudo, obtuso y de inclinación general) asociados a elementos constructivos característicos, mientras que modelos como los estudiados por Cumino et al. (2021) y Zerlenga et al. (2023) muestran que la construcción y visualización de modelos favorece la comprensión de estas relaciones espaciales. Salata et al. (2024) muestran, en la misma línea, que la optimización de la forma, la proporción y la orientación desde etapas tempranas de diseño puede mejorar el desempeño energético de una edificación. Como recurso complementario para la construcción de prismas en GeoGebra, puede consultarse el tutorial audiovisual de Arias Mercado (2020).

Figura 1.

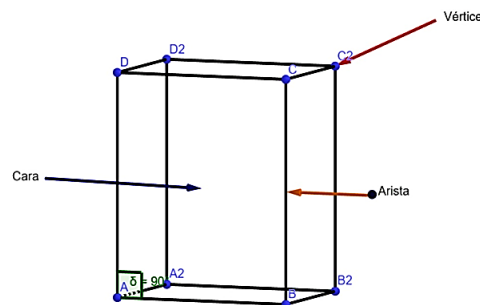
Tipos de ángulos geométricos y su relación con elementos de una edificación.



Fuente: elaboración propia en GeoGebra.

Figura 2.

Elementos geométricos básicos de un prisma: vértice, arista, cara y ángulo diedro.



Fuente: elaboración propia en GeoGebra.

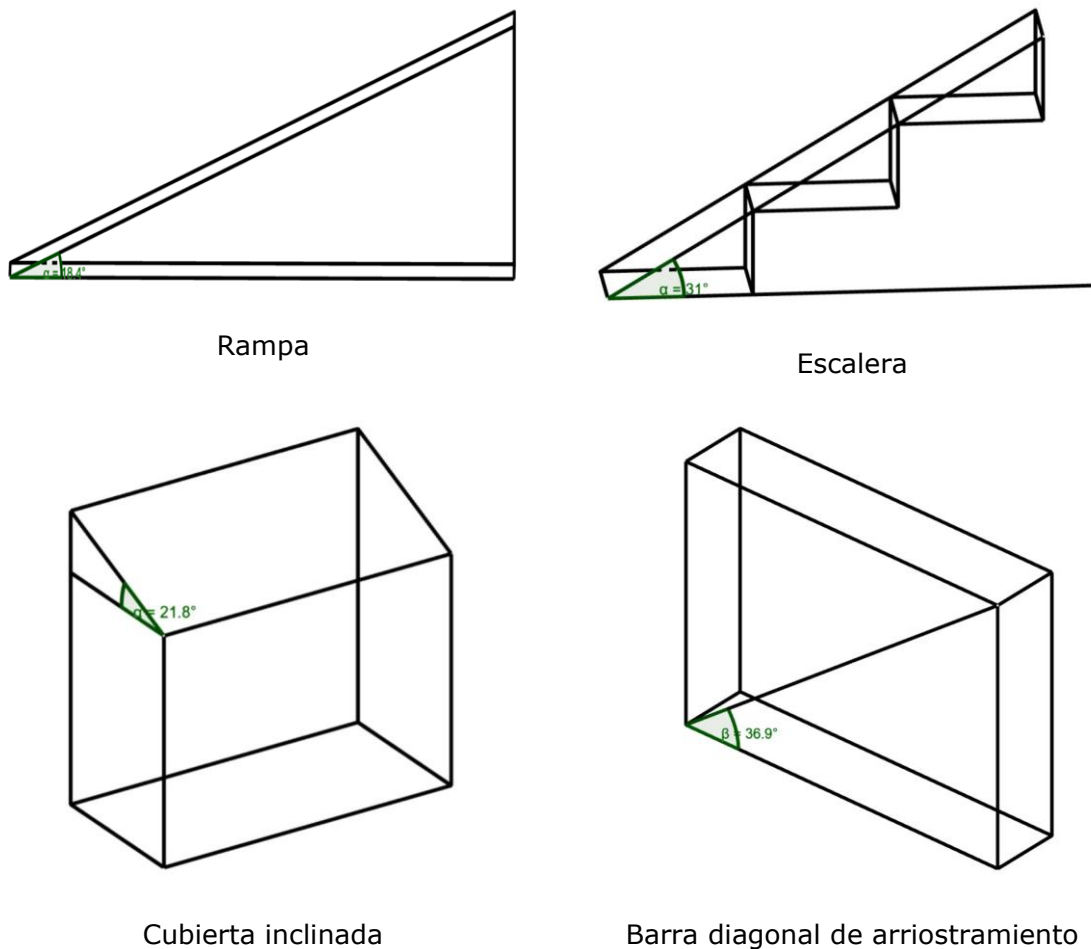
La Figura 2 ilustra los elementos geométricos básicos de un prisma: el vértice, punto de encuentro de tres o más aristas; la arista, segmento de intersección entre dos caras; la cara, superficie plana que delimita el sólido; y el ángulo diedro entre caras adyacentes, que en un

prisma recto de base rectangular alcanza 90° . Esta identificación resulta indispensable antes de abordar los ángulos de inclinación propiamente dichos, pues distingue el ángulo diedro formado entre caras de los ángulos de inclinación de las Figuras 3 a 5, formados entre aristas o entre una arista y un plano horizontal de referencia.

En cuanto a las aplicaciones constructivas (Figura 3), el ángulo relaciona la altura de la cumbrera con la longitud de los faldones en una cubierta (Lapisa et al., 2022; Miao et al., 2022); en una rampa, expresa el desnivel respecto al desarrollo horizontal; y en una escalera, la relación entre huella y contrahuella determina su inclinación general, con implicaciones directas en seguridad y accesibilidad (Koutamanis, 2024; Giovannini, 2023). Montalbán Turon y Vargas Alzate (2023) muestran, además, que las escaleras pueden incorporarse al sistema resistente mediante arriostramiento, evidenciando una geometría a la vez funcional y estructural.

Figura 3.

Ángulos geométricos en rampa, escalera, cubierta inclinada y barra diagonal.



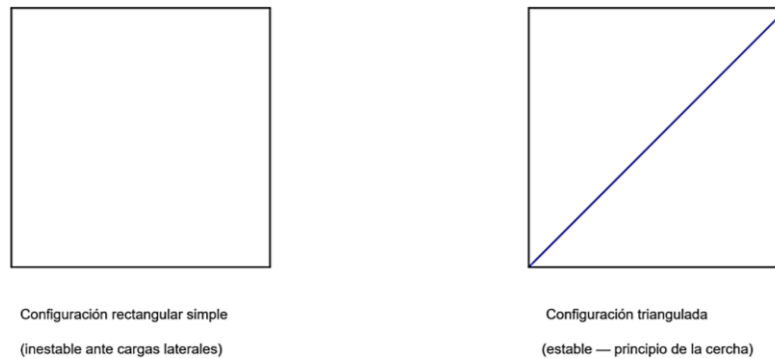
Fuente: elaboración propia en GeoGebra.

La triangulación constituye uno de los principios geométricos más reconocibles en la configuración estructural: a diferencia de un cuadrilátero articulado, un triángulo conserva su forma sin deformarse, razón por la cual las diagonales estabilizan marcos y retículas (Brütting et al., 2022; Kozłowski & Sokół, 2022). La Figura 4 compara una configuración rectangular simple, inestable ante cargas laterales, con una configuración triangulada. Los sistemas diagrid representan una expresión contemporánea de este principio: Scaramozzino y

Lacidogna (2021) y Scaramozzino et al. (2022) muestran que inclinaciones de diagonales entre 55° y 65° ofrecieron resultados favorables en los casos analizados, mientras que Kazemi et al. (2022) y Liu et al. (2024) profundizan en la clasificación y el comportamiento estructural de estos sistemas. Faiella et al. (2022) amplían esta discusión al comparar los sistemas diagrid con megaestructuras y sistemas de control, destacando la eficacia de la triangulación de la retícula en edificios altos.

Figura 4.

Comparación entre una configuración rectangular simple y una configuración triangulada.

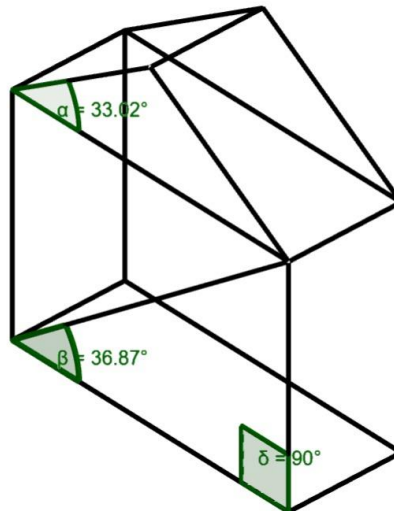


Fuente: elaboración propia en GeoGebra.

Respecto de la representación gráfica (Figura 5), Meterelliyöz y Özener (2022) señalan que el aprendizaje basado en BIM facilita la comprensión de sistemas de edificación mediante componentes paramétricos, y Pulido-Arcas et al. (2021) muestran que el trabajo con modelos BIM tridimensionales favorece las habilidades espaciales del estudiantado de construcción. Las herramientas de geometría dinámica, como GeoGebra, permiten modificar variables y observar de inmediato los cambios en ángulos y longitudes (Ziatdinov & Valles, 2022), mientras que Tiwari et al. (2024) y Lozano-Galant et al. (2024) documentan aplicaciones de realidad aumentada para visualizar relaciones geométricas y modelos BIM en la enseñanza de ingeniería. La geometría paramétrica añade una ventaja adicional al representar explícitamente la dependencia entre variables: Ma et al. (2021) señalan que el diseño generativo en BIM trabaja con parámetros y restricciones, Malgıt et al. (2022) desarrollan un flujo de diseño generativo a BIM para cerchas planas de peso mínimo, Yang et al. (2024) muestran la utilidad del modelado BIM parametrizado en estructuras complejas, y Yavan et al. (2024) integran modelado BIM, programación visual y algoritmos evolutivos para generar y evaluar cerchas paramétricas.

Figura 5.

Esquema de apoyo visual para el análisis de ángulos en una edificación.



Fuente: elaboración propia en GeoGebra.

Finalmente, en relación con el aporte formativo, Del Cerro Velázquez y Morales Méndez (2021) identifican que la realidad aumentada favorece la visualización, la rotación mental y la orientación tridimensional en áreas STEM, y Porat y Ceobanu (2024a, 2024b) muestran mejoras significativas en la capacidad espacial de estudiantes de primer año de Ingeniería y Arquitectura tras programas que combinan métodos tradicionales y recursos digitales. Medina Herrera et al. (2024) precisan que estas herramientas deben integrarse en una estrategia pedagógica explícita, y no emplearse de manera aislada.

DISCUSIÓN

La literatura revisada converge en que los ángulos geométricos no constituyen magnitudes abstractas, sino relaciones que organizan la forma construida: la horizontalidad, la verticalidad y la oblicuidad permiten ubicar elementos y comprender cómo una variación angular modifica altura, longitud y proyección (Girardet y Botton, 2021; Khoshamadi et al., 2023). Esta lectura resulta coherente con lo observado en cubiertas, rampas y escaleras, donde el ángulo articula simultáneamente forma, función y seguridad (Koutamanis, 2024; Mahdavinejad et al., 2024).

Un segundo punto de convergencia se observa en la triangulación: la literatura sobre cerchas, reticulados y sistemas diagrid coincide en que la disposición angular de las diagonales constituye una variable central de la configuración estructural, y no un detalle secundario (Brütting et al., 2022; Scaramozzino & Lacidogna, 2021; Kazemi et al., 2022). Sin embargo, esta literatura proviene mayoritariamente del campo de la optimización estructural, orientado a especialistas, lo que evidencia la necesidad de recursos intermedios como los esquemas presentados en las Figuras 1 a 5 capaces de traducir estos principios a un lenguaje accesible para la formación inicial.

Un tercer punto de convergencia se identifica entre la literatura sobre representación gráfica y la literatura educativa: ambas coinciden en que los modelos digitales BIM, GeoGebra, realidad aumentada fortalecen la comprensión de relaciones angulares, aunque advierten que la tecnología no sustituye los fundamentos geométricos (Meterelliyöz y Özener, 2022; Pulido-Arcas et al., 2021; Del Cerro Velázquez y Morales Méndez, 2021). El vacío principal

identificado es la escasa articulación entre la literatura técnica sobre geometría estructural y la literatura educativa sobre visualización espacial, dos campos que rara vez se leen de manera conjunta y que este artículo intenta aproximar. Esta constatación refuerza la pertinencia de artículos como el presente, que buscan tender un puente explícito entre ambas tradiciones de investigación.

Esta aproximación es coherente con el aporte formativo documentado por Porat y Ceobanu (2024a, 2024b) y Medina Herrera et al. (2024), quienes sugieren que la combinación de ejemplos constructivos reales con herramientas digitales fortalece la capacidad espacial del estudiantado. No obstante, dicha evidencia proviene de contextos e instituciones distintas al de este artículo, por lo que su aplicabilidad directa a la formación inicial de Ingeniería Civil en el contexto ecuatoriano debe entenderse como una extrapolación razonada de principios generales, y no como evidencia obtenida específicamente en dicho contexto. en el nivel institucional correspondiente.

Un cuarto elemento de discusión se relaciona con el papel de las figuras elaboradas en GeoGebra utilizadas a lo largo de este artículo. Su función no fue meramente ilustrativa: al mostrar valores angulares calculados sobre construcciones geométricas concretas (una rampa, una escalera, una cubierta, una barra diagonal y una edificación tridimensional), estas figuras operacionalizan el argumento central de la revisión, a saber, que los ángulos son relaciones cuantificables entre elementos constructivos y no solo categorías abstractas. En este sentido, la experiencia de elaboración de las figuras constituye en sí misma una evidencia indirecta, aunque no sistematizada ni generalizable de que la construcción activa de modelos geométricos, más que su observación pasiva, puede favorecer la comprensión de los contenidos revisados, en línea con lo sugerido por Cumino et al. (2021) y por Ziatdinov y Valles (2022).

Finalmente, cabe señalar que la convergencia encontrada entre los cinco ejes temáticos revisados —fundamentos, aplicaciones, triangulación, representación gráfica y aporte formativo— no debe interpretarse como una relación causal demostrada entre el uso de ejemplos constructivos o herramientas digitales y una mejora efectiva en el aprendizaje del estudiantado de Ingeniería Civil. La literatura revisada respalda la plausibilidad y la coherencia interna de esta relación, pero su verificación empírica en un contexto curricular específico excede el alcance de una revisión bibliográfica no sistemática como la presente.

CONCLUSIONES

En relación con el primer objetivo específico, se concluye que los ángulos geométricos permiten interpretar la horizontalidad, la verticalidad y la oblicuidad como condiciones que estructuran la lectura espacial de una edificación, y no como rasgos visuales aislados. Esta interpretación tripartita ofrece, además, un vocabulario común que puede introducirse desde las primeras semanas del curso de Trigonometría y Geometría.

Respecto del segundo objetivo, se concluye que los ángulos tienen aplicaciones directas y verificables en cubiertas, rampas, escaleras y fachadas, donde condicionan simultáneamente la forma, la función y la seguridad de los elementos constructivos.

En cuanto al tercer objetivo, se concluye que la triangulación constituye el vínculo más claro entre geometría angular y configuración estructural, evidenciado en cerchas, reticulados y sistemas diagrid, aunque su literatura especializada requiere ser traducida a recursos accesibles para la formación inicial., especialmente en asignaturas de estructuras metálicas.

Sobre el cuarto objetivo, se concluye que la representación gráfica y el modelado geométrico —incluidas herramientas como GeoGebra, BIM y la realidad aumentada— son mediadores fundamentales para visualizar relaciones angulares que resultan difíciles de comprender solo desde definiciones abstractas. de forma progresiva.

Respecto del quinto objetivo, se concluye que el estudio de los ángulos posee un valor formativo relevante para la etapa inicial de Ingeniería Civil, en la medida en que articula Trigonometría, Geometría, Dibujo Técnico y Estructuras mediante problemas constructivos progresivos. Este hallazgo sugiere que el valor formativo de los ángulos no depende de una asignatura aislada, sino de la coherencia con que dicho contenido se retoma y profundiza a lo largo de la malla curricular de la carrera.

En conjunto, integrar ejemplos constructivos reales y recursos de representación gráfica en la enseñanza de la Geometría y la Trigonometría fortalece la comprensión espacial del estudiantado de Ingeniería Civil y sienta una base conceptual útil para asignaturas posteriores de dibujo técnico, topografía y análisis estructural, sin que ello implique evidencia experimental generada por este estudio. Estas conclusiones deben leerse con la prudencia propia de una revisión bibliográfica no sistemática, como una síntesis argumentada de la literatura disponible y no como una demostración experimental del efecto de estas estrategias sobre el aprendizaje.

LIMITACIONES Y ESTUDIOS FUTUROS

Este artículo tiene el alcance de una revisión bibliográfica narrativa, cualitativa y descriptivo-analítica: no se aplicó protocolo de revisión sistemática, evaluación formal de calidad de las fuentes, cálculos estructurales propios ni validación experimental de las estrategias didácticas discutidas. La literatura revisada proviene mayoritariamente de contextos internacionales distintos al ecuatoriano, por lo que su aplicabilidad directa debe entenderse como una extrapolación razonada. Se recomienda que futuros estudios evalúen empíricamente, en cursos reales de Trigonometría y Geometría de Ingeniería Civil, el efecto de integrar ejemplos constructivos y herramientas digitales sobre la comprensión espacial del estudiantado.

RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen a la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), Carrera de Ingeniería Civil, por el respaldo institucional brindado para el desarrollo de este artículo en el marco de la asignatura Trigonometría y Geometría. Los autores no recibieron financiamiento específico de agencias de los sectores público, comercial o sin fines de lucro para la realización de este estudio.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

La declaración de contribución de los autores se divide en los roles asumidos por el equipo de cuatro estudiantes y la supervisión metodológica de la docente tutora.

- Elkin Andrés Medina Segura: conceptualización del artículo, coordinación general del equipo, elaboración de las figuras geométricas en GeoGebra, redacción de las secciones de Introducción, Metodología, y consolidación final del documento.
- Helen Giselle Orrala Domínguez: búsqueda, curación de la literatura académica, organización de las referencias en formato APA 7 y redacción de la sección de Resultados.
- Tigrero Quiroz Angelo Misael: sistematización, presentación de los resultados y redacción de la sección de Discusión.
- Santistevan Quirumbay Brittany Lizbeth: redacción de las secciones de Conclusiones, Limitaciones, revisión de estilo y coherencia del documento completo.
- Graciela Celedonia Sosa Bueno: supervisión académica, asesoría metodológica y revisión crítica del artículo como docente tutora del proyecto.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés relacionado con el desarrollo, los resultados o la publicación de este artículo.

REFERENCIAS

- Agarwal, S., Charlesworth, M., y Elrakhawy, M. (2023). How to write a narrative review. *Anaesthesia*, 78(9), 1162–1166. <https://doi.org/10.1111/anae.16016>
- Brütting, J., Senatore, G., y Fivet, C. (2022). MILP-based discrete sizing and topology optimization of truss structures: New formulation and benchmarking. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 65, Article 277. <https://doi.org/10.1007/s00158-022-03325-7>
- Cumino, C., Pavignano, M., Spreafico, M. L., y Zich, U. (2021). Geometry to build models, models to visualize geometry. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 7(1), 149–166. <https://doi.org/10.1007/s40751-020-00080-6>
- Del Cerro Velázquez, F., y Morales Méndez, G. (2021). Systematic review of the development of spatial intelligence through augmented reality in STEM knowledge areas. *Mathematics*, 9(23), 3067. <https://doi.org/10.3390/math9233067>
- Dhollande, S., Taylor, A., Meyer, S., y Scott, M. (2021). Conducting integrative reviews: A guide for novice nursing researchers. *Journal of Research in Nursing*, 26(5), 427–438. <https://doi.org/10.1177/1744987121997907>
- Faiella, D., Argenziano, M., y Mele, E. (2022). Improving the seismic response of tall buildings: From diagrid to megastructures and mega-subcontrol systems. *The Open Construction y Building Technology Journal*, 16, e187483682201030. <https://doi.org/10.2174/18748368-v16-e2201030>
- Giovannini, E. C. (2023). An algorithmic approach to Palladio's design of stairs. *Nexus Network Journal*, 25, 645–666. <https://doi.org/10.1007/s00004-023-00668-6>
- Girardet, A., y Boton, C. (2021). A parametric BIM approach to foster bridge project design and analysis. *Automation in Construction*, 126, 103679. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103679>
- Kazemi, P., Ghisi, A., y Mariani, S. (2022). Classification of the structural behavior of tall buildings with a diagrid structure: A machine learning-based approach. *Algorithms*, 15(10), 349. <https://doi.org/10.3390/a15100349>
- Khoshamadi, N., Banihashemi, S., Poshdar, M., Abbasianjahromi, H., Tabadkani, A., y Hajirasouli, A. (2023). Parametric and generative mechanisms for infrastructure projects. *Automation in Construction*, 154, 104968. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104968>
- Koutamanis, A. (2024). Stair design and user interaction. *Architecture*, 4(3), 692–716. <https://doi.org/10.3390/architecture4030036>
- Kozłowski, G., y Sokół, T. (2022). Enhanced growth method for topology and geometry optimization of truss structures. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 65, 220. <https://doi.org/10.1007/s00158-022-03317-7>
- Lapisa, R., Arwizet, K., Krismadinata, Arafat, A., Saputra, A., y Romani, Z. (2022). Numerical analysis of the roof slope effect on the building thermal comfort and the need for roofing materials in tropical area. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 12(6), 2556–2562. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.12.6.16283>
- Liu, C., Li, G., He, B., Zhou, C., y Ma, Y. (2024). Sustainable seismic performance of diagrid core-tube structure with replaceable steel coupling beam. *Sustainability*, 16(7), 2690. <https://doi.org/10.3390/su16072690>

- Lozano-Galant, F., Porras, R., Mobaraki, B., Calderón, F., Gonzalez-Arteaga, J., y Lozano-Galant, J. A. (2024). Enhancing civil engineering education through affordable AR tools for visualizing BIM models. *Journal of Civil Engineering Education*, 150(3), 05024003. <https://doi.org/10.1061/JCEED.EIENG-2007>
- Ma, W., Wang, X., Wang, J., Xiang, X., y Sun, J. (2021). Generative design in building information modelling (BIM): Approaches and requirements. *Sensors*, 21(16), 5439. <https://doi.org/10.3390/s21165439>
- Mahdavinejad, M., Bazazzadeh, H., Mehrvarz, F., Berardi, U., Nasr, T., Pourbagher, S., y Hoseinzadeh, S. (2024). The impact of facade geometry on visual comfort and energy consumption in an office building in different climates. *Energy Reports*, 11, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.11.021>
- Malgıt, B., Işıkdag, Ü., Bekdaş, G., y Yücel, M. (2022). A generative design-to-BIM workflow for minimum weight plane truss design. *Revista de la Construcción*, 21(2), 473–492. <https://doi.org/10.7764/RDLC.21.2.473>
- Medina Herrera, L. M., Juárez Ordóñez, S., y Ruiz-Loza, S. (2024). Enhancing mathematical education with spatial visualization tools. *Frontiers in Education*, 9, 1229126. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1229126>
- Meterelliyöz, M. Ü., y Özener, O. Ö. (2022). BIM-enabled learning for building systems and technology. *Journal of Information Technology in Construction*, 27, 1–19. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.001>
- Miao, Y., Liu, P., Fu, I. C. S., Lei, Q., Lau, S. S. Y., y Tao, Y. (2022). The study of architectural geometry and shape in the energy balance of glazed roofs. *Buildings*, 12(10), 1550. <https://doi.org/10.3390/buildings12101550>
- Montalbán Turon, C., y Vargas Alzate, Y. F. (2023). Special braced stairs versus typical braced frames: New architectural-structural-seismic approach to stair design. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 32(5–6), e1997. <https://doi.org/10.1002/tal.1997>
- Porat, R., y Ceobanu, C. (2024a). Enhancing spatial ability among undergraduate first-year engineering and architecture students. *Education Sciences*, 14(4), 400. <https://doi.org/10.3390/educsci14040400>
- Porat, R., y Ceobanu, C. (2024b). The role of spatial ability in academic success: The impact of the integrated hybrid training program in architecture and engineering higher education. *Education Sciences*, 14(11), 1237. [verificar DOI]
- Pulido-Arcas, J. A., Martínez-Rocamora, A., y Folgar-Erades, A. (2021). Influence of BIM-based teaching methodology on the spatial abilities of construction engineering students. *Advances in Building Education*, 5(3), 9–26. <https://doi.org/10.20868/abe.2021.3.4732>
- Salata, F., Ciardiello, A., Dell'Olmo, J., Ciano, V., Ferrero, M., y Rosso, F. (2024). Geometry optimization in the schematic design phase of low-energy buildings for all European climates through genetic algorithms. *Sustainable Cities and Society*, 109, 105639. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105639>
- Sarkar, S., y Bhatia, G. (2021). Writing and appraising narrative reviews. *Journal of Clinical and Scientific Research*, 10(3), 169–172. https://doi.org/10.4103/jcsr.jcsr_1_21
- Scaramozzino, D., Albitos, B., Lacidogna, G., y Carpinteri, A. (2022). Selection of the optimal diagrid patterns in tall buildings within a multi-response framework: Application of the desirability function. *Journal of Building Engineering*, 54, 104645. <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.104645>

- Scaramozzino, D., y Lacidogna, G. (2021). Diagrid and hexagrid structures: New perspectives in design of tall buildings. *The Open Construction y Building Technology Journal*, 15, 221–229. <https://doi.org/10.2174/1874836802115010221>
- Sukhera, J. (2022). Narrative reviews: Flexible, rigorous, and practical. *Journal of Graduate Medical Education*, 14(4), 414–417. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-22-00480.1>
- Tiwari, A. S., Bhagat, K. K., y Lampropoulos, G. (2024). Designing and evaluating an augmented reality system for an engineering drawing course. *Smart Learning Environments*, 11, Article 1. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00289-z>
- Turnbull, D., Chugh, R., y Luck, J. (2023). Systematic-narrative hybrid literature review: A strategy for integrating a concise methodology into a manuscript. *Social Sciences y Humanities Open*, 7(1), 100381. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2022.100381>
- Yang, L., Gao, X., Chen, S., Li, Q., y Bai, S. (2024). A 3D parameterized BIM-modeling method for complex engineering structures in building construction projects. *Buildings*, 14(6), 1752. <https://doi.org/10.3390/buildings14061752>
- Yavan, F., Maalek, R., y Toğan, V. (2024). Structural optimization of trusses in building information modeling (BIM) projects using visual programming, evolutionary algorithms, and life cycle assessment (LCA) tools. *Buildings*, 14(6), 1532. <https://doi.org/10.3390/buildings14061532>
- Zerlenga, O., Cirillo, V., y Cicala, M. (2023). Drawing, shapes and parametric design of rod and node architectural structures. *Nexus Network Journal*, 25(Suppl. 1), 303–311. <https://doi.org/10.1007/s00004-023-00722-3>
- Ziatdinov, R., y Valles, J. R., Jr. (2022). Synthesis of modeling, visualization, and programming in GeoGebra as an effective approach for teaching and learning STEM topics. *Mathematics*, 10(3), 398. <https://doi.org/10.3390/math10030398>