



# Diseño y aplicación de un instrumento para medir la presencia de la “E” en los proyectos STEM/STEAM<sup>1</sup>

## Design and Application of an Instrument to Measure the Presence of Engineering (“E”) in STEM/STEAM Projects

ANA DOMÍNGUEZ RODRÍGUEZ

*Universitat Politècnica de Valencia, España*

*adoro9@alumni.uv.es*

*<https://orcid.org/0009-0003-6175-2361>*

ENRIC ORTEGA TORRES<sup>2</sup>

*Universitat de València, España*

*[enric.ortega@uv.es](mailto:enric.ortega@uv.es)*

*<https://orcid.org/0000-0001-9246-4010>*

### Resumen:

Los proyectos STEM/STEAM han alcanzado una importancia considerable en la educación científica actual en los centros de Educación Secundaria, pero la presencia de la Ingeniería, como una de sus disciplinas definitorias no está justificada con rigor. En el presente trabajo se diseña y aplica un instrumento de evaluación para determinar el grado de presencia de la Ingeniería “E” en los proyectos STEM/STEAM aplicados en las aulas de Secundaria y publicados en las revistas indexadas de educación. Como consecuencia de dicho análisis se ha determinado que, del total de los proyectos analizados, ninguno ha cumplido todos los criterios del instrumento de evaluación. Sin embargo,

### Abstract:

STEM/STEAM projects have gained significant prominence in contemporary science education at high school level; however, the inclusion of Engineering as a defining discipline often lacks rigorous justification. This study designs and implements an evaluation tool to determine the extent to which Engineering (“E”) is represented in STEM/STEAM projects implemented in secondary classrooms and published in indexed educational journals. The analysis revealed that none of the evaluated projects fulfilled all the criteria established by the evaluation instrument. Nevertheless, 73% of the projects met more than 75% of the engineering-related criteria, suggesting that the presence of Engineering

1 Como referenciar este artículo (How to reference this article): Domínguez Rodríguez, A. y Ortega Torres, E. (2026). Diseño y aplicación de un instrumento para medir la presencia de la “E” en los proyectos STEM/STEAM. *Educatio Siglo XXI*, 44(2), 267-288. <https://doi.org/10.6018/educatio.638581>

2 Autor de correspondencia: Enric Ortega Torres

el 73 % de los proyectos han presentado más del 75 % de los criterios relacionados con la Ingeniería, por lo que se comprueba que la presencia de la Ingeniería en los proyectos STEM/STEAM analizados es parcial.

**Palabras clave:**

Ingeniería; STEM; STEAM; Educación Secundaria; Science Education.

in the analyzed STEM/STEAM projects is only partial.

**Key words:**

Engineering; STEM; STEAM; secondary education; science education

**Résumé:**

Les projets STEM/STEAM ont acquis une importance significative dans l'enseignement scientifique contemporain dans les centres d'enseignement secondaire, mais la présence de l'ingénierie en tant que discipline déterminante manque de justification rigoureuse.

Cette étude conçoit et met en œuvre un outil d'évaluation pour déterminer le degré de présence de l'ingénierie « E » dans les projets STEM/STEAM appliqués dans les classes secondaires et publiés dans des revues pédagogiques indexées.

L'analyse a révélé qu'aucun des projets évalués ne répondait pleinement à tous les critères de l'instrument d'évaluation. Cependant, 73 % des projets répondaient à plus de 75 % des critères liés à l'ingénierie, ce qui indique que la présence de l'ingénierie dans les projets STEM/STEAM analysés est partielle.

**Mots clés:**

Ingénierie; STEM; STEAM; Enseignement secondaire; Enseignement des sciences

Fecha de recepción: 21-11-2024

Fecha de aceptación: 09-12-2025

## Introducción

La enseñanza de las ciencias desde un enfoque interdisciplinar ha estado presente en educación desde hace más de un siglo (Johnson y Czerniak, 2023) y la investigación sobre esta forma de enseñanza y aprendizaje de las ciencias ha ido evolucionando para conocer los beneficios y/o dificultades para su desarrollo.

En los últimos años, este enfoque interdisciplinar se ha centrado en el llamado enfoque STEM que, según Lupión-Cobos y colaboradores (2023) ha llegado al contexto educativo español 10 años después de su aparición en Estados Unidos (Sanders, 2009). De hecho, la investigación centrada en la integración de STEM ha aumentado considerablemente desde el año 2000 (Li et al., 2020) con investigación específica sobre STEM publicada en más de 30 revistas diferentes. Pese a este aumento se sigue sugiriendo que es necesaria más investigación sobre el uso de la integración de la enseñanza de las ciencias con el fin de examinar el

impacto de dicha integración sobre el aprendizaje de los estudiantes, para conocer los modelos efectivos para la formación de maestros y ampliar las investigaciones empíricas sobre la integración de la ingeniería y la ciencia (Czerniak y Johnson, 2014; Czerniak, 2007). Siguiendo esta intención se estableció como objetivo de esta investigación en diseñar y aplicar un instrumento para examinar la presencia de la “E” Ingeniería en los denominados proyectos STEM/STEAM.

Cabe destacar que los hallazgos a lo largo de varios estudios sugieren que, en general, los docentes tienen opiniones positivas sobre la integración del currículo, pero perciben barreras para adoptar la práctica. La importancia de preparar a los docentes para implementar la instrucción interdisciplinaria o integrada de STEM dentro de la ciencia ha sido ampliamente discutida en la investigación, la política y los contextos prácticos, ya que la clave para una implementación exitosa está vinculada al conocimiento disciplinario del docente (ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas) y al dominio de las pedagogías de STEM y la creación de entornos de aprendizaje auténticos (Burrows y Slater, 2015; Dare et al., 2019; Eckman et al., 2016; Johnson et al., 2021) así como la aplicación de actividades constructivistas para la didáctica de las matemáticas (Saá-Rojo et al., 2025).

La formación en el enfoque STEM/STEAM requiere el uso de pedagogías centradas en el estudiante, como el aprendizaje basado en proyectos y problemas, el diseño de ingeniería y el aprendizaje basado en la indagación (Navy y Kaya, 2020). De todos modos, se sigue observando que el interés por las disciplinas STEM disminuye en su paso por la educación secundaria y especialmente en las chicas (Barmby et al., 2008) sobre todo en temas relacionados con la tecnología y la física (Tytler et al., 2008). De forma similar se observan diferencias entre las aspiraciones según el género, las chicas aspiran más frecuentemente a profesiones del ámbito de la salud o de la biología, y los chicos aspiran más a profesiones del ámbito de las ciencias de la computación, ingeniería o de las ciencias, especialmente de la física (Bøe y Henriksen, 2013; Sáinz et al., 2017). Esta situación define el llamado posicionamiento hacia el ámbito STEM como la perspectiva personal de cómo cada estudiante se ve en este campo y, por tanto, incluye su opinión sobre qué papel juega el ámbito STEM en su vida y qué papel tiene el propio estudiante en este campo (Couso, 2017). En términos psicológicos y sociológicos, el posicionamiento hacia el ámbito STEM es el resultado de un conglomerado

de variables psicológicas, intereses, aspiraciones, autoeficacia, capacidad y la identidad de cada individuo en el ámbito STEM (Grimalt-Álvaro y Couso, 2019). En este sentido, la evolución de STEM a STEAM con el añadido de la letra "A" representando a las disciplinas artísticas no es arbitraria y, además de ampliar la mirada interdisciplinaria incorporando a los proyectos de ámbito científico una disciplina externa, responde a la necesidad de romper con los estereotipos internacionales anclados en las ciencias técnicas desde hace más de 40 años. Y con ello, es igualmente importante asegurar la presencia de la Ingeniería en estos proyectos, una vez hemos conseguido incorporar otros perfiles de estudiantes.

A partir de la inclusión en la LOMLOE de la competencia STEM (competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería) que involucra a "la comprensión del mundo utilizando los métodos científicos, el pensamiento y representación matemáticos, la tecnología y los métodos de la ingeniería para transformar el entorno de forma comprometida, responsable y sostenible" (Real Decreto 157/2022, p.24406) el propio Ministerio de Educación y Formación Profesional propone revisar las titulaciones que habilitan para el desempeño de la función docente basándose en el papel clave de la práctica docente para contribuir a la alfabetización científica (Ros-Magán et al., 2023). Por tanto, la investigación debe continuar en este campo con el fin de seguir mejorando la preparación de los y las futuras maestras en la enseñanza integrada de las ciencias.

Los estudios cuyas investigaciones se han basado en la implementación de prácticas educativas STEAM reflejan un aumento en la actitud de los estudiantes hacia las matemáticas y otras disciplinas STEAM, especialmente las artísticas, ya que la manipulación de materiales suele ser un recurso motivador para ellos (Gülhan y Shain, 2018; Hsiao et al., 2022). Existen estudios sobre la verdadera presencia de las Matemáticas en los proyectos STEAM y sobre la importancia de reducir la ansiedad matemática de los estudiantes (Teheran Barranco et al., 2024). Boon (2019) muestra que la integración de las matemáticas permite que sean consideradas elementos centrales en el trabajo científico y tecnológico, siempre presentes en la vida real. Por ello propone que se deben diseñar actividades en las que prevalezca el razonamiento matemático en la resolución de problemas, y de esta manera promover la reflexión sobre el papel que deben tener las matemáticas en el marco STEAM (Martín-Cubero et al., 2024). Otros autores como Leavy y colaboradores (2023) analizan la aplicación y prevalencia de tecnologías emergentes en el

campo de la educación STEAM así como la necesidad de incorporar nuevos recursos tecnológicos (Ibáñez-López et al., 2022), pero no existen estudios sobre la presencia real de la Ingeniería "E" en los proyectos de aula llamados STEAM.

## La Ingeniería en Educación

Este trabajo se centra en proponer un instrumento para analizar la presencia real de la Ingeniería en los proyectos STEAM realizados en las aulas de secundaria. Partimos de la concepción existente en las aulas que da por supuesto que la presencia de las cinco disciplinas cuando se denomina a un proyecto educativo STEAM. Sin embargo, esto no está evidenciado, y cuando se analiza en profundidad la presencia de la Ingeniería, esta no se observa con facilidad debido a que no existe una asignatura con dicha denominación en secundaria y, por tanto, todos sus elementos (saberes básicos, competencias específicas, criterios de evaluación) están integrados en otras denominaciones.

Para que el alumnado conozca más sobre la disciplina ingenieril y adquiera una determinada técnica para poder desarrollarla, es necesario que este disponga de una concreta formación académica. Uno de los problemas existentes es que hay muy pocos docentes en Educación Secundaria expertos en Ingeniería (Gómez-Sánchez, 2015). Esto es debido a que, en los últimos años, la Ingeniería ha evolucionado de forma rápida con cambios que hacen que el profesorado no esté formado en temas ingenieriles de última generación (Correia-Barreiro y Bozuttí, 2017). Así también, para implementar proyectos y actividades de Ingeniería en las aulas, se necesitan materiales y recursos especializados que, algunos centros educativos no disponen.

Es por ello que una de las maneras de incorporar la Ingeniería en la educación secundaria es por medio de proyectos STEM/STEAM. Gracias a la presencia de la Ingeniería el alumnado diseña y elabora objetos o elementos de manera real o virtual que, le permiten desarrollar el pensamiento lógico (Celis et al., 2021). La educación en Ingeniería prepara al alumnado para que pueda tomar decisiones sobre aspectos sociales como el cambio climático, la contaminación, la aparición de nuevas tecnologías, etc. Para que esto se pueda realizar, el aprendizaje en Ingeniería es importante desarrollarlo por medio de problemas reales de

la sociedad (Domínguez et al., 2019) pero no debe asimilarse a la alfabetización tecnológica que alude al manejo de la tecnología (Tadeau, 2020). Otros aspectos que proporciona la educación en Ingeniería son; empleo de modelos para la resolución de un problema que previamente ha sido definido, desarrollo de investigaciones, análisis de los datos experimentales obtenidos y divulgación de la solución final hallada (Simó et al., 2020). La disciplina ingenieril puede presentar diferentes modelos (representación simplificada de un fenómeno) en función del tipo de Ingeniería de la que se trata. Por ejemplo, la Ingeniería bioquímica presenta modelos simbólicos de moléculas, la Ingeniería mecánica tiene modelos representados por dibujos y, los arquitectos muestran modelos físicos en 3D (Norström y Hallström, 2023). Así pues, la Ingeniería se representa en la etapa educativa de secundaria a través de diagramas icónicos (gráfico que representa las vistas de un artefacto en despiece), diagramas esquemáticos (gráfico que muestra los elementos de un circuito eléctrico o las flechas que indican la dirección de la fuerza que se está ejerciendo sobre un objeto), dibujos técnicos (medidas de un dibujo a escala), gráficos de redes (gráfico que indica las relaciones que hay entre diferentes elementos), fotografías, ecuaciones y modelos físicos (Norström y Hallström, 2023). A diferencia de la disciplina científica, en la Ingeniería se modelan aspectos o representaciones de fenómenos que pueden o no existir, pero, que tiene una cierta probabilidad de que existan en un futuro (Hallström et al., 2023).

## **Marco empírico**

El presente estudio se enmarca dentro del paradigma Pos-positivista mediante un diseño exploratorio con muestreo representativo en el que los investigadores recolectan e interpretan los datos de forma objetiva e imparcial (Treagust y Won, 2023).

Podemos definir 3 fases diferentes en el proceso de investigación seguido:

- I. Búsqueda bibliográfica de artículos en los que se describen proyectos STEM/STEAM llevados a la práctica en las aulas de Educación Secundaria.
- II. Definición y validación de expertos del instrumento de medida de la presencia de "E" en los proyectos STEM/STEAM de aula.

### III. Aplicación del instrumento para medir la presencia de “E” en los proyectos STEM/STEAM seleccionados en la Fase I.

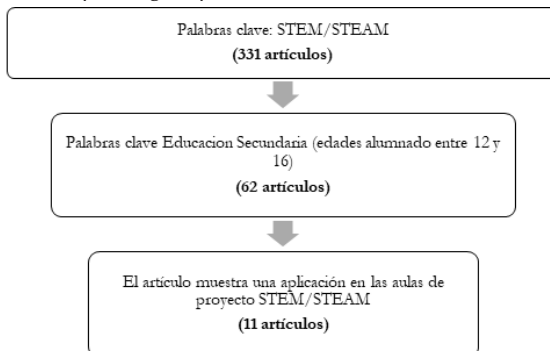
A continuación, se describen los pasos seguidos y los resultados obtenidos en cada fase.

#### Fase I. Búsqueda bibliográfica

Para realizar esta búsqueda, en primer lugar, se han tenido en cuenta las palabras clave de STEM y de STEAM. Para ello, se introdujeron en el buscador de las páginas web de las revistas de educación las palabras clave y, en caso de que estas no presentasen buscador, se seleccionaban los artículos que tuviesen las palabras clave en el título. Tras dicho proceso, se descartaron aquellos artículos en los que se hubiera realizado el estudio en cualquier etapa educativa diferente a la Educación Secundaria y en caso de no especificarse la etapa se descartaron aquellos en los que la edad del alumnado no estaba comprendida entre 12 y 16 años. A continuación, se procedió a la lectura completa del artículo para ver si se trataba de una aplicación del proyecto STEM/STEAM en dicha etapa educativa o se trataba de un análisis bibliográfico, análisis de la etapa, etc. Para la selección se tuvieron en cuenta los artículos en los que se aplicaban los proyectos STEM/STEAM en el aula. En la Figura 1, se muestra un esquema del proceso de selección hasta llegar a los artículos que se analizarán posteriormente con profundidad por medio del instrumento de evaluación para determinar la presencia o no de la Ingeniería en el mismo.

#### Figura 1.

*Pasos que seguir para la selección de los artículos bibliográficos a analizar*



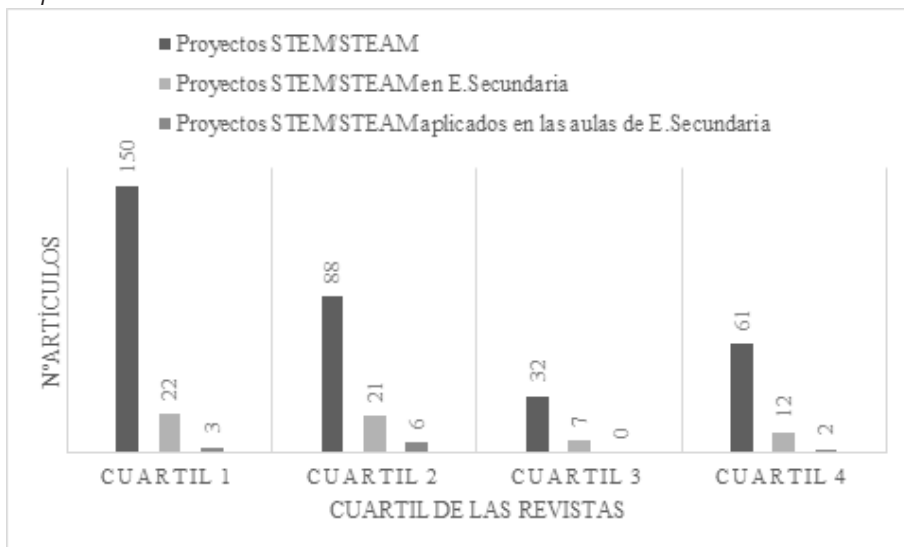
Para la búsqueda bibliográfica, se ha consultado la página web del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MCIU), en la que aparecen diferentes revistas científicas relacionadas con la Educación, clasificadas en cuatro grupos según el cuartil obtenido en el año 2022. En total se encontraron 89 revistas; 22 del primer cuartil, 23 del segundo cuartil, 22 del tercer cuartil y 22 del cuarto cuartil.

En el caso de los proyectos STEM/STEAM aplicados en las aulas de Educación Secundaria, se han descartado algunos artículos porque consistían en llevar a cabo entrevistas o cuestionarios al alumnado, pero no se producía una intervención en el aula. Además, varios artículos indicaban lo que se realizaba en las aulas de forma superficial, pero, no se especificaba qué es lo que se llevaba a cabo o bien indicaban ejemplos de actividades que se podrían desarrollar en las aulas, pero no las desarrollaban con un grupo determinado.

A continuación, en la Figura 2, se muestran el total de artículos relacionados con proyectos STEM/STEAM de la etapa educativa de Educación Secundaria encontrados en la revisión bibliográfica realizada.

**Figura 2.**

*Valores totales de artículos relacionados con proyectos STEM/STEAM de la etapa educativa de Educación Secundaria*



En la Figura 2 se puede observar que la mayoría de los artículos STEM/STEAM se han publicado en revistas con cuartil 1 (150 artículos). Sin em-

bargo, en las revistas del cuartil 2 se han publicado un mayor número de artículos en los que se implementaban las metodologías STEM/STEAM en las aulas de E. Secundaria (7 artículos). Además, es importante destacar que de los 32 artículos de proyectos STEM/STEAM presentes en las revistas del cuartil 3, ninguno ha llevado a cabo este tipo de proyectos en las aulas de ESO.

Por otra parte, las revistas con mayores publicaciones en proyectos STEM/STEAM han sido; del cuartil 1, REID (28 artículos), NAER (22 artículos) y Comunicar (22 artículos), del cuartil 2, RED (con 14 artículos), la Revista Eureka (13 artículos) y BORDÓN (12 artículos), del cuartil 3, Revista Iberoamericana de Educación (7 artículos) y las Publicaciones de la Facultad de Educación y Humanidades del Campus de Melilla (6 artículos) y, del cuartil 4, INNOEDUCA (13 artículos) y REALIA (10 artículos). Sin embargo, la revista de cada cuartil que ha aplicado una mayor cantidad de proyectos STEM/STEAM en las aulas de Educación Secundaria han sido; Educación XXI, NAER y PIXEL-BIT (1 artículo cada una) del cuartil 1, Revista Eureka Ciencias (5 artículos) del cuartil 2 e INNOEDUCA y EDUTEC-E (1 artículo cada una) del cuartil 4.

## **Fase II. Definición Instrumento**

Para determinar la presencia de la “E” en los proyectos STEM/STEAM, se han establecidos 4 criterios. Estos criterios han sido definidos tras llevar a cabo los siguientes pasos:

1º. Definiciones de Ingeniería: Revisión de las definiciones de Ingeniería redactados por diferentes instituciones, entre otras se destacan las siguientes:

La palabra Ingeniería proviene del latín ingenium que significa, genio nato. Según la Real Academia Española (RAE), “la ingeniería es el conjunto de conocimientos orientados a la invención y utilización de técnicas para el aprovechamiento de los recursos naturales o para la actividad industrial” (RAE, 2023).

Según Massachusetts Institute of Technology (MIT) School of Engineering, “la Ingeniería es el desarrollo y aplicación del conocimiento científico y tecnológico para satisfacer las necesidades de la sociedad, dentro de los condicionantes físicos, económicos, humanos y culturales” (Engineering, 2009)

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2010), "la Ingeniería es el campo, disciplina, profesión y arte que relaciona el desarrollo, adquisición y aplicación de conocimiento matemático, científico y técnico para el entendimiento, diseño, desarrollo, innovación y uso de materiales, máquinas, estructuras, sistemas y procesos para propósitos específicos".

Según Engineers Europe, "la Ingeniería es la aplicación del conocimiento científico, económico y práctico con el objetivo de llevar a cabo diseños, construcciones y mejoras en estructuras, máquinas, sistemas y procesos, que beneficien a la sociedad y satisfagan sus necesidades. Esta disciplina se basa en principios matemáticos, físicos y económicos, y se enfoca en utilizar recursos de manera eficiente y responsable, considerando aspectos técnicos, sociales, ambientales y éticos. Los ingenieros son responsables de la creación y desarrollo de soluciones innovadoras para resolver problemas complejos en diversos campos, contribuyendo al progreso y bienestar de la humanidad" (Engineers Europe, 2022).

Según el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIUNAM), "la Ingeniería es la capacidad humana para crear obras que desafían la imaginación" (IIUNAM, 2022).

2º. Primeros criterios: Establecimiento de los criterios a partir de las definiciones de Ingeniería:

- Criterio 1 C1: Conocimiento científico, tecnológico y matemático de forma integrada mediante máquinas.
- Criterio 2 C2: Satisface las necesidades de la sociedad en aspectos físicos, económico, humanos y culturales mediante el uso de equipos o materiales especializados.
- Criterio 3 C3: Busca la utilización de diferentes recursos de manera eficiente y responsable para poder obtener resultados de manera óptima y de calidad.
- Criterio 4 C4: Se emplea para resolver problemas a partir del empleo del conocimiento científico.

3º. Revisión de expertos: Refinamiento de los criterios expuestos en el paso anterior, a partir de la consulta de expertos (4 ingenieros superiores, 2 doctores en didáctica de las ciencias y 3 profesores de Educación Secundaria que, han trabajado con proyectos STEM/STEAM).

Algunos de los expertos aportaron comentarios con el objetivo de

mejorar y concretar los criterios para que quedase totalmente definida la presencia de la Ingeniería. Algunos de los comentarios realizados por los expertos fueron:

- Criterio 1: [Ingeniero Superior 2] “la Ingeniería lo que hace es integrar el conocimiento científico, tecnológico y matemático para el diseño y elaboración de máquinas, en lugar de mediante máquinas”, “El uso del Conocimiento científico, tecnológico y matemático de forma integrada mediante máquinas o artefactos. No solo se emplean máquinas, sino también artefactos”.
- Criterio 2: [Profesor secundaria 1] “El criterio 2 y el criterio 4 deberían de considerarse un mismo criterio, ya que la Ingeniería se emplea para dar solución a un problema o para satisfacer las necesidades de la sociedad por medio del empleo de equipos especializados”, “la Ingeniería pretende facilitarnos la vida, por ejemplo, mejorando la eficacia de un trabajo (menos esfuerzo, tiempo o dinero)”.
- Criterio 3: [Doctor en didáctica de las ciencias 2] “La Ingeniería se encarga de diseñar artefactos o máquinas para resolver problemas y situaciones inciertas, con aplicación social directa”, “La Ingeniería debe diseñar y elaborar los artefactos y máquinas que necesita haciendo un uso sostenible de los recursos naturales”.

4º. Criterios finales: A partir de los comentarios de los expertos y, teniendo en cuenta los criterios del paso 3, se redefinieron los criterios definitivos:

- C1: Conocimiento científico, tecnológico y matemático para el diseño y elaboración de artefactos o máquinas.
- C2: Pretende facilitar la vida de los seres humanos; dando solución a un problema o satisfaciendo las necesidades de la sociedad en aspectos físicos, económicos, humanos y culturales mediante el uso de equipos o artilugios especializados.
- C3: Facilita el conocimiento para el diseño, uso y aplicación de los artefactos y máquinas por medio de la utilización de modelos.
- C4: Establece criterios de sostenibilidad para el diseño y uso de los artefactos.

5º. Primer instrumento de evaluación: A partir de los criterios finales, se desarrolló el primer instrumento de evaluación de la presencia de la

Ingeniería (Tabla 1) que, estaba formado por 5 niveles de cumplimiento repartidos desde el 0 % hasta el 100% en intervalos de 25% según el nivel de cumplimiento de cada criterio. El 0% correspondía al caso en el que el proyecto STEM/STEAM no hubiese cumplido con el criterio establecido.

**Tabla 1**

*Instrumento inicial de evaluación de la presencia de la Ingeniería en los proyectos STEM/STEAM*

Criterio	Nivel de cumplimiento			
	25 %	50 %	75 %	100 %
C1	Presencia de únicamente 1 de los 3 conocimientos (científico, tecnológico y matemático) para el diseño y elaboración de artefactos o máquinas.	Presencia de únicamente 2 de los 3 conocimientos (científico, tecnológico y matemático) para el diseño y elaboración de artefactos o máquinas.	Presencia de forma parcial de alguno de los 3 conocimientos (científico, tecnológico y matemático) para el diseño y elaboración de artefactos o máquinas.	Presencia de forma clara y completa del conocimiento científico, tecnológico y matemático para el diseño y elaboración de artefactos o máquinas.
C2	Da solución a un problema o satisface las necesidades de la sociedad en aspectos físicos, económicos, humanos y culturales de forma parcial.	Da solución a un problema o satisface las necesidades de la sociedad en aspectos físicos, económicos, humanos y culturales de forma completa y superficial sin indagar en lo que se ha realizado.	Da solución a un problema o satisface las necesidades de la sociedad en aspectos físicos, económicos, humanos y culturales sin la utilización de equipos o artilugios especializados.	Da solución a un problema o satisface las necesidades de la sociedad en aspectos físicos, económicos, humanos y culturales mediante el uso de equipos o artilugios especializados.

Criterio	Nivel de cumplimiento			
	25 %	50 %	75 %	100 %
C3	Presenta el conocimiento para la aplicación (no para el uso ni diseño) de los artefactos y máquinas sin la utilización de modelos.	Presenta el conocimiento para el uso y aplicación (no para el diseño) de los artefactos y máquinas sin la utilización de modelos.	Facilita el conocimiento para el diseño, uso y aplicación de los artefactos y máquinas sin la utilización de modelos.	Facilita el conocimiento para el diseño, uso y aplicación de los artefactos y máquinas por medio de la utilización de modelos.
C4	Establece criterio de sostenibilidad para otra actividad diferente al diseño y uso de los artefactos.	Establece criterios de sostenibilidad de forma parcial para el diseño y uso de los artefactos, sin indicar el tipo de ODS tratado.	Establece criterios de sostenibilidad de forma clara para el diseño y uso de los artefactos, sin indicar el tipo de ODS tratado.	Establece criterios de sostenibilidad de forma clara y completa para el diseño y uso de los artefactos, indicando el tipo de ODS a tratar.

**6° Aplicación preliminar del instrumento:** Se probó el instrumento con 4 artículos STEM/STEAM diferentes y se apreciaron dificultades para diferenciar niveles de cumplimiento. Tras la comprobación del instrumento de evaluación, se detectó que este presentaba un nivel de complejidad alto, ya que, se perdía la objetividad en el análisis. Debido a esta complejidad, se decidió reducir los niveles de cumplimiento de los criterios. Por ello en el instrumento definitivo se establecen únicamente 3 niveles de cumplimiento:

*“No se cumple / Se cumple parcialmente / Se cumple totalmente el criterio”.*

Además, tras el análisis preliminar del instrumento de evaluación de la Tabla 1, se considera necesario la especificación de conceptos como conocimiento científico, tecnológico y matemático, así como la definición del modelo. El conocimiento científico incluye las leyes, teorías y principios, además de los procedimientos empleados para valorar, organizar y generar las leyes, teorías y principios (Guirado et al., 2022). El

conocimiento tecnológico corresponde a las aplicaciones y capacidades tecnológicas que pueden implementarse en algunas materias (Meroño et al., 2021). El conocimiento matemático es el conocimiento de procedimientos y conceptos matemáticos (saber definir y argumentar, usar correctamente las representaciones, etc.), así como la relación que hay entre dichos conceptos e ideas (Loewenberg et al., 2008).

Por otra parte, los modelos pueden ser teóricos o físicos. Los modelos físicos son representaciones a escala y diagramáticas de un determinado objeto, mientras que los modelos teóricos son representaciones abstractas de objetos cuya estructura no tiene por qué ser igual a los objetos presentes en la vida real (Acevedo-Díaz et al., 2017).

7º. Aplicación preliminar: El instrumento definitivo fue aplicado en 4 proyectos STEM/STEAM para ver si era posible su aplicación con resultados positivos en cuanto a la interpretación de los niveles de presencia de cada criterio y, se observó que, funcionaba mejor que el primer instrumento, por lo que, finalmente, se estableció como definitivo el instrumento que se muestra a continuación en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Instrumento final de evaluación de la presencia de la Ingeniería en los proyectos STEM/STEAM*

Criterio	Nivel de cumplimiento		
	0 %	50 %	100 %
C1	No hay presencia de conocimientos científico, tecnológico y matemático para el diseño y elaboración de artefactos o máquinas.	Presencia de únicamente 1 o 2 de los 3 conocimientos (científico, tecnológico y matemático) para el diseño y elaboración de artefactos o máquinas.	Presencia de forma clara y completa del conocimiento científico, tecnológico y matemático para el diseño y elaboración de artefactos o máquinas.
C2	No da solución a un problema o no satisface las necesidades de la sociedad en aspectos físicos, económicos, humanos y culturales mediante el uso de equipos o artilugios especializados.	Da solución a un problema o satisface las necesidades de la sociedad en aspectos físicos, económicos, humanos y culturales sin la utilización de equipos o artilugios especializados.	Da solución a un problema o satisface las necesidades de la sociedad en aspectos físicos, económicos, humanos y culturales mediante el uso de equipos o artilugios especializados.

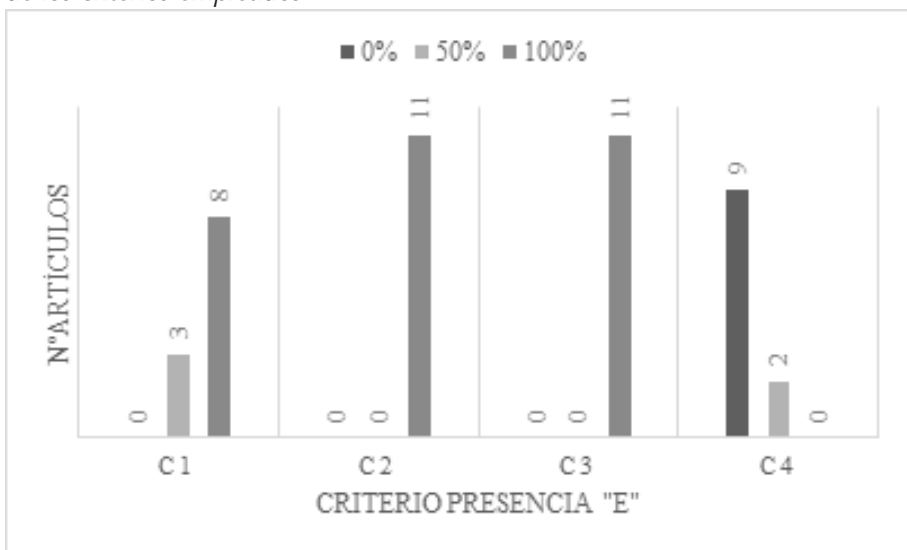
C3	No facilita el conocimiento para el diseño, uso y aplicación de los artefactos y máquinas por medio de la utilización de modelos.	Facilita el conocimiento para el diseño, uso y aplicación de los artefactos y máquinas sin la utilización de modelos.	Facilita el conocimiento para el diseño, uso y aplicación de los artefactos y máquinas por medio de la utilización de modelos.
C4	No establece criterios de sostenibilidad para el diseño y uso de los artefactos.	Establece criterios de sostenibilidad para el diseño y uso de los artefactos, sin indicar el tipo de ODS tratado.	Establece criterios de sostenibilidad para el diseño y uso de los artefactos, indicando el tipo de ODS a tratar.

### Resultados: Fase III. Aplicación instrumento

Tras la definición final del instrumento (Tabla 2) se realizó la revisión de los artículos seleccionados (Figura 2) con los siguientes resultados. En la Figura 3 se muestra el número de artículos que han obtenido un determinado porcentaje para cada uno de los criterios presentes en el instrumento de evaluación de la presencia de la Ingeniería.

**Figura 3**

*Número de artículos con porcentajes de 0 %, 50 % y 100 % para cada uno de los criterios empleados*

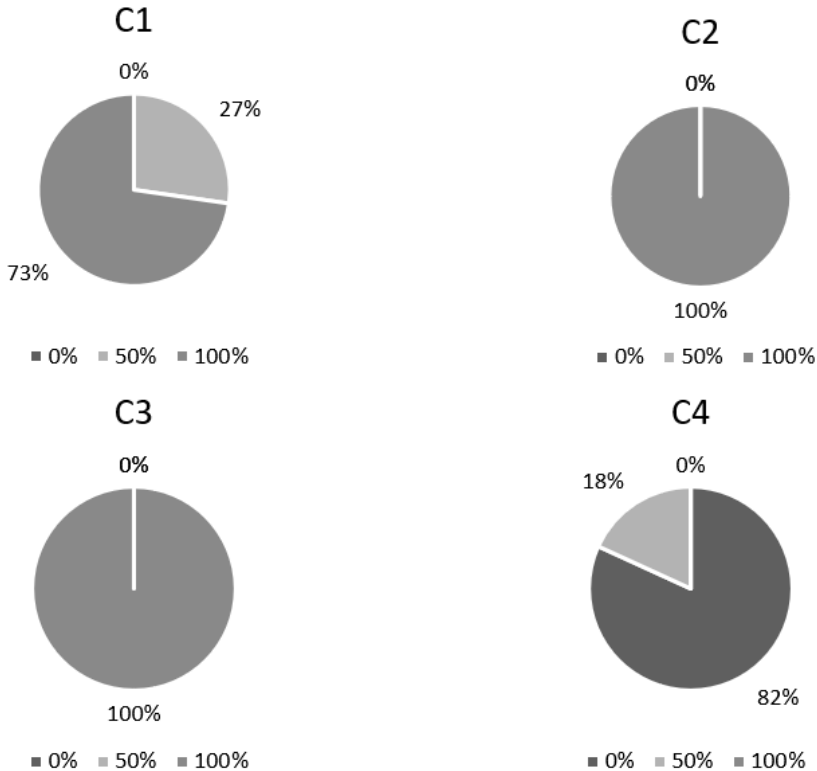


Tal y como se muestra en la Figura 3, en los criterios 1, 2 y 3 el 100 % es el porcentaje predominante en los proyectos (8 proyectos en el criterio 1 y 11 proyectos en el criterio 2 y en el criterio 3). Sin embargo, esta tendencia no se observa en el criterio 4, ya que la mayoría de los proyectos no cumplen los criterios de sostenibilidad (9 proyectos). Además, se aprecia que en los 3 primeros criterios no ha habido ningún proyecto con un porcentaje igual a 0 %. Así también, de los 11 proyectos analizados, ninguno de ellos ha cumplido con un 100 % los 4 criterios correspondientes a la Ingeniería. Estos resultados ponen de manifiesto la mayor facilidad para la incorporación en los proyectos de aula llamados STEM del conocimiento científico tecnológico presente el criterio C1, seguramente por provenir del currículo definido para las asignaturas de Tecnología y/o Física y Química. También se aprecia que la metodología de proyectos ABP prioriza en la resolución de problemas (Criterio C2) o retos mediante la elaboración de productos finales a través de la aplicación del método de diseño (Criterio C3). Por el contrario, no se aprecia prioridad en la integración de criterios sobre sostenibilidad en el desarrollo en el aula de dichos proyectos.

Con la finalidad de analizar mejor los resultados se representan los datos obtenidos tras la aplicación del instrumento con un criterio diferente, en este caso en la Figura 4 se representa el porcentaje de artículos presentes en cada criterio. El porcentaje de proyectos que han obtenido un 100 % en los criterios 1, 2 y 3 es superior al 70 % (73 % en el criterio 1, 100 % en el criterio 2 y 100 % en el criterio 3), siendo el restante el valor correspondiente a los proyectos con un porcentaje igual al 50 %. Mientras que para el criterio 4, el 82 % de los proyectos no ha alcanzado el criterio, el 18 % ha conseguido parcialmente el criterio.

**Figura 4**

Porcentaje de artículos correspondientes al 0 %, 50 % y 100 % de los criterios C1 (arriba-izquierda), C2(arriba-derecha), C3(abajo-izquierda) y C4 (abajo-derecha)



Seguimos viendo en esta nueva representación que los criterios C2 y C3 se cumplen en todos los proyectos analizados; tal y como se ha mencionado previamente, ambos criterios son propios de la aplicación metodológico del aprendizaje basado en proyectos. En cambio, los criterios C1 y C2 no muestran una presencia tan extensa en todos los proyectos analizados.

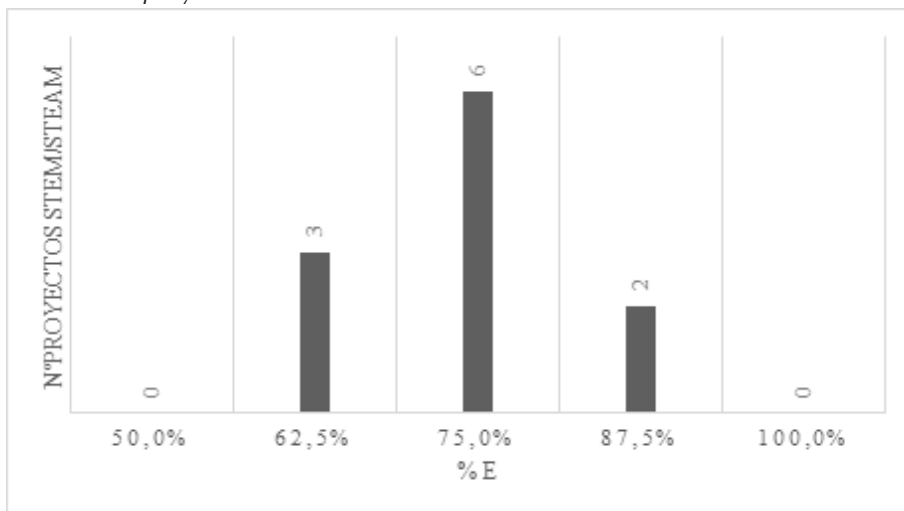
Finalmente, para cada uno de los proyectos STEM/STEAM analizados, se ha determinado el % de presencia de “E” final empleando la ecuación [1].

$$\% E = (\% C1 + \% C2 + \% C3 + \% C4) / 4 \quad [1]$$

En la Figura 5 se muestra que la mayoría de los proyectos han presentado un % de presencia de “E” de 87.5 % (6 proyectos), seguido por los % E de 75 % (2 proyectos) y 62.5 % (3 proyectos). Cabe destacar que, todos los proyectos analizados han presentado un % E superior al 50 % y, más de la mitad (8 proyectos), cumplen en un 75 % los criterios de Ingeniería establecidos.

### Figura 5

Número de proyectos STEM/STEAM frente al % E obtenido



Se aprecia que no se han analizado proyectos con un 100% de presencia de la Ingeniería, aunque sí que existe una presencia alta (>75%) de presencia de la “E” en 8 de los 11 proyectos analizados.

## Conclusiones

Para poder determinar la presencia de la Ingeniería “E” en los proyectos STEAM se ha diseñado y refinado un instrumento basado en 4 criterios que se ha aplicado a los proyectos STEM/STEAM realizados en las aulas de secundaria y descritos en revistas científicas comprobándose su utilidad y objetividad por ofrecer un resultado replicable y consistente.

A partir de los resultados cuantitativos obtenidos mediante el uso del instrumento definido se puede concluir que, los proyectos STEM/STEAM

(8 proyectos) analizados cumplen en un 75 % los criterios establecidos pese a que la mayoría no incorporan el criterio de sostenibilidad (82 %). Por tanto, se concluye que la presencia de la Ingeniería en los proyectos STEM/STEAM es parcial y requiere de un mayor impulso de diseño que asegure la mirada sostenible en su desarrollo.

Además, el instrumento generado puede servir para verificar la presencia de la Ingeniería en los proyectos diseñados antes de su ejecución, con el fin de poder realizar pequeñas variaciones que permitan mejorar la presencia de la disciplina antes de llevarlos a la práctica de aula. Por ello puede ser de utilidad para los equipos docentes que vayan a llevar a cabo un proyecto STEM/STEAM con el fin de asegurar la presencia de la “E” previamente.

Con el fin de dotar de mayor rigor a la denominación de STEM/STEAM de los proyectos de aula se propone diseñar instrumentos semejantes para asegurar la presencia del resto de disciplinas. Es necesario determinar de un modo preciso la presencia de las disciplinas para usar la denominación STEM/STEAM de forma contrastada con el objetivo de asegurar que ésta denominación es válida. Esto servirá para diferenciar una tipología de proyectos de otros y eliminar etiquetas genéricas.

El estudio ha analizado los proyectos de aula que se han descrito en las revistas científicas y sería interesante ampliar dicho análisis a otros proyectos denominados STEAM/STEM que no son publicados en artículos científicos para conocer mejor el grado de integración de la Ingeniería “E”.

**Nota:** En Anexo 1 se muestran las tablas con los datos del número de artículos relacionados con los proyectos STEM/STEAM publicados en las revistas de la página web del MICIU, así como el nº artículos de dichos proyectos relacionados con la E. Secundaria y el nº artículos que se pueden llevar a cabo en las aulas de la ESO.

## Referencias

- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M. del M., Oliva-Martínez, J. M., Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M. del M. y Oliva-Martínez, J. M. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista Científica*, 3(30), 155–166. <https://doi.org/10.14483/23448350.12288>

Domínguez Rodríguez, A. y Ortega Torres, E. (2026). Diseño y aplicación de un instrumento para medir la presencia de la “E” en los proyectos STEM/STEAM. *Educatio Siglo XXI*, 44(2), 267-288.

- Alexander Celis Cuervo, D., Andrés González Reyes, R. y Nariño, A. (2021). Aporte de la metodología Steam en los procesos curriculares. *Revista Boletín Redipe*, 10(8), 279–302. <https://doi.org/10.36260/RBR.V10I8.1405>
- Barmby, P., Kind, P. M. y Jones, K. (2008). Examining Changing Attitudes in Secondary School Science. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1075–1093
- Boon Ng, S. (2019). *Exploring STEM competences for the 21st century. In-Progress reflection on current and critical issues in curriculum, learning and assessment*, 30(21). UNESCO: International Bureau of Education. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368485>
- Bøe, M. V. y Henriksen, E. K. (2013). Love it or leave it: Norwegian students’ motivations and expectations for postcompulsory physics. *Science Education*, 97(4), 550-573.
- Burrows, A. y Slater, T. (2015). A proposed integrated STEM framework for contemporary teacher preparation. *Teacher Education and Practice*, 28(2/3), 318–330.
- Correia-Barreiro, S. y Fernando Bozutti, D. (2017). Desafíos y dificultades en la enseñanza de la ingeniería a la generación Z: Un caso de estudio. *Propósitos y Representaciones*, 5(2), 127–183. <https://doi.org/10.20511/PYR2017.V5N2.163>
- Couso, D. (2017). Per a què estem a STEM? Definint l’alfabetització STEM per a tothom i amb valors. *Revista Ciències . Revista Del Professorat de Ciències d’Infantil, Primària i Secundària*, 34, 22–28.
- Czerniak, C. M. (2007). Interdisciplinary science teaching. In S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*. Lawrence Erlbaum.
- Czerniak, C. M. y Johnson, C. C. (2014). Interdisciplinary science teaching. In N. G. Lederman y S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education volume II* (pp. 395–411). Routledge
- Dare, E. A., Ring-Whalen, E. A. y Roehrig, G. H. (2019). Creating a continuum of STEM models: Exploring how K-12 science teachers conceptualize STEM education. *International Journal of Science Education*, 41(12), 1701–1720
- Domínguez, P. M., María, O., Marcos, R., Coronado, A. y Valdez, B. (2019). Retos de ingeniería: enfoque educativo STEM+A en la revolución industrial 4.0. *Innovación Educativa*, 19(80), 15–32. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ie/v19n80/1665-2673-ie-19-80-15.pdf>
- Eckman, E. W., Williams, M. A. y Silver-Thorn, M. B. (2016). An integrated model for STEM teacher preparation: The value of teaching cooperative educational experience. *Journal of STEM Teacher Education*, 51(1), 71–82.
- Engineering, M. S. of. (2009). *MIT School of Engineering* [. <https://engineering.mit.edu/>]
- Engineers Europe. (2022). *Home | ENGINEERS EUROPE*. <https://www.engineerseurope.com/>
- Gómez-Sánchez, Pedro A. (2015). “Divulgación de la Ingeniería Industrial entre los alumnos de 3º y 4º de E.S.O. y Bachillerato en las provincias de Salamanca-Ávila-Cáceres-Toledo. Código ID2015/0201 [https://gedos.usal.es/bitstream/handle/10366/131615/MID\\_15\\_201.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://gedos.usal.es/bitstream/handle/10366/131615/MID_15_201.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Grimalt-Álvaro, C. y Couso, D (2019). “No va amb mi” La influencia del disseny d’activitats STEM sobre el posicionament de l’alumnat en aquest àmbit. *Universitas Tarraconensis. Revista de Ciències de l’Educació*, 1(2), 133-144.

- Domínguez Rodríguez, A. y Ortega Torres, E. (2026). Diseño y aplicación de un instrumento para medir la presencia de la "E" en los proyectos STEM/STEAM. *Educatio Siglo XXI*, 44(2), 267-288.
- Guirado Ariza, A. M., Gimenez Perez, Y., Mazzitelli Lanzone, C., Guirado Ariza, A. M., Gimenez Perez, Y. y Mazzitelli Lanzone, C. (2022). La enseñanza, el aprendizaje y el conocimiento científico desde la perspectiva de futuros profesores de Ciencias Naturales. *Educación*, 31(60), 197–214. <https://doi.org/10.18800/EDUCACION.202201.009>
- Gülhan, F. y Shain, F. (2018). Activity implementation intended for STEAM (STEM+Art) education: mirrors and light. *Journal of Inquiry Based Activities*, 8(2), 111-126. <https://www.atd.info.tr/ojs-3.2.1-3/index.php/atd/article/view/29>
- Hallström, J., Norström, P. y Schönborn, K. J. (2023). Authentic STEM education through modelling: an international Delphi study. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00453-4>
- Hsiao, P.W. y Su, C.H. (2021). A study on the Impact of STEAM Education for Sustainable Development Courses and its Effects on Student Motivation and Learning. *Sustainability*, 13(7), 3772. <https://doi.org/10.3390/su13073772>
- Ibáñez-López, F. J., Munoz-Munoz, J. y Maurandi-López, A. (2022). Use of digital resources in the virtual teaching of STEM subjects in Foundation Courses during national lockdown. *Educatio Siglo XXI*, 40(3), 179-198. <https://doi.org/10.6018/educatio.512331>
- IUNAM. (2022). *Instituto de Ingeniería*. <https://www.iingen.unam.mx/es-mx/Paginas/Splash/Default.aspx>
- Johnson, C. C. y Czerniak, C. M. (2023). Interdisciplinary approaches and integrated STEM in science teaching. In *Handbook of research on science education* (pp. 559-585). Routledge.
- Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E. y Moore, T. J. (Eds.). (2021). *STEM Road Map 2.0: A framework for integrated STEM education in the innovation age* (pp. 1–364). Routledge.
- Leavy, A., Dick, L., Meletiou-Mavrotheris, M., Papanastasiou, E. y Stylianou, E. (2023). The prevalence and use of emerging technologies in STEAM education: A systematic review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(4), 1061-1082.
- Li, Y., Wang, K., Yu, X. y Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(1).
- Loewenberg Ball, D., Thames, M. H. y Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389–407. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- Lupi3n-Cobos, T., Lagar3n, D. C., Ariza, M. R. y Dom3nech-Casal, J. (2023). STEM Education in the Spanish Context: Key Features and Issues. In *Reforming Science Teacher Education Programs in the STEM Era: International and Comparative Perspectives* (pp. 181-198). Cham: Springer International Publishing.
- Mart3n-Cubero, D., Cid-Cid, A.I. y Guede-Cid, R. (2024). Analysis of mathematics education from a STEAM approach at secondary and pre-university educational levels: A systematic review. *Journal of Technology and Science Education*, 14(2), 507-528. <https://doi.org/10.3926/jotse.2349>
- Mero3o, L., Calder3n, A. y Arias-Estero, J. L. (2021). Pedagog3a digital y aprendizaje coo-

Domínguez Rodríguez, A. y Ortega Torres, E. (2026). Diseño y aplicación de un instrumento para medir la presencia de la “E” en los proyectos STEM/STEAM. *Educatio Siglo XXI*, 44(2), 267-288.

- perativo: efecto sobre los conocimientos tecnológicos y pedagógicos del contenido y el rendimiento académico en formación inicial docente. *Revista de Psicodidáctica*, 26(1), 53–61. <https://doi.org/10.1016/J.PSICOD.2020.10.002>
- Navy, S., L. y Kaya, F. (2020). PBL as a pedagogical approach for integrated STEM: Evidence from prospective teachers. *School Science and Mathematics*, 120, 285–296.
- Norström, P. y Hallström, J. (2023). Models and modelling in secondary technology and engineering education. *International Journal of Technology and Design Education*, 33(5), 1797–1817. <https://doi.org/10.1007/S10798-023-09808-Y/METRICS>
- RAE. (2023). *ingeniería* | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE. <https://dle.rae.es/ingeniería>
- Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. Boletín Oficial del Estado, 52, de 2 de marzo de 2022. <https://www.boe.es/boe/dias/2022/03/02/pdfs/BOE-A-2022-3296.pdf>
- Ros-Magán, G., Rodríguez Arteche, Í., Fraile Rey, M. A. y Pastor Mendoza, J. (2023). Formación en el Grado de Educación Primaria en las disciplinas STEM: análisis ante su reforma en España. *Revista de educación*.
- Saá-Rojo, M. D., Carrillo-Gallego, D., Dólera-Almáida, J., Ibáñez-López, F. J., Mau-randi-López, A. y Sánchez-Jiménez, E. (2025). Propuestas constructivistas en Didáctica de las Matemáticas: percepción de los futuros maestros. *Educatio Siglo XXI*, 43(1), 121-142. <https://doi.org/10.6018/educatio.542351>
- Sáinz, M., Castaño Collado, C., Meneses, J., Fàbregues, S., Müller, J., Rodó, M., ... Garrido, N. (2017). *¿Por qué no hay más mujeres STEM? Se buscan ingenieras, físicas y tecnólogas*.
- Sanders, M. E. (2009). *Stem, stem education, stemmania. The Technology Teacher*, 68(4),20-26.
- Simó, V. L., Lagarón, D. C. y Rodríguez, C. S. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital: El papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(62), 31–34. <https://doi.org/10.6018/RED.410011>
- Teheran Barranco, V., Sánchez Ruiz, J. G. y Díaz Furlong, A. (2024). Ansiedad matemática y engagement académico en estudiantes de educación media superior en México. *Educatio Siglo XXI*, 42(2), 97-120. <https://doi.org/10.6018/educatio.591541>
- Treagust, D.F. y Mihye Won. (2023), *Paradigms in Science Education Research from: Handbook of Research on Science Education III* (pp. 3 – 27). Routledge
- Tytler, R., Osborne, J., Williams, G., Tytler, K. y Cripps Clark, J. (2008). *Opening up pathways: Engagement in STEM across the Primary-Secondary school transition*.
- UNESCO. (2021). *Informe de ingeniería de la UNESCO* | UNESCO. <https://www.unesco.org/es/basic-sciences-engineering/report>