Integrated STEAM Mentoring Model for Strengthening Professional Aspirations in Engineering

María Gabriela Mago[1]; Libia Susana Urrego Rivillas[2]
[1]Electrical Engineering Program, Faculty of Engineering, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, mgmagor@udistrital.edu.co
[2]Industrial Electronics Technology Program, Faculty of Technology, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, lsurregor@udistrital.edu.co

Abstract– The persistent underrepresentation of girls and young women in engineering calls for interventions that address not only access to technical experiences but also self-efficacy, role models, family support, institutional articulation, and professional projection. This study develops the Integrated STEAM Mentoring Model (MIM-STEAM) as a conceptual and evaluable framework for strengthening engineering career aspirations in Colombia. The revised methodology combines a structured literature review with explicit search descriptors, inclusion/exclusion criteria and thematic coding, together with a descriptive analysis of secondary statistics. Evidence was coded into barriers, enabling factors, actors, mechanisms, and measurable outcomes. The resulting model comprises five linked components: Inspire, Explore, Create, Connect, and Project. To distinguish implementation from impact, the evaluation framework separates process indicators (participation, workshops, projects, mentoring contacts, partnerships) from pre/post outcome indicators (engineering interest, self-efficacy, engineering identity, career intention, and sense of belonging). The model is presented as a framework for pilot implementation rather than as an intervention whose causal impact has already been demonstrated. Its contribution lies in integrating mentoring, experiential STEAM learning, project-based learning, multi-actor networks, and longitudinal career guidance into a replicable architecture that can be adapted to schools and universities.
Keywords– STEAM mentoring, engineering aspirations, girls and young women, engineering identity, career guidance.

Modelo Integrado de Mentoría STEAM para Fortalecer las Aspiraciones Profesionales en Ingeniería

María Gabriela Mago[1]; Libia Susana Urrego Rivillas[2]
[1]Proyecto Curricular de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, mgmagor@udistrital.edu.co
[2]Tecnología en Electrónica Industrial, Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, lsurregor@udistrital.edu.co

Resumen– La persistente subrepresentación de niñas y jóvenes en ingeniería exige estrategias que atiendan simultáneamente la exposición temprana a experiencias tecnológicas, la autoeficacia, los referentes femeninos, el acompañamiento familiar, la articulación institucional y la proyección profesional. Esta investigación propone el Modelo Integrado de Mentoría STEAM (MIM-STEAM) como marco conceptual y evaluable para fortalecer las aspiraciones hacia la ingeniería en Colombia. La metodología revisada combina una revisión estructurada de literatura con descriptores, criterios de inclusión/exclusión y codificación temática explícitos, y un análisis descriptivo de datos secundarios. La evidencia se organizó en barreras, factores facilitadores, actores, mecanismos de cambio y resultados medibles. El modelo resultante articula cinco componentes: Inspirar, Explorar, Crear, Conectar y Proyectar. Para diferenciar implementación e impacto, se separan indicadores de proceso de indicadores de resultado pre/post sobre interés, autoeficacia, identidad ingenieril, intención de elección y sentido de pertenencia. El MIM-STEAM se presenta como una propuesta para validación piloto y no como una intervención cuyo impacto causal ya haya sido demostrado.
Palabras clave– mentorías STEAM, aspiraciones profesionales, niñas y jóvenes, identidad ingenieril, orientación vocacional.

I. INTRODUCCIÓN

Las aspiraciones profesionales en Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas (STEAM) son relevantes para el desarrollo científico y tecnológico. Sin embargo, la participación femenina continúa siendo menor en varias áreas de ingeniería, especialmente en campos históricamente masculinizados. La literatura relaciona esta brecha con factores que operan antes del ingreso a la universidad: estereotipos, experiencias de aprendizaje, reconocimiento social, autoeficacia, referentes profesionales y expectativas sobre las carreras [1]–[4].

En Colombia, las fuentes institucionales disponibles muestran una presencia femenina menor en ingeniería que en otras áreas de educación superior. En el documento base de esta investigación se reportan valores aproximados de 26–30 % de mujeres entre las personas graduadas en ingeniería y participaciones de 10,8 % en Ingeniería Eléctrica y 8,9 % en Ingeniería Mecánica [5], [6]. Estos datos se utilizan aquí como una fotografía descriptiva y no como una serie temporal 2021–2025, dado que las fuentes consultadas no permiten sostener, con el mismo nivel de desagregación, una comparación anual homogénea para todo el período.

Las experiencias prácticas, el aprendizaje basado en proyectos y el contacto con referentes pueden contribuir a construir interés, reconocimiento e identidad en áreas STEM [2], [7]–[10]. La mentoría añade acompañamiento y continuidad, pero su efectividad no debe inferirse únicamente a partir del número de talleres o participantes. Por ello, una propuesta de mentoría orientada a vocaciones debe vincular actividades con resultados observables mediante mediciones antes y después de la intervención.

El objetivo del estudio es estructurar el Modelo Integrado de Mentoría STEAM para Fortalecer las Aspiraciones Profesionales en Ingeniería (MIM-STEAM), explicar la evidencia que sustenta sus cinco componentes y proponer un esquema de evaluación que distinga productos de implementación y resultados de cambio vocacional.

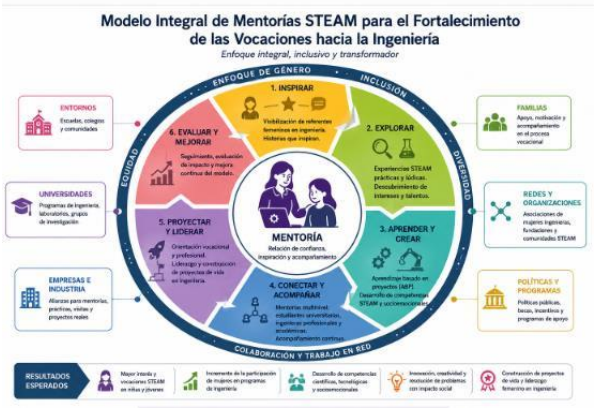


Fig. 1. Modelo Integral de Mentorías STEAM para el Fortalecimiento de las Vocaciones hacia la Ingeniería. Fuente: elaboración propia.

II. METODOLOGÍA

A. Diseño del estudio

Se adoptó un diseño predominantemente cualitativo, de alcance conceptual y propositivo, complementado con análisis descriptivo de datos secundarios. Debido a que el modelo aún no ha sido implementado como intervención controlada, el estudio no atribuye cambios causales en vocación o matrícula al MIM-STEAM; formula una arquitectura de intervención y un plan de evaluación para una fase piloto posterior.

B. Revisión estructurada de literatura

La revisión cubrió publicaciones entre 2015 y 2025 y antecedentes seminales necesarios para fundamentar educación STEM/STEAM, identidad, mentoría y aprendizaje basado en proyectos. Se consultaron Scopus, Web of Science y Google Scholar, además de documentos institucionales de UNESCO, OECD, ONU Mujeres, PNUD, Society of Women Engineers y fuentes colombianas. Para hacer trazable la construcción conceptual, la búsqueda se organizó en cuatro familias de descriptores: (i) población: “girls”, “young women”, “female students”; (ii) campo: “STEM”, “STEAM”, “engineering”; (iii) mecanismo: “mentoring”, “role models”, “project-based

learning", "experiential learning"; y (iv) resultado: "career aspiration", "career interest", "self-efficacy", "engineering identity". Se combinaron con operadores AND/OR y sus equivalentes en español.

Se incluyeron estudios revisados por pares, informes institucionales y revisiones con relación explícita entre al menos un mecanismo educativo y un resultado de interés vocacional o de participación en STEM/ingeniería. Se excluyeron documentos sin población o contexto educativo identificable, textos puramente promocionales, duplicados y trabajos sin información suficiente para reconocer intervención, población o resultado. La calidad se valoró de forma cualitativa considerando claridad del diseño, descripción de la muestra o contexto, correspondencia entre método y conclusiones, y pertinencia para el modelo; por tratarse de una síntesis conceptual, no se realizó metaanálisis.

C. Codificación y construcción del modelo

Cada fuente elegible se codificó en una matriz con cinco categorías: barreras, factores facilitadores, actores, mecanismos de intervención y resultados observables. La formación de los cinco componentes no se realizó por simple agrupación nominal: se siguió una cadena de síntesis evidencia → mecanismo → componente → resultado esperado. Los hallazgos sobre referentes y reconocimiento sustentan Inspirar; la exposición práctica y exploración de intereses sustentan Explorar; el aprendizaje basado en proyectos y la resolución de problemas sustentan Crear; las redes de apoyo y articulación institucional sustentan Conectar; y la orientación, identidad e intención de carrera sustentan Proyectar. La Fig. 1 resume esta lógica.



Fig. 2. Diseño del Modelo de Mentorías STEAM: proceso integral para el fortalecimiento de las vocaciones hacia la ingeniería. Fuente: elaboración propia.

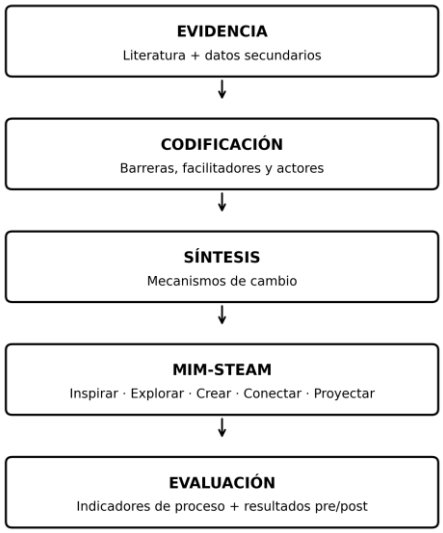


Fig. 3. Trazabilidad de la construcción y evaluación del MIM-STEAM. Fuente: elaboración propia.

D. Componente cuantitativo

El componente cuantitativo se limita a un análisis descriptivo de datos secundarios. Para evitar sobredimensionar la evidencia, se presentan los porcentajes disponibles por sexo y programa cuando la fuente lo permite, junto con la brecha porcentual derivada. No se reportan tasas de variación 2021–2025 porque el documento fuente no contiene una serie anual homogénea suficiente para calcularlas de manera reproducible.

TABLA I. Valores masculinos y brechas calculados como complemento de los porcentajes femeninos reportados; no representan una serie temporal.

Indicador	Mujeres	Hombres*	Brecha (p.p.)
Graduación en ingeniería	26–30 %	70–74 %	40–48
Ingeniería Eléctrica	10,8 %	89,2 %	78,4
Ingeniería Mecánica	8,9 %	91,1 %	82,2

Fuentes base: SNIES y ACIEM [5], [6].

III. RESULTADOS Y PROPUESTA DEL MIM-STEAM

A. Barreras y mecanismos identificados

La síntesis temática identificó cinco grupos recurrentes de barreras: estereotipos y baja visibilidad de referentes; limitada orientación vocacional; acceso desigual a experiencias prácticas; baja autoeficacia o reconocimiento en matemáticas, ciencias y tecnología; y débil articulación entre escuela, familia, universidad y sector productivo [1]–[4], [11]–[13]. Frente a ellas, la literatura respalda mecanismos de exposición temprana, aprendizaje activo, proyectos contextualizados, mentoría, reconocimiento y construcción de identidad [2], [7]–[10].



Fig. 4. Factores que influyen en las vocaciones profesionales de niñas y jóvenes hacia la ingeniería. Fuente: elaboración propia.

B. Cinco componentes del modelo

Inspirar busca ampliar los referentes mediante ingenieras, científicas, investigadoras y estudiantes universitarias, con énfasis en reconocimiento y diversidad de trayectorias. Explorar ofrece experiencias de laboratorio, programación, robótica, energías renovables e inteligencia artificial para descubrir intereses y fortalecer autoeficacia. Crear utiliza aprendizaje basado en proyectos para transformar problemas reales en soluciones tecnológicas. Conectar articula escuelas, familias, universidades, empresas y asociaciones profesionales en redes de acompañamiento. Proyectar acompaña la orientación vocacional, la transición hacia educación superior y la construcción de una identidad profesional posible.



Fig. 5. Arquitectura del Modelo Integrado de Mentoría STEAM (MIM-STEAM). Fuente: elaboración propia.

C. Marco de evaluación: productos versus impacto

La revisión de los indicadores originales mostró que contar talleres, participantes, proyectos o mentorías informa sobre ejecución, pero no demuestra un fortalecimiento de la vocación. En la versión revisada, estos indicadores se mantienen como indicadores de proceso y se complementan con resultados pre/post. Para una implementación piloto se propone aplicar los instrumentos antes de iniciar el programa y al finalizarlo, con seguimiento posterior cuando sea viable. El STEM Career Interest Survey (STEM-CIS) ofrece subescalas para interés en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas [14], mientras que las medidas de identidad ingenieril de Godwin permiten valorar interés, reconocimiento y creencias de desempeño/competencia [15], [16]. En población colombiana, cualquier instrumento deberá contar con adaptación lingüística y evaluación de validez y confiabilidad antes de interpretar cambios.

TABLA II. Nivel-Indicador-Medición-Interpretación

Nivel	Indicador	Medición propuesta	Interpretación
Proceso	Cobertura	N.º de participantes y permanencia	Alcance de implementación
Proceso	Experiencias STEAM	N.º de talleres/proyectos completados	Intensidad de exposición
Proceso	Mentoría y redes	N.º de sesiones, mentoras y alianzas activas	Continuidad y articulación
Resultado	Interés por ingeniería	Escala pre/post; p. ej., subescala ingeniería STEM-CIS	Cambio en interés declarado
Resultado	Autoeficacia	Ítems pre/post de confianza para tareas STEM	Cambio en creencias de capacidad
Resultado	Identidad ingenieril	Interés, reconocimiento y desempeño/competencia	Cambio en identificación con ingeniería
Resultado	Intención de elección	Probabilidad/intención declarada de estudiar ingeniería	Cambio en aspiración profesional
Resultado	Pertenencia	Escala pre/post de pertenencia a entornos STEAM	Cambio socioemocional
Seguimiento	Trayectoria	Postulación, ingreso y permanencia en programas de ingeniería	Resultado educativo de mediano plazo

Fuente: Autoras, 2026

D. Diseño de una validación piloto

La primera validación debería utilizar un diseño pretest–postest con seguimiento y, cuando las condiciones institucionales lo permitan, un grupo de comparación. Además de cambios promedio, conviene reportar tamaño del efecto, intervalos de confianza y tasas de retención. Los datos cuantitativos pueden complementarse con entrevistas o grupos focales para identificar qué componentes fueron percibidos como más influyentes y qué barreras persistieron. Este diseño permitiría pasar de indicadores de producto a evidencia sobre resultados, sin confundir asociación con causalidad.

IV. DISCUSIÓN

La principal contribución del MIM-STEAM es integrar mecanismos que con frecuencia aparecen de forma separada: referentes, experiencias prácticas, creación de soluciones, redes de apoyo y proyección profesional. Esta integración responde al carácter multidimensional de las aspiraciones hacia la ingeniería y reconoce que la elección de carrera no depende de una única actividad. La trazabilidad entre evidencia, mecanismos y componentes hace explícita la lógica de diseño y permite que cada componente tenga resultados medibles.

El modelo también incorpora a familias, escuelas, universidades y sector productivo. Esta estructura facilita su adaptación institucional, pero su viabilidad depende de recursos, continuidad de las mentorías, formación de mentoras, disponibilidad de espacios STEAM y mecanismos de coordinación. Por ello, la replicabilidad no debe entenderse como reproducción idéntica, sino como conservación de los cinco mecanismos centrales con adaptación al contexto.

El estudio presenta limitaciones. Los porcentajes nacionales disponibles no constituyen una serie anual homogénea suficiente para analizar tendencias 2021–2025 por programa y sexo. Asimismo, la revisión documental no equivale a una evaluación de impacto del modelo. La evidencia de efectividad deberá producirse mediante pilotos con instrumentos validados, medición pre/post y seguimiento de trayectorias. Estas limitaciones delimitan el alcance de las conclusiones y orientan la siguiente fase de investigación.

V. CONCLUSIONES

La revisión permitió estructurar el MIM-STEAM en cinco componentes con una lógica explícita: Inspirar aborda referentes y reconocimiento; Explorar amplía la exposición práctica; Crear desarrolla agencia mediante proyectos; Conectar consolida redes de apoyo; y Proyectar vincula orientación, identidad e intención de carrera. Esta trazabilidad fortalece la coherencia entre el problema identificado y la solución propuesta.

La revisión del marco de indicadores constituye un cambio central respecto de la versión inicial. Los conteos de talleres, participantes, proyectos y mentorías se reconocen como indicadores de proceso; el impacto deberá valorarse con mediciones pre/post de interés, autoeficacia, identidad ingenieril, intención de elección y pertenencia, además de seguimiento de ingreso y permanencia. De esta manera, futuras implementaciones podrán determinar no solo cuánto se ejecutó, sino qué cambió en las participantes.

El MIM-STEAM debe entenderse como un marco conceptual listo para validación piloto. Su potencial radica en articular actores y experiencias en una trayectoria continua de acompañamiento, pero su efectividad deberá demostrarse empíricamente en contextos educativos colombianos mediante diseños de evaluación rigurosos y adaptaciones culturalmente pertinentes.

Declaración de uso de IA. Las autoras declaran que se utilizaron herramientas de inteligencia artificial únicamente para edición de lenguaje. Las autoras asumen plena responsabilidad por el contenido.

Declaración de responsabilidad. Este trabajo es original, no ha sido enviado a otro evento o revista, y las autoras responden por su contenido.

REFERENCIAS

[1] UNESCO, Cracking the Code: Girls' and Women's Education in Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM). Paris, France: UNESCO, 2017.

[2] S. Cheryan, S. A. Ziegler, A. K. Montoya, and L. Jiang, "Why are some STEM fields more gender balanced than others?," Psychological Bulletin, vol. 143, no. 1, pp. 1–35, 2017, doi: 10.1037/bul0000052.

[3] OECD, Gender Equality in Colombia. Paris, France: OECD Publishing, 2023.

[4] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Sesgos codificados: La subrepresentación de las mujeres en STEM en América Latina y el Caribe. New York, NY, USA: PNUD, 2024.

[5] Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES), "Estadísticas de matrícula y graduación por sexo en programas de ingeniería," Ministerio de Educación Nacional, Colombia, 2025. [En línea]. Disponible: https://snies.mineducacion.gov.co

[6] Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM), "Participación de las mujeres en la ingeniería colombiana," ACIEM, Bogotá, Colombia, 2023. [En línea]. Disponible: https://www.aciem.org

[7] R. W. Bybee, The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. Arlington, VA, USA: NSTA Press, 2013.

[8] M. Honey, G. Pearson, and H. Schweingruber, Eds., STEM Integration in K–12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research. Washington, DC, USA: National Academies Press, 2014, doi: 10.17226/18612.

[9] T. R. Kelley and J. G. Knowles, "A conceptual framework for integrated STEM education," International Journal of STEM Education, vol. 3, art. no. 11, 2016, doi: 10.1186/s40594-016-0046-z.

[10] M. Yilmaz, J. Ren, S. Custer, and J. Coleman, "Hands-on summer camp to attract K–12 students to engineering fields," IEEE Transactions on Education, vol. 53, no. 1, pp. 144–151, 2010, doi: 10.1109/TE.2009.2024606.

[11] UN Women, Progress on the Sustainable Development Goals: The Gender Snapshot 2024. New York, NY, USA: UN Women, 2024.

[12] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, Promising Practices for Addressing the Underrepresentation of Women in Science, Engineering, and Medicine. Washington, DC, USA: National Academies Press, 2020.

[13] Society of Women Engineers, Women in Engineering: 2024 Literature Review. Chicago, IL, USA: SWE, 2024.

[14] M. W. Kier, M. R. Blanchard, J. W. Osborne, and J. L. Albert, "The development of the STEM Career Interest Survey (STEM-CIS)," Research in Science Education, vol. 44, no. 3, pp. 461–481, 2014, doi: 10.1007/s11165-013-9389-3.

[15] A. Godwin, "The development of a measure of engineering identity," in Proc. 2016 ASEE Annual Conference & Exposition, New Orleans, LA, USA, 2016, doi: 10.18260/p.26122.

[16] A. Godwin, G. Potvin, Z. Hazari, and R. Lock, "Identity, critical agency, and engineering: An affective model for predicting engineering as a career choice," Journal of Engineering Education, vol. 105, no. 2, pp. 312–340, 2016, doi: 10.1002/jee.20118.