Project-based learning and female leadership in Software Engineering: development of technological solutions 4.0. Uniautónoma del Cauca case study (2021-2025)

Carol S. Certuche-Arenas, Ph.D[1], Zulema León, Msc[1], and Diana M. Muñoz Solarte, Ph.D[3]
[1]Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Colombia, carol.certuche.a@uniautonoma.edu.co, zulema.leon.e@uniautonoma.edu.co, diana.munoz.s@uniautonoma.edu.co

Abstract*– The gender gap persists in STEM fields, particularly in software development, where women remain a minority. This low representation of women cannot be attributed to differences in ability, but rather to a combination of social, cultural, and educational factors, including a lack of self-confidence and the absence of female role models. This article aims to characterize the academic trajectories of female students in the Software Engineering program at the Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Colombia, in order to identify how project-based learning and female leadership contribute to strengthening students' confidence in developing technological solutions, their permanence in the program, and their professional development. The methodology was based on a mixed-methods case study conducted at the previously mentioned institution between 2021 and 2025. The results showed that female students involved in the research group developed technological solutions of significant complexity, such as augmented reality mobile applications, institutional automation platforms, and applications with social impact. Similarly, it was found that leadership develops progressively through active participation in projects, and that the presence of female role models is a key element in motivating female students to enroll in engineering programs and to participate in research and technological development initiatives. In this regard, the need to strengthen formative research spaces with a gender focus is raised, as well as to promote the visibility of technological developments carried out by female students and encourage greater participation of women in academic leadership roles.

***Keywords*— project-based learning, female leadership, women in engineering, Industry 4.0 technologies, augmented reality.**

Aprendizaje basado en proyectos y liderazgo femenino en Ingeniería de Software: desarrollo de soluciones tecnológicas 4.0. Estudio de caso Uniautónoma del Cauca (2021-2025)

Carol S. Certuche-Arenas, Ph.D[1], Zulema León, Msc[1], and Diana M. Muñoz Solarte, Ph.D[3]
[1]Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Colombia, carol.certuche.a@uniautonoma.edu.co, zulema.leon.e@uniautonoma.edu.co, diana.munoz.s@uniautonoma.edu.co

Resumen*– En la actualidad la brecha de género sigue persistiendo en las carreras STEM, particularmente en carreras vinculadas al desarrollo de software, donde las mujeres continúan siendo una minoría. Esta baja presencia de mujeres no puede atribuirse a diferencias de capacidad, sino a un conjunto de factores sociales, culturales y educativos, entre los que se destacan la falta de confianza propia y la ausencia de referentes femeninos. El objetivo de este artículo es caracterizar las trayectorias de las estudiantes mujeres del programa de Ingeniería de Software de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Colombia, con el fin de identificar de qué manera el aprendizaje basado en proyectos y el liderazgo femenino contribuyen a fortalecer la confianza para el desarrollo de soluciones tecnológicas de las estudiantes, su permanecía en el programa y su proyección profesional. La metodología se fundamentó en un estudio de caso con enfoque mixto, aplicado en la Institución antes mencionada, durante el período 2021 a 2025. Los resultados evidenciaron que las estudiantes vinculadas al semillero de investigación desarrollaron soluciones tecnológicas de complejidad significativa, tales cómo, aplicaciones móviles con realidad aumentada, plataformas de automatización institucional y aplicaciones con impacto social, de igual forma, se encontró que el liderazgo se desarrolla de manera progresiva a través de la participación activa en los proyectos, y que la existencia de referentes femeninos constituye un elemento clave para motivar el ingreso de las estudiantes a programas de ingeniería y en la vinculación en iniciativas de investigación y desarrollo tecnológico. En este sentido, se plantea la necesidad de fortalecer los espacios de investigación formativa con enfoque de género, promover la visibilidad de los desarrollos tecnológicos realizados por las estudiantes e incentivar una mayor participación de mujeres en roles de liderazgo académico.

***Palabras clave*– Aprendizaje basado en proyectos, liderazgo femenino, mujeres en ingeniería, tecnologías 4.0, realidad aumentada.**

I. Introducción

La brecha de género en las carreras de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) continua siendo un desafío para la educación superior en América Latina y Colombia no es la excepción, según las cifras del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES), en 2024, aunque las mujeres representaron el 53,2% de la matrícula total de educación superior en el país, su presencia disminuye de manera importante en los programas de ingeniería dónde alcanza tan solo el 31,7% de los estudiantes matriculados [1].

Este diferencia se hace aún más evidente en las áreas relacionadas con la computación, según las cifras del SNIES, en el 2024, el porcentaje de mujeres matriculadas en el núcleo básico de Ingeniería de Sistemas, Telemática y afines fue de 23,1% y apenas de 20,4% en los programas de Ingeniería de Software, en contraste con otros programas de Ingeniería que registran una participación femenina considerablemente mayor como los son, Ingeniería Industrial (47,5%) e Ingeniería Ambiental (58,0%) [1]. Estos resultados evidencian que la baja representación femenina no afecta por igual a todas las carreras de Ingeniería, sino que es particularmente marcada en aquellas asociadas al desarrollo de software y a las ciencias computacionales. Diversos estudios han señalado que esta situación no puede explicarse por diferencias en las capacidades académicas entre hombres y mujeres. Por el contrario, responden a diferentes factores sociales, culturales, educativos que influyen desde las primeras etapas de formación y que continúan condicionando las decisiones de las mujeres en la permanencia y el desarrollo profesional en estas áreas [2,3].

La menor participación de las mujeres en Ingeniería de Software también se refleja en el ámbito laboral. Pinto et. al. [4], en una revisión sistemática sobre la Industria del Software desde la perspectiva de género, muestran que esta brecha persiste en el ejercicio profesional, dónde la presencia femenina continua siendo reducida, especialmente en cargos técnicos y de liderazgo. Los autores señalan que las contribuciones de las mujeres en proyectos tecnológicos tienden a recibir menor reconocimiento, y que, persiste una tendencia en vincularlas a funciones administrativas o de apoyo , mientras que los cargos asociados al desarrollo técnico, la toma de decisiones y el liderazgo, son ocupados predominantemente por hombres [4,5]

En la búsqueda de estrategias pedagógicas que contribuyan a incrementar la participación de las mujeres en las carreras de Ingeniería de software, el aprendizaje basado en proyectos (ABP) se ha consolidado como una metodología sólida que favorece la vinculación del conocimiento teórico con la resolución de problemas reales [6]. En programas de ingeniería, este tipo de experiencias también ha mostrado efectos positivos sobre la autoeficacia de los estudiantes y, en el caso de las mujeres, constituye una estrategia que contribuye a fortalecer la confianza en sus capacidades para desempeñarse en este campo [7,8]. En este enfoque, el aprendizaje se construye a partir del desarrollo de proyectos que responden a necesidades reales, permitiendo que los estudiantes participen activamente en la

identificación del problema, el diseño de alternativas, la implementación de soluciones y la evaluación de los resultados.

Si bien las metodologías activas favorecen la participación de las estudiantes, la literatura indica que su impacto puede potenciarse cuando se desarrollan estrategias que promuevan el liderazgo femenino y la visibilidad de referentes femeninos en STEAM con los cuales las estudiantes puedan identificarse [9]. La interacción con docentes, investigadoras y profesionales que desempeñan funciones técnicas y de dirección favorece la identificación de las estudiantes con la disciplina y amplía las expectativas de desarrollo profesional [10,11]. De igual manera, participar en la coordinación de proyectos, asumir responsabilidades técnicas y formar parte de los procesos de toma de decisiones técnicas permite fortalecer las habilidades de liderazgo, incrementar la seguridad para expresar y defender sus ideas y las prepara para desempeñarse en contextos profesionales donde la representación femenina aún es limitada [13].

Aunque diferentes investigaciones han analizado de manera independiente la participación de las mujeres en STEM, el aprendizaje basado en proyectos y el liderazgo femenino, aún son escasos los estudios que examinan de forma integrada cómo estos elementos se articulan en experiencias reales de formación para favorecer la permanencia y el desarrollo profesional de las estudiantes. En este contexto, el presente estudio caracteriza las trayectorias de las estudiantes del programa de Ingeniería de Software de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, a partir de una metodología de aprendizaje basada en proyectos, liderada por mujeres, en la que el desarrollo de soluciones tecnológicas 4.0 constituye el eje del proceso formativo. El análisis se centra en comprender cómo esta experiencia contribuye al fortalecimiento del liderazgo, la confianza de las estudiantes en sus capacidades y su permanencia en el programa.

II. Metodología

Se adoptó un estudio de caso con enfoque mixto, orientado a caracterizar las trayectorias de las estudiantes del programa de Ingeniería de Software de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca durante el período 2021–2025. Este diseño resulta adecuado debido a que el interés de la investigación no radica en establecer relaciones causales generalizables, sino en comprender en profundidad un fenómeno desarrollado en un contexto institucional específico [15].

Para la investigación se integraron cuatro fuentes de información complementarias. En primer lugar, se utilizaron las bases oficiales del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) correspondientes al año 2024, con el propósito de contextualizar la participación femenina en los programas de ingeniería en Colombia. En segundo lugar, se analizaron los registros institucionales de ingreso al programa de Ingeniería de Software entre los períodos académicos 2021-1 y 2025-2, categorizados por sexo, con el fin de identificar el comportamiento en términos de matrícula para estudiantes mujeres durante el período de estudio. En tercer lugar, teniendo en cuenta que la población objetivo fue de 63 estudiantes mujeres se aplicó un cuestionario a 32 estudiantes matriculadas entre tercero y décimo semestre del programa, equivalente al 50,8 % de la población.

El instrumento fue elaborado por el equipo investigador a partir de la revisión de la literatura relacionada con la participación de las mujeres en STEM, el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y el liderazgo femenino en ingeniería. El cuestionario combinó preguntas de caracterización, preguntas de selección múltiple, preguntas abiertas y afirmaciones valoradas mediante una escala tipo Likert de cinco niveles. Su estructura abordó cinco dimensiones de análisis: (i) trayectoria académica y participación en actividades de investigación e innovación; (ii) experiencias relacionadas con el aprendizaje basado en proyectos; (iii) liderazgo femenino y mentoría; (iv) percepciones sobre la equidad de género en ingeniería; y (v) proyección académica y profesional. De las 31 estudiantes que respondieron la encuesta once manifestaron pertenecer o haber pertenecido al semillero de investigación del programa. La participación fue completamente voluntaria y la información suministrada se trató de forma confidencial, garantizando el anonimato de las participantes mediante la asignación de códigos alfanuméricos (E1, E2, …) para el análisis y la presentación de los resultados.

A partir de la información obtenida en esta primera fase, se identificó un grupo de estudiantes con una trayectoria destacada en el desarrollo de proyectos de investigación e innovación. En consecuencia, durante una segunda etapa se realizaron entrevistas semiestructuradas a seis estudiantes que habían liderado o participado activamente en proyectos de investigación asociados al desarrollo de soluciones tecnológicas 4.0, como aplicaciones móviles, realidad aumentada, realidad virtual y automatización de procesos. Estas entrevistas permitieron profundizar en aspectos relacionados con sus experiencias de liderazgo, los retos enfrentados durante el desarrollo de los proyectos, el papel de las mentoras y la influencia de estas experiencias en su formación y proyección profesional.

Las entrevistas fueron transcritas de manera literal y analizadas mediante la técnica de análisis de contenido. A partir de las transcripciones se construyó un sistema de categorías que permitió identificar patrones relacionados con la influencia del aprendizaje basado en proyectos, el liderazgo femenino, la mentoría y los referentes profesionales en las trayectorias académicas de las participantes.

El alcance de la investigación se limita a la caracterización de las trayectorias de las estudiantes mujeres del programa. En consecuencia, no se realiza un análisis comparativo con la población masculina ni se estudian los factores asociados a la

deserción estudiantil. Los datos de matrícula se utilizan únicamente como un elemento de contexto para dimensionar la participación femenina en Ingeniería de Software y situar los resultados obtenidos dentro del panorama nacional.

III. Resultados

A. Contexto nacional: la brecha en la Ing. de software

El análisis de los datos oficiales del SNIES correspondientes a 2024 permite dimensionar la magnitud del fenómeno en el que se inscribe este estudio. Como se observa en la Tabla I, la participación de mujeres disminuye progresivamente a medida que se avanza hacia la disciplina más específica del caso de estudio : las mujeres representan el 53,2 % de la matrícula en educación superior; sin embargo, esta participación disminuye al 31,7 % en ingeniería, al 23,1 % en el núcleo de Ingeniería de Sistemas, Telemática y Afines y al 20,4 % en los programas de Ingeniería de Software.

Tabla I

Participación femenina según nivel de agregación (Colombia, 2024)

Nivel de agregación	Mujeres	Total	%
Total educación superior	2.674.110	5.026.633	53,2%
Ingeniería, arquitectura y afines	438.385	1.382.489	31,7%
Ing. de sistemas, telemática y afines	118.802	515.157	23,1%
Programas de Ingeniería de Software	3.360	16.489	20,4%

Fuente: elaboración propia con base en SNIES, matriculados 2024 [1].

Este comportamiento evidencia que la brecha no se explica por el acceso a la educación superior, donde las mujeres son mayoría, sino por la elección y permanencia en disciplinas específicas de base computacional.

B. La participación femenina en el programa

Durante el período 2021–2025 ingresaron al programa de Ingeniería de Software de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca 381 estudiantes, de los cuales 69 fueron mujeres, lo que representa una participación femenina del 18,1% del total de la matrícula de ingreso. Aunque este porcentaje es ligeramente inferior al promedio nacional reportado para los programas de Ingeniería de Software (20,4%), refleja una situación similar a la observada en el país lo que indica que el caso analizado es representativo del fenómeno y no una anomalía institucional [1].

Tabla II

Ingreso al programa y participación femenina (2021–2025)

Año	Ingresantes	Mujeres	% Mujeres
2021	23	3	13,0%
2022	48	4	8,3%
2023	95	20	21,1%
2024	109	16	14,7%
2025	106	26	24,5%
Total	381	69	18,1%

Como se observa en la Tabla II y en la Fig. 1, el comportamiento anual muestra una evolución favorable en la participación de las mujeres. la participación femenina alcanza su punto más bajo en 2022 (8,3%) y crece hasta alcanzar el 24,5% en 2025. Este comportamiento sugiere una mayor vinculación de mujeres al programa durante los últimos años.

Fuente: registros institucionales del programa.

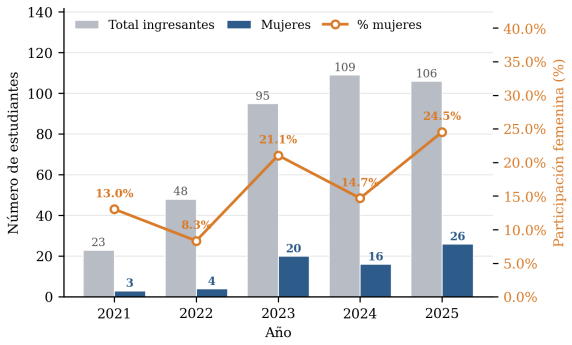


Fig. 1 Ingreso al programa y participación femenina (2021–2025).

C. Participación en investigación formativa y liderazgo

Dado que uno de los propósitos de este estudio es analizar la relación entre el aprendizaje basado en proyectos y el liderazgo femenino, se exploró la participación de las estudiantes en actividades de investigación formativa. Como se observa en la Fig. 2, el 35 % de las encuestadas ha pertenecido a un semillero de investigación y el 29 % ha desempeñado roles de liderazgo en proyectos desarrollados dentro de la universidad.

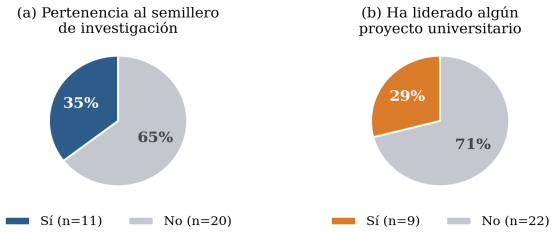


Fig. 2 Vinculación al semillero y ejercicio del liderazgo (n = 31).

Estas proporciones revelan que la vinculación a espacios de investigación formativa y a roles de liderazgo constituye, todavía, una experiencia minoritaria. No obstante, es precisamente en ese grupo donde se concentran los desarrollos tecnológicos de mayor complejidad, lo que sugiere que la ampliación de dichos espacios podría extender sus efectos formativos a una proporción mayor de las estudiantes.

D. Los proyectos: soluciones tecnológicas desarrolladas

El hallazgo central del estudio lo constituye el conjunto de proyectos desarrollados por las estudiantes vinculadas al semillero, bajo la metodología de aprendizaje basado en proyectos. Estos desarrollos, sistematizados en la Tabla III, evidencian que el trabajo por proyectos no se limita a ejercicios académicos, sino que conduce a la producción de soluciones tecnológicas de complejidad significativa.

TABLA III

PROYECTOS DESARROLLADOS POR LAS ESTUDIANTES DEL SEMILLERO

Código	Proyecto desarrollado
E1	Aplicación de realidad aumentada para el aprendizaje de niños entre 3 y 5 años. Lideró el equipo de desarrollo.
E2	Simulación de tiro parabólico en realidad aumentada (Unity, ARCore, C#) para la enseñanza de la física.
E3	Plataforma web de gestión de homologaciones universitarias y aplicación gamificada de aprendizaje.
E4	Aplicación de adopción animal que conecta refugios con posibles adoptantes.
E5	Aplicación web sobre la ruta de atención en casos de violencia.
E6	Aplicación de orientación vocacional para estudiantes de educación media.
E7	Investigación sobre la participación femenina en STEM y acompañamiento a niñas de secundaria.

Fuente: elaboración propia a partir de los relatos de las estudiantes.

Los proyectos pueden agruparse en cuatro categorías que evidencian el carácter 4.0 de las soluciones producidas: (a) tecnologías inmersivas, donde el desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada constituye el nivel de mayor complejidad técnica alcanzado; (b) automatización de procesos institucionales; (c) aplicaciones con impacto social; y (d) tecnología educativa y gamificación.

E. Análisis cualitativo de las entrevistas

A partir de las entrevistas semiestructuradas se construyó un sistema de categorías que organiza el análisis del discurso de las estudiantes. Dicho sistema, presentado en la Tabla IV, se estructura en una metacategoría, cuatro categorías y las subcategorías correspondientes

TABLA IV

SISTEMA DE CATEGORÍAS DE ANÁLISIS

Metacategoría	Categoría	Subcategoría
MC1. Trayectoria formativa y liderazgo	C1. Aprendizaje basado en proyectos	C1.1. Diferencia con la clase tradicional
		C1.2. Obstáculos y su superación
	C2. Tecnologías 4.0	C2.1. Elección y propósito de la tecnología
		C2.2. Complejidad técnica y aprendizaje autónomo
	C3. Ejercicio del liderazgo	C3.1. Toma de decisiones en incertidumbre
		C3.2. Construcción de la confianza técnica
	C4. Referentes femeninos	C4.1. Función de acompañamiento
		C4.2. Escenario hipotético

A continuación se recogen las citas textuales más representativas para cada categoría, seguidas de su análisis.

1) C1. Aprendizaje basado en proyectos

En relación con la subcategoría C1.1, referida a la diferencia entre el ABP y la enseñanza tradicional, los discursos que destacan son:

> *E2: "Que no era solo entender la teoría, sino tener que hacerla funcionar de verdad. En clase uno ve la fórmula y ya, pero acá tenía que programarla, ver que los ángulos y las trayectorias se comportaran bien en AR, y si algo fallaba tocaba entender por qué".*

En relación con la subcategoría C1.2, sobre los obstáculos enfrentados y su superación:

> *E2: "El más grande fue que nunca había trabajado con C# ni con AR. Al principio fue bastante ir a ciegas, pero investigando y probando fui aprendiendo hasta que logré sacarlo adelante".*

> *E4: "Uno de los principales obstáculos fue la falta de experiencia. Era la primera vez que participaba en un proyecto de este tipo y también asumía responsabilidades de liderazgo, por lo que al inicio hubo dificultades para organizar el equipo y distribuir las tareas (…). Superé estos retos aprendiendo de los errores, investigando de manera autónoma y fortaleciendo la comunicación con mis compañeros".*

En conjunto, los testimonio evidencian que el ABP favorece una comprensión más profunda del conocimiento al trasladar los conceptos teóricos a contextos reales de aplicación. Las dificultades técnicas y organizativas descritas por las estudiantes se convierten en oportunidades para desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo, fortalecer la capacidad de resolver problemas y asumir progresivamente responsabilidades de liderazgo, "si algo fallaba tocaba entender por qué". De esta manera, el error deja de percibirse como un resultado negativo y pasa a formar parte del proceso de aprendizaje, promoviendo una mayor confianza para enfrentar retos propios de la Ingeniería.

2) C2. Tecnologías 4.0

Respecto de la subcategoría C2.1, sobre la elección y el propósito de la tecnología empleada:

> *E2: "Elegimos AR porque le da algo visual y tangible a un concepto que normalmente es solo teórico".*

En cuanto a la subcategoría C2.2, referida a la complejidad técnica y al aprendizaje autónomo:

E2: "La aprendí prácticamente investigando, porque nunca había trabajado ni con C# ni con AR. Lo más complejo fue justo eso, entender un lenguaje de programación nuevo para mí y, al mismo tiempo, entender cómo hacer que la simulación funcionara bien en realidad aumentada con ARCore".

E4: "La mayor parte del aprendizaje fue autónomo. Muchas de las tecnologías que utilizamos no hacían parte del contenido de las asignaturas, por lo que fue necesario consultar documentación oficial, realizar cursos, investigar y aprender junto con el equipo. Uno de los mayores retos fue integrar diferentes tecnologías y comprender cómo estructurar una aplicación escalable".

Los testimonios permiten observar que la elección de las tecnologías no fue una decisión aleatoria, sino que respondió a la búsqueda de herramientas capaces de resolver necesidades concretas del proyecto. En este proceso, las estudiantes enfrentaron el desafío de aprender tecnologías con las que no habían trabajado anteriormente, como Unity, ARCore y C#, recurriendo a la investigación, la experimentación y el aprendizaje autónomo. Estas experiencias contribuyeron no solo al desarrollo de la solución tecnológica, sino también al fortalecimiento de su confianza para abordar problemas técnicos cada vez más complejos.

3) C3. Ejercicio del liderazgo

En relación con la subcategoría C3.1, sobre la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre:

E4: "Asumí el liderazgo de manera progresiva. Al inicio el equipo era numeroso y la organización no era la mejor (…). No fue un proceso fácil, ya que era la primera vez que lideraba un proyecto de esa magnitud y cometí varios errores. Sin embargo, esos errores me permitieron entender la importancia de planificar, delegar tareas según las fortalezas de cada integrante y mantener una comunicación constante. Gracias a esa experiencia desarrollé un liderazgo más organizado y efectivo, habilidades que posteriormente apliqué en otros proyectos y hackathones".

E2: "Lideré el proyecto principalmente dando las ideas y la dirección de hacia dónde iba el trabajo. Fue una experiencia que me hizo confiar más en mi criterio técnico, porque tenía que tomar decisiones sin tener toda la certeza de que iban a funcionar, y aun así seguir adelante

Respecto de la subcategoría C3.2, referida a la construcción de la confianza técnica:

E6: "Al tener que dar las ideas y tomar decisiones del proyecto, me di cuenta de que sí tenía criterio técnico, aunque al principio no me sintiera muy segura. Liderar me obligó a confiar en lo que sabía, aunque no supiera todo".

E4: "Al principio dudaba de mis capacidades porque enfrentábamos tecnologías desconocidas y un proyecto con un alto nivel de complejidad. Sin embargo, a medida que investigaba, resolvía problemas y veía los avances del equipo, comprendí que podía aprender cualquier tecnología si tenía la disposición para hacerlo. Esta experiencia me enseñó que un buen líder no necesita saberlo todo desde el inicio, sino estar dispuesto a aprender, apoyar a su equipo y encontrar soluciones".

E5: "Con el tiempo comprendí que el liderazgo no consiste solo en dirigir un equipo, sino también en saber escuchar, organizar, comunicar y generar confianza".

El análisis de estos discursos permite identificar el mecanismo formativo más relevante del estudio. El liderazgo no se presenta como una competencia previa sino como una posición que obliga a decidir sin certeza plena, y es precisamente esa obligación la que produce el reconocimiento del propio criterio técnico. La formulación "liderar me obligó a confiar en lo que sabía, aunque no supiera todo" sintetiza este proceso: la confianza no antecede a la acción, sino que se deriva de ella. Así mismo, el testimonio de E4 "un buen líder no necesita saberlo todo desde el inicio", desactiva el supuesto de que el liderazgo técnico exige un dominio previo y completo del campo. Ambas estudiantes coinciden en que la disposición a aprender resulta más determinante que el conocimiento acumulado.

4) C4. Referentes femeninos

En relación con la subcategoría C4.1, sobre la función de acompañamiento que cumplen las referentes:

E2: "Tuve dos referentes clave: una ingeniera en la parte de física y otra en la parte de software. Cada una me aportó en su área y fue importante tener ese acompañamiento de mujeres que ya habían pasado por retos similares".

E3: Aprendí que en la ingeniería la perseverancia, la disciplina y la confianza en uno mismo son tan importantes como los conocimientos técnicos. Su ejemplo me motivó a seguir aprendiendo y a enfrentar los retos con determinación.

Respecto de la subcategoría C4.2, que indaga por el escenario hipotético qué habría ocurrido en ausencia de dichas referentes:

E2: "Creo que me habría costado más confiar en que iba por buen camino. Tener a las ingenieras me daba una guía concreta a quién preguntarle cuando algo no me salía, y sin eso probablemente hubiera dudado más de mis propias decisiones en el proyecto".

E4: "Mi principal referente la conocí cuando estaba en grado 11 durante una hackathon intercolegiada realizada en la universidad, incluso antes de ingresar. Su ejemplo influyó en mi decisión de estudiar Ingeniería de Software (…). De ella aprendí que la disciplina, la constancia y la pasión por lo que se hace son tan importantes como los conocimientos técnicos".

E7: "Seguramente habría llegado al mismo objetivo, pero me habría tomado mucho más tiempo descubrir mi potencial y desarrollar la confianza para asumir roles de liderazgo y participar en proyectos de mayor impacto. Tener una referente me permitió visualizar que sí era posible crecer y destacar como mujer en la ingeniería".

El escenario hipotético permite precisar la función que cumplen los referentes femeninos. Estos no operan únicamente como fuente de inspiración vocacional, sino como soporte concreto para la validación del criterio propio: su ausencia no habría impedido el desarrollo del proyecto, pero habría incrementado la duda sobre las decisiones tomadas. La

referente funciona, así, como un mecanismo de confirmación externa que sostiene la confianza técnica y personal mientras esta se consolida. Los datos de la encuesta confirman de manera contundente el peso de este factor. Como se aprecia en la Fig. 3, la totalidad de las participantes manifiesta estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con que contar con una referente femenina le ha dado más seguridad en su carrera (84% y 16% respectivamente), y el 97% reconoce que el apoyo de mentoras ha sido clave para enfrentar los desafíos asociados a la brecha de género.

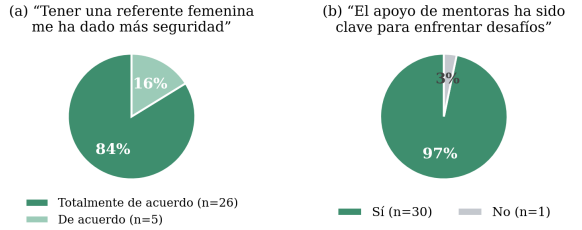


Fig. 3 Percepción sobre el papel de las referentes y mentoras (n = 31).

5) C5. Experiencias de género en el proyecto

En relación con la subcategoría C5.1, referida al cuestionamiento de la capacidad técnica, el testimonio de E4 resulta especialmente revelador por el momento en que sitúa dicha experiencia:

> *E4: "Fue durante este proyecto cuando viví por primera vez una situación en la que sentí que mis capacidades eran cuestionadas por ser mujer".*

Respecto de la subcategoría C5.2, sobre las estrategias de respuesta desplegadas ante dicha situación:

> *E6: "En lugar de desmotivarme, decidí demostrar con mi trabajo, compromiso y resultados que era capaz de asumir el reto".*

El análisis de estos discursos aporta una precisión relevante al fenómeno. El cuestionamiento de las capacidades no se produce en cualquier momento de la trayectoria, sino precisamente cuando la estudiante asume la conducción técnica del equipo. Ello sugiere que el sesgo no se activa ante la presencia de mujeres en el proyecto, sino ante su ocupación de posiciones de autoridad técnica, lo que resulta consistente con lo documentado en la industria del software, donde la subrepresentación femenina es especialmente acentuada en los roles de liderazgo [4,5]. Además, la respuesta "demostrar mediante el trabajo" impone una carga adicional: la estudiante debe producir evidencia de una competencia que a sus pares no se les exige demostrar. Este mecanismo es coherente con la percepción, expresada en la figura 4 donde el 51% de las encuestadas afirma que las mujeres deben esforzarse más que los hombres para ser reconocidas en el campo de la Ingeniería de Software, el 42% de las participantes ha sentido que sus capacidades fueron subestimadas académicamente por ser mujer y el 32% declara haber visto o vivido situaciones de discriminación de género durante su carrera.

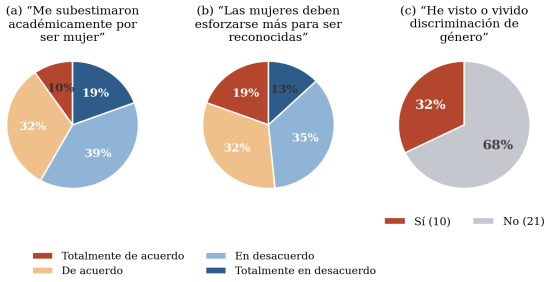


Fig. 4 Experiencias de género en el programa (n = 31).

F. Los obstáculos percibidos

La encuesta permitió identificar los obstáculos que las estudiantes reconocen como los más significativos en su trayectoria, presentados en la Tabla V y en la Fig. 5.

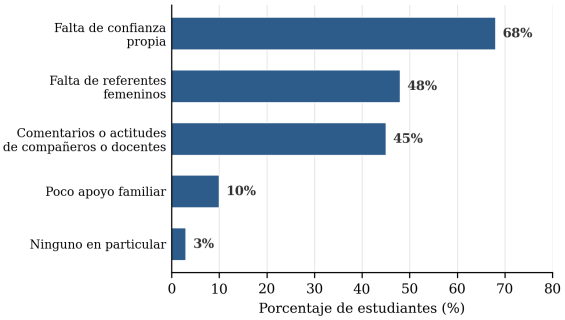


Fig. 5 Obstáculos identificados por las estudiantes.

Nota: pregunta de selección múltiple; los porcentajes suman más de 100%.

El obstáculo predominante es de orden subjetivo: la falta de confianza propia, señalada por el 68% de las participantes. Los testimonios de las entrevistas confirman este hallazgo y muestran, simultáneamente, la vía de su superación:

> *E3: "Sí me identifico con lo de la falta de confianza. A veces sí me falta seguridad al enfrentar algo nuevo, pero he aprendido que eso se supera metiéndole cabeza y no quedándome en la duda".*

> *E5: "Sí, me identifico con esa situación. En diferentes momentos de mi vida he sentido falta de confianza (...). En ocasiones llegué a cuestionar si realmente era lo suficientemente buena o si estaba preparada para asumir ciertos retos. Sin embargo, con el tiempo entendí que la confianza no aparece de un día para otro, sino que se construye con cada experiencia".*

Este hallazgo resulta coherente con la literatura sobre autoeficacia en poblaciones subrepresentadas, que documenta cómo las creencias del entorno respecto a las habilidades matemáticas y científicas de las jóvenes impactan directamente en su autoconfianza [14]. La encuesta permite además dimensionar las experiencias de género vividas dentro del programa, presentadas en la Fig. 6: el 42% de las participantes ha sentido que sus capacidades fueron subestimadas académicamente por ser mujer, y el 32% declara haber visto o

vivido situaciones de discriminación de género durante su carrera.

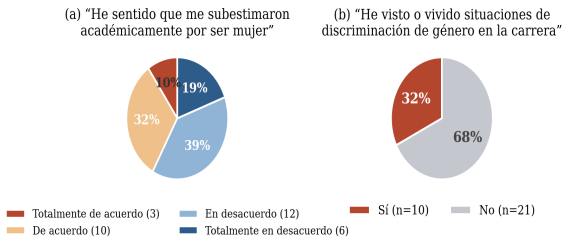


Fig. 6 Experiencias de género en el programa (n = 31).

Estos porcentajes se ajustan a los testimonios anteriormente expuestos

El segundo obstáculo más señalado es la falta de referentes femeninos (48%). No obstante, al analizar las respuestas abiertas se observa un resultado interesante: cuando se les preguntó por las personas que habían influido en su trayectoria académica, las estudiantes mencionaron de manera espontánea y reiterada a las docentes del programa, a pesar de que el cuestionario no solicitaba identificar nombres específicos. Este resultado sugiere que, aunque las estudiantes perciben una escasa representación femenina en el ámbito de la ingeniería, reconocen en su entorno cercano la existencia de referentes que han contribuido a fortalecer su confianza y su permanencia en el programa.

G. Una trayectoria completa: del espacio de atracción al liderazgo

Entre los casos analizados, el de E4 permite documentar una trayectoria completa que ilustra el funcionamiento articulado de los mecanismos identificados en este estudio. Su recorrido se inicia antes del ingreso al programa, en un espacio de contacto entre el colegio y la Universidad, y culmina en el ingreso a la Institución de educación superior

> *E4: "Mi principal referente la conocí cuando estaba en grado 11 durante una hackathon intercolegiada realizada en la universidad, incluso antes de ingresar. Su ejemplo influyó en mi decisión de estudiar Ingeniería de Software".*

A partir de ese primer contacto, la estudiante ingresa al programa, se vincula al semillero de investigación, participa en múltiples proyectos, asume el liderazgo de equipos de desarrollo y, posteriormente, lidera las propias hackathones intercolegiadas, que fueron su primer contacto con la disciplina. Su trayectoria acumula, además, reconocimientos por mérito académico y premios en competencias.

Este recorrido documenta un ciclo completo: el espacio de intercambio de conocimientos entre el colegio y la Universidad, a través del juego y el desarrollo de competencias, genera un efecto transformador en la estudiante que, años después, regresa para liderar ese mismo escenario e inspirar a las nuevas generaciones. La estudiante que fue captada por una hackathon intercolegiada, se convierte en quien la organiza, apoyada de la referente que la inspiró, es así como ella misma se transforma en una nueva referente para las adolescentes que hoy participan en dichos eventos.

La relevancia de este hallazgo excede el caso individual. Evidencia que los mecanismos identificados, espacios de intercambio de conocimientos, referentes femeninos, aprendizaje basado en proyectos y ejercicio del liderazgo no operan de manera aislada sino encadenada, y que su articulación puede producir un efecto multiplicador: cada trayectoria completa genera las condiciones para las siguientes.

H. Proyección profesional

Varias de las estudiantes que han desarrollado proyectos bajo la metodología ABP se encuentran actualmente vinculadas laboralmente al sector tecnológico en cargos relacionados con su formación profesional. Por su parte, quienes aún cursan la carrera, consideran que la participación en este tipo de proyectos y en roles de liderazgo ha sido y será una preparación importante para afrontar los retos del ejercicio profesional:

> *E2: "El proyecto me dio herramientas que sé que me van a servir cuando llegue ese momento, sobre todo perder el miedo a meterme con tecnologías que no conozco".*
>
> *E5: "Participar en proyectos de desarrollo web y móvil y trabajar como desarrolladora me ha permitido aprender mucho más allá de la teoría, ganar experiencia práctica y fortalecer mi confianza en mis capacidades".*
>
> *E4: "Lo más valioso que he aprendido en los proyectos ha sido trabajar en equipo, liderar personas, comunicar ideas de manera efectiva y adaptarme a nuevas tecnologías. También desarrollé la capacidad de investigar de forma autónoma (...) y comprender que en ingeniería el aprendizaje nunca termina, porque la tecnología evoluciona constantemente".*

Los testimonios evidencian que el aporte de estas experiencias trasciende el aprendizaje de competencias tecnológicas, y se refleja en el fortalecimiento de capacidades como la confianza para enfrentar tecnologías desconocidas, el aprendizaje autónomo, el trabajo en equipo, la comunicación y la adaptabilidad a nuevos desafíos. En un campo caracterizado por la obsolescencia acelerada, esta disposición constituye probablemente el aprendizaje de mayor valor.

IV. Discusión

Los resultados muestran que la metodología de aprendizaje basado en proyectos favorece simultáneamente los tres procesos estudiados: el desarrollo de competencias técnicas, el ejercicio del liderazgo y el fortalecimiento de la confianza de las estudiantes para asumir retos propios de la ingeniería. A lo largo de la ejecución de los proyectos, las participantes no solo desarrollaron soluciones tecnológicas con un nivel importante de complejidad, sino que también asumieron responsabilidades relacionadas con la coordinación de equipos, la toma de decisiones técnicas y la resolución de problemas, experiencias que ellas mismas reconocen como determinantes en su proceso de formación.

Uno de los principales aportes de este estudio es evidenciar que las experiencias desarrolladas en el marco del aprendizaje basado en proyectos realizado desde los semilleros de investigación trascendieron el ámbito académico y dieron lugar a soluciones tecnológicas con aplicación real. Las estudiantes participaron en el desarrollo de aplicaciones móviles, herramientas basadas en realidad aumentada y virtual, plataformas para la automatización de procesos institucionales y otros desarrollos orientados a resolver necesidades concretas. Algunos de estos proyectos evolucionaron hacia productos de investigación e innovación, incluyendo registros de software, ponencias y publicaciones científicas. Estos resultados muestran que la participación de las estudiantes no se limitó al aprendizaje de contenidos propios del currículo, sino que las vinculó con procesos de investigación, desarrollo tecnológico y transferencia de conocimiento, fortaleciendo competencias propias del ejercicio profesional de la ingeniería.

Estos resultados contrastan con lo reportado en la literatura sobre la industria del software. Mientras diversos estudios señalan que las mujeres continúan teniendo una menor participación en cargos técnicos y de liderazgo, y que con frecuencia sus contribuciones son subvaloradas [4,5], en el contexto analizado las estudiantes desempeñan un papel protagónico en el desarrollo de los proyectos. Los testimonios muestran que participaron activamente en la definición de soluciones, el aprendizaje de nuevas tecnologías y la dirección de equipos de trabajo, lo que evidencia que los espacios de investigación formativa pueden convertirse en escenarios donde las estudiantes fortalecen habilidades que posteriormente serán necesarias en su ejercicio profesional.

Entre los hallazgos más relevantes del estudio, destaca la identificación del principal obstáculo de las estudiantes para su desarrollo en ingeniería: la falta de confianza en sus propias capacidades (68%), sin embargo, las experiencias derivadas del trabajo por proyectos muestran que esta percepción puede transformarse cuando las estudiantes tienen la oportunidad de asumir responsabilidades reales, resolver problemas y comprobar que son capaces de desarrollar soluciones tecnológicas funcionales. Los testimonios evidencian que este proceso también fortalece la disposición para aprender de manera autónoma, enfrentarse a tecnologías desconocidas y adaptarse a nuevos desafíos, competencias esenciales en un campo caracterizado por la rápida evolución tecnológica [7].

Otro aspecto que merece destacarse es el papel desempeñado por las docentes e investigadoras como referentes durante la formación. Aunque cerca de la mitad de las participantes señaló la falta de referentes femeninos como una de las principales dificultades para las mujeres en ingeniería, en las respuestas abiertas mencionaron de manera espontánea a profesoras del programa como figuras que influyeron en su trayectoria académica y profesional. Este resultado sugiere que, aun cuando las estudiantes perciben una baja representación femenina en la ingeniería como profesión, la presencia de mujeres en roles de liderazgo académico constituye un elemento importante para fortalecer su sentido de pertenencia, ampliar sus expectativas de desarrollo profesional y motivar su participación en proyectos de investigación. Estos hallazgos son consistentes con estudios que destacan la influencia positiva de las mentoras y los modelos de rol femeninos en la permanencia y el interés de las mujeres por las carreras STEM [9,12].

En conjunto, los resultados permiten plantear que el principal aporte de la metodología implementada no radica únicamente en fortalecer la confianza o el liderazgo de las estudiantes, sino en generar un entorno donde ellas asumen un papel activo como desarrolladoras de tecnología. La combinación del aprendizaje basado en proyectos, el acompañamiento de mujeres en roles de liderazgo y la participación en procesos reales de investigación favorece que las estudiantes pasen de resolver ejercicios académicos a diseñar soluciones con aplicación práctica y potencial de innovación. Este tránsito resulta especialmente significativo en un contexto donde la literatura continúa documentando la baja participación femenina en los espacios de desarrollo tecnológico y de toma de decisiones dentro de la industria del software [4,5].

Finalmente, durante el período analizado se observó un incremento en la participación femenina en el programa, pasando del 8,3 % en 2022 al 24,5 % en 2025. Aunque el alcance de este estudio no permite establecer una relación causal, esta evolución coincide con la consolidación del semillero de investigación, la implementación de una metodología de aprendizaje basado en proyectos liderada por mujeres y una mayor visibilidad de los desarrollos tecnológicos realizados por las estudiantes. Los resultados sugieren que la articulación entre investigación formativa, liderazgo femenino y desarrollo de proyectos con impacto real constituye una estrategia prometedora para fortalecer la participación de las mujeres en Ingeniería de Software. Más allá de favorecer su permanencia en el programa, este enfoque contribuye a que las estudiantes se reconozcan como creadoras de conocimiento y de soluciones tecnológicas capaces de responder a necesidades del entorno académico y social.

VII. Conclusiones

Los resultados evidencian que, aunque la participación femenina en el programa de Ingeniería de Software continúa siendo reducida (18,1 %), se observa una tendencia de crecimiento durante el período analizado, alcanzando el 24,5 % en 2025.

Las estudiantes vinculadas al semillero de investigación han desarrollado, bajo la metodología de aprendizaje basado en proyectos, soluciones tecnológicas 4.0 con aplicación real, incluyendo aplicaciones móviles, desarrollos con realidad aumentada, plataformas para la automatización de procesos y aplicaciones orientadas a solucionar problemáticas sociales, algunos de los cuales evolucionaron hacia productos de investigación e innovación. Estos desarrollos evidencian que el

ABP, combinado con referentes durante la formación conduce a resultados que exceden el ejercicio académico convencional al fortalecer la confianza de las estudiantes, favorecer el aprendizaje autónomo y propiciar el desarrollo de habilidades de liderazgo.

El liderazgo se configura como un aprendizaje construido en la práctica del proyecto, y no como una condición previa. Los relatos documentan procesos de aprendizaje que incluyen la experiencia del error y su superación, con efectos reconocidos sobre la confianza en las propias capacidades técnicas de las estudiantes.

Los referentes femeninos emergen como uno de los hallazgos más significativos. La ausencia de referentes es señalada como obstáculo, sin embargo las docentes que actúan como referentes aparecen de manera espontánea en los testimonios como figuras determinantes en la decisión de estudiar ingeniería y en la vinculación a proyectos.

Se concluye que el aprendizaje basado en proyectos, articulado con el ejercicio del liderazgo femenino y con la presencia de referentes, constituye una estrategia prometedora para fortalecer la participación de las mujeres en Ingeniería de Software, al favorecer no solo su formación académica, sino también su vinculación con procesos de desarrollo tecnológico e innovación, y en varios casos documentados, en la inserción profesional temprana.

Las recomendaciones formuladas por las propias estudiantes coinciden con estos hallazgos. Al ser consultadas sobre qué debería hacer la universidad para fortalecer la participación femenina en ingeniería, una de ellas señala: "*Le recomendaría seguir generando espacios donde las mujeres puedan liderar proyectos reales desde los primeros semestres, y también visibilizar más a las ingenieras que ya están en el campo, como referentes, para que una vea que sí es posible*" (E2). Se recomienda, en consecuencia, fortalecer los espacios de investigación formativa con perspectiva de género, garantizar oportunidades de liderazgo desde los primeros semestres e incrementar la visibilidad de las mujeres en posiciones de liderazgo académico y profesional.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a las estudiantes del programa de Ingeniería de Software y Computación que participaron en este estudio, por compartir sus experiencias y trayectorias.

REFERENCIAS

[1] Ministerio de Educación Nacional de Colombia, "Estudiantes matriculados en educación superior, año 2024", Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES), Bogotá, 2025. Cálculos propios sobre la base de matriculados desagregada por sexo y núcleo básico del conocimiento. https://snies.mineducacion.gov.co/portal/ESTADISTICAS/Bases-consolidadas/

[2] Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), "Informe de matrícula en programas de ingeniería, segundo semestre de 2024", Bogotá, Colombia, 2025.

[3] Society of Women Engineers, "Women in Engineering and STEM: A Review of the 2024 Literature", SWE Magazine, 2025. https://swe.org/magazine/women-in-engineering-and-stem-a-review-of-the-2024-literature/

[4] N. Pinto, L. Cuenca Pletsch, and G. Mariño, "La industria del software desde la perspectiva de género: Una revisión sistemática de la literatura", III Simposio de Investigación e Innovación Latinoamericano Mujeres en Ingeniería (SIILMI), pp. 136–143, 2024.

[5] E. Guzmán, R. A. L. Fischer y J. Kok, "Mind the gap: gender, micro-inequities and barriers in software development", *Empir. Software Eng.*, vol. 29, n.º 1, art. 17, 2024. doi: 10.1007/s10664-023-10379-8.

[6] P. Santos, K. El Aadmi, and M. Calvera-Isabal, "Fostering students' motivation and self-efficacy in science, technology, engineering, and design through design thinking and making in project-based learning: a gender-perspective study", Int. J. Technol. Des. Educ., vol. 35, pp. 1293–1319, 2025. https://doi.org/10.1007/s10798-025-10001-6

[7] M. D. Verdín *et al.*, "Effects of a first-year undergraduate engineering design course: survey study of implications for student self-efficacy and professional skills, with focus on gender/sex and race/ethnicity," *International Journal of STEM Education*, 2024. https://doi.org/10.1186/s40594-024-00467-6

[8] L. L. Wu, C. Fischer, F. Rodriguez, G. N. Washington, and M. Warschauer, "Project-based engineering learning in college: associations with self-efficacy, effort regulation, interest, skills, and performance", SN Soc. Sci., vol. 1, 2021. https://doi.org/10.1007/s43545-021-00286-4

[9] J. R. Gladstone y A. Cimpian, "Which role models are effective for which students? A systematic review and four recommendations for maximizing the effectiveness of role models in STEM," Int. J. STEM Educ., vol. 8, nº 1, p. 59, dic. 2021, doi: 10.1186/s40594-021-00315-x

[10] L. Giese, U. Tellhed, F. Björklund y J. Kalucza, "'You have exactly what it takes': two interventions for increasing women's self-efficacy and belongingness in engineering", Eur. J. Eng. Educ., 2025. https://doi.org/10.1080/03043797.2025.2467827

[11] Tal, M., Lavi, R., Reiss, S. *et al.* Gender Perspectives on Role Models: Insights from STEM Students and Professionals. *J Sci Educ Technol* 33, 699–717 (2024). https://doi.org/10.1007/s10956-024-10114-y

[12] "Continuing education of academic women in STEM: perspectives on mentoring and professional roles", Front. Educ., vol. 10, 2025. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1473331

[13] A. Bandura, Self-efficacy: The Exercise of Control. New York: W. H. Freeman and Company, 1997.

[14] UNESCO, Descifrar el código: La educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). París: UNESCO, 2019. https://www.unesco.org/es/gender-equality/education/stem

[15] R. K. Yin, Case Study Research and Applications: Design and Methods, 6th ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2018.