

Una propuesta de aprendizaje-servicio en un curso de mecánica de fluidos a nivel universitario

José L. Díaz¹ <https://orcid.org/0000-0002-4677-0970>
Elisa Lucas¹ <https://orcid.org/0000-0003-4000-8093>
Julián Roa¹ <https://orcid.org/0000-0002-4017-3067>

¹ Facultad de Educación, Universidad a Distancia de Madrid, Collado Villalba, España.
(correo-e: joseluis.diaz.p@udima.es; elisamaria.lucas@udima.es; julian.roa@udima.es)

Recibido Sep. 24, 2024; Aceptado Nov. 21, 2024; Versión final Dic. 16, 2024, Publicado Jun. 2025

Resumen

El principal objetivo de este estudio es proponer, ejecutar y evaluar tres proyectos de aprendizaje-servicio basados en necesidades de comunidades que incluyen el diseño de un sistema de riego eficiente, la planificación de un sistema de tratamiento de aguas residuales y la optimización de un sistema de distribución de agua urbano, aplicando conceptos de mecánica de fluidos. Se detalla la implementación de experiencias de aprendizaje-servicio en un curso de mecánica de fluidos que integra teoría y práctica real. Estas experiencias involucran a estudiantes de ingeniería y profesionales, promoviendo habilidades técnicas y sociales. Los resultados muestran la eficacia del aprendizaje-servicio, aunque revela áreas de mejora en relación con el análisis de datos y aspectos económicos y regulatorios. Se concluye que el aprendizaje-servicio es una experiencia educativa con potencial para preparar a los estudiantes en los desafíos prácticos de sus futuras profesiones.

Palabras clave: proyecto de aprendizaje-servicio; mecánica de fluidos; sistema de riego; aguas residuales; distribución urbana de agua

A service-learning proposal in an undergraduate fluid mechanics course

Abstract

The main objective of this study is to propose, execute, and assess three service-learning (SL) projects based on community needs by applying fluid mechanics concepts to design an efficient irrigation system, to plan a wastewater treatment system, and to optimize an urban water distribution system. The implementation of SL experiences in a fluid mechanics course that integrates theory and real-world practice are described in detail. These experiences involve engineering students and professionals, promoting technical and social skills. The results show the effectiveness of SL, although it reveals areas for improvement related to data analysis and economic and regulatory aspects. It is concluded that SL is an educational experience with the potential to prepare students for the practical challenges of their future professions.

Keywords: service-learning project; fluid mechanics; irrigation system; wastewater treatment; urban water distribution.

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje-servicio (ApS) en los estudios de ingeniería es una metodología educativa activa y experiencial que conecta la formación académica con realidades sociales y ambientales mediante proyectos basados en problemáticas cotidianas (Middaugh y Kahne, 2013; Puig et al., 2007). A diferencia de otras metodologías experienciales, el ApS se orienta hacia la utilidad social (Trilla, 2009), proporcionando soluciones concretas a necesidades de la comunidad. Esta metodología es particularmente óptima para los estudios de ingeniería por varias razones. Primero, contribuye a la integración de teoría y práctica, permitiendo al alumnado aplicar conocimientos teóricos en situaciones reales, lo que mejora la comprensión de conceptos técnicos y fomenta una mayor retención del conocimiento (Furco, 1996). Además, promueve el desarrollo de habilidades sociales y forma ciudadanos activos, críticos y comprometidos con su comunidad (Hervani y Helms, 2004; Tapia, 2008). Los estudiantes llegan a entender las implicaciones de su trabajo en la sociedad (Bringle y Hatcher, 1996) y desarrollan un sentido de responsabilidad social al involucrarse en proyectos que suelen estar orientados a resolver problemas de comunidades desfavorecidas o mejorar el medio ambiente (Eyler y Giles, 1999).

El ApS también fomenta el aprendizaje reflexivo, donde los estudiantes analizan críticamente sus experiencias y su impacto en la comunidad, contribuyendo a su desarrollo personal y profesional (Ash y Clayton, 2004). No obstante, esto requiere una estrecha colaboración entre instituciones educativas, comunidades y currículos universitarios en ingeniería (Tapia, 2018). Además, al trabajar en proyectos que benefician a la comunidad, los estudiantes desarrollan empatía y comprensión de las necesidades y desafíos de otros (Kohlbray y Daugherty, 2015; Tee y Kalidas, 2016). Por otro lado, se destaca que el ApS puede mejorar la comprensión intercultural gracias a la colaboración con comunidades culturalmente diversas (Mitchell, 2008). También tiene un impacto transformador en la percepción que los estudiantes tienen de sí mismos y del mundo, desarrollando una conciencia global (Kiely, 2005).

La implementación del ApS en un curso de Mecánica de Fluidos introduce retos educativos a tener en cuenta. En primer lugar, se señala que la Mecánica de Fluidos es esencial en la formación en ingeniería industrial y civil, y está presente en numerosas situaciones convencionales relacionadas con el medio fluido. Bielefeldt y Pearce (2012) señalan que el ApS puede aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes en cursos de ingeniería al proporcionar experiencias de aprendizaje más significativas y contextualizadas. Sin embargo, Mitchell (2008) señala que equilibrar los objetivos educativos con las necesidades comunitarias puede ser complicado y este aspecto aplica igualmente en un curso de Mecánica de Fluidos. Este desafío requiere de una planificación previa: En este contexto, Martínez-Odría (2007) destaca que las fases de un proyecto de ApS incluyen la identificación de necesidades, el diseño del proyecto, la planificación, la implementación y la evaluación.

Un seguimiento exhaustivo de estas fases es fundamental para estructurar el aprendizaje y monitorear dinámicas que puedan afectar la continuidad del ApS. Además, la literatura más reciente enfatiza que el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y el ApS son metodologías complementarias que fomentan competencias técnicas y sociales. Collazos et al. (2016) subrayan cómo la construcción de prototipos de bajo costo puede vincular teoría y práctica y este punto puede ser interesante para el ApS ya que en ocasiones no se cuenta con elevados recursos para llevar a cabo la construcción material de los resultados asociados al proyecto-servicio. Ausín et al. (2016) destacan que las TIC facilitan la colaboración y la innovación en proyectos educativos basados en ABP. Villalobos-Abarca et al. (2018) aplican el ABP en la formación de ingenieros de software, demostrando que la resolución de problemas reales beneficia tanto a estudiantes como a futuros empleadores. Sartor-Harada et al. (2020) examinan cómo el ApS fomenta competencias docentes y fortalece la conexión entre instituciones educativas y comunidades, proporcionando un marco ideal para enfrentar los desafíos mencionados por Mitchell (2008) y Martínez-Odría (2007).

Así, la propuesta que se plantea en este trabajo con base en ApS se estructura en torno a necesidades sobre el tratamiento de aguas en comunidades, poniéndose el énfasis en el desarrollo y ejecución de tres propuestas educativas que buscan integrar la teoría con la práctica y recopilar retroalimentación para evaluar la efectividad y el impacto educativo de esta metodología en entornos de ingeniería. Uno de los proyectos se centró en dar solución a la necesidad de una comunidad agrícola local para transportar aguas de regadío evitando pérdidas de presión en el agua. Otro de los proyectos emergió para dar solución al problema de tratamiento de aguas residuales de una comunidad de vecinos. Las pendientes incorrectas y los diámetros en las tuberías de drenaje provocaban problemas de desagüe en las aguas. El tercer proyecto buscó elaborar la optimización de sistemas de distribución de agua urbana. Aspecto de enorme interés para la comunidad que habita en pueblos y ciudades ya que un incorrecto diseño puede conducir a problemas de malos olores y contaminación cuando estas redes se saturan por construcción de nuevos bloques de viviendas o planes industriales o urbanos.

La metodología de trabajo cubre el diseño detallado de los proyectos de ApS y un diseño de investigación cualitativa para evaluar su efectividad. Se enfatiza la identificación de necesidades comunitarias y la integración de estos problemas en el currículo del curso, junto con la ejecución práctica y la reflexión continua de los estudiantes. El texto también describe las actividades específicas dentro del ApS, resaltando el trabajo del alumnado participante y la colaboración con profesionales en activo del campo de la ingeniería. Se detalla cada proyecto con su descripción, profesionales participantes, contenido de Mecánica de Fluidos relevante, competencias de ingeniería trabajadas y métodos de evaluación. Se hace énfasis en los retos de obtener datos reales y fiables, la necesidad de fortalecer la formación en análisis de datos y la importancia de considerar aspectos más amplios como los económicos, sociales y regulatorios en los proyectos. La discusión de los resultados y las líneas de mejora sugieren la efectividad de la metodología ApS en la enseñanza de la ingeniería, aunque señalan la necesidad de ajustes y mejoras continuas. Por último, se hace preciso destacar que el enfoque de este trabajo es holístico tratando de proporcionar una descripción abierta de la experiencia sin detallar las vivencias concretas de cada proyecto, pero con suficiente nivel de detalle como para conocer los contenidos de la propuesta. Una descripción más exhaustiva de los proyectos, así como las vivencias y experiencias concretas, daría lugar a un texto mucho más amplio que pretendemos abordar de forma concreta en futuros trabajos.

Con el presente trabajo se pretende alcanzar el objetivo general de desarrollar y ejecutar una metodología de aprendizaje-servicio en el contexto de un curso de Mecánica de Fluidos recopilando retroalimentación tanto del alumnado participante como de los profesionales del ámbito de la ingeniería involucrados. Además, se establecen tres objetivos específicos que guiarán los proyectos concretos a realizar: 1) Diseñar proyectos de ApS que sean relevantes y prácticos: crear tres propuestas de actividades concretadas en la forma de proyectos de ApS técnicamente desafiantes y socialmente relevantes, fomentando al mismo tiempo la responsabilidad y el compromiso comunitario de los estudiantes. 2) Implementar y monitorear los proyectos de ApS: ejecutar las experiencias diseñadas, proporcionando a los estudiantes las herramientas y el apoyo necesarios para su participación efectiva. Además de monitorear el progreso de los proyectos para que se mantengan alineados con los objetivos educativos y las necesidades de la comunidad. 3) Recopilar y analizar la retroalimentación del alumnado y profesionales: realizar una evaluación de las experiencias mediante la recopilación de la retroalimentación de los estudiantes y los profesionales después de la finalización de los proyectos. El análisis de esta información nos permitirá evaluar la eficacia del ApS para mejorar el aprendizaje técnico y práctico, así como su impacto en el desarrollo de habilidades blandas en los estudiantes y su contribución al bienestar de la comunidad.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

A continuación, se abordan varios aspectos clave que se exponen en subapartados diferenciados: se detallan las pautas fundamentales para el diseño de las propuestas, se llevan a cabo las descripciones de los proyectos de ApS y, por último, se exponen las técnicas adoptadas en la metodología de investigación puramente cualitativa que permiten evaluar la efectividad del ApS.

Diseño de los proyectos

El diseño de los proyectos de ApS se inicia con la fase de identificación de necesidades comunitarias específicas y relevantes que se puedan abordar mediante la Mecánica de Fluidos y sus contenidos curriculares. Esto implica iniciar rondas de contacto con organizaciones comunitarias, profesionales del sector de la ingeniería (con fundamento en áreas de fluidos e hidráulica) y posiblemente otros actores relevantes para identificar problemas reales que los estudiantes puedan ayudar a resolver. Este paso es fundamental para que los proyectos sean técnicamente viables y socialmente relevantes. Por ejemplo, mediante el contacto con comunidades vecinales, se identificaron como problemas relevantes el diseño de sistemas de riego más eficientes en zonas agrícolas o el desarrollo de soluciones para la gestión de aguas residuales en áreas urbanas.

Una vez identificadas estas necesidades, el siguiente paso consiste en la planificación y diseño de los proyectos de ApS, proceso mediante el cual se deben alinear los objetivos de aprendizaje del curso con las aplicaciones prácticas del proyecto. En este punto, es importante asegurar que los proyectos sean desafiantes pero alcanzables, y que ofrezcan a los estudiantes la oportunidad de aplicar y profundizar su comprensión de la Mecánica de Fluidos. Es importante también considerar los recursos disponibles, tanto dentro de la institución educativa como en la comunidad, y planificar cómo se utilizarán de manera efectiva. De forma resumida, se ha considerado el siguiente diagrama de flujo (ver Fig. 1).

Acto seguido, se debe proceder con la ejecución de los proyectos. En esta fase los estudiantes aplican activamente sus conocimientos, por lo que es vital proporcionar un acompañamiento adecuado, tanto académico como de campo, para guiarlos en su trabajo. Para mantener la experiencia dentro del marco del

ApS se debe favorecer una práctica reflexiva y crítica durante todo el proceso puesto que la reflexión es el elemento que facilita la evaluación continua de las diferentes fases (García-Gutiérrez y Ruiz-Corbella, 2020) y asegura la interiorización de los objetivos de aprendizaje curricular (Martínez-Odría, 2007). Los estudiantes deben pensar sobre las experiencias que están viviendo, fomentando así una mayor conciencia de los aspectos sociales de su trabajo en ingeniería (Bringle y Hatcher, 1996). Finalmente, la evaluación de los proyectos debe ser amplia y debe permitir medir el éxito de los proyectos en términos de los objetivos de aprendizaje del curso, considerando, a la vez, el valor añadido a la comunidad (Furco, 1996).

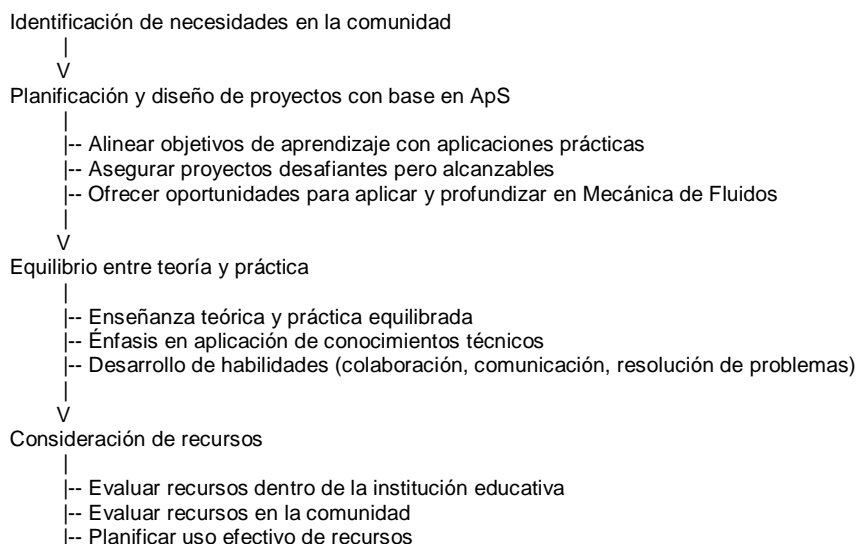


Fig. 1: Diagrama de flujo para la planificación y ejecución de proyectos de ApS en Mecánica de Fluidos

Propuestas de aprendizaje con la metodología ApS

Las propuestas de aprendizaje se diseñaron de acuerdo con la metodología ApS y en base a los preceptos expuestos en el apartado anterior. Estas propuestas fueron concebidas y ejecutadas con la participación activa de cuatro estudiantes de ingeniería que cursan o han cursado recientemente un curso de Mecánica de Fluidos. En concreto, tres de los estudiantes cursaban la asignatura en ese momento y uno de ellos la acababa de terminar incorporándose al proyecto por su propio interés personal en la temática. Además, cada proyecto contó con la colaboración de un profesional del campo de la ingeniería. Estos profesionales aportaron su experiencia y conocimientos específicos, y actuaron como mentores, ofreciendo orientación experta y asegurando que los proyectos mantuvieran coherencia técnica y relevancia práctica. Además, su experiencia en el campo de la ingeniería proporcionó a los estudiantes perspectivas valiosas para fomentar la aplicación de conocimientos en situaciones del mundo real.

Cada proyecto, con una duración de tres meses, se llevó a cabo en un centro de estudios de apoyo educativo, donde el primer autor ofrece asistencia voluntaria ocasionalmente y donde los cuatro estudiantes habían acudido para sesiones de apoyo y de ampliación en un curso de Mecánica de Fluidos. Los estudiantes procedían de una misma universidad situada al sur de la Comunidad de Madrid, si bien de grados distintos. En concreto, dos estudiantes se encontraban matriculados en Ingeniería Mecánica, otro estudiante en Ingeniería Aeroespacial, y otro estudiante en Ingeniería de Tecnologías Industriales. Este entorno con estudiantes de distintas áreas es enriquecedor y proporcionó un espacio ideal para la implementación y el desarrollo de los proyectos de ApS, que se extendieron desde enero de 2022 hasta octubre de 2023, abarcando un periodo temporal significativamente mayor al semestre típico en los estudios universitarios. Esta duración extendida de las actividades permitió una inmersión más profunda en los proyectos, lo que resultó en una comprensión más rica y matizada de la Mecánica de Fluidos y su aplicación práctica. Los estudiantes tuvieron la oportunidad de experimentar el ciclo completo de un proyecto de ingeniería, desde la concepción y diseño hasta la implementación y evaluación, lo que raramente se logra en el marco de un semestre tradicional. Esta experiencia continuada fortaleció su capacidad para manejar proyectos a medio plazo, una habilidad esencial en el mundo profesional de la ingeniería.

Además, las pausas entre cada proyecto se aprovecharon para realizar protocolos de investigación y evaluación, lo que proporcionó a los estudiantes la oportunidad de digerir y reflexionar sobre sus experiencias y aprendizajes. Este tiempo entre proyectos fue importante para que los estudiantes integraran completamente los conocimientos adquiridos y los aplicaran en el siguiente proyecto con un entendimiento más profundo. El carácter complementario de estas actividades con respecto a sus estudios regulares de

universidad también enriqueció su educación general. Los estudiantes pudieron conectar los conceptos teóricos aprendidos en el aula con aplicaciones prácticas en los proyectos de ApS, lo que reforzó su comprensión de la materia y mejoró su capacidad para aplicar el conocimiento en situaciones del mundo real. Este hecho permitió observar y documentar el crecimiento y desarrollo del alumnado a lo largo del tiempo, la evolución de sus habilidades técnicas, su capacidad para el trabajo en equipo y su liderazgo, así como su conciencia social. Además, la interacción continua con los profesionales de la ingeniería durante este período extendido proporcionó a los estudiantes valiosas lecciones sobre el trabajo de campo, incluyendo el manejo de imprevistos, la adaptabilidad y la innovación.

A continuación, se describen cada uno de los proyectos integrados en la metodología ApS. La descripción de cada uno de ellos se realiza de manera general en este documento, proporcionando una visión global que puede ser fácilmente interpretada y adaptada por educadores con experiencia en la enseñanza. Esta estrategia de descripción tiene como objetivo ofrecer una guía flexible que permita a los docentes integrar estas experiencias en sus propios entornos educativos, ajustando los proyectos según las necesidades específicas de sus estudiantes y las características particulares de su contexto de enseñanza.

Tabla 1: Proyecto 1. Análisis y diseño de un sistema de riego eficiente

Descripción	Los estudiantes llevan a cabo un análisis detallado y diseñan en papel un sistema de riego eficiente para una comunidad agrícola. Utilizan principios de Mecánica de Fluidos para optimizar el uso del agua y reducir el desperdicio mediante cálculos y simulaciones teóricas.
Profesionales participantes	Un ingeniero agrónomo y experto en hidráulica proporciona orientación en el diseño, compartiendo conocimientos prácticos y ayudando en la interpretación de los datos.
Contenido de Mecánica de Fluidos	Se enfocan en la dinámica de fluidos, el análisis de flujo en tuberías y canales, y la aplicación de ecuaciones de continuidad y Bernoulli. Se considera la corriente de Poiseuille para el diseño de diámetros de tubería.
Competencias de Ingeniería	Desarrollo de habilidades en diseño de sistemas, análisis y solución de problemas, trabajo en equipo y toma de decisiones basada en evidencia.
Evaluación	Se evalúa la precisión técnica del diseño, la eficiencia en el uso del agua propuesto, y la capacidad de presentar y justificar las decisiones de diseño

Tabla 2: Proyecto 2. Planificación de un sistema de tratamiento de aguas residuales

Descripción	Esta actividad desafía a los estudiantes a planificar un sistema de tratamiento de aguas residuales. Realizan cálculos y simulaciones para determinar el diseño más eficiente y sostenible, aplicando teorías y principios de Mecánica de Fluidos.
Profesionales participantes	Un ingeniero civil - ambiental y especialista en tratamiento de aguas asesora a los estudiantes, aportando perspectivas prácticas y ayudando en la comprensión de los desafíos reales.
Contenido de Mecánica de Fluidos	Se cubren temas como la mecánica de fluidos en sistemas cerrados, análisis de flujo y tratamiento de aguas, y aplicación de principios de flujo laminar y turbulento. Además, se introduce el concepto de flujo en medios porosos mediante la ecuación de Darcy debido a posibles atascos en tuberías.
Competencias de Ingeniería	Fomento de la innovación y el diseño sostenible, habilidades analíticas, capacidad de síntesis y presentación de soluciones técnicas.
Evaluación	Basada en la viabilidad técnica del plan, la innovación en el diseño y la calidad de la presentación del proyecto.

Tabla 3: Proyecto 3. Optimización de un sistema de distribución de agua urbano

Descripción	Los estudiantes trabajan en el análisis y optimización de un sistema de distribución de agua urbano existente. Utilizan cálculos y modelos teóricos para proponer mejoras en eficiencia y reducción de pérdidas.
Profesionales participantes	Una ingeniera civil experta en sistemas hidráulicos colabora, proporcionando conocimientos especializados y asesoramiento en la aplicación práctica de los conceptos.
Contenido de Mecánica de Fluidos	Se concentran en el análisis de redes de distribución de agua, cálculos de pérdidas de carga y aplicación de ecuaciones de flujo en tuberías.
Competencias de Ingeniería	Desarrollo de habilidades en planificación urbana, análisis crítico, solución de problemas complejos y comunicación efectiva de ideas técnicas.
Evaluación	Basada en la efectividad de las propuestas de optimización, la precisión de los cálculos y la claridad en la presentación de los resultados y recomendaciones.

Uno de los primeros retos en la ejecución de los proyectos consiste en la obtención de datos reales y fiables que puedan ser utilizados para los cálculos y simulaciones. En el caso del diseño de sistemas de riego, por ejemplo, es crucial tener datos precisos sobre las condiciones del suelo, las necesidades de agua de diferentes cultivos, y las variables climáticas de la región. Obtener estos datos puede ser complicado, especialmente si no se cuenta con la colaboración directa de las comunidades o entidades que poseen esta

información. En este sentido, se nos proporcionaron datos concretos sobre las necesidades de abastecimiento de riego en una zona agrícola en una localidad al sur de Madrid. Esta zona se abastece mediante pozos de donde se extrae agua a un estanque, y con la llegada del cambio climático, estos pozos se encuentran en una situación de extrema sequía dando lugar a un estanque de agua prácticamente vacío (ver Fig. 2). De esta forma, se hace preciso construir un sistema de riego que permita acondicionar el espacio agrícola favoreciendo así a cuatro propietarios de huertas que emplean sus productos para consumo personal y para la venta en mercados locales.



Fig. 2: Situación del depósito a cielo abierto (estanque de agua de regadío) y las huertas de la zona al fondo de la imagen

Por otro lado, la planificación de sistemas de tratamiento de aguas residuales requiere datos específicos sobre la composición de estas aguas, las tasas de flujo y las regulaciones ambientales locales. Estos datos no siempre son fácilmente accesibles y pueden requerir una extensa investigación o colaboraciones con organismos locales o empresas especializadas en tratamiento de aguas. En este sentido, se destaca que el profesional colaborador introdujo el conjunto de datos obtenidos de unos de los proyectos en los que, en ese momento, se encontraba trabajando. Además, el proyecto pretendió dar servicio a una comunidad de vecinos que solían quejarse de los olores en la zona debidos a un incorrecto drenaje en las aguas (ver Fig. 3).



Fig. 3: Situación de las tuberías de drenaje de aguas residuales. Se observa la pendiente inadecuada en las tuberías señaladas en color verde

Se elaboraron posibles causas raíces de este problema. Gracias al empleo de una cámara boroscópica proporcionada por el profesional se pudo observar que varias tuberías se encontraban dañadas en el subsuelo

(ver Fig. 4) y se concluyó sobre una ineficiente pendiente en las tuberías (ver Fig. 3), además de un incorrecto diseño en el tamaño de algunos restrictos empleados para conectar el sistema de aguas de la comunidad de vecinos con el sistema de residuos del ayuntamiento de la localidad. Con las ecuaciones de flujo en tuberías, se elaboraron nuevos modelos de diámetro y longitud; se hizo un estudio de optimización de la línea para evitar caídas de presiones innecesarias y se eligieron los materiales adecuados para asegurar una compatibilidad óptima con las condiciones del terreno. Los resultados de este proyecto fueron especialmente relevantes y fueron entregados a la comunidad de vecinos para su conocimiento sobre una potencial mejora futura en el tratamiento de sus aguas residuales.

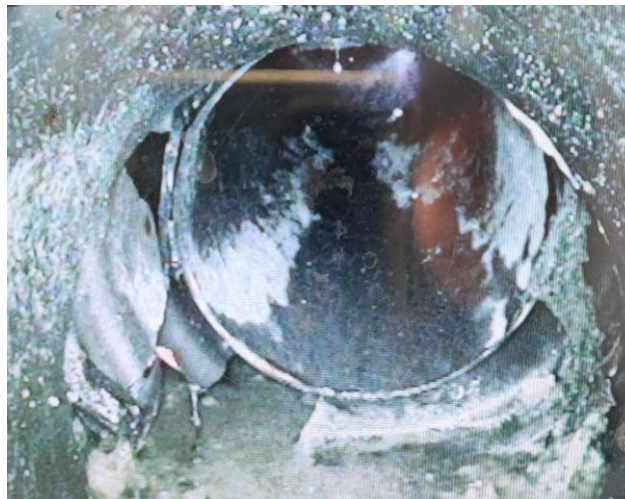


Fig. 4: Observación de la cámara boroscópica. Puede observarse el daño de la tubería siendo la materia gris de alrededor el subsuelo.

En relación con el tercer proyecto, y para la optimización de sistemas de distribución de agua urbana, los estudiantes necesitaban del acceso a datos detallados sobre la infraestructura hidráulica existente, incluyendo la longitud y diámetro de las tuberías, las tasas de flujo y las historias de mantenimiento y fallos. Este tipo de información a menudo está controlada por entidades gubernamentales o empresas privadas y fue difícil de obtener debido a restricciones de seguridad o confidencialidad. No obstante, se efectuó una búsqueda bibliográfica y, con la ayuda del profesional que colaboró, se elaboraron datos realistas de entornos urbanos en base a información obtenida de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS).

Metodología de investigación

Para captar la profundidad y complejidad de las experiencias, las percepciones y las opiniones de los estudiantes y de los profesionales involucrados en los proyectos de ApS, y para comprender los impactos en la comunidad, se opta por un enfoque de investigación cualitativo puro. De hecho, cada vez es más común el uso de métodos y técnicas cualitativas en investigaciones educativas, ya que la educación se empieza a concebir como una acción integral y contextualizada (García-Domingo y Quintanal-Díaz, 2018). En el caso concreto de las experiencias de ApS, este enfoque permite una comprensión detallada y matizada de los procesos de aprendizaje y los efectos sociales que produce, más allá de lo que los métodos cuantitativos podrían revelar. Por ello, desde la literatura científica, se percibe una prevalencia de las investigaciones cualitativas en torno al ApS puesto que este enfoque favorece el análisis desde una perspectiva más amplia, abarcando todas sus dimensiones y la diversidad de las variables sujetas a estudio (Redondo-Corcobado y Fuentes, 2020).

De este modo, se realizan entrevistas semiestructuradas y grupos focales como herramientas principales de recopilación de datos. Las entrevistas semiestructuradas son particularmente valiosas por su flexibilidad, permitiendo explorar a fondo las experiencias y percepciones de los estudiantes y de los miembros de la comunidad (Creswell y Creswell, 2022). Estas entrevistas están guiadas por preguntas preparadas, pero abiertas a nuevas direcciones que surjan durante la conversación, facilitando que los participantes expresen sus pensamientos y experiencias de manera reflexiva. Por otra parte, los grupos focales proporcionan un espacio para la discusión e interacción entre los participantes, generando ideas y perspectivas colectivas (Krueger y Casey, 2014). Esta técnica es especialmente útil para explorar cómo los estudiantes trabajan y aprenden juntos, cómo esta experiencia afecta a su desarrollo personal y profesional, y cómo perciben colectivamente su impacto en la comunidad. En este último caso, las entrevistas a los profesionales proporcionan perspectivas valiosas sobre la relevancia y el impacto de los proyectos en la comunidad. Por último, el análisis de contenido se aplica a cualquier material escrito o visual producido por el alumnado, como

informes de proyectos y reflexiones escritas. Este análisis ayuda a identificar temas, patrones y tendencias en estos materiales, ofreciendo una visión adicional de cómo los estudiantes han integrado y aplicado sus conocimientos de Mecánica de Fluidos en contextos reales.

Para asegurar la rigurosidad y validez del estudio, se emplean estrategias como la triangulación, utilizando múltiples fuentes de datos y métodos de análisis, lo que contribuye a una mejor comprensión de los datos y permite refinar y verificar la consistencia de los hallazgos (Creswell y Creswell, 2022; Denzin y Lincoln, 2018). Además, la reflexión y el diálogo continuo entre los investigadores serán clave para interpretar los datos de manera precisa y equitativa.

Es importante reconocer que, aunque el número de participantes en las entrevistas y grupos focales es reducido, este enfoque es coherente con la naturaleza profunda y exploratoria de la investigación cualitativa (Patton, 2015). Para garantizar el rigor y la validez de los datos recopilados, las entrevistas semiestructuradas se han diseñado cuidadosamente siguiendo las pautas de Kvale y Brinkmann (2009), incorporando preguntas abiertas que abordan las experiencias personales. En relación con la efectiva aplicación de los conceptos teóricos, se ha llevado a cabo una observación constante y detallada de cómo los estudiantes integran estos conocimientos en los contextos prácticos planteados. Esta observación es un mecanismo válido y con elevado interés educativo que forma parte de un proceso de evaluación observacional y basado en lo procesual. Por otro lado, también se indican a continuación las preguntas abiertas que se siguieron durante las entrevistas y cuyos resultados se indican en los siguientes apartados de este trabajo:

En el Proyecto 1, a los estudiantes se les preguntó: "¿Cómo ha influido esta actividad en su comprensión de la aplicación práctica de la dinámica de fluidos?" y "¿Qué desafíos encontró al trabajar en este proyecto y cómo los superó?". A los profesionales se les plantearon preguntas como: "¿Cuál es su percepción sobre la participación de los estudiantes en este proyecto y cómo cree que les beneficia?" y "¿Qué recomendaciones daría para mejorar la formación de los estudiantes en proyectos similares?". En el Proyecto 2, las preguntas dirigidas a los estudiantes incluyeron: "¿Cómo ha contribuido este proyecto a su comprensión de los principios de flujo laminar y turbulento?" y "¿Qué aspectos del proyecto encontraron más desafiantes y por qué?". A los profesionales se les preguntó: "¿Cómo evalúa la creatividad y la capacidad técnica demostrada por los estudiantes en sus diseños?" y "¿Qué aspectos podrían mejorar los estudiantes para alinear sus propuestas con las regulaciones ambientales?". Finalmente, en el Proyecto 3, se formularon a los estudiantes: "¿De qué manera ha fortalecido este proyecto sus habilidades en el manejo de datos y aplicación de ecuaciones de flujo?" y "¿Qué desafíos encontraron al trabajar con datos reales y cómo afectó esto a su aprendizaje?". A los profesionales se les preguntó: "¿Cómo valora el abordaje técnico de los estudiantes en el diseño de sistemas de distribución de agua?" y "¿Qué aspectos adicionales deberían considerar los estudiantes para mejorar sus propuestas?". Estas preguntas fueron diseñadas para captar las experiencias, percepciones y opiniones de los estudiantes y profesionales involucrados en cada proyecto específico, asegurando así una recolección de datos para el análisis del impacto de los proyectos de ApS.

RESULTADOS

A continuación, se exponen los resultados obtenidos tras la aplicación de las técnicas cualitativas descritas en el apartado anterior en el contexto de las experiencias desarrolladas. Cabe recalcar que en las entrevistas se abordaron temas específicos, pero también se dejó espacio para que los participantes compartieran sus pensamientos y experiencias libremente, lo que permitió revelar perspectivas valiosas que no habrían surgido en un formato de entrevista más rígido.

Los grupos focales con los estudiantes proporcionaron otra dimensión de datos, alentando la discusión y el intercambio de ideas entre los participantes. Estos grupos se centraron en temas como los desafíos enfrentados durante los proyectos, la aplicación práctica de la teoría, y el trabajo en equipo. Las dinámicas de grupo a menudo generaron debates ricos y revelaron cómo los estudiantes interactuaban y aprendían unos de otros, lo que aportó una perspectiva colectiva a la experiencia de aprendizaje.

Además, se realizó un análisis de contenido de los materiales generados por los estudiantes, como informes de proyecto y reflexiones escritas. Este análisis ayudó a identificar patrones y temas comunes de cómo los estudiantes aplicaron sus conocimientos de Mecánica de Fluidos en situaciones prácticas. La revisión de estos documentos proporcionó una visión de la profundidad de su comprensión y de la manera en que integraron la teoría con la práctica. Por último, la triangulación de datos fue una técnica esencial para garantizar la fiabilidad de los resultados. Combinando y comparando los datos obtenidos de diferentes fuentes y técnicas (entrevistas, grupos focales y análisis de contenido), se pudo obtener una imagen más completa, precisa y fidedigna de la experiencia de aprendizaje de los estudiantes y del impacto de los proyectos de ApS. Esta aproximación multidimensional aseguró que los hallazgos fueran robustos y representativos de las diversas experiencias y perspectivas de los participantes.

Para condensar las retroalimentaciones recibidas por parte de los estudiantes y profesionales, se siguió un proceso metódico: una vez recopilados, los datos fueron revisados minuciosamente para identificar temas, patrones y tendencias comunes. Este paso implicó un proceso iterativo de lectura y relectura de las transcripciones de las entrevistas y las notas de los grupos focales, junto con una evaluación detallada de los informes y reflexiones escritas. La intención era profundizar en los datos para entender las experiencias, percepciones y aprendizajes de los participantes en todos los aspectos del proyecto. La síntesis de los datos fue un paso fundamental para llegar a conclusiones significativas. Se buscó destilar la esencia de los extensos datos en puntos clave que reflejaran las experiencias y opiniones más relevantes de estudiantes y profesionales. Esta síntesis implicó la identificación de los comentarios y observaciones más frecuentes y significativos, así como la interpretación de cómo estos se relacionaban con los objetivos de aprendizaje del curso y los objetivos de los proyectos. Finalmente, para garantizar la precisión y la representatividad de las retroalimentaciones resumidas, se utilizó la técnica de triangulación como se ha mencionado.

Como es habitual en este tipo de investigaciones, se recogieron los consentimientos informados por parte de los participantes y se mantuvieron en todo momento las condiciones de anonimidad habituales a la hora de plantear los resultados en línea con el tratamiento y custodia de los datos en investigación. A continuación, se resumen de forma estructurada cada uno de los resultados y de las retroalimentaciones recibidas.

Resultados del Proyecto 1: diseño de un sistema de riego eficiente

Resultados de entrevistas y grupos focales con el alumnado: los estudiantes expresaron que esta actividad les ayudó a entender mejor la aplicación práctica de la dinámica de fluidos. Un estudiante indicó: "Esta actividad me ayudó a comprender mejor cómo se aplica la mecánica de fluidos en situaciones reales. Nunca me había parado a pensar cómo las condiciones del suelo y el clima pueden afectar tanto a los sistemas de riego" (Estudiante 1). Otro estudiante señaló: "Esta actividad me permitió ver más allá del aula y entender la ingeniería práctica. Al igual que algunos de mis compañeros, tuve problemas al principio para entender los datos, lo que me hizo darme cuenta de la necesidad de más preparación en esta área" (Estudiante 2). De los cuatro estudiantes participantes solo se exponen dos respuestas ya que las otras dos restantes inciden en lo mismo. Los estudiantes destacaron que la necesidad de considerar factores reales, como las condiciones del suelo y climáticas, les proporcionó una perspectiva más amplia sobre los desafíos de la ingeniería en el mundo real. Un estudiante mencionó dificultades en la interpretación inicial de los datos, lo que sugiere una necesidad de mayor preparación en análisis de datos y aplicación de teorías a casos prácticos.

Entrevista con el profesional: el ingeniero agrónomo involucrado en la actividad enfatizó la importancia de una comprensión holística de los sistemas de riego. Apreció el esfuerzo de los estudiantes por integrar múltiples variables en sus diseños indicando que: "Este tipo de actividades les hacen ver (a los estudiantes) la importancia social de la ingeniería y la complejidad de integrar variables de diseño en un producto final". Además, indicó que algunas de las actividades en el marco del proyecto carecían de viabilidad a largo plazo ya que los estudiantes todavía no poseían una mínima experiencia en proyectos profesionales. Recomendó una mayor colaboración con expertos en etapas tempranas de la formación reglada para una mejor alineación con las prácticas reales de la profesión, tal como se presenta en el siguiente fragmento: "Pienso que es importante que los estudiantes de ingeniería conozcan de primera mano y en fases tempranas de su formación cómo se trabaja en una empresa de ingeniería, sus problemas, sus dificultades para ejecutar proyectos, así como su influencia en la sociedad".

Resultados del Proyecto 2: planificación de un sistema de tratamiento de aguas residuales

Resultados de entrevistas y grupos focales con el alumnado: Los estudiantes reflejaron un aumento en su comprensión de cómo los principios de flujo laminar y turbulento se aplican en el tratamiento de aguas. De esta manera, uno de los alumnos indicó que: "La actividad me ayudó a entender mucho mejor los principios de flujo laminar y turbulento en el contexto del tratamiento de aguas" (Estudiante 4). En esa misma línea, otro estudiante señaló: "La experiencia me dejó ver cómo los principios de flujo laminar y turbulento son muy importantes en el tratamiento de aguas" (Estudiante 2). De este modo, la mayoría encontró desafiante pero gratificante el proceso de traducir conceptos teóricos en soluciones prácticas. Algunos expresaron que les gustaría tener más oportunidades para discutir sus ideas con los profesionales a lo largo del proyecto, tal como revela el siguiente fragmento: "Aunque tuve dificultades al principio, la idea de aplicar conceptos teóricos a soluciones prácticas me llamó la atención. Me hubiera gustado tener más tiempo para discutir nuestras ideas con el profesional durante el proyecto" (Estudiante 3).

Entrevista con el profesional: el ingeniero civil-ambiental resaltó la creatividad en los diseños de los estudiantes y su capacidad para abordar problemas complejos. "Son estudiantes jóvenes y de talento. La ingeniería futura necesita de ingenieros jóvenes que observen los problemas desde diferentes ángulos". Sin embargo, señaló que algunos diseños no tenían en cuenta todas las regulaciones ambientales vigentes.

Sugirió que el alumnado debería tener un conocimiento más profundo de los marcos regulatorios antes de embarcarse en este tipo de proyectos. “Los diseños son creativos, pero en algún caso no es viable por cuestiones ambientales o de regulación. Por ejemplo, se propuso instalar válvulas antirretorno para evitar que la rotura de la tubería hiciera daño en las viviendas, pero esto no es algo factible si no se soluciona el problema de rotura”.

Resultados del Proyecto 3: optimización de un sistema de distribución de agua urbano

Resultados de entrevistas y grupos focales con el alumnado: los estudiantes indicaron que la actividad había fortalecido sus habilidades en el manejo de grandes volúmenes de datos y en la aplicación de ecuaciones de flujo en escenarios complejos. Mencionaron que trabajar con datos reales les proporcionó una valiosa experiencia en la gestión de incertidumbres y supuestos. Sin embargo, algunos expresaron la necesidad de tener un acceso más directo a datos actualizados y completos para mejorar sus análisis. Así, un estudiante resumía lo siguiente: “Esta actividad me ayudó mucho a gestionar grandes cantidades de datos. Trabajar con datos reales fue difícil, creo que sería genial tener acceso a datos más actualizados para mejorar nuestros análisis” (Estudiante 3). En esta misma línea, otro alumno expresó que “Usar datos reales permite entender cómo gestionar incertidumbres, pero creo que faltó tener datos más actualizados” (Estudiante 1).

Entrevista con la profesional: la ingeniera civil elogió la capacidad de los estudiantes para abordar aspectos técnicos del diseño de sistemas de distribución de agua. “Se nota que [los alumnos] han trabajado bastante los conceptos teóricos de flujos”. Sin embargo, sugirió que los estudiantes deberían también considerar los aspectos económicos y sociales en sus propuestas de optimización, enfatizando la necesidad de soluciones sostenibles y económicamente viables, como se muestra en este fragmento de la entrevista: “[...] no obstante, se trata de introducir aspectos de la realidad de los proyectos en ingeniería hidráulica en la formación de los futuros ingenieros. Por ejemplo, cuestiones como la viabilidad económica o la sostenibilidad ambiental.”

Autoevaluación de la experiencia

Una vez realizada la experiencia, se ha llevado a cabo una autoevaluación del proceso en base a una rúbrica desarrollada por El Grup de Recerca en Educació Moral (GREM) de la Universitat de Barcelona específicamente diseñada para proyectos con base en ApS. De esta forma, se pretende identificar puntos fuertes y débiles, que además faciliten el debate (Puig et al., 2017). Esta rúbrica, dividida en dinámicos básicos, pedagógicos y organizativos, consta de doce aspectos a evaluar, cada uno con cuatro niveles de desarrollo. Los aspectos básicos incluyen necesidades, servicio, sentido del servicio y aprendizaje. Los aspectos pedagógicos abarcan participación, trabajo en grupo, reflexión, reconocimiento y evaluación. Los organizativos se centran en partenariado y consolidación en centros y entidades. Para una definición exacta de cada uno de los ítems de la rúbrica, se refiere al lector al trabajo original. La autoevaluación de proyectos permite detectar fortalezas y áreas de mejora, y los resultados suelen presentarse en gráficos de araña para facilitar su comprensión y análisis.

Los resultados obtenidos tras la aplicación de dicha rúbrica (Puig et al, 2017) a la experiencia desarrollada indican que las necesidades dentro del proyecto fueron decididas, ya que los participantes, junto con los educadores, determinaron las necesidades sobre las que querían actuar mediante el análisis de diferentes problemáticas. El servicio se consideró complejo, dado que es de duración prolongada y permite adquirir experiencia y destreza en tareas de notable complejidad, requiriendo alta exigencia e implicación. El sentido del servicio fue transformador, con participantes que no solo respondieron a una necesidad y fueron conscientes de su dimensión social, sino que también percibieron los límites de cualquier servicio que no incluya acción política.

En cuanto al aprendizaje, este fue útil, ya que los aprendizajes planificados y las actividades formativas estuvieron estrechamente relacionadas con el servicio, mejorando así la calidad de la intervención. La participación fue liderada, con los participantes tomando el rol de promotores y responsables del proyecto, interviniendo en todas sus fases y decidiendo sobre los aspectos relevantes. El trabajo en grupo se caracterizó como cooperativo, con un proceso de trabajo interdependiente en el que los participantes articularon aportaciones complementarias para alcanzar un objetivo común. La reflexión fue productiva, implicando a los participantes en actividades de síntesis o creación que produjeron nuevas aportaciones a la comunidad. El reconocimiento alcanzó una dimensión pública, dado que la actividad se dio a conocer a la ciudadanía o fue agradecida y difundida por su valor cívico.

La evaluación fue conjunta, con participantes y educadores interviniendo activamente en diferentes momentos del proceso. En el aspecto organizativo, el partenariado fue pactado, implicando al menos dos organizaciones que acordaron conjuntamente las condiciones de aplicación del proyecto, aunque diseñado por una de ellas. La consolidación de centros alcanzó el nivel de identitaria, indicando que el ApS forma parte de la cultura del

centro. Finalmente, la consolidación de entidades se considera como incipiente, ya que el ApS cuenta con limitada experiencia en la institución y solo se disponen de experiencias concretas sin una cultura de trabajo permanente (ver Fig. 5).

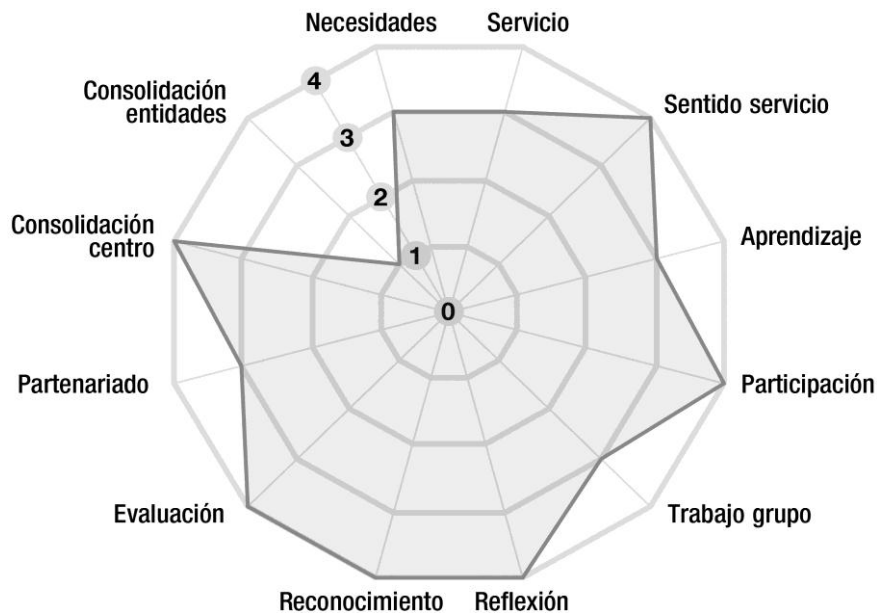


Fig. 5: Gráfico de araña de la autoevaluación de la experiencia

DISCUSIÓN

Uno de los aspectos más significativos ha sido la efectiva aplicación de conceptos teóricos de Mecánica de Fluidos en contextos prácticos. Los estudiantes han sido capaces de identificar los contenidos teóricos y han podido aplicar estos conocimientos en el diseño y análisis de sistemas reales. Esto sugiere que la combinación de enseñanza teórica con proyectos prácticos de ApS es una estrategia eficaz para mejorar la comprensión y retención del conocimiento, en línea con las investigaciones previas de Cabana et al. (2024), Eyer y Giles (1999) y Felten y Clayton (2011). Sin embargo, los resultados también indican ciertas áreas donde se requiere mayor enfoque.

Uno de los retos mencionados repetidamente por los estudiantes fue la dificultad en la interpretación y aplicación de datos reales. Esto sugiere la necesidad de fortalecer la formación en análisis de datos y habilidades de interpretación tal como se realiza en la profesión de la ingeniería. Cabe destacar que las actividades propuestas ayudan a profesores y estudiantes a aprender las prácticas de ingenieros, además del trabajo en grupo, de manera que pueden usarlas fuera del aula, en línea con Kolodner et al. (2003). Una posible línea de mejora sería la incorporación de más sesiones prácticas o talleres centrados en el manejo y análisis de datos por parte de formadores especializados que puedan instruir a los aprendices en cómo gestionar situaciones problemáticas como sugiere Peng et al. (2021).

Otra área de mejora es la integración de consideraciones más amplias, como aspectos económicos, sociales y regulatorios en los proyectos. Aunque los alumnos mostraron competencia en los aspectos técnicos, los profesionales señalaron la necesidad de una comprensión más holística de los proyectos de ingeniería (Bielefeldt et al., 2010). Para abordar esta problemática, se podrían incluir módulos o conferencias que cubran estos aspectos, o incluso incorporar la colaboración con estudiantes de otras disciplinas, como economía o ciencias sociales, para fomentar un enfoque interdisciplinario, como apuntan Froyd et al (2012), quienes señalan la amplia educación necesaria para comprender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global, económico, ambiental y social. La retroalimentación de los profesionales también destaca la importancia de la viabilidad y sostenibilidad a largo plazo en los proyectos de diseño. Esto sugiere que los futuros proyectos de aprendizaje-servicio deberían incluir una evaluación más rigurosa de la sostenibilidad y la viabilidad a largo plazo, potencialmente mediante la incorporación de métodos de evaluación como el análisis del ciclo de vida o estudios de impacto ambiental (Finnveden et al., 2009).

En la evaluación de las experiencias, que se llevó a cabo siguiendo a Puig et al. (2017), se obtuvieron resultados significativos. En primer lugar, las necesidades fueron decididas de manera colaborativa, lo que asegura un compromiso genuino por parte de los participantes. El servicio se consideró complejo, dado que es de duración prolongada y permite adquirir experiencia y destreza en tareas de notable complejidad,

requiriendo alta exigencia e implicación. El sentido del servicio fue transformador, con participantes que no solo respondieron a una necesidad y fueron conscientes de su dimensión social, sino que también percibieron los límites de cualquier servicio, en línea con experiencias y propuestas ya indicadas por Bringle y Hatcher (1996) y Rutti et al. (2016). En cuanto al aprendizaje, este fue útil, ya que los aprendizajes planificados y las actividades formativas estuvieron estrechamente relacionadas con el servicio, mejorando así la calidad de la intervención (Yorio y Ye, 2012). La participación fue liderada, con los participantes tomando el rol de promotores y responsables del proyecto, interviniendo en todas sus fases y decidiendo sobre los aspectos relevantes, del mismo modo que otros trabajos previos, como el elaborado por Geller et al. (2016). El trabajo en grupo se caracterizó como cooperativo, con un proceso de trabajo interdependiente en el que los participantes articularon aportaciones complementarias para alcanzar un objetivo común, aspecto éste de relevancia en los proyectos con base en ApS, de acuerdo con las investigaciones de Martínez (2008) y Zainuri y Huda (2023),

CONCLUSIONES

Destacamos en esta conclusión, el grado de cumplimiento de los objetivos introduciendo aspectos de los resultados. En relación con el primer objetivo («Diseñar proyectos de ApS relevantes y prácticos»), los proyectos desarrollados —diseño de sistemas de riego eficientes, planificación de tratamientos de aguas residuales y optimización de sistemas de distribución de agua urbana— abordaron problemas reales de ingeniería y se alinearon estrechamente con los contenidos del curso. Esto permitió a los estudiantes aplicar directamente sus conocimientos teóricos en contextos prácticos, fortaleciendo su aprendizaje y comprensión de la materia.

Respecto al segundo objetivo («Implementar y monitorear los proyectos de ApS»), la colaboración efectiva entre estudiantes y profesionales fue clave. Los alumnos recibieron orientación y apoyo continuo, lo que facilitó un ambiente de aprendizaje enriquecedor. Según las respuestas de los participantes, enfrentaron desafíos que fortalecieron sus competencias técnicas y prácticas, como manejar datos reales y considerar factores climáticos y regulaciones ambientales, superando dificultades iniciales y reconociendo la necesidad de mayor preparación en ciertas áreas. En cuanto al tercer objetivo («Recopilar y analizar la retroalimentación del alumnado y de los profesionales»), la recopilación de datos a través de entrevistas y grupos focales permitió evaluar la efectividad de la metodología. Los estudiantes expresaron que la experiencia les ayudó a entender mejor la aplicación práctica de la mecánica de fluidos y a valorar la importancia de factores reales en el diseño. Los profesionales valoraron la creatividad y el esfuerzo de los estudiantes, aunque señalaron la necesidad de mayor experiencia práctica y conocimiento de marcos regulatorios.

En síntesis, la implementación de proyectos de ApS en el curso de Mecánica de Fluidos ha demostrado ser una estrategia educativa eficaz. Al alinear los objetivos académicos con necesidades reales, se promovió el desarrollo de competencias técnicas y sociales en los estudiantes, preparándolos como profesionales competentes y ciudadanos comprometidos con su entorno.

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a los profesionales en activo que han colaborado en este trabajo y a los estudiantes por su implicación, en muchas ocasiones muy por encima de lo esperado.

DECLARACIÓN DE INTERESES Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

Los autores declaran no tener relación comercial con otras personas u organizaciones que pudiera ser declarada como conflicto de intereses. Igualmente, no existen fuentes de financiación que comprometan la veracidad de los resultados o que puedan influir de manera inapropiada en ellos.

LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDADES Y USO DE IA

Se declara que todas las afirmaciones, opiniones y datos contenidos en este artículo son responsabilidad exclusiva de sus autores, y no del CIT ni de sus editores. En particular declaran que, en el texto, figuras, tablas y todas las secciones del artículo no se ha hecho uso de herramientas de inteligencia artificial (IA) por lo que los textos se consideran propios de los autores, para efectos de propiedad intelectual. Por ello liberan de toda responsabilidad ética y legal a los editores y al CIT.

REFERENCIAS

Ash, S. L., y Clayton, P. H., The articulated learning: an approach to guided reflection and assessment, *Innovative Higher Education*, ISSN 07425627, 29(2), 137-154 (2004)

Ausín, V., Abella, V., Delgado, V., y Hortigüela, D., Aprendizaje basado en proyectos a través de las TIC: una experiencia de innovación docente desde las aulas universitarias, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062016000300005>, *Form. Univ.*, 9(3), 31-38 (2016)

- Bielefeldt, A. R., Paterson, K. G., y Swan, C. W., Measuring the value added from service learning in project-based engineering education, *International Journal of Engineering Education*, ISSN-e 0949-149X, 26(3), 535-546 (2010)
- Bielefeldt, A. R., y Pearce, J. M., Service Learning in Engineering, in *Convergence: Philosophies and Pedagogies for Developing the Next Generation of Humanitarian Engineers and Social Entrepreneurs* by T. H. Colledge, 24-52, *The International Journal for Service Learning in Engineering: Humanitarian Engineering and Social Entrepreneurship (IJSLE)*, ISBN: 978-0-615-60997-3, USA (2012)
- Bringle, R. G., y Hatcher, J. A., Implementing Service Learning in Higher Education, <https://doi.org/10.1080/00221546.1996.11780257>, *The Journal of Higher Education*, 67(2), 221-239 (1996)
- Cabana, S. R., Cortés, F. H., Vega, D. L., y Rojas, J. C., Diseño de un programa académico orientado al desarrollo integral de competencias de estudiantes de ingeniería de la Universidad de La Serena (Chile), <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062024000100081>, *Form. Univ.*, 17(1), 81-92 (2024)
- Collazos, C. A., Otero, H. R., Isaza, J. J., y Mora, C., Enseñanza de la electrostática por medio de la construcción de prototipos de bajo costo y el aprendizaje basado en proyectos, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062016000200013>, *Form. Univ.*, 9(2), 115-122 (2016)
- Creswell, J. W., y Creswell, J. D., *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 6th edition, Sage Publications, ISBN: 978-1071817940, Thousand Oaks, USA (2022)
- Denzin, N. K., y Lincoln, Y. S., *Handbook of qualitative research*, 5ª Ed., Sage Publications, ISBN: 9781483349800, Thousand Oaks, USA (2018)
- Eyler, J., y Giles, D. E., *Where's the Learning in Service-Learning?*, 1st edition, Jossey-Bass, ISBN: 978-0787944834, Hoboken, USA (1999)
- Felten, P., y Clayton, P. H., Service-learning, <https://doi.org/10.1002/tl.470>, *New Directions for Teaching and Learning*, (128), 75-84 (2011)
- Finnveden, G., Hauschild, M. Z., y otros siete autores, Recent developments in life cycle assessment, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.018>, *Journal of Environmental Management*, 91(1), 1-21 (2009)
- Froyd, J. E., Wankat, P. C., y Smith, K. A., Five major shifts in 100 years of engineering education, <https://doi.org/10.1109/JPROC.2012.2190167>, *Proceedings of the IEEE*, 100, Special Centennial Issue, 1344-1360 (2012).
- Furco, A., Service-Learning: A Balanced Approach to Experiential Education, *Service Learning, General*, 128 (1996)
- García-Domingo, G., y Quintanal-Díaz, J., Fundamentos de la investigación, in *Fundamentos básicos de metodología en investigación educativa* by J. Quintanal Díaz y G. García Domingo (coords.), 11-30, Editorial CCS, ISBN 978-84-9842-741-7, Madrid, España (2018)
- García-Gutiérrez, J., y Ruiz-Corbella, M., Aprendizaje-servicio y tecnologías digitales: un desafío para los espacios virtuales de aprendizaje, <http://dx.doi.org/10.5944/ried.23.1.25390>, RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 23(1), 31-42 (2020)
- Geller, S. E., Pennington, K. F., y Vogel, J. L., Service-learning as a vehicle for critical reflection in an ethics course, *Teaching Ethics*, ISSN 1544-4031, 16(1), 101-118 (2016)
- Hervani, A., y Helms, M. M., Increasing creativity in economics: The service-learning project, <https://doi.org/10.3200/JOEB.79.5.267-274>, *Journal of Education for Business*, 79, 267-274 (2004)
- Kiely, R., A transformative Learning Model for Service-Learning: A Longitudinal Case Study, *Michigan Journal of Community Service Learning*, ISSN 1944-0219, 12(1), 5-22 (2005)
- Kohlbray, P., y Daugherty, J., International Service-Learning: An Opportunity to Engage in Cultural Competence, <https://doi.org/10.1016/j.profnurs.2014.10.009>, *Journal of Professional Nursing*, 31(3), 242-246 (2015)
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., y otros cinco autores, Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting Learning by Design™ into practice, *Journal of the Learning Sciences*, ISSN 10508406, 12(4), 495-547 (2003)
- Krueger, R. A., y Casey, M. A., *Focus Groups: A Practical Guide for Applied Research*, 5ª Ed., Sage Publications, ISBN: 9781483365244, Thousand Oaks, USA (2014)
- Kvale, S., y Brinkmann, S., *InterViews: Learning the craft of qualitative research interviewing*, 2ª Ed., Sage Publications, ISBN: 978-0761925422, Thousand Oaks, USA (2009)
- Martínez, M., *Aprendizaje servicio y responsabilidad social de las universidades*, Octaedro, ISBN: 9788480639699, Barcelona, España (2008)
- Martínez-Odría, A., Service-learning o aprendizaje-servicio: la apertura de la escuela a la comunidad local como propuesta de educación para la ciudadanía, *Bordón. Revista de pedagogía*, ISSN 0210-5934, 59(4) 627-640 (2007)
- Middaugh, E., y Kahne, J., Nuevos medios como herramienta para el aprendizaje cívico, <http://doi.org/10.3916/C40-2013-02-10>, *Comunicar*, 20(40), 99-108 (2013)
- Mitchell, T. D., Traditional vs. Critical Service-Learning: Engaging the Literature to Differentiate Two Models, *Michigan Journal of Community Service Learning*, ISSN 1944-0219, 14(2), 50-65 (2008)

- Patton, M. Q., *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice*, 4ª Ed., Sage Publications, ISBN: 978-1412972123, Thousand Oaks, USA (2015)
- Pen, R. D., Chen, A., y otros tres autores, Diagnosing Data Analytic Problems in the Classroom, <https://doi.org/10.1080/26939169.2021.1971586>, *Journal of Statistics and Data Science Education*, 29(3), 267–276 (2021)
- Puig, J. M., Batlle, R., Bosch, C., y Palos, J., *Aprendizaje servicio. Educar para la ciudadanía*, Octaedro, ISBN: 9788480639019, Barcelona, España (2007)
- Puig, J. M., Martín, X., y Rubio, L., ¿Cómo evaluar proyectos de aprendizaje servicio?, *Voces de la educación*, 2(4), 122–132 (2017)
- Redondo-Corcobado, P., y Fuentes, J.L., La investigación sobre el Aprendizaje-Servicio en la producción científica española: una revisión sistemática, <https://doi.org/10.5209/rced.61836>, *Revista Complutense de Educación*, 31(1), 69-82 (2020)
- Rutti, R. M., LaBonte, J., y otros tres autores, The service learning projects: Stakeholder benefits and potential class topics. <https://doi.org/10.1108/ET-06-2015-0050>, *Education + Training*, 58(4), 422-438 (2016)
- Sartor-Harada, A., Azevedo-Gomes, J., Pueyo-Villa, S., y Tejedor, S., Análisis de las competencias docentes en proyectos de aprendizaje-servicio en la educación superior: La percepción del profesorado, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062020000300031>, *Form. Univ.*, 13(3), 31-42 (2020)
- Tapia, M. N., Calidad académica y responsabilidad social: el aprendizaje-servicio como puente entre dos culturas universitarias, in *Aprendizaje servicio y responsabilidad social de las universidades* by M. Martínez (Ed.), 27-56, Octaedro, ISBN: 978-84-8063-969-9, Barcelona, España (2008)
- Tapia, M. N., El compromiso social en el currículo de la Educación Superior, Clayss, ISBN: 978-987-4487-05-6, Buenos Aires, Argentina (2018)
- Tee, P.L.K., y Kalidas, C.S., Positive impacts of service learning on students' personal outcome and social outcome, https://doi.org/10.1007/978-981-10-0908-2_19, in *Assessment for learning Within and Beyond the Classroom: Taylor's 8th Teaching and Learning Conference 2015 Proceedings* by S. Tang, y L. Logonathan (eds), 211-223, Springer, Singapur, República de Singapur (2016)
- Trilla, J., El Aprendizaje servicio en la pedagogía contemporánea, in *Aprendizaje Servicio (ApS). Educación y compromiso cívico* by J. M. Puig (coord.), 33- 51, Graó, ISBN: 978-84-7827-766-7, Barcelona, España (2009)
- Villalobos-Abarca, M. A., Herrera-Acuña, R. A., Ramírez, I. G., y Cruz, X. C., Aprendizaje basado en proyectos reales aplicado a la formación del ingeniero de software, *Formación Universitaria*, 11(3), 97-112 (2018)
- Yorio, P. L., y Ye, F., A meta-analysis on the effects of service-learning on the social, personal, and cognitive outcomes of learning, <https://doi.org/10.5465/amle.2010.0072>, *Academy of Management Learning y Education*, 11(1), 9-27 (2012)
- Zainuri, A., y Huda, M., Empowering cooperative teamwork for community service sustainability: insights from service learning, <https://doi.org/10.3390/su15054551>, *Sustainability*, 15(5), 4551 (2023)