

ApS en la Educación para la Sostenibilidad: Aplicaciones del caucho reciclado en la Construcción

¹Ferrández, Daniel; ²Marcos-Sánchez, Rafael; ³Zaragoza-Benzal, Alicia; ⁴Curto Rodríguez, Ricardo; ⁵Morón Barrios, Alberto; ⁶Muñiz de la Arena, Antonia
¹ daniel.fvega@upm.es; ² rafael.marcos@unir.net; ³ alicia.zaragoza@upm.es; ⁴ curtoricardo@uniovi.es; ⁵ alberto.moron@upm.es; ⁶ antonia.muniz@unir.net
[¹⁻³⁻⁵]Universidad Politécnica de Madrid, [²⁻⁶] Universidad Internacional de la Rioja, [⁴] Universidad de Oviedo

Resumen— El proyecto de Aprendizaje-Servicio (ApS) desarrollado entre la E.T.S. de Edificación y el colegio Valdecás promueve el reciclaje de neumáticos fuera de uso (NFU) en la construcción. Esta metodología combina el aprendizaje académico con la participación comunitaria, permitiendo a los estudiantes aplicar conocimientos en contextos reales y desarrollar habilidades clave como trabajo en equipo, comunicación y conciencia social. El proyecto utiliza Design Thinking (DT) para fomentar la creatividad en la resolución de problemas. Los estudiantes universitarios analizaron normativas ambientales y evaluaron la viabilidad técnica de la reutilización de NFU, mientras que los de bachillerato diseñaron modelos de negocio sostenibles. Se contó con el apoyo de SIGNUS Ecovalor, que proporcionó materiales y formación. Los resultados mostraron mejoras en el rendimiento académico, motivación y comprensión de la sostenibilidad, además, la interacción entre niveles educativos ha facilitado el acercamiento de los estudiantes de bachillerato a la universidad y fortalecido sus competencias. Se han propuesto soluciones innovadoras para la reutilización de NFU en la construcción, alineadas con la economía circular. El proyecto continúa en desarrollo, con planes de expandir su impacto mediante plataformas online y actividades urbanas, promoviendo una ciudadanía más comprometida con la sostenibilidad y la educación ambiental, y enfocándose en futuras investigaciones y desarrollos en el marco S+T+ARTS.

Palabras Clave— Aprendizaje-Servicio, Sostenibilidad, Construcción, Neumáticos Fuera de Uso (NFU), Educación para la ciudadanía.

Abstract— The Service-Learning (ApS) project developed between the E.T.S. of Building and the Valdecás school promotes the recycling of end-of-life tires (ELTs) in construction. This methodology combines academic learning with community participation, allowing students to apply knowledge in real contexts and develop key skills such as teamwork, communication and social awareness. The project uses Design Thinking (DT) to foster creativity in problem solving. The university students analysed environmental regulations and evaluated the technical feasibility of reusing ELFs, while the high school students designed sustainable business models. Support was provided by SIGNUS Ecovalor, which provided materials and training. The results showed improvements in academic performance, motivation and understanding of sustainability, in addition, interaction between educational levels has facilitated the approach of high school students to university and strengthened their competencies. Innovative solutions have been proposed for the reuse of NFU in construction, aligned with the circular economy. The project continues to develop, with plans to expand its impact through online platforms and urban activities, promoting a citizenship more committed to sustainability and environmental education, and focusing on future research and developments in the S+T+ARTS framework.

Keywords — Service-Learning, Sustainability, Construction, End-of-life tires (ELT), Education for citizenship.

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se aborda una experiencia de Aprendizaje-Servicio (ApS) desarrollada en el curso 2023.24 con estudiantes de la E.T.S. de Edificación y alumnado del Colegio Valdecás, para promover el reciclaje y revalorización de los subproductos del neumático desechado en el sector de la construcción.

El Aprendizaje-Servicio (ApS) es una metodología educativa que integra el aprendizaje desarrollado en el ámbito académico con la participación activa en la comunidad (Lee, 2024). Los estudiantes adquieren conocimientos a través de la educación formal y los ponen en práctica a través de la realización de proyectos y actividades que responden a las necesidades de la sociedad, trabajando de manera activa las competencias específicas y transversales. De esta manera, se postula como una estrategia de gran utilidad para desarrollar habilidades que permitan al alumnado desenvolverse en un posterior entorno laboral con una mayor conciencia social (Pérez Galván y Ochoa Cervantes, 2017). En este enfoque alumnado pone en práctica la iniciativa de aprender haciendo, lo que permite desarrollar habilidades de comunicación, trabajo en equipo, autonomía y responsabilidad. En este sentido, el beneficio es mutuo, ya que el alumnado completa su formación en un contexto práctico real, y la sociedad se nutre de los conocimientos que los y las estudiantes aprenden durante su etapa de formación académica (Palomares Mas, R., 20219).

El ApS es una herramienta poderosa en la educación para la sostenibilidad, ya que permite a los estudiantes conectar los conceptos teóricos sobre el medio ambiente y la sostenibilidad con acciones concretas en su comunidad (Armstrong *et al.*, 2021). Al participar en proyectos que abordan problemas ambientales, como el reciclaje de neumáticos, los estudiantes no solo adquieren conocimientos sobre sostenibilidad, sino que también se convierten en agentes activos de cambio en su entorno. Este enfoque promueve el desarrollo de una conciencia ambiental crítica, el fortalecimiento de valores de responsabilidad social y la creación de soluciones innovadoras para problemas ambientales reales. Al integrar el ApS en programas educativos enfocados en la sostenibilidad, se fomenta una educación transformadora que impulsa a los jóvenes a ser responsables con el cuidado del planeta y a contribuir a la construcción de un futuro más sostenible.

Integrar el Aprendizaje Servicio (ApS) de manera conjunta en universidades y colegios de educación secundaria representa a su vez una oportunidad valiosa para fomentar la colaboración entre diferentes niveles educativos y fortalecer el compromiso social de los estudiantes. Los alumnos de secundaria se benefician del acompañamiento y mentoría de los universitarios, lo que favorece su motivación y el desarrollo de competencias clave, mientras que los universitarios ganan una perspectiva más cercana a las realidades sociales y culturales, enriqueciéndose en su formación académica y humana (Lambert y Gabel, 2003). Este tipo de actividades han sido impulsadas en la E.T.S. de Edificación con proyectos vinculados a promover la eficiencia energética de las edificaciones y obteniendo buenos resultados (Oficina APS-UPM, 2025). Al trabajar en iniciativas reales, como la rehabilitación de edificios, la construcción de infraestructuras ecológicas o la implementación de energías renovables, los estudiantes pueden aplicar soluciones innovadoras que minimicen el impacto ambiental y mejoren la calidad de vida de las comunidades. En este contexto, es de utilidad integrar la metodología Design Thinking (DT) en el aula, como fuente de generación de ideas y reflexión por parte del alumnado. Así, este proyecto presenta como iniciativa mejorar la gestión de los neumáticos fuera de uso (NFU) en las ciudades, buscando aplicaciones para la industria de la construcción y tratando de reducir el consumo de recursos naturales derivado del ejercicio de estas actividades. Por último, algunos autores destacan la utilidad del ApS para alinear la educación hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), a través del diseño de acciones que tengan impacto en las distintas líneas de acción recogidas en la Agenda 2030 (García Laso *et al.*, 2019).

El objetivo de este trabajo es mostrar el desarrollo de una propuesta intercentros desarrollada en el curso 2023-24 para integrar la metodología ApS en el aprendizaje universitario y pre-universitario. Para ello, se tomo como base el problema actual derivado de la gestión de NFU en la Comunidad de Madrid y las grandes ciudades europeas. Así, bajo este contexto de necesidad medioambiental, el alumnado tuvo que buscar potenciales aplicaciones de estas materias primas recicladas y analizar su viabilidad para ser empleadas en el sector de la construcción. Con ello, se buscaba desarrollar el pensamiento crítico del alumnado y el desarrollo de nuevos productos para su empleo en la edificación elaborados bajo criterios de economía circular. Finalmente, se ha buscado desarrollar competencias de investigación, análisis de

información y comunicación efectiva, que permitan diseñar soluciones innovadoras para la sostenibilidad en la construcción.

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de ésta práctica educativa se ha combinado la metodología APS con Design Thinking (DT). El DT se puede definir como un enfoque de co-creación para la resolución de problemas que es dinámico y exploratorio, y que conduce de forma sistemática a la innovación (Guías de Innovación Educativa UPM, 2025). Por tanto, se trata de una herramienta docente que fomenta la generación de ideas y soluciones, y que puede ser vinculada a una temática concreta dentro del aula. Para el caso de esta experiencia, interesaba el diseño de productos y procesos que mejorasen la sostenibilidad en la construcción y contribuyeran a resolver el problema de la gestión de los NFU. Para ello, se llevaron a cabo acciones colaborativas de trabajo en equipo en ambos estadios (universitario y pre-universitario) para que los estudiantes diseñaran las acciones dentro de su Comunidad y aplicando estas materias primas secundarias como requisito.

2.1. Participantes

Para el desarrollo de esta experiencia educativa participaron estudiantes de la E.T.S. de Edificación de Madrid y del colegio Valdecás.

El alumnado de la E.T.S. de Edificación pertenecía al último curso del Doble Grado en Edificación y Administración de Empresas. Más concretamente, estuvo vinculado a los estudiantes de 5º Curso, 2º semestre, de esta titulación que cursaban la asignatura de Políticas Sectoriales (3 ECTS). En dicha asignatura, se engloba un tema final vinculado a “políticas medioambientales”. Estos estudiantes se caracterizan por su mayor autonomía de trabajo e interés por terminar sus estudios universitarios de grado, estando un alto porcentaje de ellos (aprox. 30–50%) realizando prácticas curriculares en empresas constructoras e iniciándose en el ejercicio de la profesión.

El alumnado del colegio Valdecás era de los cursos 1º y 2º de bachillerato, tanto de la vía de ciencias como de ciencias sociales. Se ha vinculado a un proyecto interdisciplinar dentro del centro educativo en el que interactúan estudiantes de las asignaturas Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente con estudiantes que estaban cursando las asignaturas de Economía y Empresa y Diseño de modelos de negocio. Los estudiantes tienen interés en realizar proyectos interdisciplinarios y, especialmente, si interactúan con la universidad, su siguiente etapa educativa.

2.2. Procedimiento

Para el desarrollo del procedimiento hemos seguido las siguientes fases (Hernández et al., 2009):

Identificación y análisis del problema

El proyecto parte de una necesidad social vinculada a la gestión de residuos. Con la entrada en vigor de las nuevas regulaciones europeas el caucho triturado procedente de NFU, este ha perdido su principal nicho de aplicación: el césped artificial en los campos de fútbol. Esto es debido a que según las exigencias actuales estos productos no pueden ser utilizados para tal fin por ser considerados micro plásticos. Así, ante la creciente demanda de neumáticos y la gran cantidad de estos productos que son desechados al año (solo en la UE se producen cerca de 4.5 millones de toneladas al año (Ferrández *et al.*, 2024)), surge la necesidad de buscar alternativas que permitan la recuperación, reciclaje y revalorización de estas materias primas. Para conocer de primer mano el problema, en una primera fase se contactó con la organización SIGNUS Ecovalor, S.L., quienes se mostraron dispuestos a ofrecer su ayuda a través del aporte de material y la impartición de seminarios de formación al alumnado de los centros implicados.

Búsqueda de información

Tanto los estudiantes del Grado como del bachillerato buscaron información para buscar soluciones y plantear sus proyectos. Los estudiantes del Grado investigaron las normativas medioambientales aplicadas a la gestión de residuos de NFU. Posteriormente, realizaron el tratamiento de la información para preparar las presentaciones que ayudará a entender a los estudiantes de bachillerato qué podrían utilizar. Esto fortaleció las habilidades de comunicación de la información, acercándola a un público que no tiene los mismos conocimientos que ellos y que les ayude a prepararse para el mundo laboral, cuando tengan que explicar sus proyectos.

Por su parte, los estudiantes de bachillerato investigarán sobre los conceptos básicos de sostenibilidad, el impacto ambiental de diferentes sectores económicos y estrategias de negocio ecológico. Se enfatizará en la selección crítica de fuentes de información y el desarrollo de habilidades de comunicación efectiva.

Diseño de soluciones y selección

La información de los estudiantes del Grado se presentó a los estudiantes de bachillerato para que, aplicando la metodología de Design Thinking, pensasen en posibles soluciones en la gestión de los residuos NFU y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Estos, mediante un enfoque interdisciplinar y creativo, generaron ideas y evaluaron el impacto económico y social de las soluciones planteadas. Posteriormente, los estudiantes del Grado evaluaron la viabilidad técnica y económica de las diferentes propuestas, estableciendo criterios de selección basados en sostenibilidad y eficiencia. Se seleccionaron las mejores propuestas y se solicitó a los estudiantes de bachillerato que desarrollaran los diferentes proyectos. Los docentes de los dos niveles revisaron las diferentes propuestas y plantearon propuestas de mejora para optimizar su implementación.

Presentación y difusión de los proyectos

Se organizó una visita de los estudiantes de bachillerato a la facultad de Edificación, se visitaron los talleres de dicha facultad (Figura 1).



Figura 1. Visita a los talleres de la facultad de Edificación.

En estas visitas, los estudiantes de grado fueron los encargados de orientar al alumnado de educación secundaria. Esta práctica contribuye a fortalecer la comunidad escolar, promoviendo la solidaridad, el trabajo en equipo y el sentido de pertenencia. Así, el alumnado de instituto tiene menos complejos a la hora de preguntar dudas e inquietudes acerca de la experiencia que se va a desarrollar, así como, los alumnos de grado refuerzan los conceptos aprendidos a transmitirlos (Sánchez Chacón, 2015). Esta visita se realizó al inicio del semestre coincidiendo con el comienzo del proyecto.

También, se presentaron los proyectos de los estudiantes de bachillerato en el Congreso Internacional de Innovación Educativa en Edificación (CINIE 2024) para los estudiantes de la ETSEM (Figura 2).



Figura 2. Presentación de proyectos en el CINIE.

Evaluación, reflexión y celebración

En esta última fase, los estudiantes de ambos niveles educativos realizarán una autoevaluación y coevaluación del trabajo realizado. Reflexionaron sobre los aprendizajes adquiridos y analizaron las dificultades encontradas y las soluciones implementadas. Además, se llevó a cabo un evento de cierre donde se premió el esfuerzo y se reconoció los logros alcanzados. Este espacio sirvió para compartir experiencias, reforzar la motivación y generar nuevas ideas para futuros proyectos colaborativos. Todas

las soluciones planteadas por el alumnado, fueron transmitidas a la organización SIGNUS Ecovalor, S.L., para su revisión y puesta en práctica de aquellas alternativas más plausibles.

3. RESULTADOS

La propuesta metodológica realizada tanto en la ETSEM como en el centro Valdecás ha resultado ser efectiva, todos los estudiantes han mejorado su rendimiento y la adquisición de los conocimientos de la sostenibilidad, la economía circular y la gestión de residuos NFU. Los proyectos interdisciplinares son enriquecedores ya que permiten interactuar, en el entorno educativo, con proyectos más cercanos a la realidad laboral. Así mismo, la conexión entre la etapa preuniversitaria con la universitaria facilita la motivación, especialmente, de los estudiantes de bachillerato ya que tienen contacto con la siguiente etapa y la motivación es elevada.

El proyecto permitió a los estudiantes universitarios aplicar conocimientos adquiridos en el aula a un contexto real, fortaleciendo su capacidad de análisis y resolución de problemas. Asimismo, los estudiantes de bachillerato adquirieron una perspectiva más amplia sobre la sostenibilidad y su relación con diferentes sectores económicos, facilitando su preparación para estudios superiores. Algunas soluciones encontradas como el desarrollo de placas y paneles prefabricados para construcción fueron presentadas a las organización COPADE, con el objetivo de potenciar su aplicación en la industria de la construcción (ver Figura 3).



Figura 3. Imágenes de algunos prefabricados elaborados por el alumnado.

En relación con la adquisición de competencias, a nivel individual, los estudiantes mejoraron su capacidad de investigación, análisis crítico y comunicación efectiva. Los universitarios reforzaron su formación técnica y su capacidad para evaluar la viabilidad de proyectos de gestión de residuos NFU, mientras que los estudiantes de bachillerato potenciaron su capacidad para diseñar y comunicar estrategias empresariales relacionadas con la sostenibilidad.

La colaboración entre ambos niveles educativos fomentó el interés de los estudiantes de bachillerato por la educación superior, proporcionándoles una experiencia cercana al trabajo universitario. Para la universidad, esto representa una oportunidad para atraer futuros estudiantes motivados y concienciados en temas de sostenibilidad.

Uno de los aspectos clave del proyecto es la gestión de residuos de neumáticos fuera de uso (NFU). Los estudiantes universitarios exploraron estrategias para la reutilización de estos materiales en soluciones innovadoras, como pavimentos sostenibles o materiales aislantes. De manera paralela, los estudiantes de bachillerato investigaron modelos de negocio enfocados en la valorización de estos residuos, promoviendo su integración en futuras iniciativas de economía circular.

Además, los resultados obtenidos podrán sentar las bases para su integración en futuros proyectos dentro del marco S+T+ARTS (Science, Technology & the Arts), promoviendo la intersección entre ciencia, tecnología y arte en la creación de soluciones sostenibles. La exploración de aplicaciones creativas y tecnológicas de los NFU permitirá generar innovaciones con impacto ambiental positivo y oportunidades de emprendimiento sostenible.

Se espera que este modelo de trabajo interdisciplinar pueda replicarse en futuras ediciones, mejorando la formación de los estudiantes e impulsando nuevas colaboraciones entre la universidad y centros educativos. Además, el enfoque en la sostenibilidad permitirá que este proyecto se alinee con las tendencias actuales del sector de la edificación y el medioambiente, consolidando nuevas vías para el desarrollo de estrategias de reutilización y aprovechamiento de residuos industriales en la construcción y otros sectores.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos reflejan un alineamiento significativo con los objetivos del proyecto, validando la eficacia de un enfoque interdisciplinar y colaborativo. La literatura sobre aprendizaje basado en proyectos y educación ambiental destaca la importancia de experiencias prácticas y aplicadas para consolidar conocimientos y fomentar el pensamiento crítico. En este sentido, la participación activa de los estudiantes ha facilitado la comprensión de la sostenibilidad desde una perspectiva teórica y aplicada.

El impacto positivo del proyecto en la sensibilización y educación ambiental es coherente con estudios previos que indican que el aprendizaje experiencial mejora la retención del conocimiento y la motivación de los estudiantes. Asimismo, la integración de estrategias de reutilización de NFU abre nuevas vías para la innovación en la construcción sostenible, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en el marco S+T+ARTS.

Este proyecto interdisciplinar representa una oportunidad para que los estudiantes de ambos niveles educativos trabajen de manera colaborativa en un tema de gran relevancia. La interacción entre el conocimiento académico y la aplicación práctica favorecerá un aprendizaje significativo, con impacto tanto en su formación como en su entorno. Además, la acción de servicio prestada es de gran interés para SIGNUS, ya que se aporta: (1) soluciones de I+D por estudiantes universitarios para reaprovechar los residuos de NFU; (2) ideas de negocio entre el alumnado universitario y preuniversitario para aplicación de estos subproductos; y (3) difusión a las labores de concienciación medioambiental que subyacen en la misión de esta organización.

Finalmente, se destaca que esta experiencia educativa se trata de un proyecto activo y que sigue desarrollándose en la actualidad. Como futuras líneas se pretende ampliar el alcance de esta iniciativa incluyendo no solo a estudiantes y entidades de gestión de neumáticos, sino también involucrando a parte de la sociedad agenta a las instituciones educativas. Para ello, se propone la participación activa en canales online para difundir la experiencia y llevar a cabo actividades en entornos urbanos para manifestar la necesidad de resolver estos problemas medioambientales desde una ciudadanía responsable.

Agradecimientos: Los autores quieren agradecer la colaboración de la organización sin ánimo de lucro SIGNUS Ecovalor, S.L., a través de la creación del Aula SIGNUS (n.º referencia: PAU2354090272) y el apoyo mostrado a través de esta experiencia educativa, proyecto APS-UPM APS25.5405.

5. REFERENCIAS

- ARMSTRONG, A.; MATTSO, C.A.; LEWIS, R.S. (2021). Factors leading to sustainable social impact on the affected communities of engineering service learning projects. *Development Engineering*, 6, 100066, <https://doi.org/10.1016/j.deveng.2021.100066>
- FERRÁNDEZ, D., ÁLVAREZ, M., ZARAGOZA-BENZAL, A., & SANTOS, P. (2024). Eco-Design and Characterization of Sustainable Lightweight Gypsum Composites for Panel Manufacturing including End-of-Life Tyre Wastes. *Materials*, 17(3), 635. <https://doi.org/10.3390/ma17030635>
- GARCÍA LASO, A.; MARTÍN SÁNCHEZ, A.D.; COSTAFREDA MUSTELIER, J.L.; NÚÑEZ VARELA, E.; RODRÍGUEZ RAMA, J.A. (2019). Aprendizaje-Servicio (ApS) como metodología para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). CINAIC 2019 (9-11 de Octubre de 2019, Madrid, España). DOI: 10.26754/CINAIC.2019.0091
- HERNANDEZ, C.; LARRAURI, J.; MENDÍA, R. (2009). Aprendizaje y servicio solidario y desarrollo de las competencias básicas. *Guía zerbikas*, 2. <https://www.zerbikas.es/wp-content/uploads/2015/07/2.pdf> (último acceso 01 marzo 2025)

- LAMBERT, L.G.; GABEL, K.A. (2003). Integration of Service-Learning into three dietetic courses connecting university students with Elementary nutrition education and school lunch program. *Journal of American Dietetic Association*, 130(9), 203-204, [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(08\)70326-2](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(08)70326-2)
- LEE, P.B.Y. (2024). A mixed-method study to investigate the relevance of international service-learning to university students' perspectives on ethnic diversity. *International Journal of Educational Research Open*, 7, 100371, <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2024.100371>
- OFICINA APS-UPM. (2025). Buscador de Proyectos. Disponible en: <https://aprendizajeservicio.upm.es/aps-en-la-upm/proyectos/> (último acceso 01 marzo 2025)
- PALOMARES MAS, R. (2019). Benefits of applying the Service-Learning methodology. An experience in Secondary Education. *RES, Revista de Educación Social*, 29, julio-diciembre, ISSN: 1698-9007.
- PÉREZ GALVÁN, L.M.; OCHOA CERVANTES, A.C. (2017). El aprendizaje-servicio (APS) como estrategia para educar en ciudadanía. *Revista de Educación* 12 (2), Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17163/alt.v12n2.2017.04>
- SÁNCHEZ CHACÓN, G. (2015). Aprendizaje entre iguales y aprendizaje cooperativo: principios psicopedagógicos y métodos de enseñanza. *Revista de Ensayos Pedagógicos*, vol. 10 (1), enero-junio, <https://doi.org/10.15359/rep.10-1.5>