

Project-Based Learning for Sustainable Design in a Heat Transfer Course

Aprendizaje Basado en Proyectos para el Diseño Sostenible en un Curso de Transferencia de Calor

Juan Sandoval Herrera * | Universidad de América, Colombia

Abstract

Training engineers to meet the challenges of sustainable development requires integrating sustainability into technical education through applied approaches. Although Project-Based Learning (PBL) has proven effective in engineering education, its explicit alignment with the Sustainable Development Goals (SDGs) remains limited in courses such as heat transfer. This case study implemented a PBL strategy in a Heat Transfer II course, focused on the sustainable design of real thermal equipment, aiming to enhance disciplinary understanding and promote environmental awareness. Eighty-three engineering students participated, designing heat exchangers based on thermal, hydraulic, and sustainability criteria linked to specific SDGs. Projects were evaluated through technical and sustainability rubrics, a student perception survey, and comparison with a previous semester. The results revealed that the

* Corresponding author:
Juan Sandoval Herrera, Email: juan.sandoval@uamerica.edu.co

percentage of students rated at the “Very Good” level increased by 22 percentage points compared to the non-PBL semester. Moreover, 94% of students found the allotted project time adequate, and 72% reported a deep understanding of the connection between heat transfer and sustainability. These findings indicate that PBL, when framed around real technical challenges and aligned with the SDGs, is an effective pedagogical tool for fostering deep learning, transversal competencies, and the education of engineers who are aware of and committed to addressing global sustainability challenges.

Keywords: Project-based learning; heat transfer; sustainability; SDG; thermal engineering

Resumen

Formar ingenieros capaces de afrontar los desafíos del desarrollo sostenible implica integrar la sostenibilidad en cursos técnicos desde una perspectiva aplicada. Si bien el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) ha mostrado efectividad en la enseñanza de la ingeniería, aún es escasa su articulación explícita con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en asignaturas como la transferencia de calor. Este estudio de caso implementó un ABP en el curso de Transferencia de Calor II, centrado en el diseño sostenible de equipos térmicos reales, con el fin de mejorar la comprensión disciplinar y fomentar la conciencia ambiental. Participaron 83 estudiantes de ingeniería, quienes diseñaron intercambiadores de calor considerando criterios térmicos, hidráulicos y de sostenibilidad asociados a los ODS. Los resultados fueron evaluados mediante rúbricas técnicas y de sostenibilidad, encuestas de percepción y análisis comparativo con el semestre anterior. Se evidenció que el porcentaje de estudiantes en nivel “Muy bueno” aumentó 22 puntos porcentuales respecto al semestre sin ABP. Además, el 94 % de los estudiantes consideró adecuado el tiempo asignado y el 72 % afirmó haber comprendido profundamente la relación entre transferencia de calor y sostenibilidad. Los hallazgos sugieren que el ABP orientado a problemas técnicos reales y contextualizado con los ODS es una estrategia pedagógica efectiva para fortalecer el aprendizaje profundo, las competencias transversales y la formación de ingenieros comprometidos con los retos globales.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Proyectos; transferencia de calor; sostenibilidad; ODS; ingeniería térmica.

Introducción

La importancia de entender y aplicar el desarrollo sostenible es cada vez mayor ante la evidencia del deterioro ambiental, el agotamiento de recursos y la necesidad de un cambio en el modelo actual. La Agenda 2030 de las Naciones Unidas y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) proporcionan un marco para abordar estos desafíos (Iturralde Durán, 2017). Las universidades tienen la responsabilidad de integrar la sostenibilidad en sus currículos y formar a los futuros profesionales, especialmente ingenieros, para que puedan contribuir a resolver estos problemas globales (Blanco et al., 2021; Calvo et al., 2022).

Particularmente, la reducción y optimización del gasto energético se presenta como un ejemplo tangible y de gran relevancia de este problema central, debido a su impacto directo tanto en la sostenibilidad medioambiental (reducción de emisiones de CO₂ y gases de efecto invernadero, eliminación de la dependencia de combustibles fósiles) como en la sostenibilidad económica (reducción de costes). De tal forma que, el diseño sostenible de equipos de transferencia de calor responde directamente a los ODS 7: Energía asequible y no contaminante; ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles; ODS 12: Producción y consumo responsable; ODS 13: Acción por el clima.

Ahora bien, con el fin de desarrollar el proceso de enseñanza – aprendizaje del diseño sostenible se pueden implementar diversas metodologías, siendo de gran interés en la actualidad las metodologías activas, como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), porque plantea a los estudiantes un problema real y cercano, como podría ser la optimización del confort térmico y la reducción del gasto energético en el propio edificio de la universidad (Calvo et al., 2022; Guerra et al., 2017; Sanchis et al., 2020). Los estudiantes aplican conocimientos, diseñan, implementan y analizan datos, por ejemplo, con la reducción del gasto energético a través de proyectos que integran elementos de diversas asignaturas de su currículo.

De igual manera, el abordaje de este problema mediante metodologías activas contribuye al desarrollo de competencias específicas y transversales como el autoaprendizaje, el trabajo en equipo, el pensamiento crítico, la capacidad de análisis, la resolución de problemas, la capacidad de innovar y la concienciación sobre la sostenibilidad (Kricsfalusy et al., 2018; Sanchis et al., 2020). Caso particular el descrito por Rodríguez-Sandoval y Cortés-Rodríguez (2010) en el que usaron aprendizaje basado en proyectos (ABPr) en diferentes cursos teórico-prácticos del programa de Ingeniería Agrícola.

Los proyectos se han venido aplicando en cursos de ingeniería como método para enriquecer el proceso de enseñanza aprendizaje por competencias desde hace varios años (Castellanos y Hernández, 2010; Puenayán et al., 2024) y se han venido perfeccionando, con especial énfasis en los métodos de evaluación, orientados a resolver problemas reales de la ingeniería (Caicedo, 2020; Viáfara, 2020); pero, en la revisión realizada para este trabajo, no fue hallado suficiente material que combinara ABP en ingeniería con la inclusión del desarrollo sostenible. Solo de manera tangencial, Garrido de la Torre et al. (2020), mostraron cómo el ABP, aplicado en dos cursos consecutivos de ingeniería, permite abordar contextos reales que, de forma inherente, requieren considerar criterios sociales, éticos y ambientales, aunque no evaluaron explícitamente la sostenibilidad.

Ya enfocado en los ODS, Blanco et al. (2021) demostraron la posibilidad de integrarlos en cursos técnicos de ingeniería informática mediante metodologías activas como el ABP. En su caso, el enfoque estuvo orientado al desarrollo de productos comunicativos —sitios web— para promover la reflexión ética y social sobre los ODS entre estudiantes de ingeniería informática.

Inspirado en esta lógica, y buscando responder a la pregunta de investigación: “¿De qué forma se pueden integrar los ODS en un curso de ingeniería enfocado en el diseño de equipos de transferencia de calor y evaluado de forma cualitativa empleando resultados de aprendizaje?”, el presente trabajo implementa el ABP en el curso de Transferencia de Calor II, con un enfoque centrado en el diseño sostenible de equipos térmicos reales. A diferencia de trabajos similares que pudieran encontrarse, aquí los estudiantes trabajaron con variables de proceso, realizaron cálculos térmicos e hidráulicos, midieron y discutieron los indicadores ODS vinculados a sus diseños, con los siguientes propósitos educativos: (1). Comprender la relevancia del problema central de la sostenibilidad y los ODS. (2). Aplicar y conectar conocimientos de diversas disciplinas para abordar un problema real y complejo. (3). Desarrollar soluciones concretas a problemas reales. Y (4). Formar competencias necesarias para ser futuros ingenieros responsables y conscientes de los desafíos globales.

Metodología

Diseño

El método para esta investigación fue de tipo experimental en dos unidades de estudio, correspondientes a sendos grupos de clase de Transferencia de Calor II, durante un semestre. Las características de este estudio de casos son:

longitudinal, cuantitativo, con enfoque constructivista por la metodología activa empleada y descriptivo (Ordoñez-Pacheco, 2025).

El uso de metodologías activas como el ABP facilita la adquisición de conocimientos técnicos, además de que es fundamental para el desarrollo de competencias transversales. Diversos autores han demostrado su impacto positivo en el pensamiento crítico (Guerra, 2017; Reques et al., 2024), el trabajo en equipo a través del aprendizaje cooperativo (Navaridas-Nalda et al., 2020; Sanchis et al., 2020) y la capacidad de innovación al enfrentarse a desafíos de diseño real (Kricsfalusy et al., 2018; Martínez Casanovas et al., 2022; Rodríguez-Sandoval y Cortés-Rodríguez, 2010). El origen de los proyectos podía provenir de la solución de problemas reales o contextualizados, identificados por los propios estudiantes; pero, en general, se buscaba que los estudiantes respondieran a la pregunta guía “¿Cómo integrar elementos técnicos y de sostenibilidad para diseñar un equipo de transferencia de calor que solucione una problemática en particular?”.

Los criterios técnicos que debían guiar sus diseños fueron: buen desempeño térmico con ahorro en consumo de potencia de bombeo; factor de limpieza, relacionado con la frecuencia de mantenimiento, no menor a 0,7; factor de sobrediseño no superior a 40 % (Kakaç & Liu, 2012; Lee, 2020); y en cuanto a la sostenibilidad, se debía evidenciar la evaluación de por lo menos un indicador de cada reto correspondiente a los ODS identificados en sus equipos de transferencia de calor.

Participantes

El proceso ABP se aplicó a un total de 83 estudiantes de los tres grupos de transferencia de calor II del segundo semestre de 2024 en los programas de ingeniería química, ingeniería mecánica e ingeniería en energías, quienes estaban cursando entre quinto y octavo semestre de su respectivo programa. Las diferencias se dan por los currículos de cada ingeniería y por irregularidades en la trayectoria académica, es decir, por repetencia o adelanto de asignaturas. Sus edades, en general, estaban entre 19 y 23 años. Al final del proceso de ABP, la encuesta de evaluación de la estrategia la respondieron de forma voluntaria 50 estudiantes, es decir, el 60 % del total de participantes.

Instrumentos

Para evaluar los proyectos presentados por los grupos de estudiantes, se comparte con Herrera (2017) el uso de rúbricas de heteroevaluación y de autoevaluación al final del proceso académico para ABP. Barrera et al. (2022) también aplicaron el ABP como estrategia didáctica activa y experiencial. Las

rúbricas, así como los resultados en bruto de la encuesta y material adicional, se comparten a los lectores interesados.

Al final del semestre se envió una encuesta a los estudiantes, en formulario Google online, con el fin de conocer su percepción sobre la estrategia implementada (Blanco et al., 2021; Grau et al., 2020; Intriago-Zambrano et al., 2025), así como sobre diferentes aspectos de la relación entre la asignatura y la sostenibilidad (Grau et al., 2020; Blanco et al., 2021). En la tabla 1 se presentan las preguntas de la encuesta final del ABP.

Ítem	Tipo	Aspecto / Pregunta	Escala
1	Cuantitativo	Relación entre los contenidos del curso y la sostenibilidad: ¿En qué medida cree que le ayudó este proyecto a entender la relación entre transferencia de calor y sostenibilidad?	1: nada; 3: indiferente; 5: mucho
2	Cuantitativo	Relación entre los contenidos del curso y el desarrollo del proyecto: ¿En qué medida siente que los contenidos teóricos, laboratorios y visita al CEPIIS le ayudaron a la realización de este proyecto?	1: nada; 3: indiferente; 5: mucho
3	Cuantitativo	Aplicación del proyecto a su ejercicio profesional: ¿En qué medida cree que realización de este proyecto le hará cambiar su conocimiento sobre la aplicación de la sostenibilidad en el diseño de equipos, procesos o productos?	1: nada; 3: indiferente; 5: mucho
4	Cuantitativo	Aplicación del proyecto a su desarrollo personal: ¿En qué medida cree que realización de este proyecto le hará cambiar su perspectiva sobre la importancia de la sostenibilidad para su vida?	1: nada; 3: indiferente; 5: mucho
5	Cuantitativo	Considera que el tiempo asignado a la realización del proyecto es:	Insuficiente. Adecuado. Excesivo.
6	Cualitativo	Agregue comentarios que contribuyan a la mejora de esta estrategia didáctica en próximos semestres. Muchas gracias.	

Tabla 1. Encuesta de evaluación del ABP por parte de los estudiantes.

Nota: Preguntas de la encuesta aplicada.

Fases del ABP

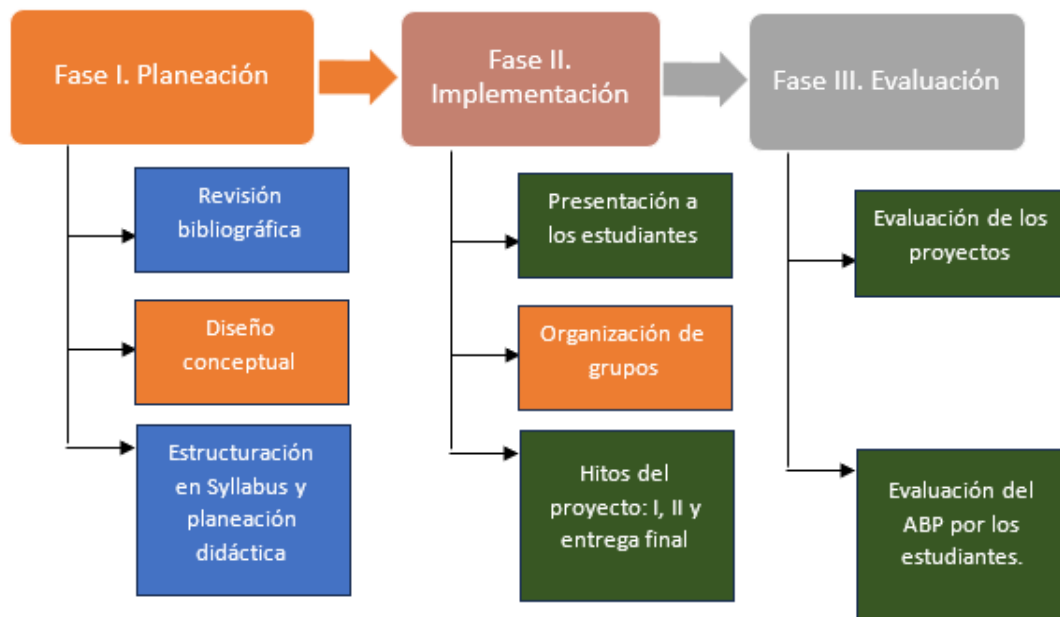


Imagen 1. Diagrama de fases del proceso ABP aplicado en Diseño sostenible de equipos de transferencia de calor.

Planeación. La primera fase correspondió a la planeación, cuyo tiempo, que no se muestra en la Imagen I, es el asignado a los docentes como parte de su preparación de clases. Dentro de esa fase, la **revisión bibliográfica** se enfocó en las palabras clave: “Diseño”, “Equipos de transferencia de calor”, “Sostenibilidad”, “Aprendizaje basado en proyectos”, en las bases de datos Science direct; Springerlink y Google scholar. El área temática fue “Ciencias sociales”, subtema “Educación”. No se limitó a los últimos cinco años, porque se quería ver desde qué año se emplea esta estrategia en la intersección de estos temas. La segunda parte de esta fase fue el **diseño conceptual** de la estrategia que se iba a implementar en el curso, en la que se definió el momento específico del curso para aplicarla; los conocimientos previos; las rúbricas de evaluación; los entregables en cada hito del ABP; los canales de comunicación e interacción; y la bibliografía complementaria de apoyo a los estudiantes. Luego, esta información se llevó de forma concreta al **syllabus** del curso y de manera detallada a la **planeación didáctica**, el documento que pueden seguir los estudiantes para saber el desarrollo de la asignatura por cada una de las 16 semanas de clase.

Implementación. El ABP se explicó en una **presentación** que incluía los objetivos, los hitos evaluativos con sus correspondientes entregables, las rúbricas de evaluación final y la bibliografía complementaria. Una parte de la presentación del ABP consistió en introducir el desafío, dando a conocer las

opciones de problemas reales o ficticios en los que podían trabajar. Luego, formaron **grupos** de forma libre, de dos, tres o cuatro estudiantes, para evitar conflictos debido a que los cursos son transversales a las ingenierías y muchos no se conocen, con la libertad de cambiarse de grupo si durante el desarrollo del proyecto tenían inconvenientes. Los canales de comunicación fueron el correo electrónico, el aula virtual y las tutorías presenciales, tres horas a la semana. Las fechas de entrega de cada uno de los **hitos de evaluación** fueron cada dos semanas. En total fueron tres entregas: avance I, a las dos semanas, avance II, a las cuatro semanas; y entrega final, a las seis semanas desde el inicio del ABP. El Avance I (semana 2), se centró en la definición técnica y los cálculos preliminares de transferencia de calor; y el Avance II (semana 4), permitió que los estudiantes presentaran la selección final del tipo de equipo, de los materiales y la justificación técnica de los ODS vinculados al diseño. Estos entregables permitieron realizar una retroalimentación formativa antes de la entrega del diseño final. En todo momento, el rol del docente fue de facilitador y guía durante las tutorías presenciales, respondiendo dudas por medio de los canales de comunicación y proporcionando retroalimentación en los hitos de control.

Evaluación. La evaluación cualitativa de los proyectos aplicó dos rúbricas: una de heteroevaluación, realizada por el docente para evaluar la calidad del informe técnico final de cada grupo y conocida por los estudiantes. En la Imagen 2 se muestran los criterios técnicos del diseño y de sostenibilidad con sus respectivos niveles de evaluación cualitativa Insuficiente, Aceptable, Bueno, Muy bueno y Sobresaliente (Navarrete-Artime y Belver Domínguez, 2022; Cedeño et al., 2023).

CATEGORIA	Insuficiente	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Sobresaliente
1. Presentación, Organización y Estructura	El informe escrito está desordenado, no tiene un formato uniforme y no cumple con la estructura mínima requerida. No cita ni referencia la información.	El informe escrito está desordenado, o no tiene un formato uniforme o no cumple con la estructura mínima requerida. No cita o no referencia la información citada.	El informe escrito está ordenado y tiene un formato uniforme, pero no cumple con la estructura mínima requerida. No cita bien la información ni usa bien el sistema de referencias.	El informe escrito está ordenado, pero no cumple con la estructura mínima requerida o no tiene un formato uniforme. Cita la información o usa bien el sistema de referencias	El informe escrito está ordenado, cumple con la estructura mínima requerida y tiene un formato uniforme. Cita la información y usa bien el sistema de referencias.
2. Aplicación de conceptos de transferencia de calor al diseño del equipo	El proyecto demuestra vacíos importantes de conocimiento y comprensión del tema de intercambiador de calor coraza y tubos. La información presentada no es precisa ni relevante.	El proyecto demuestra algún conocimiento y comprensión del tema de intercambiador de calor coraza y tubos. La información presentada a veces no es precisa o no es relevante.	El proyecto demuestra buen conocimiento y comprensión del tema de intercambiador de calor coraza y tubos. La información presentada a veces es precisa y relevante.	El proyecto demuestra muy buen conocimiento y comprensión del tema de intercambiador de calor coraza y tubos. La información presentada es precisa y relevante.	El proyecto demuestra un profundo conocimiento y comprensión del tema de intercambiador de calor coraza y tubos. La información presentada es precisa y relevante.
3. Integración de la sostenibilidad en el diseño	El proyecto demuestra vacíos importantes en la integración y en la medición de los indicadores de sostenibilidad relacionados con los ODS.	El proyecto demuestra vacíos importantes en la integración o en la medición de los indicadores de sostenibilidad relacionados con los ODS.	El proyecto presenta algunos fallos en la integración y en la medición de los indicadores de sostenibilidad relacionados con los ODS.	El proyecto presenta algunos fallos en la integración o en la medición de los indicadores de sostenibilidad relacionados con los ODS.	El proyecto demuestra gran integración y adecuada medición de los indicadores de sostenibilidad relacionados con los ODS.

Imagen 2. Rúbrica de heteroevaluación. Autor.

Por otro lado, en la Imagen 3 se muestra la rúbrica de coevaluación aplicada a la presentación de los grupos, donde sus compañeros evaluaron a los distintos grupos conforme a criterios de dominio del tema, expresión oral, manejo del tiempo y recursos audiovisuales (Navarrete-Artime y Belver Domínguez, 2022). La importancia de la coevaluación, en un esquema de ABP, radica en que contribuye a fortalecer el proceso de evaluación formativa fomentando un espíritu crítico en el alumnado (Mendoza et al., 2025).

CATEGORIA	Insuficiente	Aceptable	Bueno	Muy Bueno	Sobresaliente
1. Conocimiento y preparación del tema.	Poco conocimiento del tema e información poco relevante.	Demuestra poca confianza y escasa información relevante.	Demuestra confianza, pero falla algunas veces presentando la información precisa del tema.	Demuestra confianza, presentando la información precisa del tema.	Demuestra solvencia y confianza, presentando la información precisa y pertinente del tema.
2. Expresión oral.	Escaso manejo lingüístico, falla en tono de voz y no indica información en pantalla.	Demuestra poco dominio lingüístico y falla tono de voz o no muestra información en pantalla.	Demuestra dominio lingüístico, pero falla su tono de voz y no muestra la información en pantalla.	Demuestra dominio lingüístico, pero falla su tono de voz o no muestra información en pantalla.	Demuestra dominio lingüístico, buen tono de voz e indicación de información en pantalla.
3. Estructura y orden.	No tiene orden, no respetan tiempo y dificultan el proceso de comprensión del tema.	Presenta poco orden, sin respetar en forma general los tiempos y dificulta la comprensión del tema de principio a fin.	Presenta alto orden, pero no respetan los tiempos y dificultan la comprensión del tema de principio a fin.	Presenta alto orden, respetando en forma general los tiempos y facilitando la comprensión del tema de principio a fin.	Presenta alto orden, respetando los tiempos y facilitando la comprensión del tema de principio a fin.

Imagen 3. Rúbrica de Coevaluación. Autor.

Análisis de datos

Desempeño técnico de los diseños estudiantiles. Se analizaron los informes técnicos finales para verificar la precisión de los balances de energía y el dimensionamiento térmico e hidráulico de los equipos. Estos datos se sometieron a un proceso de heteroevaluación, comparando los cálculos realizados por los estudiantes con los criterios técnicos y de sostenibilidad establecidos como referencia de acuerdo con la literatura y explicados en clases previas (Kakaç & Liu, 2012; Lee, 2020).

Evaluación de sostenibilidad. Los estudiantes identificaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) pertinentes y aplicaron indicadores específicos según la bibliografía (Calvo et al., 2021; Grau et al., 2020). La evaluación por parte del docente consistió en verificar la coherencia entre el diseño técnico, el contexto empresarial y la métrica del indicador propuesto.

Análisis comparativo del impacto del ABP y percepciones estudiantiles. Para medir la eficacia de la estrategia, se realizó un análisis comparativo de los promedios de rendimiento académico entre el semestre con ABP (2024-B, n=3 grupos) y el semestre previo bajo enseñanza tradicional (2024-A, n=3 grupos). Por otra parte, los datos de la encuesta de percepción se analizaron mediante estadística descriptiva (frecuencias y promedios) para las escalas Likert. Finalmente, las respuestas abiertas fueron sometidas a un análisis temático cualitativo; estas se transcribieron y codificaron en categorías emergentes que se agruparon en dos dimensiones: "Comentarios positivos" y "Aspectos susceptibles de mejora". Finalmente, los comentarios de la pregunta abierta de la encuesta fueron sometidos a un análisis temático. Las respuestas se transcribieron, se leyeron repetidamente para identificar patrones y se codificaron en categorías emergentes. Estas categorías se agruparon finalmente en dos grandes temas: "Comentarios Positivos" y "Aspectos Susceptibles de Mejora".

Resultados

A continuación, se presentan los resultados, donde los dos primeros componentes (técnico y sostenibilidad) se detallan mediante los hallazgos de la heteroevaluación y coevaluación, mientras que el tercer componente se aborda a través de los datos de rendimiento académico y percepción estudiantil.

Desempeño técnico de los diseños estudiantiles y evaluación de sostenibilidad

En la Tabla 2 se presentan los resultados académicos cualitativos del diseño, discriminados en la heteroevaluación realizada por el docente y la coevaluación por los compañeros.

	Informe del Diseño sostenible	Exposición del diseño	Asignatura	2024 A
Nivel cualitativo	Heteroevaluación	Coevaluación	Promedio de las 16 semanas	Promedio de las 16 semanas
Sobresaliente	25,3 %	4,60%	5,75%	9,09%
Muy bueno	33,3 %	70,11%	63,22%	41,8%
Bueno	25,3%	18,39%	17,24%	32,73%
Aceptable	8,05%	0,00%	11,49%	14,55%
Regular	8,05%	0,00%	1,15%	0,00%
No acreditable	0,00%	6,90%	1,15%	1,82%

Tabla 2. Resultados académicos en el período de estudio.

En comparación con el semestre inmediatamente anterior, el 2024 A, se observa que el porcentaje de estudiantes que alcanzó nivel Sobresaliente cayó en 4 puntos porcentuales; así como en Aceptable, con 3 puntos porcentuales; y en Bueno, con casi 14 puntos porcentuales; pero aumentó el porcentaje de estudiantes en Muy bueno en 22 puntos porcentuales.

Percepciones estudiantiles

En primer lugar, se muestran los resultados de las respuestas cuantitativas, de la 1 a la 5.

1. Relación entre los contenidos del curso y la sostenibilidad: ¿En qué medida cree que le ayudó este proyecto a entender la relación entre transferencia de calor y sostenibilidad?

50 respuestas

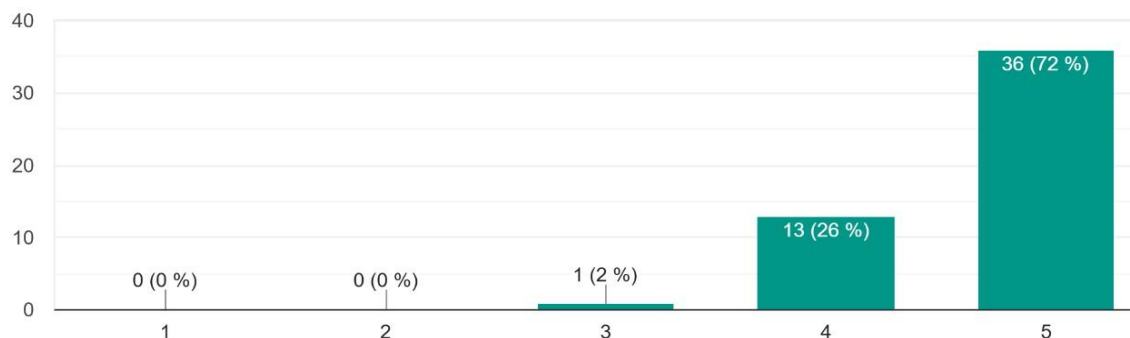


Imagen 4. Resultados de la pregunta 1 de la encuesta de percepción. Autor.

Los resultados de la pregunta 1 (Imagen 4) mostraron un promedio de valoración de 4,52. Promediando entre quienes respondieron 4 y 5, 49 encuestados, es decir, el 72% considera que la realización del proyecto de diseño sostenible le ayudó a entender mucho la relación entre la transferencia de calor y la sostenibilidad. En cuanto a la pregunta 2, como se observa en la

imagen 5, el 96% de los encuestados asignaron 4 y 5 como valor a la relación entre los contenidos del curso y el desarrollo del proyecto, es decir, consideraron que los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura ayudaron mucho a la realización del proyecto de diseño sostenible. El promedio de valoración de este aspecto corresponde a un 4,72.

2. Relación entre los contenidos del curso y el desarrollo del proyecto: ¿En qué medida siente que los contenidos teóricos, laboratorios y visita al CEPIIS le ayudaron a la realización de este proyecto?

50 respuestas

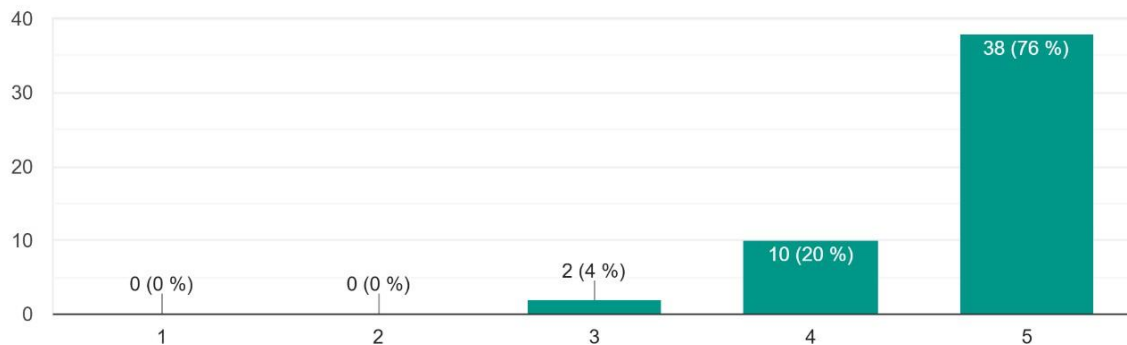


Imagen 5. Resultados de la pregunta 2 de la encuesta de percepción. Autor.

En las respuestas a la pregunta 3, mostradas en la imagen 6, se observa una disminución en la valoración, porque presenta un promedio de 4,52 comparado con los promedios de las preguntas anteriores. Sobre todo, se ve una disminución de 10 puntos porcentuales en la mayor valoración del ítem con respecto a la pregunta 2, y de 6 puntos porcentuales con respecto a la pregunta 1; así como un aumento de 2% a 6% en la valoración 3 para el ítem con relación a la pregunta 1, y de 2 puntos porcentuales con relación a la pregunta 2.

3. Aplicación del proyecto a su ejercicio profesional: ¿En qué medida cree que realización de este proyecto le hará cambiar su conocimiento sobre la...ad en el diseño de equipos, procesos o productos?

50 respuestas

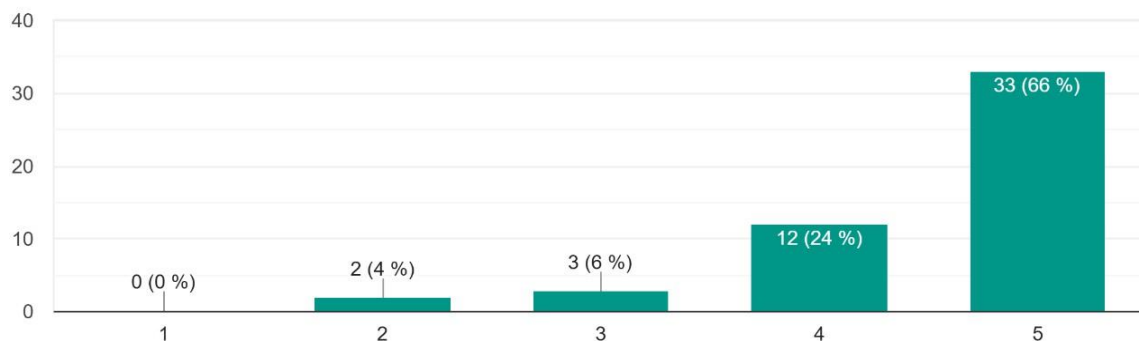


Imagen 6. Resultados de la pregunta 3 de la encuesta de percepción. Autor.

En cuanto a la pregunta 4, la valoración máxima del ítem presenta una reducción de 8 puntos porcentuales con respecto a la pregunta 3, 18 puntos con respecto a la pregunta 2 y 14 puntos con respecto a la pregunta 1. Sin embargo, aumenta el porcentaje de quienes valoran con 4 este ítem, en otras palabras, consideran importante el aporte del proyecto a su desarrollo personal,

pero no tanto con respecto a la relación entre la parte teórica y práctica del curso y el proyecto, así como a la aplicación de la sostenibilidad en el diseño de equipos (Imagen 7).

4. Aplicación del proyecto a su desarrollo personal: ¿En qué medida cree que realización de este proyecto le hará cambiar su perspectiva sobre la importancia de la sostenibilidad para su vida?

50 respuestas

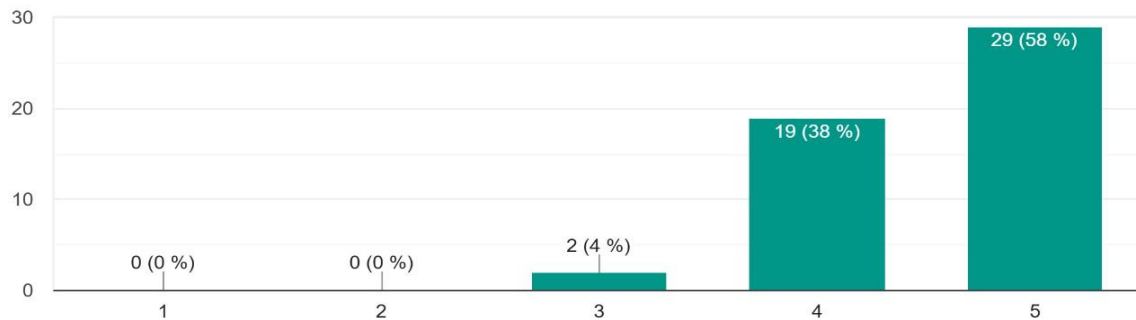


Imagen 7. Resultados de la pregunta 4 de la encuesta de percepción. Autor.

Para terminar el estudio cuantitativo, como se evidencia en la Imagen 8, el 94% considera que el tiempo asignado a la realización del proyecto fue suficiente, o adecuado. Mientras que un 6% lo consideró insuficiente (Imagen 8).

5. Considera que el tiempo asignado a la realización del proyecto es:

50 respuestas

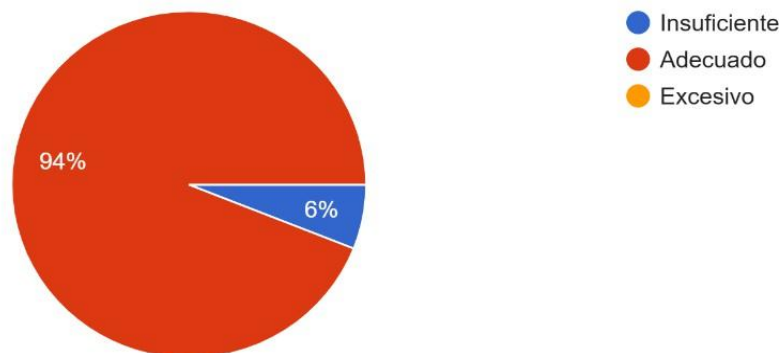


Imagen 8. Resultados de la pregunta 5 de la encuesta de percepción. Autor.

Los comentarios dados de forma anónima, y que se tomaron en cuenta para analizar los resultados de esta investigación, se muestran, clasificados subjetivamente, como “positivos” o “susceptibles de mejora” en la Tabla 3.

Positivos	Susceptibles de mejora
Fue una materia excelente, con contenidos importantes para el desarrollo profesional y personal.	El tiempo para la realización del proyecto debe ser más extensa.
La verdad no tengo mucho que comentar, el profesor ofreció todas las herramientas necesarias para realizar el proyecto de manera amena, al igual que su apoyo al resolver las dudas que se van generando.	Sería bueno realizar visitas a campo para ver diferentes formas de como se aplica en la industria.
Me pareció el tiempo justo y con la tutoría necesaria para resolver dudas.	Tener al menos 2 clases dedicadas únicamente al proyecto, para resolver dudas a tiempo y entregar el trabajo de manera correcta.
No tengo nada que agregar, más que un agradecimiento enorme a su clase profe, el semestre fue muy fructífero y grato respecto a su materia.	Me gustaría que la materia fuera más didáctica, es decir mejores laboratorios no sólo informes, sino donde uno este más tiempo metido en el papel de Ing químico y poder controlar unos solo las variables, ya que el profesor nos decia que poner, sino que uno mismo lo piense y lo desarrolle.
Me parece que así estuvo bien, las clases fueron muy claras.	Trabajar más en lo indicadores para el cumplimiento de los ODS.
Sin comentarios adicionales me parece una buena estrategia didáctica.	Gracias. Como único comentario sería bueno el tener un espacio durante la clase en el cual se puedan resolver dudas del proyecto, esto debido a que muchas veces no se podía ingresar a tutorías por temas de tiempo o se cruzaba horarios académicos.
Considero que las temáticas se manejan de una manera muy correcta, al igual que el modo de dictar la asignatura, además yo que ya vi, diseño de procesos, me consta que todo lo aprendido es súper efectivo y adecuado, además el profesor es excelente, y además de ser buen profesional es buena persona y eso resalta mucho.	Parámetros mas claros desde la primera entrega
	Más ejercicios
	El proyecto se encuentra bien estructurado, sin embargo, sugeriría abrir un espacio de tutorías enfocado en solo resolver inquietudes del mismo Sería bueno realizar visitas a campo para ver diferentes formas de como se aplica en la industria

Tabla 3. Comentarios recibidos por parte de los estudiantes.

Nota: Comentarios transcritos literalmente del formulario de encuesta en línea.

Discusión

Se analiza la efectividad de la estrategia de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) para la enseñanza de la transferencia de calor con un enfoque de diseño sostenible. El análisis se articula en torno a tres ejes fundamentales: (1) el rendimiento académico y la adquisición de competencias técnicas y de sostenibilidad; (2) las percepciones estudiantiles acerca del impacto de la metodología aplicada; y (3) una reflexión pedagógica sobre la implementación de la sostenibilidad en un curso de ingeniería.

Rendimiento académico y adquisición de competencias individuales

Como se muestra en la Tabla 2, el aumento de 22 puntos porcentuales en la categoría "Muy bueno" respecto al semestre previo sugiere que la metodología aporta una mayor consistencia en el rendimiento académico (Calvo et al., 2022). Este hallazgo es congruente con la literatura que afirma que las metodologías activas resultan en un aprendizaje más profundo y una mejor capacidad para resolver problemas reales (Barrera Arcaya et al., 2022; Guerra, 2017).

Un aspecto distintivo de esta implementación fue la evaluación explícita de la sostenibilidad mediante indicadores técnicos cuantificables, como aumento de la eficiencia energética, kg de CO₂ evitados o ahorro de agua y/o de vapor, vinculados con los ODS 7, 13 y 12, respectivamente. Representa un avance respecto a estudios previos en ingeniería, como el de Garrido de la Torre et al. (2020), en el que no se integraba este componente en el diseño y una aplicación de los ODS a la ingeniería térmica, a diferencia de lo realizado por Blanco (2021) quienes lo aplicaron en ingeniería de sistemas. La capacidad de los estudiantes para justificar sus diseños desde una perspectiva de sostenibilidad valida el ABP como un vehículo eficaz para el desarrollo de competencias transversales como el pensamiento crítico y la toma de decisiones (Herrera-Castrillo, 2025; Sanchis et al., 2020).

Complementariamente, el proceso de coevaluación permitió valorar competencias transversales fundamentales para el ejercicio profesional, como el dominio del tema, la expresión oral y el manejo de recursos (Navarrete-Artime y Belver Domínguez, 2022). El alto porcentaje de estudiantes en el nivel "Muy bueno" indica que la mayoría logró comunicar eficazmente sus hallazgos ante sus compañeros, fortaleciendo el trabajo en equipo y la capacidad de análisis crítico (Herrera-Castrillo, 2025; Sanchis et al., 2020). No obstante, el menor porcentaje en el nivel "Sobresaliente" en esta área sugiere una oportunidad para fortalecer las habilidades de oratoria o ajustar las expectativas de la rúbrica para estas competencias específicas (Kricsfalusy et al., 2018).

Percepciones estudiantiles sobre la estrategia ABP

Un promedio de 4,58 en las respuestas 1 a 4 (Figuras 4 a 7) indica que la mayoría de los estudiantes consideró que el proyecto se relacionó "mucho" o "bastante" con los contenidos del curso; y que, a su vez, los contenidos del curso se pudieron integrar con los principios de la sostenibilidad. Por último, su conocimiento sobre la aplicación de la sostenibilidad al diseño se

mejoró “mucho” o “bastante”; así como su perspectiva sobre la importancia de la sostenibilidad para la vida, lo que favorece el desarrollo de competencias sociales y éticas en los estudiantes (Blanco et al., 2021; Calvo et al., 2022).

Sin embargo, se observó una brecha entre la aplicación profesional y la personal de los principios de la sostenibilidad, analizando los resultados específicos de las preguntas 3 y 4; como indican Intriago-Zambrano et al. (2025), la transferencia de aprendizajes técnicos a la esfera personal requiere procesos reflexivos más prolongados.

Por otro lado, varios estudiantes utilizaron el espacio de comentarios para referirse a aspectos generales del curso, más allá del proyecto de diseño sostenible. Esto indica que el instrumento de evaluación podría beneficiarse de una formulación más precisa que delimite claramente el objetivo de cada pregunta, como recomiendan Navarrete-Artime y Belver Domínguez (2022).

Respecto al tiempo asignado para la realización del proyecto, la discrepancia entre algunos comentarios cualitativos con relación a los resultados cuantitativos de la quinta pregunta permite inferir que hubiera sido necesarias más sesiones exclusivas al proyecto. Esta diferencia entre datos cuantitativos y cualitativos refleja la importancia de aplicar métodos mixtos para evaluar estrategias educativas, permitiendo captar matices que no son evidentes en una sola fuente de información (Navaridas-Nalda et al., 2020).

Reflexión pedagógica e implicaciones para la práctica educativa.

En síntesis, los hallazgos de este estudio, tomados en conjunto, proveen evidencia robusta para responder a la pregunta de investigación. La estrategia de ABP demostró ser un vehículo pedagógico eficaz, porque logró una mejora medible en el rendimiento académico (el aumento de 22 puntos en la categoría 'Muy bueno') y se validó la conexión explícita con la sostenibilidad, como lo demuestra la alta percepción de los estudiantes (promedio de 4,58) y, fundamentalmente, la capacidad de aplicar la teoría a problemas reales, un pilar del aprendizaje profundo (Barrera Arcaya et al., 2022).

Por su parte, en contraste con los resultados cuantitativos positivos en relación con el tiempo adecuado, en los comentarios algunos estudiantes muestran que, aunque se les brindaron herramientas adecuadas, faltó más tiempo para el desarrollo del proyecto, o que faltó un espacio adicional para resolver dudas. No obstante, se observa que varios comentarios se orientaron hacia la clase, no solo hacia el objetivo real de la encuesta, que era el proyecto de diseño sostenible.

A la luz de los comentarios de los estudiantes sobre la necesidad de ampliar los espacios para solución de dudas, con clases exclusivas para los aspectos del proyecto, se considera como un aspecto de mejora para próximas implementaciones de esta estrategia. Y en un futuro, si los resultados así lo indican, se podría extender a otras asignaturas. En todo caso, hace falta replicar estas experiencias y, sobre todo, recibir mayor apoyo y formación para que los docentes se atrevan a realizar ABP orientado a la sostenibilidad, pues, tal como advierten Blanco et al. (2021)

y Sánchez-Carracedo et al. (2020), para consolidar estas estrategias es fundamental fortalecer la formación docente en el uso pedagógico de los ODS y metodologías activas, y contar con el respaldo institucional que facilite su implementación sistemática.

Para futuras implementaciones, se recomienda ampliar los espacios de tutoría exclusivos y asegurar el respaldo institucional para la formación docente en el uso pedagógico de los ODS (Blanco et al., 2021; Sánchez-Carracedo et al., 2020). En conclusión, el ABP aplicado en el curso de transferencia de calor, con enfoque en diseño sostenible, no solo mejora el rendimiento académico, sino que fomenta una responsabilidad social indispensable para la ingeniería contemporánea (Requies et al., 2024).

Referencias

- Barrera Arcaya, F., Venegas-Muggli, J. I., & Ibacache Plaza, L. (2022). El efecto del Aprendizaje Basado en Proyectos en el rendimiento académico de los estudiantes. *Revista de estudios y experiencias en educación*, 21(46), 277-291.
<http://doi.org/10.21703/0718-5162.v21.n46.2022.015>.
- Blanco, J. M., Arruabarrena, R., Bermejo, M., Usandizaga, I., & Jaime, A. (2021). Una experiencia de inclusión de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la asignatura Gestión de Proyectos. *Actas de las Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUU)*, 6, 251-258.
- Caicedo, J. (2020). Proyectos de diseño mecánico como herramienta para el desarrollo de competencias transversales en los ingenieros. *Revista Educación en Ingeniería*, 15(30), 60-73. <https://doi.org/10.26507/rei.v15n30.1127>
- Calvo, I., Gil-García, J. M., Carrascal, E., Armentia, A., Barambones, Ó., Basogain Olabe, X., ... & Apiñaniz, E. (2022). Introduciendo sostenibilidad y multidisciplinaridad en los grados de ingeniería. *XLIII Jornadas de Automática* (pp. 262-269). Universidade da Coruña. Servizo de Publicacións. <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497498418.0262>
- Castellanos, L. M., & Hernández, A. A. (2010). Una alternativa metodológica innovadora para formar y evaluar competencias a través de proyectos de curso en las carreras de ingeniería. *Revista Educación en ingeniería*, 5(10), 37-48.
- Cedeño, E. I. B., Loo, J. S. L., Garófalo, A. R. B., & Almeida, J. J. M. (2023). La evaluación formativa en la práctica pedagógica de la Educación Superior: Revisión Sistemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 1464-1476.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6289
- Garrido de la Torre, M. E., Pérez-Zuriaga, A. M., Martínez-Ibáñez, V., López Maldonado, G., & Cuadrado Tarodo, Á. (2020, December). PIME Aprendizaje Basado en Proyectos: Ingeniería de Carreteras e Ingeniería Geotécnica. In *IN-RED 2020: VI Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red* (pp. 293-306). Editorial Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/INRED2020.2020.11929>

- Grau, S. O., Gimeno, F., Chilet, S. S., Altozano, P. G., Peralta, I. B., Estevan, C. V. P., ... & Aparisi, A. E. (2020). Instalación Fotovoltaica con Almacenamiento en Baterías de Litio para la Inclusión de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles en las Ingenierías. In *XIV Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica: Proceedings TAAE 2020= XIV Conferência em Tecnologias Aplicadas ao Ensino da Eletrónica= XIV Conference on Technology, Teaching and Learning of Electronics* (pp. 153-160). Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Guerra, A. (2017). Integration of sustainability in engineering education: Why is PBL an answer? *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18(3), 436-454. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-02-2016-0022>
- Requies, J., Barrio, V. L., Acha, E., Agirre, I., Viar, N., & Gandarias, I. (2024). Integration of sustainable development goals in the field of process engineering through active learning methodologies. *Education for Chemical Engineers*, 49, 26-34. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2024.05.003>
- Herrera, R. F. (2017). Collaborative project-based learning of environments programming from civil engineering projects. *Revista Electrónica Educare*, 21(2), 205-222. <http://dx.doi.org/10.15359/ree.21-2.10>
- Herrera-Castrillo, C. (2025). Metodología para el aprendizaje por competencias de JeHe en física y matemáticas. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 19(1), e1759. <https://doi.org/10.19083/ridu.2024.1759>
- Iturralde Durán, C. (2019). Los paradigmas del desarrollo y su evolución: Del enfoque económico al multidisciplinario. *RETOS. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 9(17), 7-23. <https://doi.org/10.17163/ret.n17.2019.01>
- Intriago-Zambrano, D. A., Huatatocha-Chimbo, L., Vasconcellos, N., & Pérez, O. M. (2025). ABP como fortalecedor del conocimiento en materias básicas de la Unidad Educativa Básica Eloy Alfaro. *Revista Panamericana de Pedagogía*, 40. <http://doi.org/10.21555/rpp.3367>
- Kakaç, S., Liu, H., & Pramuanjaroenkij, A. (2012). *Heat exchangers: selection, rating, and thermal design. Third edition.* CRC press.
- Kricsfalussy, V., George, C., & Reed, M. G. (2018). Integrating problem-and project-based learning opportunities: Assessing outcomes of a field course in environment and sustainability. *Environmental education research*, 24(4), 593-610. <https://doi.org/10.1080/13504622.2016.1269874>
- Lee, H. (2022). *Thermal design: heat sinks, thermoelectrics, heat pipes, compact heat exchangers, and solar cells.* John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119686040>
- Mendoza, C. E., Game-Varas, C., & Alcívar, A. (2025). Estrategias efectivas de retroalimentación en el Aprendizaje Basado en Proyectos para mejorar la calidad de Educación Superior. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 7(2), 280-300. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v17i2.1442>
- Navaridas-Nalda, F., González-Marcos, A., & Alba-Elías, F. (2020). Evaluación online orientada al aprendizaje universitario: Impacto del feedback en los resultados de los estudiantes. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 34(2), 101-120. <https://doi.org/10.47553/rifop.v34i2.77697>

- Navarrete-Artime, C., & Belver Domínguez, J. (2022). Evaluar con rúbricas. Una propuesta exitosa dentro del ABP. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 15(1), 101-120. <https://doi.org/10.15366/riee2022.15.1.006>
- Ordoñez-Pacheco, Á. F. (2025). Metodología de la Investigación Metodología académica con aplicación a las investigaciones sociales: enfoques, tipos, métodos y diseños. *Sociedad & Tecnología*, 8(2), 335-357. <https://doi.org/10.51247/st.v8i2.484>
- Puenayán, M. R., Suárez, M. G. E., Sampedro, N. M. V., Almachi, L. P. A., & Jiménez, N. I. A. (2024). El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) como Estrategia Didáctica para Mejorar el Rendimiento Académico. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8(4), 10447-10459. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13186
- Rodríguez-Sandoval, E., & Cortés-Rodríguez, M. (2010). Evaluación de la estrategia pedagógica "aprendizaje basado en proyectos": percepción de los estudiantes. *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)*, 15(1), 143-158. <https://doi.org/10.1590/S1414-40772010000100008>
- Sanchis, R., Mula, J., Cantó, B., García-Sanoguera, D., & Torregrosa, J. I. (2020). Incorporación del aprendizaje basado en proyectos en las titulaciones de grado del Campus de Alcoy de la Universitat Politècnica de València. En *IN-RED 2020: VI Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red* (pp. 366-376). Editorial Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/INRED2020.2020.12030>
- Viáfara, C. (2020). Desarrollo de proyectos colaborativos con la industria como estrategia de educación en ingeniería. *Revista Educacion en Ingenieria*, 15(29), 1-12. <https://doi.org/10.26507/rei.v15n29.1030>