

Optimización de procesos de reciclaje en la universidad: un enfoque de ingeniería industrial para la sostenibilidad ambiental

Erika Paola Perdomo Cortés^a, Ana María Pardo Macea^b, Zharick Natalia Cifuentes Herrera^c, Hebandreyna González García^d.

^a Programa de Ingeniería Industrial, Corporación Universitaria del Meta - UNIMETA. Villavicencio, Meta, Colombia. 

^b Programa de Ingeniería Industrial, Corporación Universitaria del Meta - UNIMETA. Villavicencio, Meta, Colombia. 

^c Programa de Ingeniería Industrial, Corporación Universitaria del Meta - UNIMETA. Villavicencio, Meta, Colombia. 

^d Docente investigadora, Corporación Universitaria del Meta - UNIMETA. Villavicencio, Meta, Colombia. 

RESUMEN

El reciclaje es una de las estrategias más eficaces para reducir el impacto ambiental de las actividades humanas, y las instituciones de educación superior tienen un papel destacado en su promoción. El objetivo de este artículo es revisar, a partir de la literatura, las prácticas de gestión de residuos y reciclaje implementadas en universidades, e identificar los factores que condicionan su eficacia, con miras a orientar una eventual propuesta para la Corporación Universitaria del Meta - UNIMETA. Se realizó una revisión narrativa de estudios y experiencias universitarias, analizados desde la perspectiva de la ingeniería industrial y organizados en torno al ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar). La literatura revisada muestra que los programas de reciclaje universitario generan beneficios ambientales, económicos y formativos, pero que su sostenibilidad depende de tres condiciones: la capacitación de la comunidad, la existencia de protocolos claros de clasificación y el compromiso institucional sostenido. Se concluye que el ciclo PHVA ofrece un marco adecuado para estructurar un programa de reciclaje, y se propone su adopción como base para un futuro diseño operativo, con diagnóstico, línea base e indicadores, aplicado a la institución.

Palabras clave: reciclaje universitario; ciclo PHVA; gestión de residuos sólidos; educación ambiental; sostenibilidad.

Optimization of Recycling Processes at the University: An Industrial Engineering Approach for Environmental Sustainability

ABSTRACT

Recycling is one of the most effective strategies for reducing the environmental impact of human activities, and higher-education institutions play a prominent role in promoting it. The aim of this article is to review, from the literature, the waste-management and recycling practices implemented in universities, and to identify the factors that condition their effectiveness, in order to guide a possible proposal for the Corporación Universitaria del Meta. A narrative review of university studies and experiences was conducted, analysed from an industrial-engineering perspective and organised around the PDCA cycle (Plan, Do, Check, Act). The reviewed literature shows that university recycling programmes generate environmental, economic and educational benefits, but that their

* Autor de correspondencia.
Correo electrónico:
hebandreyna.gonzalez@unimeta.edu.co

sustainability depends on three conditions: community training, the existence of clear classification protocols, and sustained institutional commitment. It is concluded that the PDCA cycle offers a suitable framework for structuring a recycling programme, and its adoption is proposed as the basis for a future operational design —with baseline diagnosis and indicators— applied to the institution.

Keywords: university recycling; PDCA cycle; solid-waste management; environmental education; sustainability.

I. Introducción

El reciclaje se ha consolidado como una de las tácticas más eficaces para reducir el impacto ecológico de las actividades humanas (Bonilla, 2016). A medida que la población global crece y aumenta la demanda de recursos naturales, la urgencia de implementar prácticas sostenibles se intensifica. Las instituciones de educación superior, por su capacidad de formar ciudadanos y de modelar conductas, tienen un papel destacado en este camino: la implementación de programas de recuperación y reutilización de desechos no solo disminuye la generación de residuos, sino que promueve una cultura de cuidado ambiental entre estudiantes y personal (Rubiano, 2017).

En una institución educativa se genera un volumen considerable de desechos —papel, plásticos, cartón y otros materiales— que, mal gestionados, contribuyen a la contaminación. De ahí la importancia de implementar políticas y estrategias eficaces, incluidas estrategias didácticas orientadas a la preservación del ambiente, que involucren a directivos y administrativos en la promoción de buenas prácticas de manejo y disposición de residuos sólidos (Gordillo *et al.*, 2023). Estas acciones reducen el volumen de residuos que llega a los rellenos sanitarios e impulsan el reciclaje, disminuyendo la extracción de recursos naturales.

El reciclaje en instituciones educativas ofrece, además, una oportunidad formativa: mediante programas de sensibilización y ejercicios prácticos, los estudiantes adquieren conciencia sobre el efecto de su comportamiento en el entorno (Severiche *et al.*, 2016). A ello se suman ventajas económicas —la reducción del volumen de desechos disminuye los costos de gestión y la reutilización de materiales genera ahorros (Perilla, 2017; Sumarriva *et al.*, 2023)—. Sin embargo, para que estos programas resulten eficaces se requiere el respaldo y la participación activa de toda la comunidad académica: estudiantes, personal administrativo y profesorado (Mejía *et al.*, 2023). Las instituciones deben definir políticas precisas, suministrar recursos apropiados y brindar formación para que todos comprendan la relevancia del reciclaje (Olaguez *et al.*, 2019).

A partir de este panorama, el presente artículo se propone revisar las prácticas de reciclaje universitario documentadas en la literatura e identificar los factores que condicionan su eficacia, con el fin de orientar una eventual propuesta para la Corporación Universitaria del Meta - UNIMETA estructurada en torno al ciclo PHVA. Conviene precisar desde ahora el alcance: el trabajo no reporta una implementación realizada en la institución, sino una revisión que sienta las bases para un diseño operativo futuro. El documento se organiza en metodología, resultados y discusión —beneficios documentados, factores críticos y el ciclo PHVA como marco— y conclusiones.

II. Metodología

Este trabajo corresponde a una revisión narrativa de la literatura sobre reciclaje en universidades. Se examinaron estudios previos y publicaciones relevantes, y la información se analizó desde la perspectiva de la ingeniería industrial, atendiendo a la eficiencia de los procesos, la sostenibilidad y las oportunidades de mejora en las prácticas de reciclaje universitario.

El análisis se organizó en tres ejes: los beneficios documentados de los programas de reciclaje universitario (ambientales, económicos y formativos), los factores críticos que condicionan su sostenibilidad, y la pertinencia del ciclo PHVA como marco para estructurar un programa institucional. Estos tres ejes ordenan la sección de resultados.

III. Resultados y discusión

A. Beneficios documentados de los programas de reciclaje universitario

La literatura coincide en que la implementación de prácticas de reciclaje en instituciones de educación superior reduce el impacto ambiental de la generación de residuos y fomenta una cultura ecológicamente responsable (Rubiano, 2017). La Universidad Católica de Colombia, por ejemplo, logró disminuir de manera apreciable el volumen de desechos enviados a vertederos mediante una propuesta de gestión de residuos sólidos que incluía la promoción del reciclaje y la correcta separación de materiales (Torres, 2020). Esta reducción no solo mejora el desempeño ambiental de la institución, sino que genera conciencia ecológica entre estudiantes y personal, quienes tienden a trasladar esas prácticas a otros contextos.

A los beneficios ambientales se suman los formativos y los económicos. La incorporación de tecnología aporta valor agregado: en la misma universidad se desarrolló un prototipo de trituradora de plástico PET, ajustado al contexto universitario, que agiliza el procesamiento de residuos plásticos y promueve la reutilización de materiales en proyectos académicos (Perilla, 2017), al tiempo que fomenta el aprendizaje práctico. En el plano económico, la reducción del volumen de residuos y la reutilización de materiales disminuyen los costos de gestión y de adquisición de recursos, lo que convierte al reciclaje en una inversión de retorno para las instituciones.

B. Factores críticos para la sostenibilidad de los programas

La literatura también evidencia los obstáculos que comprometen la eficacia de estos programas. En varias sedes de la Universidad Católica de Colombia, los puntos de depósito no se aprovechan adecuadamente y las

canecas clasificadoras no cumplen su función por falta de conocimiento o de capacitación; además, el personal encargado de la manipulación de residuos con frecuencia carece de un instructivo técnico para la clasificación, lo que limita la optimización del proceso (Perilla, 2017). De aquí se desprende un hallazgo transversal: la infraestructura de reciclaje —canecas, puntos de acopio, trituradoras— es condición necesaria pero no suficiente. Sin capacitación de la comunidad y sin protocolos claros de clasificación, la infraestructura se subutiliza.

C. El ciclo PHVA como marco para un programa institucional

Aunque en la Corporación Universitaria del Meta - UNIMETA no se ha diseñado aún un modelo que optimice sus procedimientos de reciclaje, el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) ofrece una estructura adecuada para hacerlo (Duarte, 2018). Este marco exige la participación y el compromiso de toda la comunidad académica en actividades de concienciación, y asegura un enfoque integral de responsabilidad ambiental. Su relevancia se subraya en el estudio de Rubiano (2017), que destaca el papel de las instituciones educativas en la formación de ciudadanos comprometidos con el ambiente.

Sobre la base de la revisión, un futuro diseño operativo para la institución debería articular, en clave PHVA, los siguientes componentes: un diagnóstico de la generación actual de residuos (línea base); un mapa del proceso de recolección y clasificación; un conjunto de indicadores ambientales, operativos y económicos; un plan de capacitación con responsables y metas; y una evaluación de impacto, aunque sea a escala piloto.

Esta revisión presenta limitaciones. No aporta datos primarios sobre la generación de residuos en la institución objeto de estudio, por lo que no permite dimensionar el problema local ni evaluar el impacto de una intervención. Se apoya principalmente en experiencias de otras universidades, cuya transferibilidad al contexto de la Corporación Universitaria del Meta - UNIMETA debe verificarse. Y no incorpora figuras ni tablas que sintetizen la evidencia revisada.

IV. Conclusiones

La literatura sobre reciclaje universitario muestra que es esencial impulsar la responsabilidad ecológica en la comunidad académica mediante prácticas sostenibles de gestión de residuos. El ciclo PHVA constituye un marco adecuado para estructurar un programa institucional, en la medida en que integra a estudiantes y personal administrativo en un proceso continuo de concienciación y mejora.

La revisión permite identificar que los principales retos no son de orden tecnológico, sino organizativo: el almacenamiento inadecuado de residuos, la ausencia de protocolos claros de clasificación y la falta de capacitación limitan la eficacia de cualquier programa. Superarlos exige mejorar la infraestructura, capacitar al personal y sostener el compromiso institucional en el tiempo.

Como línea de trabajo futura —y en coherencia con lo que este artículo solo puede proponer, no ejecutar— se

recomienda desarrollar, para la Corporación Universitaria del Meta - UNIMETA, un diseño operativo bajo el ciclo PHVA que parta de un diagnóstico de la generación de residuos, establezca una línea base e indicadores, y evalúe el impacto de una intervención piloto. Ese estudio aplicado, con datos propios, transformaría la presente revisión en la investigación que el tema requiere.

Tipo de artículo

Artículo de revisión.

Procedencia

Este artículo es resultado de una revisión documental desarrollada en el programa de Ingeniería Industrial de la Corporación Universitaria del Meta.

Financiación

Sin financiación externa.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses financiero o personal que pueda haber influido en los resultados o la interpretación de este estudio.

Referencias

- Bonilla, D. (2016). El reciclaje como estrategia didáctica para la conservación ambiental (proyecto en ejecución). *Revista Científica*, 1(1), 36–52.
- Duarte, J. (2018). *Propuesta para la gestión de residuos sólidos en una universidad privada (estudio de caso)* [Trabajo monográfico, Fundación Universidad de América].
- Gordillo, W., Sierralta, S., & Benites, R. (2023). Environmental education and solid waste management at the José Faustino Sánchez Carrión Trujillo educational institution. *Revista Mendive*, 21(4).
- Mejía, G., López, T., & Haro, J. (2023). La percepción social acerca del reciclaje en el municipio de Xalisco, Nayarit. *Revista Journal*, 8(2), 531–541.
- Olaguez, E., Espino, P., Acosta, K., & Méndez, A. (2019). Plan de acción a partir de la percepción en estudiantes de la Universidad Politécnica de Sinaloa ante el reciclaje de residuos sólidos y la educación ambiental. *Formación Universitaria*, 12(3), 3–14.
- Perilla, C. (2017). *Estudio de alternativa al proceso de reciclaje del plástico PET en la Universidad Católica de Colombia* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia].
- Rubiano, A. (2017). *Conciencia del reciclaje y responsabilidad ambiental en la Universidad Militar Nueva Granada* [Trabajo monográfico, Universidad Militar Nueva Granada].
- Severiche, C., Gómez, E., & Jaimes, J. (2016). La educación ambiental como base cultural y estrategia para el desarrollo sostenible. *Revista Telos*, 18(2), 266–281.
- Sumarriva, L., Zela, N., Ticona, H., Chambi, N., & Chávez, N. (2023). Manejo de residuos sólidos para el cuidado del medioambiente: una necesidad para la calidad de vida. *Revista Alfa*, 7(20), 408–417.
- Torres, K. (2020). *Levantamiento de la documentación sobre la gestión de residuos para la Universidad Católica de Colombia como insumo para la estructuración de la norma ISO 14001:2015* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia].