

Implementación de un plan de ecoeficiencia en la construcción del túnel en el Mega puerto de Chancay

Implementation of an Eco-Efficiency Plan in the Construction of the Tunnel at the Chancay Megaport

Shirly Sofia Bernardo Toribio¹, Enrique Guadalupe Gomez²

Recibido: 18/09/2024 - Aprobado: 11/11/2024 – Publicado: 13/12/2024

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo principal implementar una estrategia de ecoeficiencia en la construcción del túnel del megapuerto de Chancay. La muestra estuvo conformada por 92 empleados de la empresa. El estudio, de enfoque aplicado y diseño no experimental, analizó datos recolectados entre enero y mayo de 2022, registrando los siguientes consumos promedio: 79,234.402 kW de energía eléctrica, 6,360.76 galones de combustible, 8,124 m³ de agua, 19,000 kg de papel, 7 unidades de tinta o tóner y 3,209.2 kg de residuos sólidos.

Tras la implementación de un plan de ecoeficiencia que incluyó capacitación y estrategias específicas para alcanzar los objetivos, se logró una reducción significativa en los indicadores evaluados: 27.13 % en el consumo de energía eléctrica, 7.16 % en combustible, 23.14 % en agua, 21.05 % en papel, 2.85 % en tintas y tóner, y 3.21 % en residuos sólidos.

Palabras claves: desempeño, indicadores, ecoeficiencia, consumo, recursos.

ABSTRACT

The main objective of the research was to implement an eco-efficiency strategy in the construction of the Chancay megaport tunnel. The sample was made up of 92 company employees. The study, with an applied approach and non-experimental design, analyzed data collected between January and May 2022, recording the following average consumption: 79,234.402 kW of electrical energy, 6,360.76 gallons of fuel, 8,124 m³ of water, 19,000 kg of paper, 7 units of ink or toner and 3,209.2 kg of solid waste.

After the implementation of an eco-efficiency plan that included training and specific strategies to achieve the objectives, a significant reduction was achieved in the evaluated indicators: 27.13% in electrical energy consumption, 7.16% in fuel, 23.14% in water, 21.05% in paper, 2.85% in inks and toner, and 3.21% in solid waste.

Keywords: eco-efficiency, indicators, performance, consumption, resources.

1 Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Facultad de Ingeniería. Pasco, Perú.

E-mail: shirlybernardot@hotmail.com - ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0315-0686>

2 Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

E-mail: eguadal@puccp.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9583-8807>

I. INTRODUCCIÓN

La implementación de un plan de ecoeficiencia en la construcción representa un desafío crucial, especialmente en proyectos de gran envergadura como el megapuerto de Chancay. Las prácticas tradicionales de construcción suelen tener un impacto significativo en el medio ambiente, generando grandes cantidades de desechos, un consumo excesivo de recursos y emisiones de gases de efecto invernadero. Por ello, la aplicación de estrategias ecoeficientes en megaconstrucciones resulta esencial tanto para mitigar los impactos ambientales como para reducir costos (Coronel et al., 2022).

Villafaña (2020) investigó la relación entre las variables ambientales y económicas en el reciclaje de residuos sólidos y la responsabilidad social empresarial. Su estudio descriptivo correlacional, realizado con una muestra de 42 empresas, reveló que el 62 % de estas desechaban principalmente papel, plástico y cartón, mientras que el 38.09 % generaban residuos de alimentos. Solo el 47.61 % practicaba algún tipo de reciclaje, produciendo un promedio de 2,655 kg de desechos anuales. Los resultados evidenciaron la necesidad de mejorar la gestión de residuos sólidos en las empresas para fortalecer su compromiso ambiental.

Bejar y Mendoza (2015) realizaron un estudio sobre la ecoeficiencia en empresas peruanas, con un enfoque en la implementación de buenas prácticas ambientales y en la gestión eficiente de recursos como agua, energía y residuos sólidos. Utilizando una metodología descriptiva, los autores buscaron optimizar el uso de recursos en las organizaciones, destacando los beneficios económicos y ambientales de las prácticas ecoeficientes. También resaltaron la importancia de involucrar a los empleados en procesos de mejora continua para maximizar los impactos positivos.

Elizondo (2020) analizó la aplicación del Programa de Gestión Ambiental Institucional (PGAI) en la municipalidad de Poás para cumplir con la normativa ambiental vigente. A partir de un diagnóstico inicial que incluyó un Inventario de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) y un análisis de eficiencia energética, se identificó un consumo de 23,818.18 kWh en 2018, frente a 30,363.63 kWh en 2017. Además, se propusieron medidas para mejorar la eficiencia energética y se desarrolló un manual de compras sostenibles que fomentó la adquisición de productos con menor impacto ambiental.

Durán (2017) evaluó la implementación de medidas de ecoeficiencia en una institución educativa en Carhuaz. A través de un enfoque descriptivo e inductivo, el estudio diagnosticó el consumo de energía, agua y papel, además de la generación de residuos sólidos. Se propusieron estrategias para optimizar el uso de recursos. Los resultados indicaron un consumo anual de 4,081.30 kWh de energía, 0.69 m³ de agua por colaborador, 1,094 kg de papel y una emisión de 2,322.26 toneladas de CO₂ equivalente. El estudio concluyó que la falta de educación sobre ecoeficiencia era un factor limitante para su implementación.

Camelo (2017) investigó el uso de agua de lluvia como alternativa al agua potable en proyectos de construcción.

En una obra multifamiliar, se evaluó cuánta agua podía reemplazarse mediante el uso de agua pluvial en diferentes actividades. Los resultados mostraron que la combinación de sistemas de captación de agua de lluvia y sanitarios de bajo consumo permitía una reducción significativa del uso de agua potable, logrando ahorros del 56.17 % al 61.22 %.

En el Perú, existen menos de 5 km de túneles construidos o en construcción destinados al transporte. Estos proyectos han demandado un alto consumo eléctrico en la última década, mientras que las voladuras durante su construcción han contribuido a la generación de gases y polvo (Bejar & Mendoza, 2015).

El uso excesivo de papel y materiales derivados ha fomentado la deforestación, ya que la madera se utiliza mayormente como materia prima. Este fenómeno, vinculado al aumento del 133.06 % en actividades de construcción, ha llevado a que el papel represente el 3.58 % de los desechos sólidos generados (Haile et al., 2023; Bejar & Mendoza, 2015).

Este artículo tiene como objetivo evaluar la implementación de un plan de ecoeficiencia para optimizar los aspectos ambientales en la construcción del túnel del megapuerto de Chancay. Para ello, se llevaron a cabo diversas estrategias enfocadas en la reducción del consumo de electricidad, combustible, agua, papel y tinta.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó a la empresa encargada de la construcción del túnel del megapuerto de Chancay mediante una metodología cuantitativa y un diseño no experimental. En el trabajo de campo se empleó la técnica de observación no estructurada, utilizando una guía de observación o ficha de registro como instrumento para la recolección de datos.

La ficha de registro permitió recopilar información específica y organizada sobre los indicadores de desempeño ambiental, registrando datos relacionados con el consumo de recursos como energía eléctrica, agua, papel, combustible y generación de residuos sólidos (Vera et al., 2023). Las mediciones se realizaban mensualmente, lo que permitió una evaluación detallada antes y después de la implementación del plan de ecoeficiencia.

Inicialmente, se llevó a cabo un diagnóstico para identificar los procesos críticos en las diferentes áreas de la empresa. Posteriormente, se diseñó una estrategia de ecoeficiencia enfocada en maximizar el uso eficiente de la energía eléctrica durante la construcción del túnel (Prashar, 2020). Este objetivo se alcanzó mediante la capacitación de los empleados sobre el D.S. N.º 009-2009-MINAM y la difusión de información relativa al uso eficiente de recursos como la energía eléctrica, el agua, los materiales conexos y el cuidado del medio ambiente (Rosas et al., 2021).

El plan tenía como meta reducir el consumo anual de energía en un 15 % por trabajador, calculado en función del consumo total de energía dividido entre el número de empleados. Finalmente, se implementó el plan de ecoeficiencia y se compararon los resultados obtenidos

antes y después de su aplicación, evaluando las mejoras logradas mediante la reducción en el consumo de recursos.

III. RESULTADOS

Primero, se realizó un análisis correspondiente al periodo de enero a mayo del 2022. Luego, se implementó el plan de ecoeficiencia y, finalmente, se evaluó el mismo periodo en el 2023, utilizando la misma metodología y manteniendo las condiciones iniciales para garantizar la comparabilidad de los datos.

El plan de ecoeficiencia se desarrolló a través de actividades como capacitaciones, mantenimiento y seguimiento continuo. Su principal objetivo fue reducir en un 15 % el consumo anual de energía, agua y papel. Asimismo, se planteó como meta alcanzar una mejora del 100 % en la eficiencia del consumo de combustible, tintas o tóner, y en la gestión de residuos sólidos.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los indicadores evaluados:

3.1 Indicador: Consumo eléctrico

En promedio en el 2022 el consumo eléctrico fue de 79 234.402 kWh y en el 2023 fue de 58 367.892 kWh con una reducción de 26.33%. (Ver Figura 1).

3.2 Indicador: Consumo de combustible

En promedio en el 2022 el consumo de combustible fue de 6 360.76 litros y en el 2023 fue de 5 905.44 litros con una reducción de 7.15%. (Ver Figura 2).

3.3 Indicador: Consumo de agua

En promedio en el 2022 el consumo de agua fue de 8.124 m³ y en el 2023 fue de 6.244 m³ con una reducción de 23.14%. (Ver Figura 3).

3.4 Indicador: Consumo de papel

En promedio, el consumo de papel fue de 19 000 kg en 2022 y de 15 000 kg en 2023, lo que representa una reducción del 21.05% (ver Figura 4).

3.5 Indicador: Uso de tintas o tóner

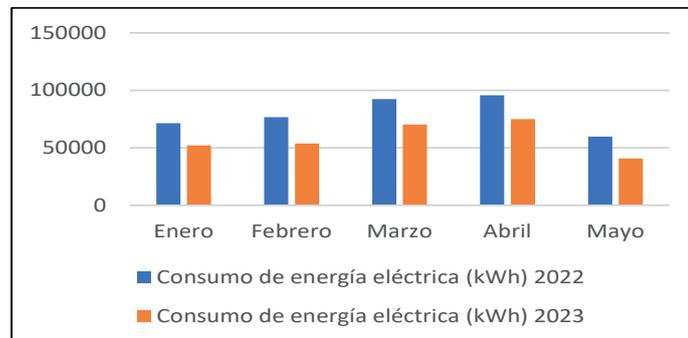
En promedio en el 2022 el uso de tintas o tóner fue de 7 unidades y en el 2023 fue de 6.8 unidades, con una reducción de 2.85%. (Ver Figura 5).

3.6 Indicador: Producción de residuos sólidos

En promedio durante el 2022 la producción de residuos sólidos fue de 3 209.2 Kg y en el 2023 fue de 3 160 Kg con una reducción de 1.53%. (Ver Figura 6).

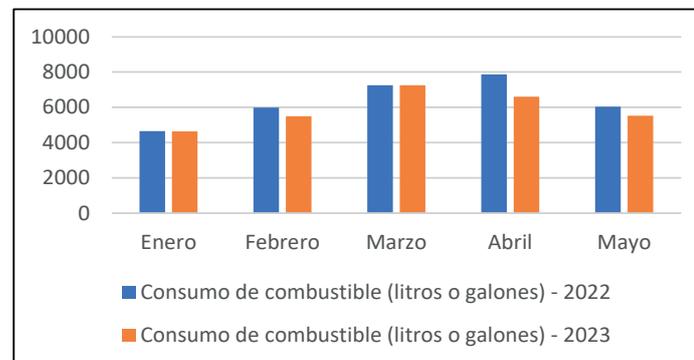
A través de la prueba estadística t - Student, se determinó que la implementación de un plan de ecoeficiencia contribuye significativamente a la mejora de los indicadores.

Figura 1
Consumo eléctrico 2022 - 2023



Nota: El gráfico muestra una disminución de 20 866.51 kWh entre el 2022 y el 2023.

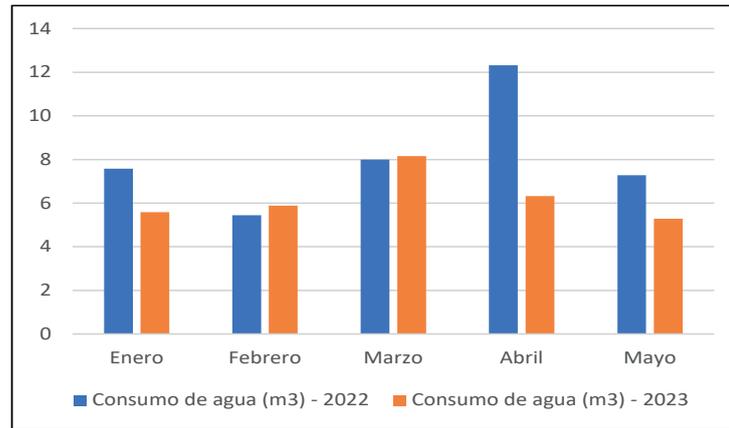
Figura 2
Consumo de combustible 2022 - 2023



Nota: El gráfico muestra una disminución de 455.32 litros de combustible entre el 2022 y el 2023

Figura 3

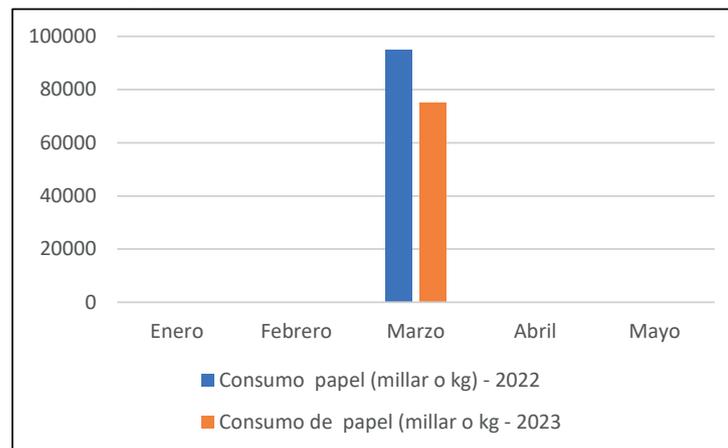
Consumo de agua 2022 - 2023



Nota: El gráfico muestra una disminución de 1880 m3 de agua entre el 2022 y el 2023

Figura 4

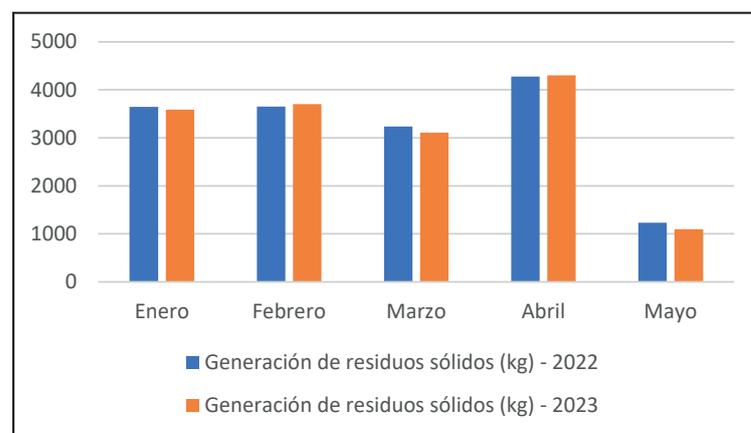
Consumo de papel 2022 - 2023



Nota: El gráfico muestra una disminución de 4 000 kg de papel entre el 2022 y el 2023

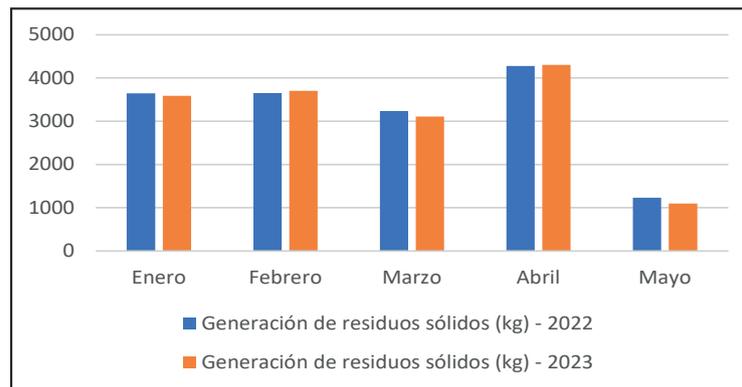
Figura 5

Uso de tintas tóner 2022 - 2023



Nota: El gráfico muestra una disminución de 0.2 unidades de tintas tóner entre el 2022 y el 2023

Figura 6
Producción de residuos sólidos 2022 - 2023



Nota: El gráfico muestra una disminución de 49.2 kg de residuos sólidos entre el 2022 y el 2023

IV. DISCUSIÓN

El consumo eléctrico se destacó como uno de los indicadores más críticos debido a su elevado nivel, lo que coincide con lo reportado por Elizondo (2020), quien observó un ahorro energético del 21.56 % tras implementar medidas específicas. En el presente estudio, se logró una reducción del consumo eléctrico del 26.33 % después de la implementación del plan de ecoeficiencia. Cabe destacar que, en el estudio de Elizondo, la disminución fue de 6 545.45 kWh, mientras que, en el caso del túnel del megapuerto de Chancay, alcanzó 20 866.51 kWh. Esta diferencia podría explicarse por la magnitud del proyecto y el uso intensivo de maquinaria pesada en comparación con otros contextos.

Por otro lado, el consumo de agua mostró una reducción significativa, pasando de 8 124 m³ en el 2022 a 6 244 m³ en el 2023. Este nivel supera lo reportado por Camelo (2017), quien estimó que en obras civiles típicas el consumo oscila entre 3 713 y 7 419 m³. La diferencia puede atribuirse a las características particulares de la construcción de túneles, que requiere procesos adicionales como la mitigación de polvo y el enfriamiento de equipos.

En cuanto al consumo de papel, los valores disminuyeron de 19 000 kg en 2022 a 15 000 kg en 2023, cifras considerablemente mayores que los 1 094 kg anuales reportados por Durán (2017). Esto refleja la magnitud del proyecto, que involucra numerosos procesos administrativos y técnicos. Aun así, la reducción obtenida evidencia que las medidas de ecoeficiencia implementadas tuvieron un impacto positivo en este aspecto.

La producción de residuos sólidos también mostró una tendencia decreciente, con una reducción de 49.2 kg entre 2022 y 2023. Aunque estos valores son superiores a los reportados por Villafañá (2020) y Durán (2017), quienes observaron 2 655 kg y 685 kg respectivamente, el porcentaje de residuos reciclados sigue siendo bajo en comparación con otras industrias. Esto sugiere que existe un margen significativo para mejorar en la gestión de residuos sólidos, especialmente en términos de reciclaje y reutilización de materiales.

En general, se evidenció una mejora significativa en cada indicador de ecoeficiencia evaluado. Sin embargo, es importante señalar que las medidas propuestas en el plan no fueron implementadas en su totalidad por los funcionarios. Este hecho podría atribuirse a la falta de iniciativas con un retorno de inversión anual que se ajustaran al alcance y recursos disponibles de los investigadores.

V. CONCLUSIONES

La evaluación inicial de los indicadores de ecoeficiencia durante la construcción del túnel del megapuerto de Chancay mostró los siguientes valores promedio para el período de enero a mayo de 2022: consumo de energía eléctrica de 79 234.402 kW, consumo de combustible de 6 360.76 galones, consumo de agua de 8 124 m³, consumo de papel de 19 000 kg, uso de 7 unidades de tintas o tóner, y generación de 3 209.2 kg de residuos sólidos.

Tras la implementación del plan de ecoeficiencia, se observó una reducción promedio en los indicadores evaluados, destacando los siguientes porcentajes: energía eléctrica, 27.13 %; combustible, 7.16 %; agua, 23.14 %; papel, 21.05 %; tintas y tóner, 2.85 %; y residuos sólidos, 3.21 %.

El análisis estadístico inferencial confirma que el plan de ecoeficiencia implementado optimizó significativamente los indicadores de desempeño ambiental en la municipalidad objeto del estudio.

VI. REFERENCIAS

- Bejar, R. J., & Mendoza, J. A. (2015). La Ingeniería de túneles: Conceptos y situación actual en el Perú. *Revista Civilzate*, 6, 40-43. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilzate/article/view/15268/15734>
- Camelo, M. (2017). *Aprovechamiento de agua lluvia en el desarrollo de obra civil*. [Tesis de magister - Universidad de Colombia] Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62200>

- Coronel Sánchez, Y. C., Altamirano Tocco, L. F., & Muñoz Pérez, S. P. (2022). Cenizas y fibras utilizadas en la elaboración de concreto ecológico: una revisión de la literatura. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 25(49), 321–329. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v25i49.20814>
- Durán, C. (2017). *Evaluación de la aplicación de medidas de ecoeficiencia en la institución educativa Señor de los Auxilios n.º 86286 del centro poblado de Toma - Carhuaz - Ancash, 2014*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo] Lima, Perú. https://biblioteca.unasam.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=29595&shelfbrowse_itemnumber=39711
- Elizondo, A. (2020). *Mejoras hacia una mayor ecoeficiencia en la implementación del programa de gestión ambiental institucional de la municipalidad de Poas*. [Tesis de grado, Universidad Nacional]. Heredia, Costa Rica. <http://hdl.handle.net/11056/25201>
- Haile, A., Gebino, G., Tesfaye, T., Mengie, W., Ayele, M., Abuhay, A., & Yilie, D. (2023). Utilization of non-wood biomass for pulp manufacturing in paper industry: case of Ethiopia. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(9), 7441–7459. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01424-x>
- Prashar, A. (2021). Eco-efficient production for industrial small and medium-sized enterprises through energy optimisation: framework and evaluation. *Production Planning & Control*, 32(3), 198–212. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1719714>
- Rosas Ruiz, J. A., Puerta Tuesta, R. H., Reátegui-Inga, M. E., Reátegui Inga, R., & Morales Rojas, E. (2021). Evaluación de la ecoeficiencia en la municipalidad distrital José Crespo y Castillo, Perú. *Revista De La Universidad Del Zulia*, 12(34), 167-184. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rluz/article/view/36644>
- Vera Vásquez, M. E., López Kohler, J. R., & Arévalo Gómez, W. A. (2023). Reducción de los gases de efecto invernadero (GEI) en el Comedor Universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 26(51), e25314. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v26i51.25314>
- Villafaña, G. (2020). La ecoeficiencia en el reciclaje de residuos sólidos en las empresas hoteleras de La Paz (B.C.S.) en el marco de la responsabilidad social empresarial. *Revista Legislativa de Estudios Sociales y de Opinión Pública*, 13(29), 121-152. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7826736>

Contribución de autoría

Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Supervisión, Redacción - borrador original, Curación de datos, Investigación, Metodología (Shirly Sofia Bernardo Toribio), Investigación, Validación - Verificación, Redacción - revisión y edición, (Enrique Guadalupe Gómez)

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses