

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



LOGISTIC PROCESS IMPROVEMENT OF APPLYING SLP, 5S, AND SLOTTING IN THE MAIN WAREHOUSE OF A HYDROELECTRIC POWER PLANT

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Gilda Nicida Alvarez Calleja

Código 20183560

Joaquin Diez Canseco Rizo Patron

Código 20183847

Asesor

Rafael Chávez-Ugaz

Lima – Perú

Setiembre de 2023

Propuesta
Carrera Ingeniería Industrial

Título

Logistic Process Improvement of Applying SLP, 5S, and Slotting in the Main Warehouse of a Hydroelectric Power Plant

Autor(es)

20183560@aloe.ulima.edu.pe
Universidad de Lima

20183847@aloe.ulima.edu.pe
Universidad de Lima

Resumen: El almacén principal de una central hidroeléctrica es clave para gestionar los repuestos necesarios para el mantenimiento de los equipos. Sin embargo, su uso ineficiente puede generar costos y disminuir la eficiencia logística. Para mejorar esta situación, se propusieron soluciones basadas en herramientas de ingeniería como SLP, 5S y Slotting. La implementación piloto mostró un aumento del 89% en el indicador de utilización del espacio de almacenamiento (UCA), una reducción en el lead time de 40.73% y un 10.18% en el nivel de inventario. Estas herramientas tuvieron un impacto significativo en la optimización del espacio, la reducción de tiempos de búsqueda, la mejora de la gestión de inventario y la reducción de costos operativos. En consecuencia, mejoraron la eficiencia, rentabilidad y satisfacción en la gestión logística de la central hidroeléctrica.

Palabras Clave: Hidroeléctrica, SLP, 5S, almacén principal, repuestos.

Abstract: The main warehouse of a hydroelectric plant is crucial for managing the spare parts necessary for equipment maintenance. However, its inefficient use can generate costs and decrease logistical efficiency. To improve this situation, solutions based on engineering tools such as SLP, 5S, and Slotting were proposed. The pilot implementation showed an 89% increase in the utilization of storage space indicator (UCA), a 40.73% reduction in lead time, and a 10.18% decrease in inventory level. These tools had a significant impact on space optimization, reduction in search times, improvement in inventory management, and reduction in operating costs. Consequently, they improved efficiency, profitability, and satisfaction in the logistical management of the hydroelectric plant.

Keywords: Hydroelectric, SLP, 5S, main warehouse, spare parts.

Línea de investigación IDIC – ULIMA

Área y Sub-áreas de Investigación:

- Construcción de Operaciones Competitivas, Planificación y Logística

- Dinámicas dentro de la cadena de suministro para optimizar el rendimiento y aumentar la rentabilidad
- Principios Lean en una cadena de suministro

Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS)

ODS 9: INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, la optimización de procesos en inventarios y almacenes es crucial para las empresas que buscan mantener una ventaja competitiva en un mercado globalizado. Diversas herramientas y metodologías, como la automatización y el uso de Big Data, han sido desarrolladas para mejorar la eficiencia logística, reducir costos y aumentar el nivel de servicio (Orozco et al., 2020). Sin embargo, muchas empresas en Perú aún no aprovechan estos recursos avanzados, lo que limita su productividad y competitividad en el mercado.

La globalización y la necesidad de adaptación constante han llevado a las empresas a buscar innovaciones en sus procesos logísticos. Las nuevas tecnologías no solo optimizan operaciones, sino que también mejoran la experiencia del consumidor, facilitan la toma de decisiones y reducen el impacto ambiental (García-Reyes et al., 2022). No obstante, es crucial que las empresas identifiquen sus necesidades específicas para aplicar estrategias adecuadas y efectivas.

Dentro del sector energético, particularmente en las empresas hidroeléctricas, la gestión de almacenes se enfrenta a retos adicionales debido a la gran cantidad de información y la complejidad logística involucrada. El Systematic Layout Planning (SLP) es una metodología que ayuda a mejorar la disposición de los almacenes y el flujo de materiales, lo que resulta en procesos de almacenamiento y picking más eficientes (Figuerola-Rivera et al., 2022). Además, las herramientas como las 5S y el método Slotting contribuyen significativamente a la optimización de estos procesos. Las 5S ayudan a mantener el orden y la limpieza en el área de trabajo, mientras que el Slotting mejora la ubicación de los productos para maximizar el uso del espacio y reducir tiempos de recolección (Koot et al., 2021; Viveros et al., 2021).

Mejorar los procesos logísticos mediante herramientas como el SLP, las 5S y el Slotting puede ayudar a las empresas hidroeléctricas a mantener su huella verde y mejorar su eficiencia operativa. La implementación adecuada de estas metodologías no solo optimiza el almacenamiento y la distribución de materiales, sino que también puede reducir costos y mejorar la respuesta a las necesidades emergentes en el sector energético (Muther & Hales, 2015; Pérez Sierra & Quintero, 2017; Gómez et al., 2018).

A fin de identificar las dificultades que se encuentran en el área logística de empresas hidroeléctricas, se realizó una visita a las oficinas de una organización mediana ubicada en Lima. Se precisa que esta compañía subdivide el área de logística en la administración de compras (Lima) y la coordinación del almacén denominado Central Hidroeléctrica San Juanito (Cañete).

En el análisis del caso de estudio, se han identificado y evaluado tres indicadores críticos del almacén basado en datos recolectados durante entrevistas y visitas.

- El Nivel de Utilización de la Capacidad del Almacén (UCA), muestra un 115%, indicando una sobreutilización del espacio. Este cálculo se realizó comparando la capacidad actual del almacén (598 m³) con la capacidad máxima disponible (520 m³), estableciendo el objetivo de reducir el UCA al menos en un 25-35% para minimizar el espacio vacío y mejorar la eficiencia del almacenamiento.
- El Lead Time, mide el tiempo total desde la recepción hasta el depósito del material, que es de 5 horas y 50 minutos. Este tiempo incluye 50 minutos de espera, 3 horas de clasificación y 2 horas de almacenaje. Se ha propuesto reducir este Lead Time en un 30% para optimizar el proceso de almacenaje y mejorar la eficiencia en la recepción y despacho de materiales, lo cual se detallará más a fondo en el Diagrama de Valor del Flujo (VSM).
- Los costos asociados al almacenamiento de materiales no críticos superan los S/. 3 millones, lo que representa una pérdida significativa y corresponde al 30% de la utilidad del almacén según datos de finales de 2022. Se ha establecido un objetivo para reducir estos costos en un mínimo del 15% al ajustar los niveles de inventario de materiales no críticos, con el fin de reducir gastos y mejorar la rentabilidad.

OBJETIVOS

El objetivo general de esta investigación es mejorar la rentabilidad a través de una gestión eficiente en el almacén.

Objetivos Específicos:

- Optimizar el uso del almacén.
- Reducir los tiempos de búsqueda y manipulación de los repuestos.

JUSTIFICACIÓN

- Teórico: Este estudio ayuda a ampliar la comprensión de la logística y la gestión de almacenes, específicamente en el contexto de las hidroeléctricas. La literatura existente sobre la mejora de procesos logísticos en sectores poco explorados se amplía al aplicar metodologías como Slotting, SLP y 5S. Esto proporciona un marco teórico que puede ser utilizado por futuros investigadores y profesionales en el campo.
- Económico: el uso de estas metodologías para optimizar los procesos logísticos puede reducir significativamente los costos operativos y aumentar la productividad. Esto no solo aumenta el valor de las hidroeléctricas, sino que también puede tener un impacto positivo en la economía local al generar nuevas oportunidades laborales y fomentar la inversión en infraestructura. Además, una mejor gestión de los recursos puede ayudar a la sostenibilidad económica del sector energético del país.
- Social: mejorar los procesos logísticos de las hidroeléctricas puede mejorar la calidad del servicio y la satisfacción del cliente. Al implementar prácticas más eficientes, se puede ayudar a mejorar el uso de los recursos, lo que puede conducir a un suministro de energía más confiable y sostenible, que beneficia a las comunidades locales y promueve un desarrollo social más justo.

HIPÓTESIS

Se mejoró la rentabilidad a través de una gestión eficiente en el almacén.

DISEÑO METODOLÓGICO

En la presente investigación se mantiene un enfoque cualitativo, un alcance descriptivo y de tipo aplicado. El objetivo es proponer un modelo para mejorar la gestión del almacén en el sector hidroeléctrico. Para identificar riesgos de seguridad, se utilizaron un estudio de caso con diseño de pre-test y post-test, análisis mediante Value Stream Mapping (VSM), diagrama de Ishikawa y matriz IPERC. Además, se utilizan herramientas de mejora continua como 5S y el método de Slotting para optimizar los procesos logísticos en el almacén.

Proceso Metodológico

1. Análisis de causas-raíces

Los riesgos de seguridad, la mala gestión del tiempo, la ineficiencia en la comunicación y los problemas de mano de obra se identificaron utilizando un análisis VSM y un Diagrama de Ishikawa.

2. Selección de herramientas

SLP, 5S y perforación fueron las herramientas lean más adecuadas utilizando una matriz AHP y un ranking de factores. Para abordar los problemas identificados, se decidió implementar las tres.

3. Evaluación de pre-test y creación del modelo

Se creó y organizó un nuevo modelo de almacén basado en las herramientas Lean seleccionadas para mejorar la eficiencia, el orden, la limpieza y la seguridad.

4. Validación del modelo

Para garantizar su eficacia y adecuación, se validó el modelo con expertos en Lean, el jefe de almacén y un especialista en Seguridad y Salud Ocupacional.

5. Evaluación de post-test y análisis de los resultados

Se compararon los registros previos y posteriores al examen para evaluar las mejoras en el proceso de almacenaje. Además, se llevó a cabo un IPERC renovado para verificar la reducción de riesgos.

Figura 1. Proceso Metodológico

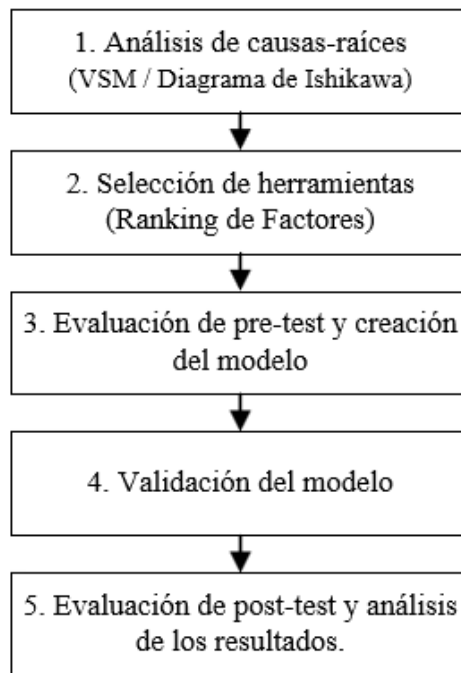
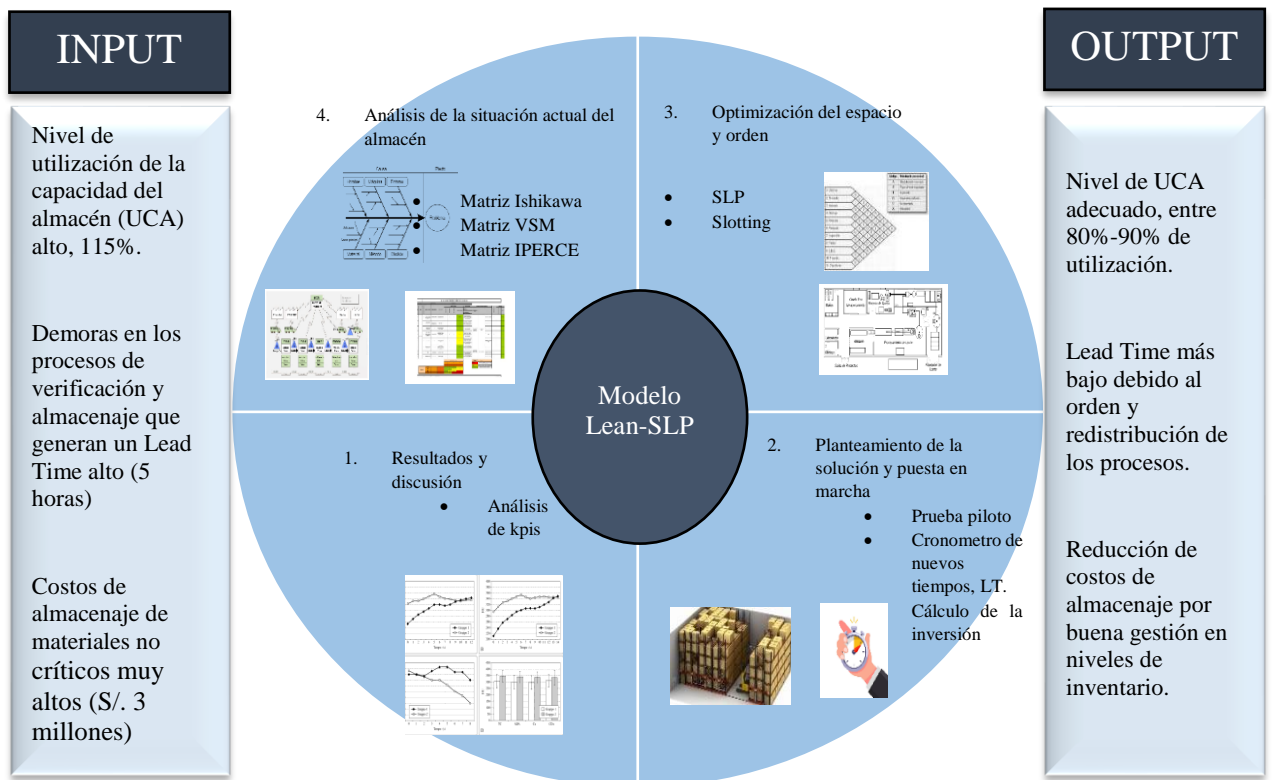


Figura 2. Cuadro de etapas del proyecto



Las propuestas SLP, 5S y Slotting se implementaron a través de un enfoque de prueba piloto, donde se utilizó un método más económico. Durante esta prueba, se recopilaron datos que permitieron comparar las cifras iniciales con los resultados obtenidos después de la implementación. De tal forma, se detallará la mejora obtenida en cada indicador:

Tabla 1. Tabla de los resultados de los objetivos planteados

Indicadores	Actual	Objetivo	Real	Mejora
Utilización del espacio de almacenamiento (UCA)	115%	Reducir en 25% - 35%	89%	26%
Lead Time	5.5 horas	Reducir \geq 30%	3.26 horas	40.73%
Nivel de inventario	S/ 4,611,476.20	Reducir \geq 15%	S/ 3,726,892.41	19.18%

- Utilización del espacio de almacenamiento (UCA): El objetivo planteado era reducir entre 25% a 35%, ya que se encontraba en un 115%, excediendo lo ideal que es estar entre 80%-90%. Por lo cual, luego de la prueba piloto, se obtuvo un 89%, teniendo una mejora del 26%.
- Lead Time: En los tiempos se deseaba disminuir no menos que el 30% para obtener un lead time que beneficie a la empresa, ya que al inicio se tenía 5.5 horas. De esta forma, se obtuvo al final una mejora del 40.73%, siendo así ahora el tiempo de entrega 3.26 horas.
- Nivel de inventario: En este indicador se esperaba reducir 15% o más, ya que se identificó un exceso de materiales no críticos almacenados. Es así como se obtuvo una mejora de 19.18% con las herramientas de ingeniería usadas, cumpliendo con el objetivo propuesto.

La implementación de herramientas en la empresa ha sido un paso significativo, pero para maximizar la efectividad de las metodologías, es necesario obtener información sobre cómo se pueden utilizar en sectores similares. La evaluación y el uso de estas metodologías en otros contextos son difíciles debido a la falta de análisis en industrias comparables. Además, realizar una evaluación continua de los KPIs mencionados es esencial ya que permitirá obtener una visión más precisa de los resultados a largo plazo de las aplicaciones en cuestión.

NOTAS (AGRADECIMIENTOS)

Gilda Nicida Alvarez Calleja:

Quiero agradecer a todas las personas que contribuyeron a mi crecimiento durante la carrera. A mi familia, por ser mi apoyo constante; a mis amigos, que hicieron que todo este camino se sintiera más sencillo. A Joaquin, por ser mi compañero durante la tesis y un gran amigo desde el inicio de la carrera. También quiero agradecer al profesor Rafael, nuestro asesor, quien nos ha guiado desde el inicio de esta investigación. Finalmente, gracias a la universidad, que durante estos cinco años se convirtió en mi segundo hogar, brindándome las herramientas para seguir creciendo como profesional.

Joaquin Diez Canseco Rizo Patron:

Gracias a mi compañera de tesis, Gilda Álvarez, cuya dedicación y talento fueron imprescindibles. Gracias por la determinación con la que superó todos los momentos de frustración y los obstáculos que se presentaron en el camino. Este trabajo no hubiera sido posible sin ella.

Gracias a nuestro asesor de tesis, Rafael Chávez, que supo orientarnos en este viaje, con pasión y paciencia.

Gracias a mi familia por todo el apoyo durante mis años como estudiante. Gracias por alentarme siempre.

Gracias los colaboradores de Celepsa por su guía y por los recursos que nos entregaron para poder llevar a cabo este proyecto.

Gracias a Luciana Wong, con quien comparto hoy la satisfacción de haber cumplido con el objetivo al final de mi etapa universitaria. Por su apoyo, cariño y compañía.

Finalmente le agradezco a la Universidad de Lima, a su facultad de ingeniería y a los profesores y alumnos que la integran. Esta comunidad, de la que hoy empiezo a ser parte como egresado, hizo de mis años de estudiante tierra fértil para afilar mi conocimiento y para crecer en lo profesional y en lo humano. Gracias a todos.

REFERENCIAS

Ángel, M., Kido-miranda, I., & Carlos, J. (2017). Revista de Investigaciones Sociales Metodología de la aplicación 5'S. *Junio*, 3(8), 29–41. www.ecorfan.org/republicofnicaragua

Angulo-Noel, B., Carretero-Landauro, D., Iturrino-Vilchez, D., Vásquez-Mananita, J., & Geldres-Marchena, T. (2021). *Propuesta De Mejora En El Área De Logística Sobre Los Costos Operativos*

De Bermanlab S.A.C Trujillo, 2020. 1–8. <https://doi.org/10.18687/laccei2021.1.1.117>

- Bai, Y. (2019). Research on Distribution Center Layout Based on SLP. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 330(5), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/330/5/052018>
- Camilo, J., Jaramillo, D., Molina, M. C., & Cogollo Flórez, J. M. (2020). Slotting y picking: una revisión de metodologías y tendencias Slotting and Picking: A review of methodologies and trends. *Revista Chilena de Ingeniería*, 28(3), 514–527.
- Chumpitaz-martínez, E., Eng, B., Sanchez-sotelo, A., Eng, B., León-chavarri, C., & Eng, M. (2022). *Implementation of engineering techniques for reducing waste in Warehousing : A case study in a Peruvian Food Company. 1–8.*
- Cruz, H. De, Altamirano, E., & Carpio, C. (2020). *Lean model to reduce picking time delays through Heijunka , Kanban , 5S and JIT in the construction sector. July, 27–31.*
- Diaz, D. E. A., Garcia, Y. S., Santivanez, G. Q., & Castaneda, E. (2022). Optimization Model to Increase the Productive Flow, Applying SLP, 5s and Kanban-Conwip Hybrid System in Companies of the Metalworking Sector. *2022 8th International Conference on Information Management (ICIM)*, 186–190. <https://doi.org/10.1109/ICIM56520.2022.00041>
- Figuroa-Rivera, E., Bautista-Gonzales, A., & Quiroz-Flores, J. (2022). Increased productivity of storage and picking processes in a mass-consumption warehouse applying Lean Warehousing tools: A Research in Peru. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2022-July*, 1–11. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.120>
- García-Reyes, H., Avilés-González, J., & Avilés-Sacoto, S. V. (2022). A Model to Become a Supply Chain 4.0 Based on a Digital Maturity Perspective. *Procedia Computer Science*, 200(2019), 1058–1067. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.305>
- Gómez, R., Cano, J., & Campo, E. (2018). Gestión de la asignación de posiciones (Slotting) eficiente en centros de distribución agroindustriales Efficient slotting management in an agribusiness distribution center. *Espacios*, 39(16), 23.
- Koot, M., Mes, M. R. K., & Iacob, M. E. (2021). A systematic literature review of supply chain decision making supported by the Internet of Things and Big Data Analytics. *Computers and Industrial Engineering*, 154(December 2020), 107076. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.107076>

- Leon, E., Torres, V., Collao, M., & Flores, A. (2022). *Improvement model applying SLP and 5S to increase productivity of storaging process in a SME automotive sector in.* 219–225.
- Mantilla, R. B., Arivilca, L. P., Aparicio, V., & Nunura, C. (2021). *basado en las metodologías 5S y DDMRP en Pymes comerciales Inventory management optimization model based on 5S and DDMRP methodologies in commercial SMEs.*
- Montalvo-soto, J., Astorga-bejarano, C., Salas-castro, R., Macassi-jauregui, I., Luis, M. B. A., Montalvo-soto, J., Astorga-bejarano, C., Salas-castro, R., Macassi-jauregui, I., & Luis, M. B. A. (2020). *Reduction of order delivery time using an adapted model of warehouse management , SLP and Kanban applied in a textile micro and small business in Perú Reducción del tiempo de entrega de pedidos utilizando un modelo adaptado de gestión de almacén , SLP y K.* 1–8.
- Muther, R., & Hales, L. (2015). Systematic Layout Planning Pattern. In *Management & Industrial Research Publications.*
- Oré Remigio, K. L. (2016). *Implementación de la metodología 5S en el área de Logística Recepción de la empresa Gloria S.A.* 52.
- Orozco, E., Sablón, N., Barrezueta, K., & Sánchez, F. (2020). Diseño de layout en un almacén del Ingenio Azucarero de Imbabura, Ecuador. *Ingeniería Industrial*, 41(1), 1–17.
- Pérez, J. (2022). *Universidad Nacional Mayor de San Marcos Diseño y aplicación de slotting para mejorar la productividad de picking en un operador logístico dentro de un centro de distribución Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial.*
- Pérez Sierra, V., & Quintero, L. C. (2017). Metodología dinámica para la implementación de 5's en el área de producción de las organizaciones. *Revista Ciencias Estratégicas*, 25(38), 411–423.
- Quiroz-Flores, J. C., Campos-Sonco, J., & Saavedra-Velasco, V. (2022). Incremento del nivel de servicio en un clúster ferretero a través de la aplicación de metodologías mixtas. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 47, 5–22. <https://doi.org/10.17013/risti.47.5-22>
- Vásquez Granda, C. G. (2020). Elaboración de políticas de gestión de repuestos para mantenimiento de equipos críticos de la Central Hidroeléctrica Minas San Francisco. <Http://Dspace.Uazuay.Edu.Ec/Handle/Datos/9720>, 21(1), 14.

https://www.lareferencia.info/vufind/Record/EC_3f2881ff496e2e6193d39d5872107c13

Viveros, P., González, K., Mena, R., Kristjanpoller, F., & Robledo, J. (2021). Slotting optimization model for a warehouse with divisible first-level accommodation locations. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(3), 1–29. <https://doi.org/10.3390/app11030936>

ANEXOS.

Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** Logistic Process Improvement of Applying SLP, 5S, and Slotting in the Main Warehouse of a Hydroelectric Power Plant
- **Autores:** Gilda Nicida Alvarez Calleja y Joaquin Diez Canseco Rizo Patron
- **Co autor(es):** Rafael Chávez-Ugaz

Publicación en revista

- **Nombre de la revista:**
- **Volumen:**
- **Número:**
- **Año:**
- **Pp:**
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):**

Presentación en congreso

- **Nombre del congreso:** 2023 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)
- **Organizador:** Universidad Católica de Colombia y la IEEE
- **Sede:** Colombia
- **Año:** 2023
- **Pp:** 101-106
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):**
[10.1109/CONIITI61170.2023.10324299](https://doi.org/10.1109/CONIITI61170.2023.10324299)

9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- Bibliografía

Exclusiones


- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 7%  Publicaciones
- 9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
0 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.