

Comunicación Corta

PROCEDIMIENTO PARA LA UBICACIÓN DE EQUIPOS EN UNA PLANTA QUÍMICA CON RESTRICCIONES EN LA INFRAESTRUCTURA

PROCEDURE FOR EQUIPMENT LAYOUT IN A CHEMICAL PLANT WITH INFRASTRUCTURE CONSTRAINTS

Néstor Ley Chong¹ <https://orcid.org/0000-0001-5575-246X>
Yosviel Reyes Delgado^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-9344-2304>
Luis Saidel Escobar Pérez² <https://orcid.org/0009-0009-3528-9215>
José Antonio Fabelo Falcón¹ <https://orcid.org/0000-0002-2144-6701>
Luis Andrés Gómez Rodríguez¹ <https://orcid.org/0000-0003-4264-1693>

¹ Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

² Empresa de Mantenimiento a Grupos Electrógenos Fuel-Oil, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Febrero 21, 2026; Revisado: Marzo 2, 2026; Aceptado: Marzo 21, 2026

RESUMEN

Introducción:

La disposición de equipos en plantas químicas existentes influye directamente en los costos operativos donde el transporte de materiales incide directamente sobre los gastos de funcionamiento. La optimización de estos flujos en instalaciones con restricciones de infraestructura preexistente requiere enfoques metodológicos propios.

Objetivo:

Proponer un procedimiento heurístico estructurado para la reconfiguración y ubicación de equipos en plantas químicas existentes.

Materiales y Métodos:

Se diseñó un procedimiento en seis pasos a partir de análisis de documentos tecnológicos y visitas sistémicas a las instalaciones.

Resultados y Discusión:

El procedimiento permite identificar cuellos de botella y recorridos redundantes en



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

* Autor para la correspondencia: Yosviel Reyes, Email: yreyes@uclv.edu.cu



plantas en operación, facilita la toma de decisiones, superando las limitaciones de los modelos teóricos ideales no aplicables a infraestructuras rígidas.

Conclusiones:

El procedimiento plantea un marco estructurado para la ubicación de equipos en plantas existentes, permitiendo mejoras sin inversiones a gran escala en instalaciones de la industria química.

Palabras clave: Distribución en plantas; industria química; procedimiento heurístico; reconfiguración.

ABSTRACT

Introduction:

The layout of equipment in existing chemical plants directly influences operating costs, as material transport has a direct impact on operating expenses. Optimizing these material flows in facilities with pre-existing infrastructure constraints requires specific methodological approaches.

Objective:

To propose a structured heuristic procedure for the reconfiguration and placement of equipment in existing chemical plants.

Materials and Methods:

A six-step procedure was designed based on analyses of technical documents and systematic site visits.

Results and Discussion:

The procedure allows for the identification of bottlenecks and redundant routes in operating plants, facilitates decision-making, and overcomes the limitations of ideal theoretical models that are not applicable to rigid infrastructures.

Conclusions:

The procedure provides a structured framework for equipment layout in existing plants, enabling improvements without large-scale investments in chemical industry facilities.

Keywords: Plant layout; chemical industry; heuristic procedure; reconfiguration.

1. INTRODUCCIÓN

La reconfiguración de plantas químicas existentes representa un desafío complejo que requiere equilibrar las limitaciones de infraestructura con los requisitos de procesos actualizados. El transporte de materias primas y productos intermedios dentro de una planta consume aproximadamente el 20-50% de los costos operativos totales en la industria química (Muther & Hales, 2015). La optimización de la ubicación de equipos, considerando las instalaciones existentes, puede reducir significativamente estos costos mientras mejora la seguridad y flexibilidad operativa (Pérez et al., 2021). El objetivo que se aborda es proponer un procedimiento heurístico estructurado para la reconfiguración y ubicación de equipos en plantas químicas existentes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en una planta química existente, tomando como base la infraestructura instalada y las limitaciones operacionales actuales. Para la ejecución del procedimiento se realizaron acciones de levantamiento de información técnica, revisión de planos de distribución de áreas y equipos, visitas periódicas a las instalaciones para evaluar infraestructura y servicios, así como para realizar el levantamiento de equipos fijos no susceptibles de reubicación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El procedimiento que se propone consta de una serie de pasos que permite realizar un análisis de la situación existente en cuanto a la nueva distribución de los equipos o modificaciones en la infraestructura del área de producción. La figura 1, muestra el diagrama heurístico que facilitaría los pasos a seguir para la ubicación del equipamiento de procesos en una infraestructura existente. A continuación, se argumenta cada uno de los pasos del procedimiento.

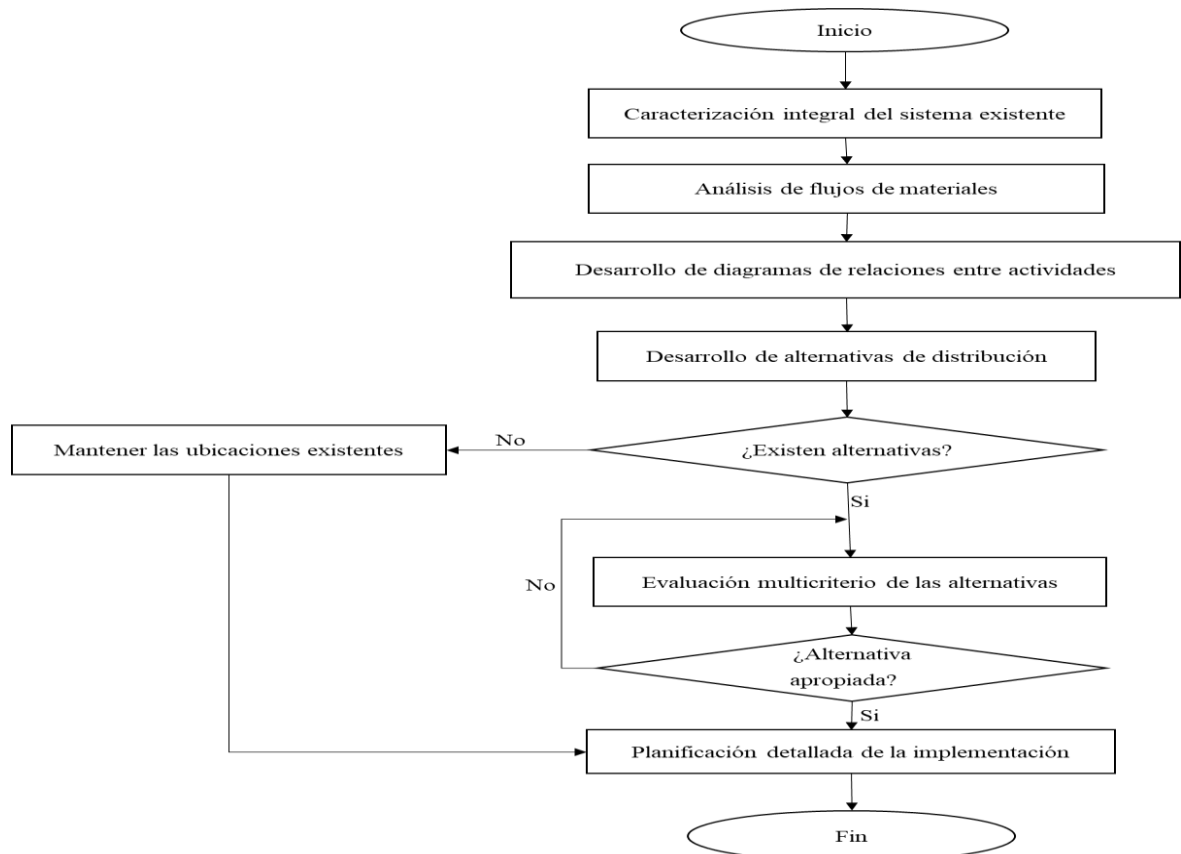


Figura 1. Diagrama heurístico para la ubicación de equipos de procesos en una infraestructura existente

3.1. Caracterización integral del sistema existente

Este paso inicial tiene el como objetivo, conocer detalladamente las limitaciones y las oportunidades que presenta la infraestructura actual, para ello es importante realizar un levantamiento de las áreas disponibles con las dimensiones exactas, hacer una evaluación

estructural de soportes y cimentaciones existentes, análisis del estado de los servicios auxiliares (tuberías, ductos, cableado, drenajes), realizar un inventario de equipos fijos que no pueden reubicarse, y un análisis de las restricciones de acceso y circulación. En estos casos se realizan los diagramas de condición actual, planos, inspecciones in situ y entrevistas a los operadores con sus experiencias.

3.2. Análisis de los flujos de materiales

Contabilizar el transporte de materias primas representa el núcleo del problema identificado; su optimización debe guiar las decisiones de ubicación, pues a partir de aquí se ajustan las capacidades de los equipos teniendo en cuenta la disponibilidad de las materias primas y de las nuevas producciones. En este paso se realizan acciones para la cuantificación de flujos volumétricos entre las operaciones, se realiza una identificación de las características de los materiales involucrados (viscosidad, corrosividad, peligrosidad), determinación de rutas críticas de transporte, análisis de los tiempos y frecuencias de transferencia y se evalúan los métodos de transporte actuales y alternativos. En esta etapa se confecciona los diagramas de flujo de procesos (PFD) y los estudios de movimientos.

3.3. Desarrollo del diagrama de relaciones entre actividades

Este es un paso, que permite priorizar proximidades entre equipos según criterios múltiples más allá del simple flujo de materiales, lo cuales, tiene su influencia en los costos de inversión y costos operacionales de la instalación, por tanto es importante, la identificación de factores de proximidad (seguridad, mantenimiento, control, energía), la asignación de valores de cercanía deseada, modificaciones que pueden impactar en el buen funcionamiento del proceso y la validación y evaluación con equipos multidisciplinarios. Es importante utilizar método sistemático de distribución de equipamientos, realizar un análisis de factores cualitativos y talleres de consenso.

3.4. Generación de alternativas de distribución

Este paso es primordial, donde las experiencias y las iniciativas de los especialistas o grupo multidisciplinario pueden proponer nuevas alternativas de distribución en los espacios vacantes, ya que las restricciones de infraestructura existente requieren soluciones creativas que maximicen el espacio disponible (Yusuf et al., 2025). En este caso se realizan desarrollos de distribuciones considerando restricciones geométricas reales, exploración de configuraciones verticales y horizontales, evaluación de reutilización de soportes y estructuras existentes, consideración de modularización para áreas limitadas y la generación de al menos tres alternativas viables. En esta etapa de análisis se pueden emplear *Software CAD 3D*, modelado de restricciones, técnicas de diseño espacial.

3.5. Evaluación multicriterio de alternativas

Las acciones de este paso se realizan sobre los resultados de las alternativas de distribución que se han generado, donde, la selección óptima debe considerar aspectos económicos, técnicos, de seguridad y operativos simultáneamente. En esta evaluación se tiene en cuenta aspectos cuantitativos y cualitativos, los cálculos cuantitativos, donde se

estiman los costos totales de transporte (mano de obra, energía, mantenimiento), la longitud total de tuberías y ductos, la eficiencia de utilización de espacio, costos de reubicación y adaptación y la evaluación cualitativa: puntajes de seguridad y riesgos, flexibilidad para futuras expansiones, impacto en operación y mantenimiento, conformidad con normativas (Muther & Hales, 2015). Para estos casos se utilizan indicadores de análisis económicos como el valor actual neto, método del proceso analítico jerárquico (PAJ) y matrices de decisión ponderada (Lin et al., 2023).

3.6. Planificación detallada de la implementación

Una vez que se tenga la alternativa de distribución y ubicación viable de los equipos se realiza la transición de la distribución existente a la nueva planificación para minimizar paradas de producción. Como fase final del estudio, se desarrolla un cronograma por fases y secuencia de las reubicaciones para minimizar impacto operacional, se establecen las estrategias de mitigación de riesgos durante implementación y se elaboran un plan de capacitación para personal. En esta etapa se pueden auxiliar de los diagramas de Gantt, análisis de ruta crítica y gestión de cambio organizacional.

La principal ventaja de este enfoque es su adaptabilidad a restricciones de infraestructura preexistente, común en plantas químicas establecidas. A diferencia de metodologías para diseños, este procedimiento reconoce que las soluciones óptimas teóricas raramente son viables en contextos de reconfiguración (Wang et al., 2025). La integración de análisis cualitativos y cuantitativos permite tomar decisiones balanceadas entre eficiencia económica y seguridad operativa. Además, la inclusión de etapas de validación asegura que los beneficios proyectados se materialicen en la práctica.

4. CONCLUSIONES

1. El procedimiento presentado ofrece un marco estructurado para abordar el problema de ubicación de equipos en plantas químicas existentes, con especial énfasis en la optimización del transporte de materias primas que permite maximizar el aprovechamiento de instalaciones existentes mientras se mejoran los indicadores de eficiencia y seguridad.
2. Este procedimiento es particularmente relevante para la industria química actual, donde las limitaciones para la inversión y la necesidad de mejorar competitividad requieren soluciones que optimicen infraestructura ya instalada en lugar de requerir nuevas construcciones.

REFERENCIAS

- Lin, Z., Gong, L. Q., Xu, J. J., Jiang, J. J., & Jiang, J. C. (2023). Multi-objective optimization of chemical process plant layout considering economy and inherent safety. *Process Safety and Environmental Protection*, 176, 817-830. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.06.060>
- Muther, R., & Hales, L. (2015). Systematic Layout Planning (4th edition). Management and Industrial Research Publications. Marietta, GA, United States. <https://richardmuther.com/wp-content/uploads/2016/07/Systematic-Layout-Planning-SLP-4th-edition-soft-copy.pdf>
-

- Pérez, P., Mula, J., & Díaz, M. (2021). Facility layout planning. An extended literature review. *International Journal of Production Research*, 59(12), 3777-3816. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1897176>
- Wang, A., Xu, S., & Xu, G. (2025). A Two-Level Facility Layout Desing Method whit the Consideration of High-Risk Facilities in Chemical Industries. *Processes*, 13(1), 161. <https://doi.org/10.3390/pr13010161>
- Yusuf, H., Achida, U., & Mohammed, A. (2025). Impact of Fiability Layout and Workflow Optimization on Production Efficiency. *Journal of Economics and Business Management*, 2(12), 90-109. <https://gaspublishers.com/wp-content/uploads/2025/12/Impact-of-Facility-Layout-and-Workflow-Optimization-on-Production-Efficiency.pdf>

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- Dr.C. Néstor Ley Chong. Conceptualización, metodología, supervisión.
 - M.Sc. Yosviel Reyes Delgado. Investigación, redacción - revisión y edición.
 - Ing. Luis Saidel Escobar Pérez. Software, redacción-primera redacción
 - Dr.C. José Antonio Fabelo Falcón. Metodología, supervisión.
 - Dr.C. Luis Andrés Gómez Rodríguez. Supervisión.
-