

Diseño de una distribución eficiente del almacén con equipos utilizados en la construcción de un complejo industrial

Design of an efficient warehouse layout with equipment used in the construction of an industrial complex

Erika Julieth Rangel Calderón
Instituto Politécnico Nacional – UPIICSA
erjuran@gmail.com

Recibido 05, enero, 2025

Aceptado 12, mayo, 2025

Resumen:

En las empresas de México una de las principales problemáticas es llevar a cabo la delimitación de áreas de un complejo industrial, para almacenar equipos. El proyecto de investigación presenta la problemática de un complejo industrial que va a almacenar equipos de construcción teniendo en cuenta el tiempo de permanencia, el día que llegan y se van, el peso y el volumen, para así poder asignar los espacios, teniendo en cuenta la capacidad y dimensión del almacén. Para que se le de soluciones al problema y no haya problemas en la cadena de suministro. Para esto se recopilarán datos que fueron provenientes por una fuente secundaria donde estos son datos cuantitativos. En los resultados se propone el método heurístico, que en base a este proporcione la facilidad de acceso para traslado de los equipos y un mayor aprovechamiento del espacio. Cada equipo se distribuyó en 3 áreas de almacenamiento: pulmón 1, pulmón 2 y pulmón 3. Para validar el método de asignación de espacios se utilizó el software AutoCAD y finalmente el otro método válido con el algoritmo de POO que utiliza el lenguaje de programación de Python.

Abstract

One of the main challenges facing companies in Mexico is delimiting areas within an industrial complex for storing equipment. This research project presents the problem of an industrial complex that will store construction equipment, taking into account the length of stay, arrival and departure days, weight, and volume. This will allow for space allocation based on the warehouse's capacity and size. This will provide solutions to the problem and minimize supply chain issues. To this end, quantitative data will be collected from a secondary source. The results propose a heuristic method, which provides easy access for equipment transfer and greater space utilization. Each piece of equipment was distributed across three storage areas: bay 1, bay 2, and bay 3. AutoCAD software was used to validate the space allocation method, and finally, the other method was validated with the OOP algorithm using the Python programming language.

Keywords: store, heuristic method, inventory

Introducción

La necesidad de optimizar espacios en los almacenes de cualquier empresa es necesaria ya que, así esta tendrá respuesta oportuna en su cadena de suministro y se vera reflejado en la minimización del impacto económico. Por lo que, al hacer el diseño, la empresa debe tomar en cuenta los tiempos tanto de recibimiento, como almacenamiento y entrega de destino final. La presente investigación es de una empresa real, sin embargo, los datos, el nombre de la compañía, ubicación entre otros datos fueron modificados. Al ser una empresa de equipos de gran magnitud la propuesta fue la distribución del almacén con base en la priorización del tiempo de estancia de cada equipo en el área determinada como almacenamiento de resguardo temporal. Por lo que para dicha propuesta fue puesta a prueba en lenguaje de programación Python

Objetivo

Delimitar el área y distribución de los equipos de maquinaria que serán utilizados en un megaproyecto, basándose en los requerimientos y el área delimitada que cuenta el almacén donde serán resguardados temporalmente.

Considerar la llegada y salida de equipos de grandes dimensiones, también tomar en cuenta la frecuencia de llegada al almacén de resguardo temporal de embarcaciones. Para así determinar el dimensionamiento de las áreas de tránsito, para permitir movimientos eficaces de los equipos

Marco teórico

Un almacén es definido como el espacio de tamaño apropiado que es utilizado por que una organización para ubicar y manipular los materiales o mercancías de manera eficiente que requiere en sus procesos productivos (Brenes Muñoz, 2015), el cual debe usarse en el máximo volumen disponible y óptimo del espacio, de modo que genere costos mínimos en el proceso de almacenaje.

El almacén debe contar con la distancia de seguridad que según (Pino, 1996), menciona la importancia del dimensionamiento adecuado tanto para los peatones, pasillos como mercancía, de modo que las vías de circulación no se vean afectadas al momento del traslado de alguna carga. También determinar los criterios en los que será acomodada la mercancía, como lo es el peso, volumen o el periodo por el que estos serán ocupados

Una de las alternativas que se presentó en esta investigación fue el Bin Packing Problem (BPP) (Garey & Johnson, 1981) es uno de los problemas de la optimización combinatoria más conocidos, (Falkenauer & Delchambre, 1992; Garey & Johnson, 1981) cuyo objetivo es determinar la ubicación de un conjunto de ítems de tamaño variable en un área de trabajo fija, buscando optimizar la cantidad de espacio utilizado, es decir, usar la menor cantidad de espacio para colocar tantos ítems como sea posible

también se implementó el modelo de asignación de espacios por estacionamiento que la técnica propuesta por (Sánchez, 2012), consiste en determinar el tipo de estacionamiento en función del ángulo formado por el espacio de estacionamiento y la dirección del flujo de la vía, de modo que se permita una demarcación de los espacios correspondientes

El modelo de asignación de espacios por estacionamiento es la técnica propuesta por (Sánchez, 2012), consiste en determinar el tipo de estacionamiento en función del ángulo formado por el espacio de estacionamiento y la dirección del flujo de la vía, de modo que se permita una demarcación de los espacios correspondientes.

Métodos

Se desarrolla este estudio y los métodos de investigación a usar, con el fin de identificar las causas que afectan el rendimiento y la correcta operación de una cadena de suministro y almacenamiento; comprendiendo de esta manera el contexto y la perspectiva del problema, teniendo la propuesta de solución basado en un modelo heurístico, en donde se deben recolectar y analizar los datos. Para después, analizar los resultados, validarlos y tomar una decisión

Resultados

En base al registro de equipos se determinó que serán resguardados en 3 áreas distribuidas que fueron identificados como: pulmón 1 (almacén 1) que cuenta con área de 58,000 km², pulmón 2 (almacén) de 54,000 km² y pulmón 3 (almacén) de 26,000 km². Se toma en cuenta el registro que son 473 equipos y que serán distribuidos en los 3 almacenes, tomando en cuenta la frecuencia de llegada de 3 embarcaciones por semana y que algunos de estos son importados, que permanecerán en el almacén aproximadamente 28 días promedio. Sin embargo, se descartan 178 equipos ya que no se cuenta con el registro de información necesaria.

Por otro lado 290 equipos cuentan con la información necesaria que es el ancho, largo, alto y peso y se procede a categorizarlos. Los últimos 5 equipos carecen de esta información. El método heurístico que se utilizara para esta investigación es la BPP, en donde se agrupara la llegada de los equipos conforme a la fecha en que se reciben, donde los 290 equipos se dividen en 71 grupos.

Tabla 2. Clasificación de equipos por categoría

Categoría	Cantidad
Packing List, contenedores, agorador de agua amarga	15
Cajas de madera, Debitanizer	14
Módulos	83
Columnas	14
Torre fraccionadora	8
Reactores	16
Feed Surge	16
Compresor	10
Estabilizador, Top Davit, tambores de coque, tanques, sección de chimenea y convección	34
Regeneradores, paquetes de tratamiento cáustico de GLP	34
Intercambiador de calor, fluegas airpreheater, lubricante patín de aceite, generador eléctrico.	46

Una vez clasificados los equipos por la fecha de llegada, se procede a determinar la cantidad de días que se quedarán resguardados, la urgencia en que estos serán ocupados y la ubicación en donde serán resguardados, teniendo en cuenta un ángulo de 30° acorde que se alinea con el flujo de la vida, para facilitar las maniobras de los equipos. De igual manera se valida por

medio del software Auto CAD en base a las dimensiones de los equipos (ancho y largo) y se les acondiciona el factor de seguridad de 3 metros.

En esta investigación se distribuyó equitativamente los equipos tanto en la parte superior como inferior del pasillo de acuerdo con la priorización por fecha. Por otra parte, la validación del método POO que utiliza el algoritmo a través del lenguaje de programación Python donde se definen los objetos (equipos), clase (Grupos de los equipos), datos (dimensiones de los equipos, ingreso y salida) y los métodos de traslado y almacenamiento.

De acuerdo con la lógica de programación se divide en 5 componentes generales: interfaz de Excel, generador de polinomios, ordenador de inventario, ordenador tetris y ordenador de graficas. En donde del archivo Excel se extrae por cada almacén 4 hojas inicialmente el ordenamiento por grupo (de acuerdo con la fecha de embarcación), luego la priorización por días (cantidad de tiempo que estará el equipo en el almacén), seguidamente la asignación de espacios por el ordenamiento tetris y el ordenamiento por carriles.

El ordenamiento tetris ubica el equipo en la posición 0,0 del plano, de modo que el algoritmo comienza a recorrer la función polinómica desde el punto $X=0$ y $Y=0$, aumentando en X , donde toda vez que aumente X , se observa si hay equipos que ya estén asignados y se solapen, en caso de que se solapen, se continúa con la búsqueda de algún espacio disponible para resguardar este equipo, intentando en $X+1$, si a pesar de esto, aún no se logra el almacenamiento, se inicia a aumentar en $Y+1$ a las coordenadas del equipo ubicado y así sucesivamente, tanto para la división A y B de cada plano del almacén

Para el final de la programación se concluyó que los 3 pulmones definidos tienen un ordenamiento por grupo. Priorización por días. Asignación de espacios por tetris. Asignación de espacios por carriles. En cuanto al pulmón 2. Ordenamiento por grupo. Priorización por días. Asignación de espacios por tetris. Asignación de espacios por carriles que reflejan los registros arrojados para esta área.

Conclusiones

La primera propuesta permite una distribución óptima de los equipos, sin embargo, se ocupa mayor área en los almacenes respecto a la segunda propuesta ya que, con esta, al ubicar los equipos equitativamente en la parte superior e inferior del pasillo se equilibra la distribución en el almacén conservando el parámetro de priorización por tiempo de estancia.

Mientras que en la programación Python se determina que manteniendo la priorización de almacenamiento de los equipos con base a los días que estarían en el área de resguardo temporal y manteniendo los 30° de inclinación, permiten una mayor facilidad en el flujo de almacenamiento.

Sin embargo, para la realización de esta investigación se tuvo que eliminar algunos datos de los equipos ya que el complejo industrial carecía de las fechas de ingreso y salida dimensiones del equipo y el proyecto se inició con la ausencia de datos

Referencias

Arango Serna, M. D., Zapata C, J. A., & Pemberthy, J. I. (2010). Reestructuración del layout de la zona de picking en una bodega industrial. *Revista de ingeniería*(32), 54-61.

- Armas, L. D., Valdes, D., Morell, C., & Bello, R. (2019). Solutions to storage spaces allocation problem for import containers by exact and heuristic methods. *Computación y Sistemas*, 23(1), 197-211.
- Arrieta Posada, J. G. (2011). Aspectos a considerar para una buena gestión en los almacenes de las empresas (Centros de Distribución, CEDIS). *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 16(30), 83-96.
- Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T. (2008). *Warehouse & Distribution Science: Release 0.89*. Supply Chain and Logistics Institute Atlanta.
- Bernardo de Castilho, C. F. (1993). Handling strategies for import containers at marine terminals.
- Brenes Muñoz, P. (2015). *Técnicas de almacén*. España: Editex.
- Casanova, M. C., Puig, M. D. C., & Ramon, X. R. (2001). *Complejos industriales*. Centre de Recursos i Suport a la Docència, Universitat Politècnica de Catalunya.
- Castro Salamanca, L. F. (2012). Propuesta para el mejoramiento del nivel de servicio al cliente en el proceso de recolección de órdenes en un centro de distribución.
- De Carvalho, J. V. (1999). Exact solution of bin-packing problems using column generation and branch-and-bound. *Annals of Operations Research*, 86, 629- 659.
- De Carvalho, J. V. (2002). LP models for bin packing and cutting stock problems. *European Journal of Operational Research*, 141(2), 253-273.
- Falkenauer, E., & Delchambre, A. (1992). A genetic algorithm for bin packing and line balancing. *ICRA*,
- Garey, M. R., & Johnson, D. S. (1981). Approximation algorithms for bin packing problems: A survey. In *Analysis and design of algorithms in combinatorial optimization* (pp. 147-172). Springer.
- Gaviño, G., Casarrubias, H., & Chávez, M. Capítulo 3 Análisis de técnicas formales en operaciones de pedido en un CEDIS 3PL de productos terminados Chapter 3 Analysis of formal techniques in order operations in a CEDIS 3PL of finished products.
- Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2013). *Introduction to logistics systems management*. John Wiley & Sons.
- Gómez, R. A., & Correa, A. A. (2010). Métodos cuantitativos utilizados en el diseño de la gestión de almacenes y centros de distribución. *Avances en Sistemas e Informática*, 7(3), 109-118.
- Grajales, T. (2000). Tipos de investigación. On line)(27/03/2.000). Revisado el, 14.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México DF McGraw-HILL. Interamericana Editores, SA p, 149, 152-154.
- Kap Hwan Kim, Y. M.-R. (2000). Deriving decision rules to locate export containers in container yards.
- López Fernández, R. (2006). *Operaciones de almacenaje*. Editorial Paraninfo.
- López Fernández, R. (2008). *Logística comercial*. Editorial Paraninfo.
- Lu Chen, Z. L. (2012). The storagelocationassignmentproblemforoutboundcontainers.

- María Isabel Díaz-Iturbe, A. R.-N.-O.-R. (2014). Modelos y heurísticos para la asignación de contenedores a espacios de almacenamiento en el patio de una terminal portuaria.
- Martello, S., Pisinger, D., & Toth, P. (2000). New trends in exact algorithms for the 0–1 knapsack problem. *European Journal of Operational Research*, 123(2), 325-332.
- Marti, R. (2003). Procedimientos metaheurísticos en optimización combinatoria. *Matemáticas, Universidad de Valencia*, 1(1), 3-62.
- Ottogalli Fernández, K. A., Martínez Morales, A. A., & León Guzmán, L. G. (2011). NASPOO: Una Notación Algorítmica Estándar para Programación Orientada a Objetos. *Revista Electrónica de Estudios Telemáticos*, 23.
- Pinedo, M. L. (2016). *Scheduling Theory, Algorithms and Systems*. New York: Springer International Publishing.
- Pino, J. M. (1996). NTP 434: Superficies de trabajo seguras (I).
- Roberto Hernández Sampieri, C. F.-C. (2006). *Metodología de la Investigación*. México D.F: McGraw-Hill Interamericana.
- Roodbergen, K. J., & Koster, R. (2001). Routing methods for warehouses with multiple cross aisles. *International Journal of Production Research*, 39(9), 1865-1883.
- Román, L. L. (2013). *Metodología de la programación orientada a objetos*. Ciudad de México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Sánchez, N. L. (2012). *Estudio de Estacionamiento en Vías Públicas*.
- Vargas, A. (1999). *Metodología de la Investigación*. Spanta. México.