

Análisis del comportamiento de equipos de mantenimiento en un almacén

Alberto Gómez¹, Raul Pino¹, David de la Fuente¹, Paolo Priore¹

¹ Dpto. de Administración de Empresas. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Gijón. Universidad de Oviedo. Campus de Viesques, 33203 Gijón. albertogomez@uniovi.es, ramon.companys@upc.edu (use 'Filiación' style)

Palabras clave: Simulación, logística, almacén, transelevador.

1. Introducción.

El presente trabajo tiene como objetivo el análisis y selección de los sistemas logísticos ligados a la gestión de almacenes. La principal herramienta empleada será la simulación discreta mediante ARENA 11.0, que permitirá realizar el análisis de todas las variables que intervengan en la correcta gestión del almacén. Esto permitirá detectar tanto cuellos de botella, como recursos redundantes, con el objeto de elegir el mejor sistema de almacenamiento según el caso.

Del mismo modo se podrá analizar el comportamiento del sistema ante posibles cambios en las variables que lo afectan, es decir, se analizará la flexibilidad y la capacidad de los procesos logísticos ligados al almacenamiento, para ajustarse rápidamente a cualquier entorno cambiante tanto de oferta como de demanda.

A continuación se explicará a continuación las dos premisas básicas de las que parte este trabajo. En primer lugar cabe resaltar que prácticamente no hay almacenes que no utilicen carretillas elevadoras en alguna parte del proceso de almacenaje. Esta es una de las razones por la cual se utiliza en una o en las dos zonas en las que se transporta el material a distancias medias/largas. En segundo lugar esta probablemente la pregunta más importante en el sector del almacenamiento en los últimos años... ¿merece la pena la instalación de un sistema automatizado de colocación del material (utilizando transelevadores)?.

- **Económicamente** es evidente que el transelevador conlleva un coste muy superior. El coste del transelevador por posición palet es 8 veces superior al de la paletización normal por carretilla elevadora, pero con el avance de la técnica estos márgenes se van reduciendo día a día. Por otro lado y quizás más importante es que con transelevador se pueden alcanzar alturas muy superiores (se pasa de 6 a 20 pisos de altura) con el correspondiente beneficio económico que supone el ahorro de compra del terreno para el almacén.
- En cuanto al **funcionamiento**, el cual es objeto de análisis en este trabajo, se supone que el transelevador alimentado por cintas transportadoras se comporta de forma muy superior al sistema de carretillas elevadoras. Precisamente este es el punto que se pretende analizar en este trabajo. En concreto, se quiere saber a partir de qué volumen de movimiento es más eficiente un transelevador.

2. Conceptos sobre gestión de almacenes

La investigación sobre la gestión del almacén empieza a desarrollarse en 1970. Para el completo estudio de un almacén habría que tener en cuenta tres niveles, como desarrolla Rouwenhorst B. et al (2000), que son: nivel estratégico, nivel táctico y nivel operativo. El nivel estratégico contempla las decisiones de selección de equipamientos y el diseño del flujo de los procesos del almacén; el nivel táctico comprende la ubicación del almacén, diseño físico del mismo y necesidades de personal y el nivel operacional estudia la organización de las operaciones del almacén.

Dentro de los problemas que es necesario abortar al afrontar el diseño de un almacén cabe destacar la decisión en cuanto a tipo de equipo de manutención a emplear (carretilla o transelevador), las decisiones en cuanto a las políticas de ubicación de productos en las estanterías y el lay-out del almacén.

El sistema de almacenaje utilizado será la base para conseguir una buena eficiencia en preparación de pedidos. A partir de un espacio definido hay que organizar los elementos de forma que faciliten las tareas a realizar en el almacén. Hay varias decisiones importantes para tener en cuenta a la hora de plantear dicha organización: cuánto inventario se quiere tener de cada artículo y frecuencia de reposición del mismo y dónde se colocan los distintos productos. Los dos primeros problemas pertenecen al tradicional tema de control de inventario. Este trabajo se centrará en el problema de asignación de lugar de almacenaje. Los criterios más importantes a tener en cuenta para tomar estas decisiones son:

- eficiencia de almacenaje: optimizar la capacidad del almacén.
- eficiencia de accesibilidad: facilitar la recogida de los artículos.

También hay que tener en cuenta las condiciones ambientales y las medidas de seguridad para minimizar riesgos. Sin olvidar que un almacén debe ser lo más flexible posible en cuanto a su estructura y organización, de forma que pueda adaptarse a las necesidades de evolución en el tiempo.

Se encuentran publicaciones que analizan, clasifican y comparan las formas de almacenaje desde puntos de vista diferentes. Goetschalckx y Ratliff (1991) evalúan analíticamente las políticas de almacenaje para almacenes de un bloque. Roll an Rosenblatt (1983) hacen la comparativa de varias formas de almacenar en cuanto al aprovechamiento del espacio. Roodbergen k. y Vis I.F.A. (2008) hacen una clasificación de las políticas de almacenaje usadas en sistemas automatizados. De koster, Le-Duc y Roodbergen (2007) hacen una clasificación de políticas de almacenaje en la que añaden la agrupación por familias a las que ya habían presentado anteriores autores. En Gómez et al (2008) se hace un resumen de las diferentes políticas.

3. La simulación

En el ejercicio de las funciones típicas de cualquier actividad humana, el hombre toma decisiones de uno y otro tipo de manera continua. Esta situación trae consigo por lo general riesgo e incertidumbre, lo que compromete la calidad y el logro de la decisión. Para contrarrestar esta situación, el hombre ha desarrollado a través del tiempo una diversidad de herramientas que le permiten minimizar el riesgo y la incertidumbre en la toma de decisiones.

La simulación es una de estas herramientas; con su aplicación no sólo se logra el anterior cometido, sino que se minimizan los costes involucrados en la decisión mediante un mejor uso de los recursos, la disminución del tiempo utilizado y la minimización de las probabilidades de riesgo. A través del proceso de diseño de un modelo de un sistema real, y

dirigiendo el experimento con él, se puede entender el comportamiento del sistema, lo cual permite tomar mejores decisiones.

La aplicación de la simulación para buscar la esencia de un sistema implica, por lo general, el manejo de un volumen considerable de datos y la ejecución de un alto número de repeticiones del proceso, ya que se pretende lograr una adecuada historia artificial que permita tomar una decisión con un alto grado de confiabilidad.

En este trabajo se optará por el programa ARENA 11.0 para la realización de la simulación, además se empleará como elemento auxiliar de la misma el programa ARENA 3D. A pesar de ser un programa independiente que se vende por separado, la principal función del Arena 3D es realizar animaciones en tres dimensiones de los resultados obtenidos de la simulación en Arena 11. La figura 1 muestra el diseño de la animación para el sistema con transelevador creado a partir de los datos generados por Arena 11:

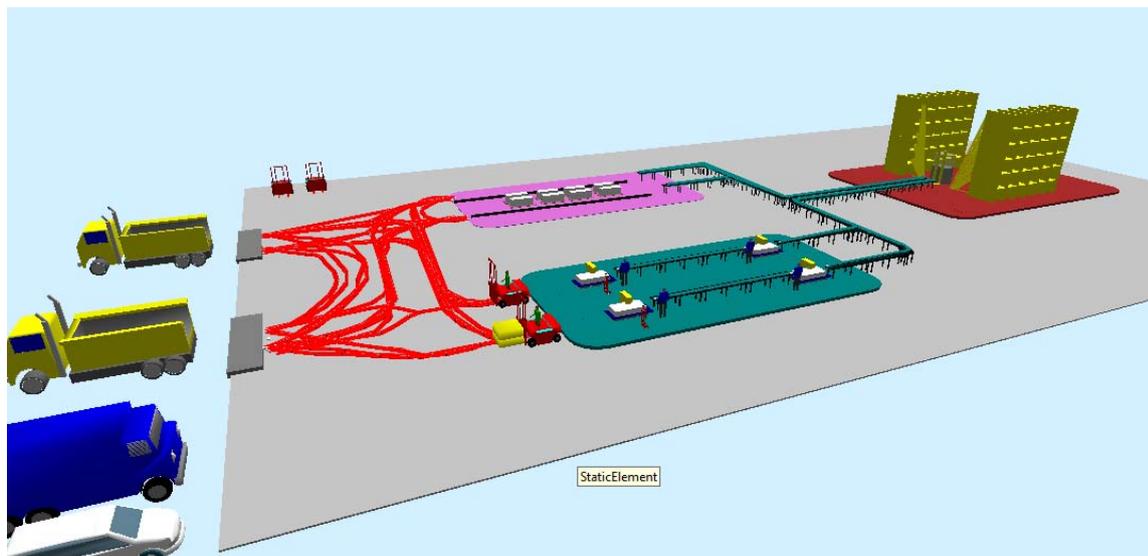


Figura 1: Representación del almacén estudiado.

4. El modelo simulado

Para la consecución de este trabajo se han realizado 4 modelos de bloques básicos sobre el programa Arena 11, a saber:

- **ACD:** Sistema de almacenaje que utiliza carretillas elevadoras para llenar / vaciar y las estanterías y cuya ubicación de elementos en estas se realiza de forma desordenada (sin tener en cuenta el tipo de producto).
- **ACO:** Sistema de almacenaje que utiliza carretillas elevadoras para llenar / vaciar y las estanterías y cuya ubicación de elementos en estas se realiza de forma ordenada (teniendo en cuenta el tipo de producto).
- **ATD:** Sistema de almacenaje que utiliza un transelevador para llenar / vaciar y las estanterías y cuya ubicación de elementos en estas se realiza de forma desordenada (sin tener en cuenta el tipo de producto).
- **ATO:** Sistema de almacenaje que utiliza un transelevador para llenar / vaciar y las estanterías y cuya ubicación de elementos en estas se realiza de forma ordenada (teniendo en cuenta el tipo de producto).

A la hora de ejecutar los modelos y para dar un sentido práctico a los resultados, se ha optado por buscar 4 conjuntos de tasas de llegada / salida relacionadas con las capacidades de los modelos realizados.

	LLEGADA	SALIDA	SITUACIÓN PARA LOS MODELOS DISEÑADOS
Tasa BAJA	1 Por minuto	1 Por minuto	Los sistemas funcionan bien con esta tasa
Tasa MEDIA	2 Por minuto	2 Por minuto	Carretillas al limite de su capacidad
Tasa ALTA	6 Por minuto	6 Por minuto	Transelevador al límite de su capacidad
Tasa EXTRA	8 Por minuto	8 Por minuto	Prueba el uso de 3 carretillas en la Zona A

Tabla 1. Últimos congresos de ADINGOR. Times New Roman, 10 puntos. (usar estilo ‘Pie de imagen’)

5. Análisis de soluciones

En este apartado se muestran tanto los diagramas de los diferentes escenarios creados con el programa Arena 11 como una serie de los datos más representativos obtenidos de estos. En primer lugar, se muestra a continuación la primera captura de imagen de Arena 11. En la figura 2, se muestra la estructura general de los diagramas de bloques del sistema de almacenamiento más sencillo creado – ACD: Sistema de almacenamiento por carretilla y con ubicación de elementos desordenada

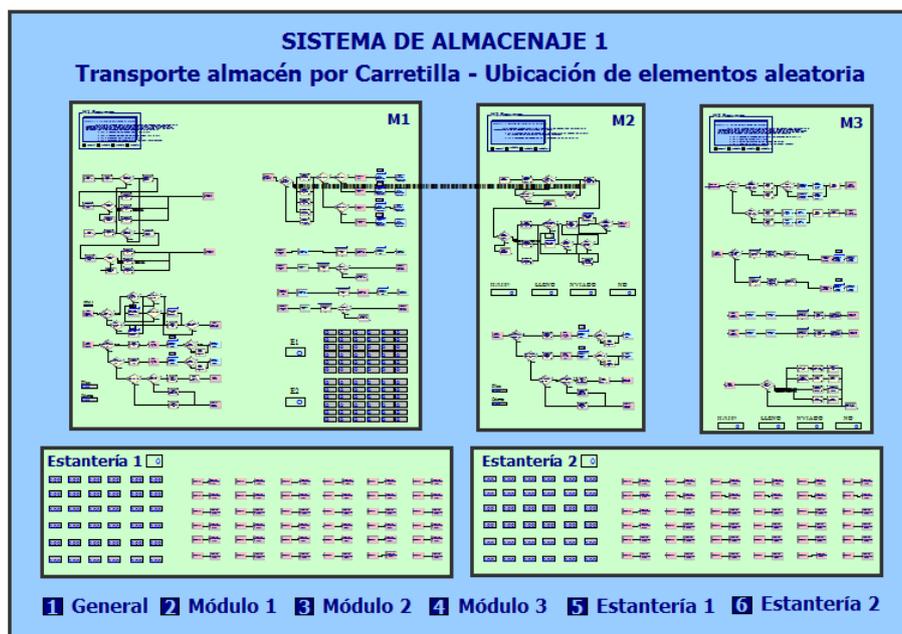


Figura 2: Estructura general del diagrama de bloques del almacén simulado.

Como se puede observar en la imagen, los diagramas de bloques están divididos en varias zonas (rectángulos con fondo verde) en las que se sitúan los diagramas en función de su papel en el sistema de almacenamiento.

Cada zona del modelo ha sido programada para ser accesible independientemente mediante Hot-keys. Debido al gran tamaño de cada uno de los 4 modelos creados (aproximadamente 450 bloques cada uno), se hace necesario este tipo de acceso para desplazarse con mayor agilidad. Las Hot-keys de la vista general se muestran en la parte baja de la primera captura y permite conocer las teclas adecuadas para comenzar a acceder al modelo.

Para verificar que los datos mostrados por la simulación son fiables se han simulado 500 horas de funcionamiento equivalentes a la jornada laboral normal de un mes entero. Esta longitud de simulación permite obtener un margen de error entre un 5 y un 10% en la mayoría de los casos.

5.1. Comparación entre carretilla y transelevador

En este apartado se compararan los sistemas ordenados con carretilla o transelevador en función de multitud de resultados obtenidos de las simulaciones y resumidos en los gráficos y tablas que se mostraran mas adelante. A continuación se mostrarán una serie de tablas y gráficas elegidas que comparan los resultados obtenidos con cada uno de los 6 modelos seleccionados para este análisis:

- **ACO_M12:** Con tasa media, 2 carretillas elevadoras y colocación ordenada en estanterías.
- **ACO_M23:** Con tasa media, 3 carretillas elevadoras y colocación ordenada en estanterías.
- **ATO_M21:** Con tasa media, un transelevador y colocación ordenado en estanterías.
- **ATO_A21:** Con tasa alta, un transelevador y colocación ordenado en estanterías.
- **ACO_A23:** Con tasa alta, carretilla y ordenado. Se satura pues el número de materiales en las colas tiende a infinito. Por lo que se puede deducir que no es suficiente con 3 carretillas en la Zona C para abastecer la Zona C cuando hay una tasa de llegada / pedidos alta.
- **ACO_A28:** Con tasa alta, 8 carretillas elevadoras y colocación ordenada en estanterías. Después de realizar varias simulaciones resulta el equivalente al sistema ATO_A21.

La figura 3 muestra los resultados obtenidos en la simulación con respecto a la utilización del transporte para los diferentes escenarios contemplados para este análisis:

Carretilla Zona C

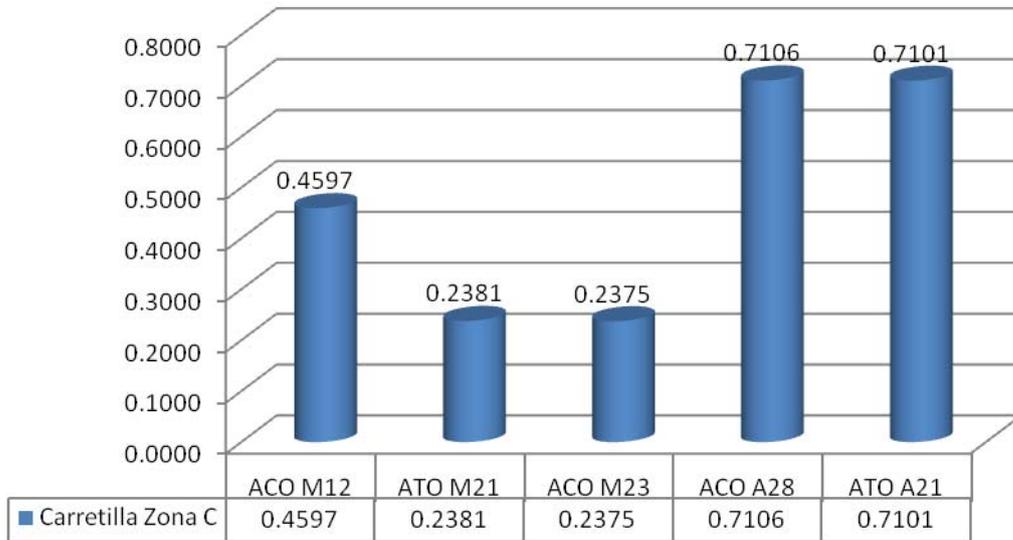


Figura 3: Comparación entre transelevador y carretilla.

Se observa fácilmente como para una tasa media la carretilla funciona aceptablemente pero que a su vez el transelevador está infrutilizado lo que indica que para una tasa de este tipo no sería muy rentable.

Por otro lado para la tasa alta se observa como llegan a necesitarse 8 carretillas elevadoras para igualar el rendimiento obtenido con el transelevador. Este dato, teniendo en cuenta que se está hablando de solo un pasillo, indica que existe una alta probabilidad de que se produzcan atascos en medio de las estanterías que ralenticen el funcionamiento normal del almacén. Por no hablar del coste de las ocho carretillas elevadoras y operarios asociados a estas en comparación con un sistema automático que no necesita más que mantenimiento.

5.2. Análisis de los tiempos

Se pasa ahora a tratar los tiempos de espera de los materiales en el proceso de almacenamiento para una tasa media:

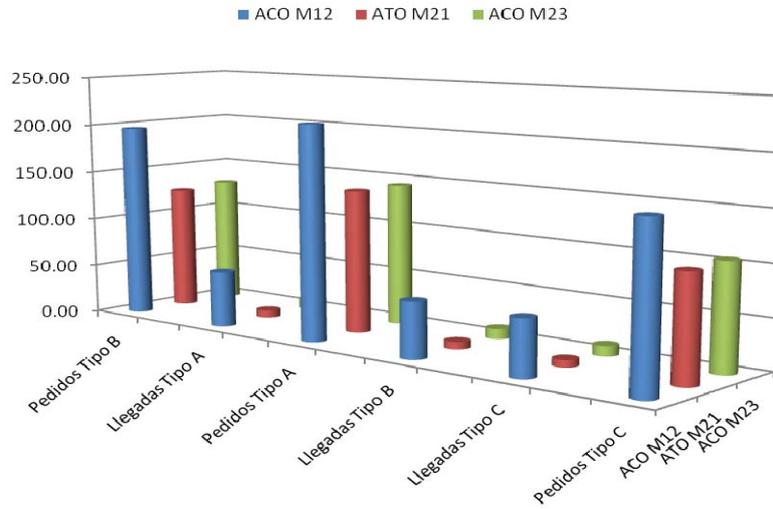


Figura 4: Tiempos de espera para una tasa de llegada media en zona de estanterías.

En la figura 4, se observa fácilmente como para una tasa media se hacen necesarias tres carretillas elevadoras para igualar el funcionamiento de un solo transelevador. Aunque en realidad el transelevador esta trabajando a muy bajo rendimiento debido a que la tasa media en realidad es baja para él.

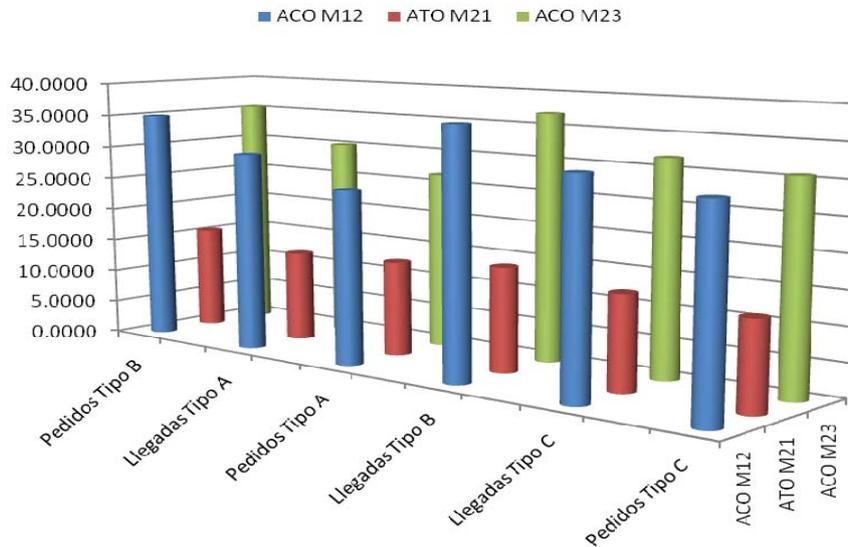


Figura 5: Tiempos de transporte para una tasa de llegada media en todo el almacén.

En la figura 5, se observa realmente la diferencia entre los sistemas de carretilla y transelevador. El conjunto de tiempo que cada material dedica al transporte dentro del almacén es menos de la mitad del que se utiliza en la carretilla elevadora. Lo cual hace al transelevador más y más eficiente con cada pedido que recibe. En la figura 6, se muestran los datos de tiempo de transporte para una tasa alta:

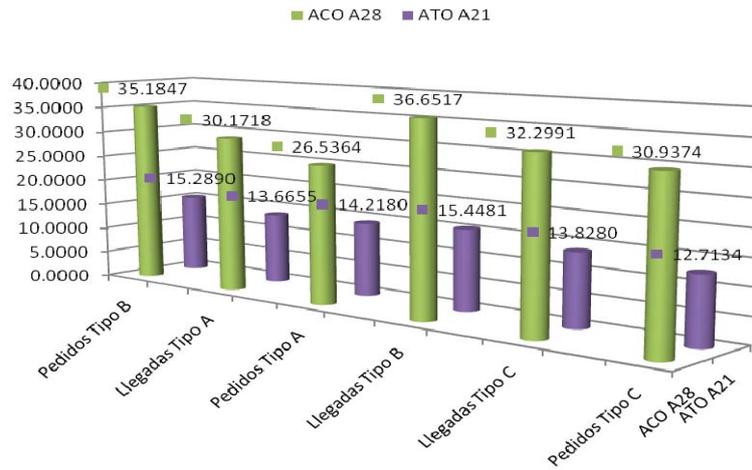


Figura 6: Representación del almacén estudiado.

La conclusión es la misma que en el caso de la tasa media. El conjunto de tiempo que cada material dedica al transporte dentro del almacén es menos de la mitad del que se utiliza en la carretilla elevadora.

En la figura 7 se observa fácilmente como el tiempo total que permanecen los materiales en el sistema en el caso de uso de un transelevador es muy inferior, lo cual le dota de una gran eficiencia y flexibilidad al sistema de almacenamiento:

- **Tiempo Llegadas Estantería:** Tiempo desde que entra un material en el sistema hasta que se coloca en la estantería.
- **Tiempo Pedidos Salida:** Tiempo desde que se pide un material al sistema hasta que este lo saca por los muelles de carga

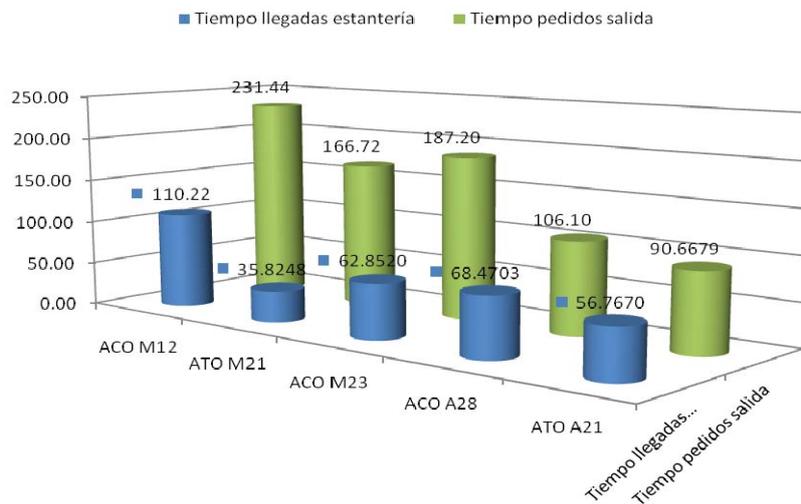


Figura 7: Tiempos totales de permanencia.

6. Conclusiones

Este documento presentará una comparación, mediante simulación, del empleo de transelevadores o carretillas en almacén. En cualquier caso cada empresa consta de circunstancias particulares en función de los productos que manejen en sus sistemas de logísticos. Estas circunstancias específicas deberán ser estudiadas en cada caso en particular para obtener un óptimo rendimiento del sistema de almacenaje.

La principal conclusión del trabajo es que es necesario que el almacén tenga una tasa de movimiento elevado para que la introducción de los transelevadores en el mismo esté justificada, pues sino se encuentran claramente infrautilizados.

Referencias

Goetschalckx, M.; Ratliff, H.D. (1991). Optimal lane depths for single and multiple products in block stacking storage systems. *IIE Transactions*, Vol. 23, No. 3, pp. 245-258.

Gómez, A.; Iglesias, M.; De la Fuente, D.; Menéndez, M. (2008). Estado del arte en políticas de ubicación de productos en almacén. *II International Conference On Industrial Engineering and industrial Management*, pp. 255-256.

Koster, René de, Le Duc, Tho & Roodbergen, Kees Jan (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, Vol. 182, No. 2, pp. 481-501.

Roll Y.; Rosenblatt, M.J. (1983). Random versus grouped storage policies and their effect on warehouse capacity, *Material Flow*, No. 1, pp. 199–205.

Roodbergen, K.J. and Vis, I.F.A. (2009), A survey of literature on automated storage and retrieval systems. *European Journal of Operational Research* Vol. 194, No. 2, pp. 343-362.

Rouwenhorst, B.; Reuter, B.; Stockrahm, V., van Houtum, G. J., Mantel, R. J. and Zijm, W. H. M., 2000. Warehouse design and control: framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, Vol. 122, No. 3, pp. 515-533.