

Evaluación de las mejores alternativas de diseño de un centro logístico de distribución de perfiles de acero mediante simulación discreta. Un caso de estudio*

**Carlos Andrés Romano¹, Marta E. Palmer Gato², Pilar Isabel Vidal Carreras³,
Julio Juan García Sabater⁴**

¹ Dr. Ingeniero Industrial. DOE Universidad Politécnica de Valencia. candres@omp.upv.es

² Ingeniero Industrial. DOE Universidad Politécnica de Valencia. marpalga@omp.upv.es

³ Ingeniero Industrial. Estudiante de tercer ciclo. Universidad Politécnica de Valencia. pivicar@doctor.upv.es

⁴ Ingeniero Industrial. Estudiante de tercer ciclo. Universidad Politécnica de Valencia. jugarsa@doctor.upv.es

Resumen

En este trabajo se presenta la simulación realizada para el análisis de dos posibles distribución en planta para una nave en construcción que se utilizará para la distribución de perfiles de acero para la construcción para una importante empresa del sector. Se explicará con detalle cada una de los pasos y suposiciones realizadas para la realización de la simulación remarcando que el aspecto más importante de esta simulación fue el proceso de creación del modelo y los avances logrados en la definición de la distribución en planta en las sucesivas reuniones con la empresa. Además se realizará un estudio de los resultados para la mejor elección de la distribución en planta.

Palabras clave: Simulación discreta, distribución en planta.,

1. Introducción

Las simulaciones son una herramienta válida y eficaz para un estudio de cualquier sistema productivo, pero especialmente de aquellos cuyo flujo de producto es siempre igual y guiado por unos patrones similares y medibles (Smith et al. (1994))

Las herramientas de simulación son a su vez una valiosa herramienta para el análisis de diferentes escenarios para una empresa ante posibles cambios de la demanda, del modo de fabricación o de cambios en el sistema logísticos (Mercurieva et al, (2004)). Gracias a una correcta simulación se puede saber cómo puede responder un sistema logístico a distintos cambios y por tanto, o bien seleccionar de forma correcta los cambios a realizar, o bien anticiparse a los posibles problemas que se pueden plantear y por tanto reaccionar correctamente ante los mismos (Thompson (1994)).

En el presente artículo se realizará una descripción de la empresa, haciendo hincapié en aquellos puntos donde la simulación es parte importante para la toma de decisiones en la futura distribución en planta.

Finalmente se explicarán las simplificaciones para poder modelar el problema así como los resultados y conclusiones de la simulación.

* Este trabajo deriva de la participación de sus autores en un proyecto de investigación cofinanciado por el Ministerio de Educación y Ciencia y Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER) con referencia DPI 2004-2598, cuyo acrónimo es "GescoFlow".

2. Descripción de la empresa

La actividad de la empresa para la que se realiza la simulación es el suministro y distribución de acero para la construcción, desde perfiles IPE hasta mallazo o planchas de acero. Además, y en menor medida, suministra en otras planta que no están en estudio bobinas de acero.

La planta a modelar es una planta actualmente en construcción y que se dedicará a la venta y suministro al cliente de los productos de acero arriba mencionados. Para ello la empresa dispone de una flota de camiones para la entrega de los productos en el lugar de destino, pero también pueden llegar los clientes con sus propios vehículos a llevarse la mercancía.

La simulación estará basada en dos posibles distribuciones en planta propuestas por la empresa y con posibilidades de cambio teniendo en cuenta que la estructura de la nave está en construcción y que por tanto no permite cambios importante en la estructura, pero si cambios como abrir puertas de acceso a camiones o redistribución de materiales en caso de ser necesario.

2.1. Posibles distribuciones en planta.

Para cada una de las distribuciones en planta se plantea una situación similar debido a las características de la construcción, estas características son:

- La descarga de camiones para abastecer al almacén se hace por la parte superior de la nave
- La carga de productos sin romper el pack se realizará también por la parte superior del almacén.
- Los paquetes se abrirán y se entregarán a la zona de expedición en forma de no-pack en la parte inferior de la nave a excepción de los productos definidos como perfil comercial 3
- Los productos que van en paquetes abiertos a la zona de expedición van a través de un camino de rodillos.
- Una vez en la zona de expedición se vacía el camino de rodillos y se posiciona en una almacén intermedio en espera de ser cargado en el camión.

A partir de estas características se plantean dos posibles distribuciones en planta que varían solamente en su parte inferior dependiendo del lugar del punto de expedición, o bien en un lateral de la nave o bien en el centro de la nave (en los dos casos en la parte inferior de la misma).

El posicionamiento de la zona de expedición en la parte central de la nave o en el lateral solo condicionará la posición de los productos que deben ir encima de la zona de expedición que son aquellos que no se sirven en forma de no-pack.

El aspecto que presentan las dos posibles distribuciones en planta se pueden observar en las figuras 1 y 2:

Descarga y carga de packs completos

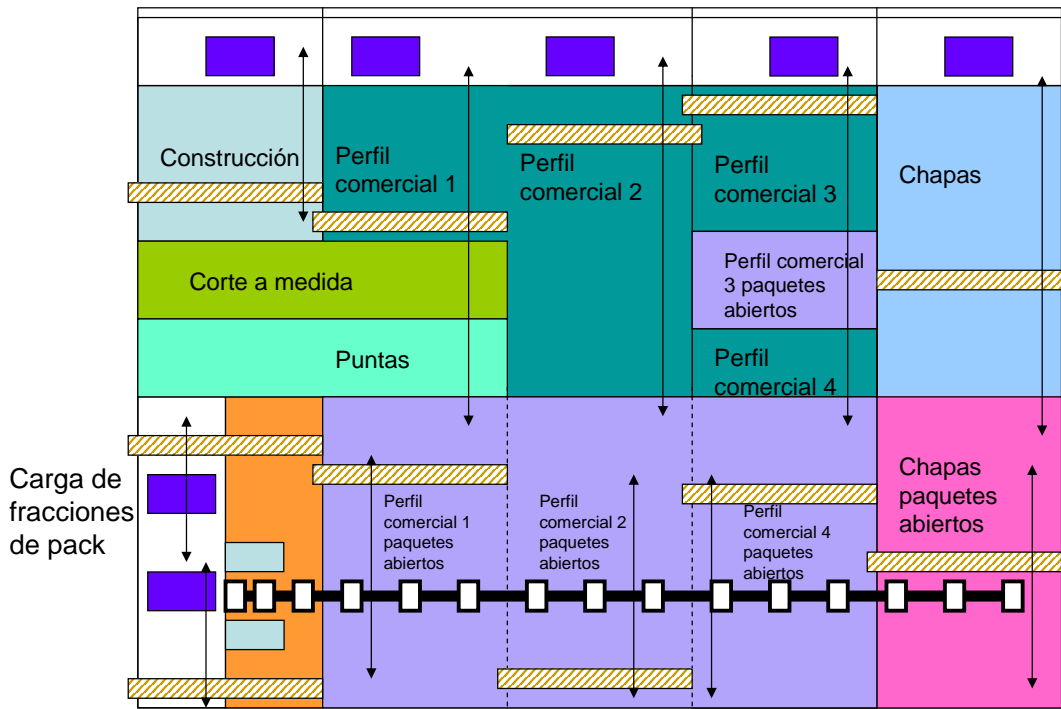


Figura 1. Alternativa 1

Descarga y carga de paquetes

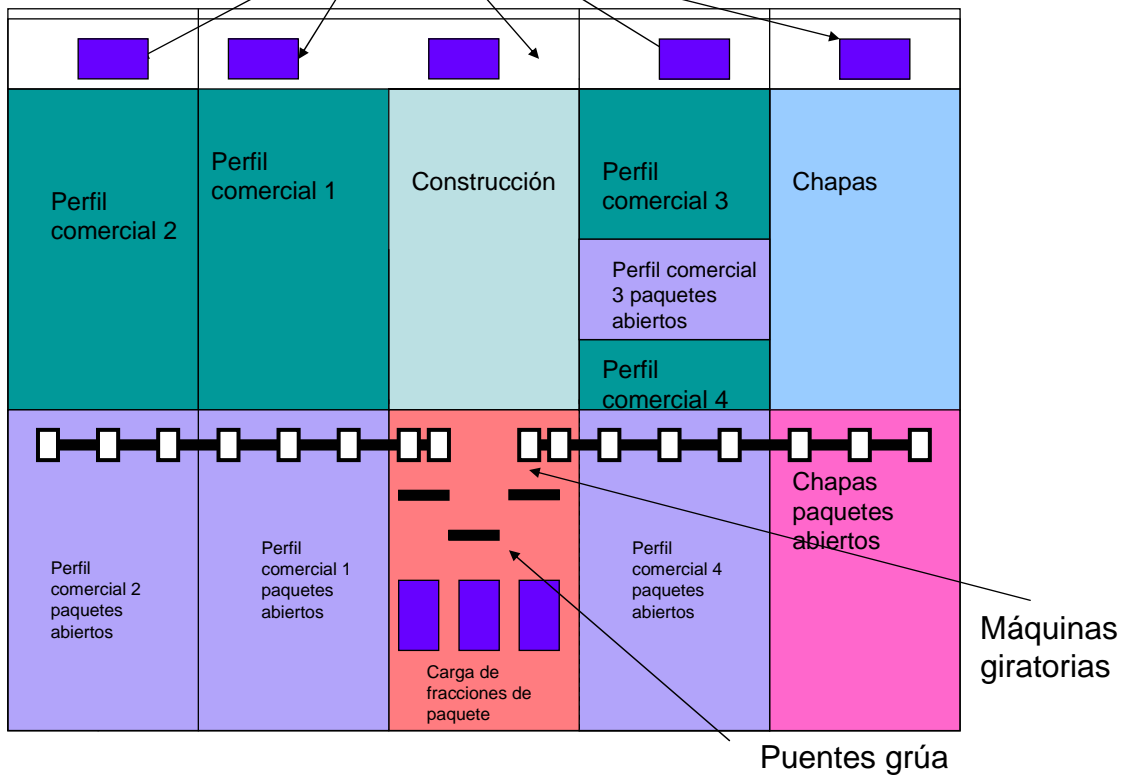


Figura 2. Alternativa 2

2.2. Horarios.

La descarga de camiones para abastecer al almacén se realizará de 6 a 10 de la mañana, en la medida de lo posible, ya que si es necesario que alguna descarga se realice más tarde se podría hacer teniendo en cuenta que la carga de camiones para servir al cliente tiene preferencia sobre la descarga.

La carga en los camiones de paquetes completos que se realiza por la parte superior se realizará de las 10:00 a las 22:00 horas.

La preparación de pedidos en forma de no pack se podrá realizar a lo largo de toda la jornada de trabajo, es decir de 6:00 a 22:00 a excepción de los productos denominados como perfil 3 que al servirse por la parte superior seguirá el horario de las cargas de pack completo.

El abastecimiento de la parte inferior del almacén, es decir de la zona de no pack, se realizará preferentemente de 18:00 a 22:00 horas teniendo en cuenta que siempre que se agoten existencias en la parte inferior se deberá proveer de material con preferencia sobre cualquier otro tipo de movimiento.

2.3. Productos

El almacén suministra aceros de construcción con su propia flota de camiones o con el camión del cliente. Estos productos, como se ha comentado va desde perfiles convencionales como IPE, IPN y demás, hasta chapas de acero, tubos, tubo corrugado, etc...

Para organizar el almacén los productos se clasifican en grupos, estos son:

- Construcción
- Perfil comercial 1
- Perfil comercial 2
- Perfil comercial 3
- Perfil comercial 4
- Chapas

Cada uno de los grupos se ubicará en una zona tal y como se ha mostrado en las figuras 1 y 2.

2.4. Transporte y distribución del material

Para el transporte de material la empresa dispone de una flota propia y se sirve en ocasiones, si el cliente así lo requiere o puede hacerlo, con el transporte del propio cliente o bien con camiones contratados a empresas externas.

Normalmente cada camión debido a las características de los productos está especializado en un tipo de producto, bien por las dimensiones y formas de los productos, bien por la forma en que se debe descargar donde el cliente lo requiere.

Los camiones, dependiendo de lugar de destino puede pasar dos veces por el almacén para cargar de nuevo en un solo día o bien vuelven al almacén y no trabajan hasta el día siguiente.

Cabe indicar que en algunos casos llegan clientes como camiones pequeños o furgonetas para cargar algún tipo de material en el mismo tiempo de llegar y por tanto el sistema logístico de la empresa debe ser lo suficientemente flexible como para minimizar los tiempos de espera.

2.5. Equipos de manutención

Debido a las características de los productos, sus dimensiones y su masa el principal equipo de manutención es el puente grúa. Esto implica que la manutención de los productos sea lenta y costosa pese a contar con tecnología puntera en este tipo de equipos.

Lo que anteriormente se ha comentado como camino de rodillos, es una idea que en el momento de la simulación no ha sido exactamente determinada, estando a sujeta a posibles cambios debido a presupuesto disponible y capacidad de carga y velocidad de las distintas alternativas.

En algunos casos, pero no como solución definitiva se pueden usar carretillas elevadoras con gran capacidad de carga.

El material es almacenado, debido a las características del tipo de producto, directamente en el suelo sin utilizar, en la mayoría de los casos, ningún elemento de almacenaje. En algunos productos en forma de no-pack se puede almacenar el material en estanterías cantilever, siendo el uso de este tipo de estanterías excepcional.

3. Descripción de la simulación

En este apartado se comentan todos aquellos aspectos y simplificaciones tenidos en cuenta para la simulación de los distintos elementos de la simulación. Además se indicará en este apartado como se fue avanzando en el proceso de elaboración de las distintas alternativas ya que el objetivo más importante conseguido con la elaboración de la simulación fue el avanzar en el conocimiento y el diseño del futuro sistema logístico.

La descripción de la empresa ya realizada en el apartado anterior es el sistema casi definitivo que presentará la nueva planta de la empresa. En las primeras reuniones con la empresa, se disponía de unos conocimientos vagos acerca de cómo iba a funcionar la logística interna de la empresa. Concretamente no se disponía de ningún dato ni forma de trabajar sobre el camino de rodillos, vagonetas o lo que finalmente fuera. Sólo se conocía que en cualquiera de los casos el principal equipo de manutención serían los puentes grúa.

Conforme avanzaba la toma de datos para la simulación se detecta la presencia necesaria de “playas” previas a los caminos de rodillos para poder preparar el material (agrupación, flejado, etiquetado...) debido a que el camino de rodillos tal y como se ha planteado se convertía en un aspecto crítico del sistema que no debía frenar el trabajo de los puentes grúa. Asimismo se detecta la necesidad de contar con un buen sistema de información y de etiquetado para poder vaciar el camino de rodillos con celeridad para no frenar el mismo.

Gracias a la toma de datos para la simulación se determina el modo de abastecer la zona de no-pack así como los horarios para evitar entorpecer unos puentes grúa con otros y de este modo agilizar el sistema.

Al mismo tiempo, se plantea la necesidad de estudiar posibles situaciones de emergencia en caso de fallos de caminos de rodillos o puentes grúa, planteando alternativas que solucionen problemas puntuales. Debido a que estas situaciones son extraordinarias no se tendrán en cuenta para la simulación, pero es importante reseñarlas en este artículo ya que en la mayoría de las simulaciones realizadas en este grupo de investigación el proceso de modelado pasa a ser la parte más importante del estudio y no tanto los resultados de la simulación.

3.1. Paso de packs a no-packs

El material, como ya se ha comentado previamente, llega empaquetado en unidades de un solo producto. Estos paquetes son demasiado grande como para que sea servido en su totalidad a todos los clientes, y por tanto deben ser divididos y servidos al cliente. Para realizar esta división en la simulación, se decidió que cada paquete fuera dividido en 20 subpaquetes, esta cifra fue elegida teniendo en cuenta que aunque existan paquetes de mayor número de unidades, lo normal es que el cliente se lleve más de una unidad.

Para la gestión de los pedidos de no-pack, se han estimado en la demanda la cantidad de subpaquetes de cada familia de producto que se debe llevar el cliente. Para no sobrecargar el sistema con un exceso de movimiento superior al real, se volverán a formar paquetes, de menor medida, de una cantidad no superior a los 3 subpaquetes por grupo de no-pack. Esta situación simula al cliente que solicita distintos productos de una misma familia, algunos de ellos agrupables entre si para minimizar movimientos de puentes grúa y otros que no se pueden agrupar.

3.2. Estimación de la demanda y modo de entrega

Cada uno de los camiones que llegan al centro logístico lleva cada día una carga distinta. Para poder simular esto se creó una tabla de demanda que simula la carga de un día con una carga alta de trabajo.

Para poder simular esta entrega de camiones estos saldrán con un atributo que los identifica y que irán a los puestos que le indica una tabla. Al llegar a este punto, cada zona le entregará los productos que están indicados en la misma tabla que depende del camión que haya llegado al camión y no se irá hasta otra zona o fuera de la nave hasta que haya sido cargado todos los productos que deben servirse en esa zona.

Para servir los camiones en la zona de no-pack se procederá de un modo similar, se prepara un tabla con las demandas de todos los camiones que van a llegar y la hora de llegada. Un cierto tiempo antes se preparan los pedidos y se envían a los buffers preparados en la zona de expedición que solo serán cargados a la llegada del camión y siempre respetando el orden de llegada.

En la tabla siguiente se puede ver una pequeña muestra de los camiones, la cantidad de productos que carga y la forma en que lo hace así como el número de viajes que hace al día y el equivalente en toneladas de acero que vende.

SALIDAS DESDE ALMACENES

SIMULACIÓN		Pack								No pack							
		Alambre	Chapas	Nacisos	Simple	Angulares	Tubo	Carga en packs	Hora de carga de packs	Alambre	Chapas	Nacisos	Simple	Angulares	Tubo	Carga en no packs	Hora de carga de no packs
Salida	Transportista	TIPOLOGÍAS DE MATERIALES															
1	169 TRANSPORTE EQUIPMENT	ALAMBRE-CHAPAS-MACIZOS-SIMPLE T-ANGULARES-TUBO															
2	904 0310 031 24 TM.	PERFILES-MALLAS-REDONDOS															
3	904 0310 031 15 TM.	PERFILES-MALLAS-REDONDOS															
4	905 7200 031 15 TM.	PERFILES-MALLAS-REDONDOS															
5	904 0310 031 15 TM.	PERFILES-MALLAS-REDONDOS															
6	917 0310 031 8 TM.	ALAMBRE-CHAPAS-MACIZOS-SIMPLE T-ANGULARES-TUBO															
7	919 0310 031 8 TM.	ALAMBRE-CHAPAS-MACIZOS-SIMPLE T-ANGULARES-TUBO															
8	10007 RAMON	ALAMBRE-CHAPAS-MACIZOS-SIMPLE T-ANGULARES-TUBO															
9	10008 RAMON PIGHER	PERFILES-MALLAS-REDONDOS															
10	10030 SALVADOR	ALAMBRE-CHAPAS-MACIZOS-SIMPLE T-ANGULARES-TUBO															
11	10031 RAMON PIGHER 2	PERFILES-MALLAS-REDONDOS															
12	10032 RAMON PIGHER 3	PERFILES-MALLAS-REDONDOS															

Tabla 1. Demanda patrón

Los camiones que no tiene carga asignada en esta tabla, cargan productos de tipo comercial 3 o construcción que está indicada en una tabla similar.

3.3. Descripción del camino de rodillos

Para simular el camino de rodillos y debido al desconocimiento que todavía se poseía del mismo se simulará como tres máquinas para cada uno de los pórticos de la nave, con un tiempo de avance de 30 metros minuto, y teniendo en cuenta que si esta cargando un pórtico el camino de rodillos la máquina que simula esa sección está parada y por tanto si de aguas arriba llega algún producto deberá esperar a que sea cargado y avanzar cuando la operación haya acabado.

Se debe indicar que el funcionamiento final de este elemento salió como resultado de la toma de datos y análisis de la realidad a simular descartando la mayoría de las ideas originales que la empresa tenía sobre el mismo.

4. Descripción de los medibles

Para poder evaluar las dos simulaciones se establecieron una serie de medibles fácilmente comparables.

Uno de ellos fue el tiempo total de espera de los camiones, es decir, el tiempo que pasa el camión en la nave, teniendo en cuenta tiempos de espera y carga de camión. Este tiempo de espera se compara para la zona de picking ya que la distribución de la nave en su parte superior no varía en las dos simulaciones. Se realizará la comparación en cuatro casos distintos, cuando los pedidos se preparan 10, 15, 30 y 60 minutos antes que la llegada del camión.

Se toma como medible los tiempos de utilización de los puentes grúa, teniendo en cuenta que los mismos tienen tiempos que pueden variar según una distribución uniforme entre el tiempo mínimo de funcionamiento y el tiempo máximo (tiempos determinados por la empresa).

Además, no como dato medible, se propone ver en la simulación cual parece que es el cuello de botella del sistema.

En la figura 3 mostramos los resultados del primer medible que se ha comentado.

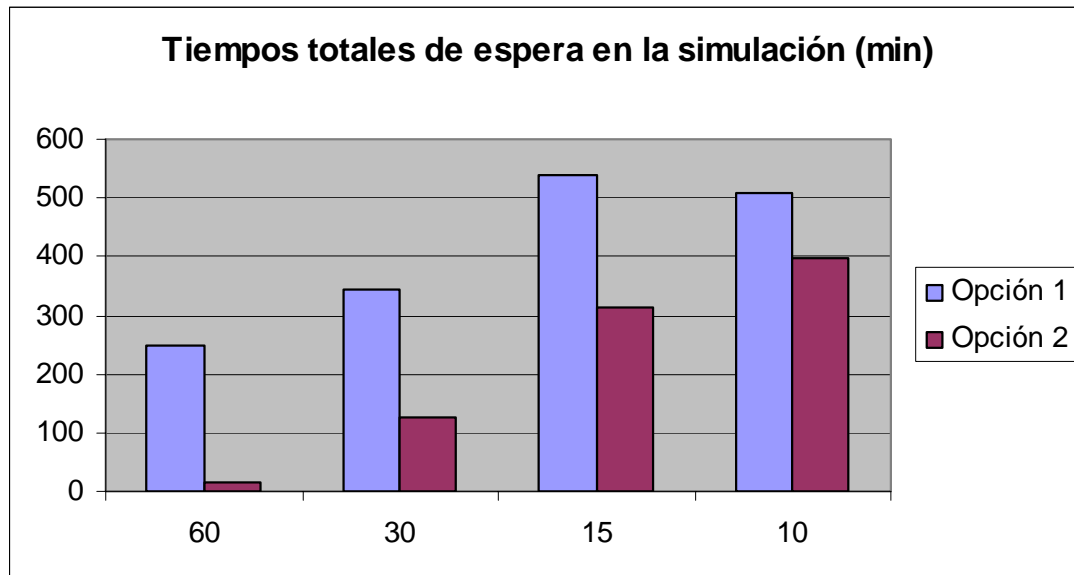


Figura 3. comparativa del primer medible

5. Conclusiones

Se observa claramente por todos los medibles que la mejor alternativa es la segunda.

Con una observación concienzuda de las dos distribuciones en planta se podría observar que la segunda era la mejor distribución sin hacer ningún tipo de simulación. Esto es así, pero gracias a la simulación se consiguió no solo una demostración de que la primera impresión era la correcta sino que el resultado más importante del proyecto, no es la simulación y la comparativa de resultados sino todo el proceso de modelado, toma de datos, hipótesis, nuevas ideas, nuevas soluciones, modos de trabajo a implantar, etc.

De cualquier modo gracias a la simulación se comprueba que la distribución de los productos propuestos provoca cargas desiguales en los puentes grúa, y que los horarios establecidos son insuficientes para determinados tipos de trabajo.

6. Referencias

- Smith, J. S., Wysk, R. A., Sturrock, D., Ramaswamy, S., Smith, G., y S. Joshi.(1994) *Discrete event simulation for shop floor control*, Proceedings of the 1994 Winter Simulation Conference, USA, 962-969
- [2] Merkurieva, G., Shires, N., Morisson, R., de Reuver, M. (2004) *Simulation Based Scheduling For Batch Anodising Processes*, Proceedings of European Simulation Multiconference, Magdeburg, 170-176,

Thompson, M. B.(1994) *Expanding Simulation Beyond Planning and Design*, Industrial Engineering, 26, 10, 65-67. 1994