

Este documento se cita como

Garcia-Sabater, Jose P. (2020)
Diseñando Sistemas de Almacén Nota Técnica
RIUNET Repositorio UPV
<http://hdl.handle.net/10251/141936>

DISEÑANDO SISTEMAS DE ALMACEN NOTA TÉCNICA

Contenido

Diseñando sistemas de almacen Nota Técnica	1
Introducción	2
Reglas y conceptos básicos.....	2
Dos tipos de variables.....	2
Regla del 85%.....	3
Separación Reserva Picking	4
Distancias de manhattan y espacios no euclídeos	6
La catedral gótica y la proporción áurea	7
Clasificación ABC (y otras)	8
Los sistemas simples antes que los complejos.....	9
Fases en el Diseño de un Almacén	9
Definir los requerimientos del sistema	10
Obtención y análisis de datos.....	11
Definir las unidades de carga a utilizar.....	11
Determinar los procedimientos operativos	12
Seleccionar equipamiento de transporte interno y almacén.....	12
Calcular las capacidades y cantidades.....	14
Dimensionando los equipos de manutención y picking.....	14
Dimensionando la zona de Picking.....	15
Dimensionando el almacén de reserva	15
Dimensionando la zona de Playa.....	17
Definir las operaciones auxiliares.....	18
Disponiendo las zonas del Almacén	18



Iterar: Evaluar Alternativas y generar más.....	21
Bibliografía.....	21

INTRODUCCIÓN

Diseñar un almacén es una actividad de ingeniería muy particular. En primer lugar, no es estrictamente un diseño de un sistema sino una integración de diferentes subsistemas. Es un sistema complejo donde personal, instalaciones, equipos y productos se condicionan unos a otros. Y aunque el objetivo suele ser claro (minimizar costes para un determinado nivel de servicio) la continua evolución del sistema y la existencia de un mercado de competencia perfecta hace que los costes (tanto CAPEX como OPEX) no serán definidos hasta el último momento de la integración.

Además, diseñar exige definir los requerimientos estableciendo cantidades. Cantidades que rara vez existen puesto que en general, no sólo no existe el sistema que se va a diseñar, sino que no se conoce a priori cuánto se le va a exigir, puesto que se desconoce la evolución futura del mercado (que puede requerir finalmente el doble o la mitad).

Las instalaciones (y sus costes) tienen sus particularidades: pertenecen a un mercado de competencia casi perfecta (los almacenes son casi todos iguales) por tanto el sistema almacén podrá ser comprado o vendido con relativa facilidad. El precio del suelo es generalmente determinante por su impacto en los costes totales y porque en el coste total del sistema los costes de transporte pueden suponer más del 60%.

Es por ello que el diseñador se someterá a continuos reajustes de especificaciones que le irán aportando información que en ocasiones modificará ligeramente el diseño y en otras ocasiones le hará saltar a una configuración radicalmente diferente.

Es importante que el diseñador conozca algunos conceptos y reglas básicas de cálculo antes de comenzar el proceso de diseño que consistirá en un juego de fases más o menos difuso.

REGLAS Y CONCEPTOS BÁSICOS

DOS TIPOS DE VARIABLES

Es relevante recordar que al dimensionar un almacén hay dos tipos de variables que interactúan continuamente:

1. Las variables de stock
2. Las variables de flujo

Las variables de stock (número de palés, kilos, número de referencias, m2) no están relacionadas con el tiempo. Una vez fijadas actúan como limitantes de tipo pasa no pasa.

Las variables de flujo las que representan la actividad por hora o por día, las velocidades, las tasas de actividad... tienen un comportamiento diferente. Así por ejemplo la tasa de entrada de camiones por día, tiene un requerimiento distinto si se decide abrir muelles 5 horas al día o 15 horas al día-

Es muy habitual creer (contra toda lógica) que mayor tasa de actividad requerirá más volumen de almacenamiento. En ocasiones (pocas) puede existir esa relación, pero en general más movimiento requiere más superficie libre (para evitar la congestión) pero no más volumen de almacenamiento.

REGLA DEL 85%

En el momento de dimensionar un almacén de reserva existen pocas reglas generales. Quizá la más importante es la denominada del 85%.

La utilización máxima del almacén debe estar en el orden del 85% tanto en la ocupación de las ubicaciones como en la utilización de los medios de manutención.

En el caso de los equipos de manutención El 85% es un límite relativamente arbitrario basado en el comportamiento poco predecible de las colas a partir de ese nivel de saturación. Habrá etapas donde no se podrá pasar del 50% de saturación (por ejemplo porque los procesos cuello de botella dependen de esa etapa). Habrá etapas donde el 95% es asumible (por ejemplo, porque está muy informatizado el proceso, está lejos del cliente y la variabilidad se ha reducido al mínimo).

En el caso de la ocupación de las instalaciones el 85% es un límite arbitrario relacionado con que será difícil ubicar los productos de manera lógica en un almacén con mayor saturación que el 85% lo que llevará a invertir mucho tiempo en buscar (incrementando artificialmente la saturación de los equipos de manutención).

El nivel de saturación afecta gravemente al rendimiento del sistema a su tasa de actividad. Los medios de manutención no estarán disponibles para dar un buen servicio cuando sean necesarios. Los huecos tenderán a no estar dónde se necesitan, incrementando con ello el uso de los medios de manutención.

El 85% es un límite arbitrario que en muchas ocasiones debe ser menor. Mucho menor dependiendo de la velocidad que queramos conseguir de un sistema.

La distancia de seguridad debe aumentar con la velocidad del tráfico.

El teléfono móvil deja de funcionar adecuadamente cuando la memoria se satura.



SEPARACIÓN RESERVA PICKING

La separación entre Reserva y Picking, es quizá uno de los principios básicos en el diseño de almacén más efectivos y menos comprendidos.

El almacenamiento y el picking son dos actividades diferentes con requerimientos diferentes que debieran utilizar equipos y personal especializado. Y por ello es razonable que ocupen zonas diferentes.

Entre ambas zonas, la actividad de reposición (el movimiento de producto desde una zona a otra) se suele considerar “doble manipulación”. Es evidente que no se produce ahorro en el número de movimientos, el ahorro está en el recorrido total necesario para realizar el pedido.

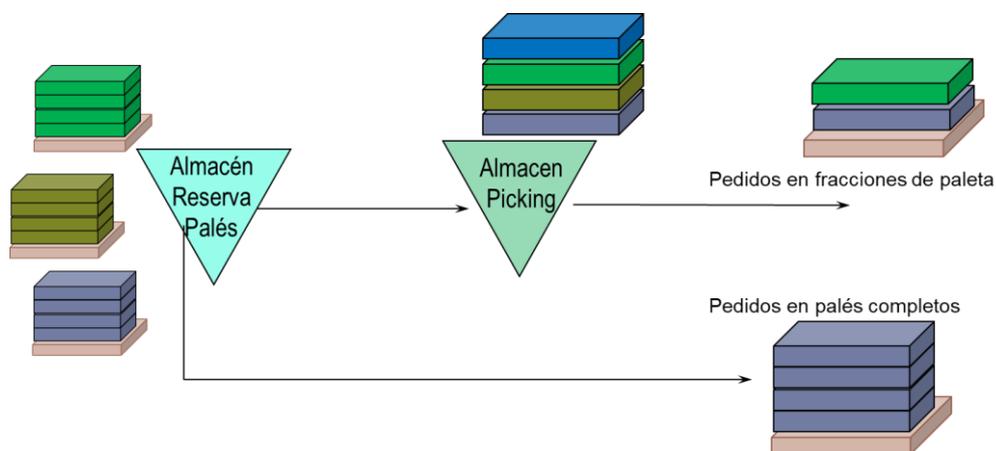


Ilustración 1: Descomposición de Unidad de Carga

En general, se puede decir que debe haber tantos “almacenes” diferentes como unidades de carga diferentes tiene el producto.

Así como la mayor parte del volumen en un almacén lo ocupa el denominado almacenamiento de reserva, lo habitual es esperar que la mayor parte de la mano de obra esté en la actividad de picking.

La separación de las áreas de reserva y de picking se puede hacer en vertical o en horizontal.

Se denomina **separación vertical** a disponer la reserva en la parte superior de las estanterías y la zona de picking en la inferior. El producto en reserva está almacenado arriba del producto en picking. Cuando hay que reponer hace falta una carretilla que baje el palé con más producto. El picking no se interrumpe porque el operador siempre podrá escalar y abrir el palé superior para coger lo que necesita (lo que es una práctica habitual, peligrosa y cara). La separación vertical puede tener sentido cuando la cantidad de referencias es reducida.

Se denomina **separación horizontal** a disponer la reserva en un área diferente a la zona de picking. Este tipo de organización permite separar los equipos y especializarlos. La reposición exige desplazar el producto entre ambas áreas y en muchas ocasiones exige retornos cuando en la zona de picking no cabe todo el producto transportado. Lo ideal (aunque no siempre es posible por falta de espacio) es que el pasillo de reposición sea diferente al pasillo de picking.



Separación Vertical

Separación Horizontal

Ilustración 2: Separación Reserva Picking Vertical u Horizontal

La separación horizontal (disponer superficies de trabajo diferentes) evita la existencia de estos cruces y mejora la eficiencia del sistema. Un modo mixto de separar la actividad consiste en que la reposición (en general la actividad en altura) se hace por un lado de la estantería, mientras que el picking (en general la actividad en suelo) se hace por el otro lado de la estantería.

El flujo que se crea entre el almacén de reserva y el almacén de picking es el flujo de reposición. Básicamente se trata de establecer el modo de trabajo que define cuándo se debe reponer. La estrategia que se defina de picking, establecerá la demanda de producto, y por ello será la que indique la política de reposición adecuada.

Es importante asignar claramente la responsabilidad del movimiento de reposición y automatizar la gestión de órdenes lo más posible. También es importante evitar los cruces de flujo además de por eficiencia, por seguridad de los trabajadores.

Los flujos de reposición se pueden separar físicamente (proponiendo pasillos separados de reposición y de picking) o temporalmente (realizando las tareas en momentos de tiempo diferentes),

DISTANCIAS DE MANHATTAN Y ESPACIOS NO EUCLÍDEOS

Definir la cantidad de equipos de manutención necesarios exige definir la cantidad de movimientos a realizar y el tiempo para cada uno de estos movimientos. El tiempo de los movimientos tiene dos elementos fundamentales: las operaciones (recoger, dejar, buscar..) y los desplazamientos. A su vez los desplazamientos tienen dos componentes: el tiempo dedicado a desplazarse y el tiempo en el que el elemento de manutención está parado porque el sistema está congestionado.

Para calcular el tiempo dedicado a desplazamientos es necesario conocer la distancia recorrida la velocidad de desplazamiento.

La distancia recorrida depende de la configuración del espacio a recorrer y de cómo se articulan.

El desplazamiento horizontal (por el suelo) suele exigir movimientos que se representan según distancias de manhattan entre (x_0, y_0) y (x, y) y además exigiendo tiempos de ida y vuelta

$$t = 2 \frac{|x - x_0| + |y - y_0|}{v}$$

Cuando se combinan desplazamientos verticales y horizontales (translos moviéndose por su pasillo) las velocidades se calculan de una manera distinta porque generalmente hay motores diferentes para el movimiento vertical y horizontal

$$t = 2 \max \left(\frac{|x - x_0|}{v_x}, \frac{|z - z_0|}{v_z} \right)$$

Más complicado es cuando se consideran ciclos dobles frente a ciclos simples. Por ejemplo, cuando el traslo mueve un producto de entrada al almacén, lo deposita en un hueco, y se mueve para coger el producto de salida y lo deja en la salida (que puede ser la misma o no que la entrada). Y luego vuelve a la casilla de salida.

$$t = \max \left(\frac{|x_1 - x_0|}{v_x}, \frac{|z_1 - z_0|}{v_z} \right) + \max \left(\frac{|x_1 - x_2|}{v_x}, \frac{|z_1 - z_2|}{v_z} \right) + \max \left(\frac{|x_0 - x_2|}{v_x}, \frac{|z_0 - z_2|}{v_z} \right)$$

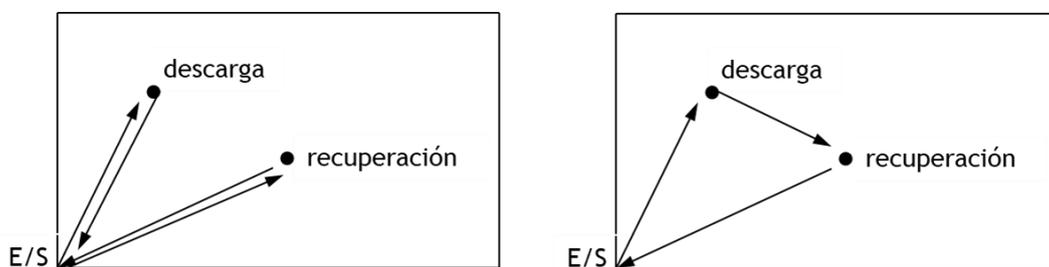


Ilustración 3: Ciclo Simple y Ciclo Doble

Es relevante recordar que en los tiempos anteriores sólo se han tenido en cuenta desplazamientos y no los tiempos de carga y descarga (que dependen mucho de la

configuración del sistema). Ni tampoco las aceleraciones que pueden ser muy relevantes dependiendo del peso del producto.

Pero si calcular las distancias de desplazamiento individual es complicado, mucho más complicado es calcular la distancia promedio (que permitirá calcular la distancia total). No es evidentemente igual un sistema donde los productos clase A (los que generan la mayor parte los movimientos) se ubican cerca de la entrada/salida, que un sistema donde todos los productos se distribuyen regularmente por el sistema.

Ni será lo mismo un sistema saturado que otro no, ni un sistema donde las entradas y salidas siguen patrones diferentes, o un sistema, o un sistema automático en el que se dedican los fines de semana o las noches a reubicar productos frente a un sistema manual donde cada movimiento cuesta mucho dinero.

Es esa complejidad la que hace necesarias la simulación que puede ayudar a entender el funcionamiento del sistema con mucho mayor nivel de detalle.

LA CATEDRAL GÓTICA Y LA PROPORCIÓN ÁUREA

La mayor parte de los almacenes son estructuras que se repiten de modo longitudinal.

Y para definir los metros cuadrados que hacen falta para disponer el producto basta con saber cuantas unidades (ya sean palés, ya sean referencias) caben por unidad de longitud en el pasillo y cuántos metros de ancho requiere cada unidad de longitud en pasillo (el pasillo más las estanterías).

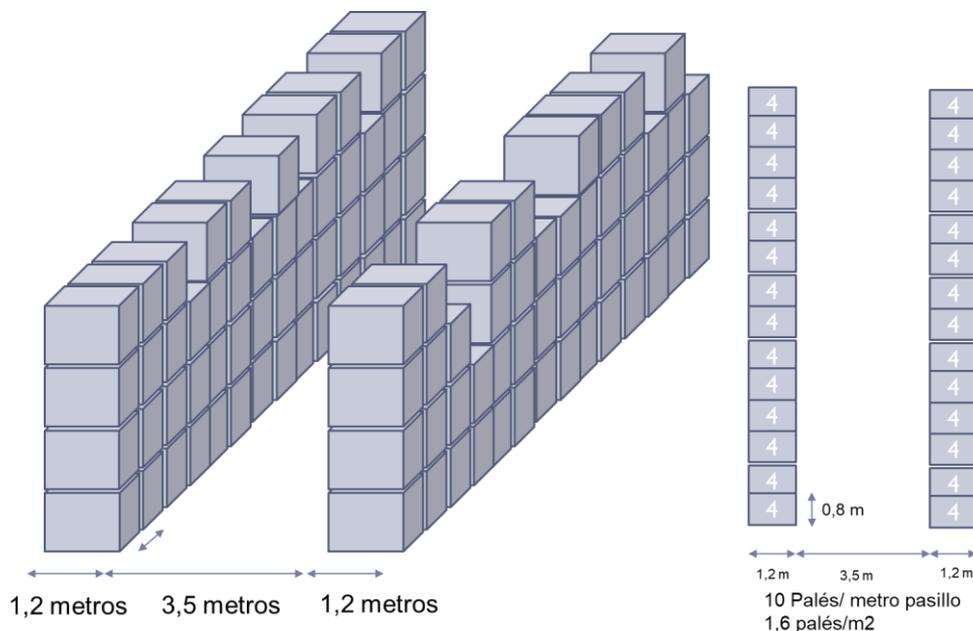


Ilustración 4: Catedrales góticas

Así por ejemplo un europalé colocado de punta requiere 0,8 metros de longitud y 1,2 de estantería más el ancho del pasillo (sea 3,5). Si además se puede poner al otro lado del

pasillo un palé, y en cada columna caben 4 palés básicamente se pueden poner 10 palés por metro de pasillo (9 si incorporamos un margen de un 10%).

Por lo tanto para almacenar N palés, se podría construir un único pasillo de N/10 metros de largo. Para determinados valores de N eso puede no ser lógico. También se podría construir un almacén de N/8 pasillos de 0,8 metros de largo.

El cálculo de las dimensiones más adecuadas tendría que tener en cuenta el tiempo dedicado a desplazamientos por parte de los equipos de manutención, y la cantidad de elementos que pueden compartir pasillo (y el coste de los mismos). En cualquier caso, el almacén tenderá a ser rectangular más que cuadrado (entre 2 y 4 veces más largo que ancho), y la disposición de las estanterías paralelas al eje largo o al corto en función de la estructura de los pedidos y del coste del equipamiento a considerar.

La misma reflexión cabe hacerse de una zona de picking, cuando se entra en un supermercado da lo mismo un pasillo largo que 10 pasillos paralelos lo importante son los m² de exposición (de frontal de estanterías) donde se ubica el producto. Y nuevamente la proporción adecuada la definirán el número y tamaño de las referencias, los equipos que se utilicen y la tasa de actividad.

CLASIFICACIÓN ABC (Y OTRAS)

Si el análisis ABC es interesante en algún sitio es en los almacenes. En ellos conviven productos que pasaron sin pena ni gloria

Dado que el catálogo de productos (y los componentes necesarios) crece por motivos no demasiado claros es difícil para el sistema de operaciones decidir a cuáles dedicar su atención.

El análisis ABC (o clasificación ABC) sirve para identificar los elementos más relevantes dentro de un conjunto. Si en general se utiliza la expresión 80/20 para indicar que el 80% de los movimientos los generan el 20% de los productos, en los almacenes esta relación suele ser más 85/10, 90/10 o incluso 95/5.

En ocasiones la dispersión de los productos es tan grande que hay empresas que clasifican en más de 3 grupos.

Esa sobre-representación de parte de algunos productos en los pedidos, puede ser utilizada para mejorar el rendimiento del sistema como se puede observar en el apartado ligado a la gestión de stocks , pero también para ubicar los productos con más demanda en zonas cercanas a la entrada o a la salida pueden reducir las necesidades globales de recursos.

En realidad, la diferenciación entre tipos de productos no tendría por qué venir indicada únicamente por la demanda sino por otras características de los productos, ya sean físicas o de disponibilidad.



LOS SISTEMAS SIMPLES ANTES QUE LOS COMPLEJOS

Una vez se comienza a clasificar los productos por demandas, tipos, volúmenes, rotaciones, caducidades... y dado que cada tipo de producto puede llevar asociado un modo de gestión distinto, se corre el riesgo de tratar de definir una configuración específica de almacén para cada tipo de producto.

Ese exceso de clasificación puede llevar a almacenes tipo Frankenstein en el que al lado de un miniload, que alimenta una mesa de rodillos, se encuentran dos pasillos push-back que utilizan una carretilla retráctil, y un poco a la izquierda una zona de picking en el suelo por el que se mueven máquinas tractoras.

Hay un argumento que sostiene que el diseño de un almacén debe ser extremadamente sencillo: El paso del tiempo, la variación en la demanda, el cambio de tecnología, las modificaciones de producto obligarán a rediseñar el almacén y a complicarlo. Si comienza complicado, simplemente será inmanejable



Ilustración 5: Entendiendo un almacén complejo (con permiso de Inside Logistics)

FASES EN EL DISEÑO DE UN ALMACÉN

Cada empresa tiene su propia metodología para el diseño de almacenes. La propuesta que aquí se hace es un resumen basado en algunos papers y libros del que cabe destacar (Baker and Canessa, 2009).

1. Definir los requerimientos del sistema
2. Obtener (estimar) y analizar datos
3. Establecer las Unidades de Carga a utilizar
4. Determinar los procedimientos operativos
5. Seleccionar equipamiento de transporte interno y almacén



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

Diseñando Sistemas de Almacén

<http://hdl.handle.net/10251/141936>

ROGLE - UPV

6. Calcular Capacidades y Cantidades
7. Definir las operaciones auxiliares
8. Disponer zonas en el Layout
9. Evaluar y Seleccionar Alternativas

Es evidente que este es un proceso iterativo. Así por ejemplo en la fase de obtener/estimar/analizar datos la mayor de los mismos no estarán disponibles y nadie sabrá cómo obtenerlos. Sólo cuando se demuestre que son imprescindibles, se volverá a la fase 1, se definirán con más detalle los requerimientos que permitirán estimar mejor los datos. Lo mismo ocurre con todas las demás etapas.

A continuación, se desarrollan con un poco más de detalle las diferentes etapas.

DEFINIR LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Se trata en esta primera fase de definir cuáles son los objetivos al definir el nuevo almacén. En muchas ocasiones es simplemente un movimiento patrimonial (mover el almacén de sitio porque vale más dinero el almacén actual). Sin explicitar cual es la estrategia el diseño evolucionará (de manera natural) hacia una repetición del modelo actual, puesto que es la única referencia de la que se dispone.

En algunas ocasiones, sin embargo, el objetivo estratégico incluye el posicionamiento en un sector de negocio en el que no se estaba con anterioridad, o la adquisición de tecnología para mejorar radicalmente costes o plazos de entrega. En esta fase los promotores del negocio visitan muchas instalaciones de la competencia y se enamoran de la belleza del sistema, aunque no saben para qué, lo intuyen (“el enamoramiento es una especie de imbecilidad transitoria”(Ortega y Gasset, 1954).

Serán los datos (que llegarán con cuentagotas) los que convertirán el enamoramiento en amor. No sin esfuerzo por parte de los ingenieros que tratan de convertir la intuición (la estrategia) del inversor-propietario en algo factible.

Lo más difícil será definir los criterios de evaluación y rendimiento del sistema. Lo esperable es que el cliente/promotor/inversor lo quiera todo con la mínima inversión. Pero es relevante establecer de manera objetiva cuales son las prioridades (a ser posible tras haber analizado el servicio que se pretende prestar

Se pueden considerar aspectos como:

1. Inversión –máxima, ROI, NPV- diferenciando entre inversión en solares, en edificios y en equipamiento.
2. Costes Operativos: Personal, mantenimiento, energía
3. Flexibilidad en Volumen y en Mezcla
4. *Throughput* Máximo
5. Capacidad de Almacenamiento
6. Velocidad de respuesta
7. Calidad de las Entregas,



8. Seguridad e Higiene en el trabajo, Ergonomía...

Sin olvidar la belleza, la espectacularidad e incluso un poco de ¿sana? vanidad como criterio definitivo de decisión.

OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Los datos necesarios nunca están disponibles hay que crearlos. Un nuevo almacén se diseña para demandas futuras que por definición de futuro son desconocidas. Mirar una y otra vez los datos disponibles para diseñar el almacén futuro, es básicamente como conducir mirando por el retrovisor. Por ello, también aquí, aplica el principio de que

el presente está sobrevalorado.

El diseño de un almacén requiere una cantidad enorme de datos que van desde precios de instalaciones y equipos, costes salariales, demandas estimadas, productos a vender, proveedores que los suministrarán, que son difíciles de obtener pero necesarios para diseñar.

Algunos otros datos como la cantidad de dinero disponible para invertir, el número de turnos de trabajo a implementar o las empresas de transporte a contratar, condicionan (y serán condicionadas) por el diseño final.

Afortunadamente la precisión requerida a los mismos no es excesiva. Por eso es conveniente crear modelos (generalmente basados en hojas de cálculo) que faciliten la modificación de los datos capturados. Dichos modelos irán evolucionando a medida que la precisión en alguno de los conjuntos de datos vaya mejorando o se requiera su mejora.

A medida que se vayan precipitando hipótesis (y sus efectos) aquellos con datos, o con capacidad de generarlos, irán aportando ideas.

DEFINIR LAS UNIDADES DE CARGA A UTILIZAR

La actividad del almacén es fundamentalmente una actividad en la que se mueven y reconfiguran unidades de carga. Definir cuáles son las que van a entrar, cómo se van a almacenar y cómo van a salir define el sistema. En general es bueno reducir al mínimo la cantidad de unidades de carga diferentes que se van a considerar. La complejidad del sistema crece exponencialmente con el número de unidades de carga, pero los sobrecostes de espacio y de movimiento también van vinculados al tipo de producto que se mueve.

Tan importante como la unidad de carga es la definición del soporte. Palés de mucha calidad son caros, pero más caro es que se pare la instalación porque los palés de madera no estaban convenientemente secos. Tener muchos tipos de cajas es caro, pero es posible que sea más caro tener sólo un tipo de cajas grandes que ocupan mucho espacio y que siempre están vacías. Manejar los productos por unidades puede ser



complicado, pero más complicado puede ser que el producto se venda no sólo en unidades sino también en *blisters*.

Si la unidad de carga es importante, el soporte de la misma es definitivo. Palés de no-muy-buena-calidad, pueden bloquear el sistema de rodillos o el de almacén, bandejas y cajas de diferentes tamaños exigirán medios de manipulación diferentes.

Lo razonable es comenzar por lo simple (pocos tipos de unidad de carga) e ir ampliando el catálogo cuando los números muestren que el ahorro en costes es considerable (y por ello justifica un incremento de complejidad en la gestión).

Pero no sólo hay que definir la unidad de carga física, sino también el modo en el que se va a configurar en el sistema informático el producto, su embalaje su ubicación (SKU) y también la transición entre SKUs.

DETERMINAR LOS PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS

Diferentes autores -e.g. (Rouwenhorst *et al.*, 2000)- han propuesto esquemas de diseño de almacenes basados en la definición de los procesos necesarios para la ejecución de las actividades en el sistema de almacén.

El sistema más básico incluye los procesos recepción, almacén, *picking*, *packing*, *sorting* y envío. Además, todos los procesos de control de calidad y de cantidad. Y desde luego el flujo inverso de materiales, tan complicado de manejar que puede requerir construir un almacén que considere que el flujo inverso en realidad es directo.

La selección de equipos que se hará posteriormente probablemente exija modificar los procesos previamente diseñados, por ello es conveniente recordar que el proceso es siempre iterativo y por tanto el nivel de detalle dependerá de la iteración en la que se encuentre el equipo de diseño. Así por ejemplo no es necesario definir en una primera fase cual es el proceso de asignación de camiones a muelles, pero es también un proceso que habrá que definir más pronto que tarde. Dependiendo de la empresa quizá si es relevante establecer el protocolo de análisis de devoluciones, o de re-etiquetado de productos.

Y evidentemente también los procesos ligados al mantenimiento de los equipos y de medición de productividad de los trabajadores y el sistema en su conjunto.

SELECCIONAR EQUIPAMIENTO DE TRANSPORTE INTERNO Y ALMACÉN

Conocer los tipos de equipos disponible para poder seleccionarlos es imprescindible y al mismo tiempo complejo, la tecnología avanza y continuamente salen nuevos equipos que resuelven problemas nuevos y viejos, para los productos actuales y para los productos futuros.

Las velocidades y capacidades (más allá de la oferta que hagan los equipos comerciales) evolucionan y varían con el paso del tiempo. El tipo y calidad del producto o la pericia del operario condiciona la eficiencia del sistema. El diseño y dimensionamiento de los procesos afecta a la disposición de los cuellos de botella.



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

Diseñando Sistemas de Almacén

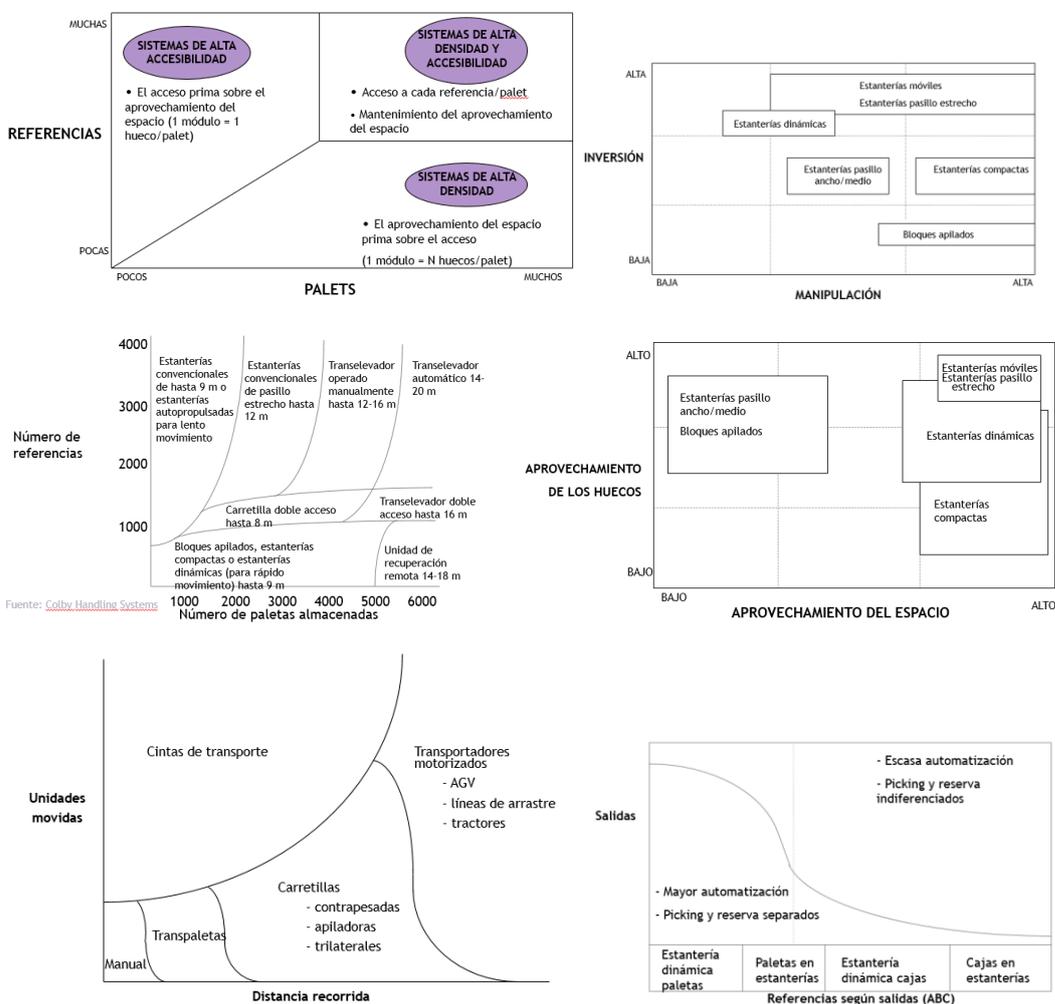
<http://hdl.handle.net/10251/141936>

ROGLE - UPV

Y el precio de los equipos depende de la presión que reciben los comerciales por vender (el coste es el precio del acero), así como de los precios de los elementos complementarios (coste del suelo, coste de la mano de obra) e incluso de la ubicación de las instalaciones y otras razones circunstanciales

Por todas esas razones es prácticamente imposible ofrecer una solución que no exija iteraciones en el análisis y selección de los equipos.

Sí se pueden ofrecer algunas referencias en forma de gráficas, que son debidas al profesor Manuel Cardós en toda una serie de apuntes y trabajos que ha ido desarrollando a lo largo de los años. Algunos de ellos tienen referencias claras¹: (Cardos Carboneras, Garcia Sabater and Lario Esteban, 2004), (Cardos Carboneras *et al.*, 2008), (Cardós *et al.*, 2009)(Palmer Gato *et al.*, 2010)



¹ El profesor Manuel Cardós a lo largo de su trayectoria docente ha elaborado este (y mucho más) material a partir de su experiencia profesional y de investigación para sus alumnos.que dejaba para que fuera utilizado por profesores y compañeros,

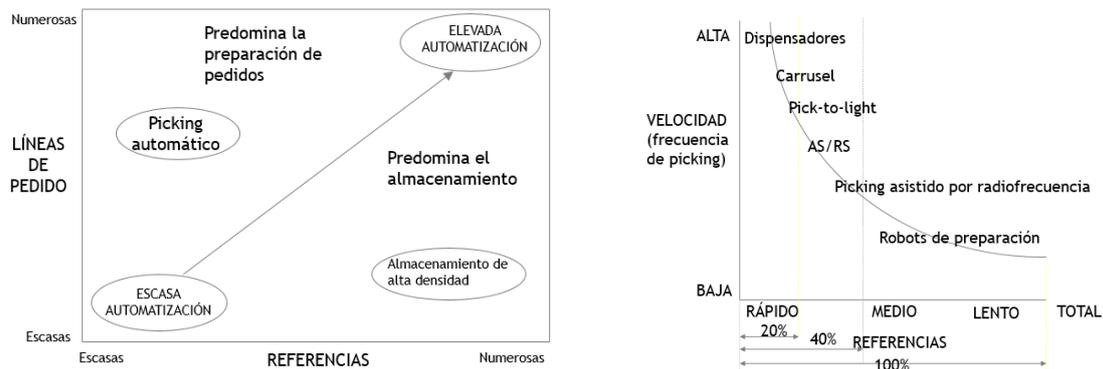


Ilustración 6: Esquemas de Orientación en la selección de equipos

CALCULAR LAS CAPACIDADES Y CANTIDADES

DIMENSIONANDO LOS EQUIPOS DE MANUTENCIÓN Y PICKING

Los carretilleros (y con ellos sus carretillas) pertenecen a una especie particular de trabajadores. La libertad de movimientos que les da disponer de un medio autónomo de transporte junto con la dificultad de controlar sus movimientos sin afectar a aspectos de seguridad, disponibilidad o velocidad en las entregas hace muy difícil ajustar su actividad.

La buena noticia es que el dimensionamiento de los equipos de manutención se debe hacer en función del pico de demanda al que se pretende dar servicio. Es decir, no es necesario saber cómo fluctúa a lo largo del día la demanda de recursos. Lo relevante es saber cuántos recursos hacen falta en el momento de más demanda.

El único modo de reducir la demanda que requiere ese pico es reducir el pico. Una estrategia es introduciendo búferes (y por tanto espacio para ellos) que permitan decalar la actividad dedicada a recepciones o entregas. Otra estrategia es separando en el tiempo actividades de tal modo que los equipos puedan desplazarse a apoyar actividad en otra zona de trabajo.

La cantidad de equipos que hacen falta requiere conocer los datos de:

- a. Número de movimientos por hora
- b. Desplazamiento y velocidad al que se ejecuta
- c. Tiempo de carga y descarga (búsqueda y localización)

El exceso de equipo a disponer (el *overspeed*, el nivel de utilización) tiene que ver con la congestión esperada (y por tanto el incremento de tiempo necesario) para el desplazamiento y la capacidad del sistema de soportar retrasos (el tiempo de espera aceptable no es el mismo para desalojar un muelle de carga que para alimentar una zona de picking).

En los sistemas muy saturados puede ocurrir que poner más medios incremente la congestión. La velocidad de desplazamiento depende de si los pasillos son unidireccionales o bidireccionales, o de si hay muchos o pocos vehículos moviéndose

simultáneamente. Es por eso que, en ocasiones sale rentable diseñar los recorridos más largos porque reduce la congestión. Pero eso ya es otro nivel de detalle. (Saez-Mas *et al.*, 2020)

DIMENSIONANDO LA ZONA DE PICKING

El tamaño de la zona de picking depende del número de referencias a ofrecer y del número de líneas de pedido a recoger por unidad de tiempo. También depende del tipo de equipo a utilizar.

Dimensionar el espacio de picking es, fundamentalmente, establecer la cantidad de metros de pasillos para que los productos estén disponibles y el número de pickers/máquinas de picking.

Al dimensionar el almacén de picking es necesario tener en cuenta no sólo la actividad de recogida de pedidos, sino también la de reposición de material.

El tamaño de la zona de consolidación dependerá del número de clientes y de rutas de reparto a considerar. Además, el tipo de picking que se va a utilizar y cómo se coordina éste con las rutas de reparto también llevarán a definir zonas más o menos grandes para la consolidación de los pedidos.

El dimensionamiento de los muelles depende del número de vehículos a cargar y del tiempo necesario para cargar (y chequear la carga). Que la zona de preparación de cargas sea amplia facilitará el desacople de la actividad de picking de la actividad de carga de camión. Lo que permitirá utilizar más adecuadamente los equipos.

DIMENSIONANDO EL ALMACÉN DE RESERVA

El dimensionamiento del almacén de reserva exige estimar tres valores:

1. Estimar la cantidad de producto a almacenar
2. Estimar la cantidad de metros cuadrados que exige el almacenamiento de dicho producto (y el movimiento del mismo)
3. Estimar el espacio necesario para pasillos

La cantidad de producto a almacenar tienen que ver con el número de SKUs (referencias distintas) y con la cantidad de producto que se pretende almacenar.

Esas cantidades (stock) se deben dividir por las alturas a la que se quiere almacenar, multiplicar por el volumen que ocupan cada uno de los bultos, añadirle holguras para poder manipular y definir los pasillos de acceso necesarios para acceder a cada una de las referencias. Menor impacto tiene definir el modo



de asignación de producto a estantería: dedicado, por áreas o caótico (Rouwenhorst *et al.*, 2000)-

Las cantidades se puede estimar teniendo en cuenta el número de referencias, número de proveedores, tamaño de los medios de transporte, lote de compra o de fabricación y stock de seguridad de cada uno de los productos. Evidentemente habrá que tener en cuenta aspectos como la estacionalidad de la demanda de los productos o la caducidad de los mismos.

La estimación del número de bultos a almacenar exige conocer la política de pedidos que se va a seguir con cada proveedor. Con algunos proveedores se tenderá a trabajar a camión completo. En ese caso es razonable estimar que para cada proveedor se tiene capacidad para almacenar dos camiones completos.

Para garantizar el movimiento adecuado de las cargas es necesario definir una cierta holgura tanto en horizontal como en vertical en las estanterías. En España aplica una norma técnica (UNE EN15620) que clasifica las estanterías metálicas para cargas paletizadas y define las tolerancias y holguras en su diseño. Distingue en diferentes clases en función del tipo de sistema de transporte interno que va a utilizar (transelevador, carretilla y quien la opera) y establece las holguras también en función de la altura a la que va a operar. Pero en general se puede admitir que hay que dar un margen de entre un 10 y un 15% para que el medio de manutención pueda trabajar sin afectar a las cargas colindantes.

Una vez definida la cantidad de espacio necesaria para almacenar hay que definir la cantidad de espacio necesaria para pasillos (que puede fácilmente superar el 50% del volumen total ocupado).

El número total de palés a utilizar multiplicado por el tamaño del palé y dividido por el número de palés accesibles en cada pasillo (uno, dos (lo habitual), cuatro (celdas de doble profundidad) permite calcular el número de metros lineales de pasillo si el producto no se apilara.

Considerar la tecnología de manutención permite estimar el número de alturas y el ancho de pasillo lo que permite definir la cantidad de metros cuadrados necesarios.

La anchura de los pasillos debe permitir la circulación y maniobrabilidad del equipo de mayor tamaño que vaya a circular por el área. Para ello hay que basarse en la normativa vigente respecto al uso de este tipo de equipamiento. Las guías de buenas prácticas NTP 713, NTP 714 y NTP 715.

Concretamente la NTP 713 aporta un dato objetivo sobre el tamaño de los pasillos: si el pasillo es de circulación única la anchura máxima (carretilla o carga)



más 1 metro. Si es de doble sentido la anchura máxima (carretillas más cargas) más 1,2 metros.(Rodríguez Planas, no date)

Una vez definido el ancho del pasillo y la cantidad de producto a almacenar se procede a calcular la superficie. La zona de almacén de Reserva es generalmente rectangular y da lo mismo que haya un único pasillo que 16 para estimar la superficie. Por eso es más fácil calcular un almacén como si sólo tuviera un pasillo y luego doblarlo tantas veces como sea necesario para que no sea un “churro” de 5 kilómetros de largo. Pero en la práctica eso no es lógico. Algunos estudios proponen que la proporción óptima está en el orden de 4 veces más grande el lado largo frente al lado ancho, otros más conservadores establecen que el óptimo está en 2 veces más largo que ancho (y en general depende de dónde está la entrada y la salida).

DIMENSIONANDO LA ZONA DE PLAYA

Al almacén de Reserva suele llevar el material un equipo de carretilleros. Sin ese espacio (denominado generalmente playa). La actividad de los carretilleros en la descarga se verá entorpecida, e incrementará su saturación (y con él las colas en la recepción).

La playa (la zona que hay colindante al muelle) debe ser un espacio libre dónde se puedan dejar los productos en la recepción o se preparen los pedidos para la entrega a los camiones. Cualquier almacén necesita espacio suficiente para poder trabajar, y si no lo tiene disponible se traslada al exterior: si no hay suficiente espacio para descargar habrá que disponer suficiente espacio para que esperen los camiones (que se convertirán en una playa oculta esperando a que se abra espacio en la playa visible).

Para la salida parece razonable que enfrente de cada muelle de salida haya una huella que permita preparar la carga del camión. Si no hay disponible ese espacio la caja del camión será la playa, con los peligros para la falta de control en volumen y productos que salen. Además de que, para poder dar servicio es necesario disponer de más trabajadores de los necesarios. El número de huellas de camión que se debe tener en una playa depende de lo irregulares que sean las salidas y velocidad a la que queremos que ocurran. Cuanto más espacio más estabilidad en la actividad de los carretilleros que podrán ir preparando y controlando las cargas de manera equilibrada a lo largo del día.

Para la entrada el tamaño depende del tiempo que tardan los servicios administrativos y de control de calidad en procesar el producto y de la tasa de llegada. En realidad, si se dispone poco espacio de playa de llegada los camiones tendrán que esperar a ser atendidos siendo los servicios administrativos el cuello de botella. Si se acepta que esas actividades auxiliares se pueden realizar “a posteriori” –o no realizarse– el balance entre los carretilleros que descargan y los que llevan al almacén de reserva, junto con la irregularidad de las llegadas es la que permite dimensionar la playa.



Los requerimientos de los muelles de entrada y de salida se puede calcular teniendo en cuenta el número de camiones (medios de transporte) que llegarán y la carga promedio que habrá que cargar/descargar y chequear.

Los tiempos de esas operaciones dependen del producto y de las políticas de la empresa. Si el producto se deposita en el muelle antes de llevarlo al almacén es necesario definir un espacio de buffer suficiente para dejar el producto en el suelo, y permitir el acceso individual.

Si no se define suficiente espacio para la playa, la playa serán los camiones esperando a ser descargados o a ser cargados, pero el espacio de playa es necesario.

DEFINIR LAS OPERACIONES AUXILIARES

Las operaciones auxiliares exigen espacios que un almacén deben incluir:

- a. Espacios para el personal (vestuarios, sanitarios, lugar de descanso...). La mayor parte de ellos regidos por legislación específica.
- b. Espacios para los equipos de manutención (carga de baterías, aparcamiento). Ligados al tipo de equipamiento comprado
- c. Espacios para administración (oficinas, archivos). Ligados a las operaciones administrativas necesarias en un almacén
- d. Espacios para la generación/transformación de energía. La energía que suele consumir un almacén es eléctrica. La enorme superficie techada que tiene el almacén anima a generar su propia energía.
- e. Espacios para mantenimiento. Cuanto más automatizado un almacén mayor requerimiento de mantenimiento.
- f. Espacios para seguridad: incendios -depósitos de agua, pasillos de evacuación...), control de entradas y salidas, productos de alto valor...)
- g. Espacios para palés y envases vacíos
- h. Zonas de cuarentena

DISPONRIENDO LAS ZONAS DEL ALMACÉN

El objetivo de la distribución en planta de un almacén es encontrar la relación óptima entre el coste del manejo de materiales y el espacio. Son aspectos fundamentales a considerar: la utilización del volumen, los equipos y métodos de almacenamiento, la protección de los materiales, la localización de éstos, el aprovechamiento de espacios exteriores, etc.

La distribución de los almacenes debe tener en cuenta cuándo los pedidos engloban un elevado número de productos distintos o cuando se piden pocas unidades del mismo producto, pero muy frecuentemente. En dichos casos, el coste por manejo de materiales que supondría un desplazamiento de ida y vuelta para cada pedido sería excesivamente elevado. Entre las formas de solución de



este problema se encuentran la agregación por productos de unidades correspondientes a diversos pedidos o, algo nada fácil, establecer rutas óptimas para cada pedido.

Con un adecuado sistema informático el problema de la localización de los diversos artículos dentro de un almacén pueda reducirse. Estos pueden colocarse de forma dispersa, aprovechando, por ejemplo, cuando sea necesario, el primer espacio disponible, y realizando la búsqueda posterior a través del ordenador, el cual almacenó la información correspondiente, pudiéndose, incluso, determinar las rutas óptimas de recogida cuando sea necesario.

Algunos almacenes se diseñan orientados al flujo separando la zona de descarga y recepción de la de Expedición y Carga.

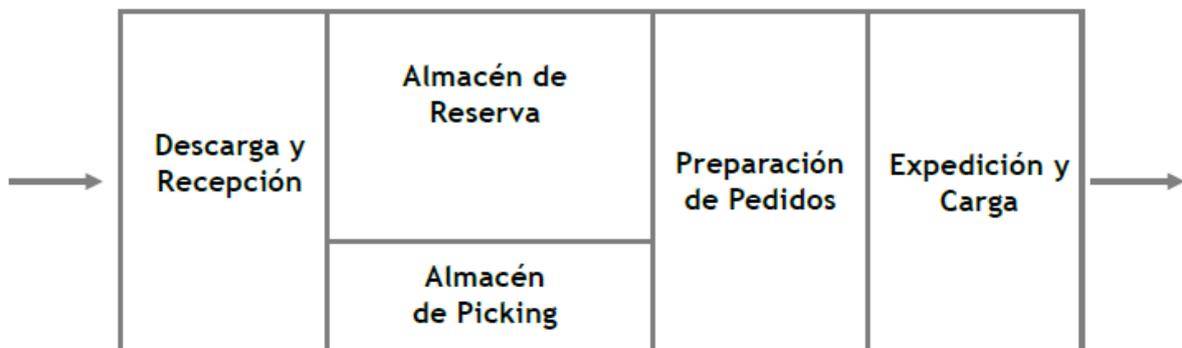


Ilustración 7: Almacén Orientado al Flujo

Los almacenes orientados al flujo agilizan los movimientos y facilitan la automatización de los procesos. Los almacenes también se pueden diseñar orientados al almacén, esto es, buscando que la entrada y salida de productos se haga sólo por un lado. Esta estructura permite compartir recursos en los procesos de carga y descarga, y en general requieren de menor superficie.



Ilustración 8: Almacén con un único muelle

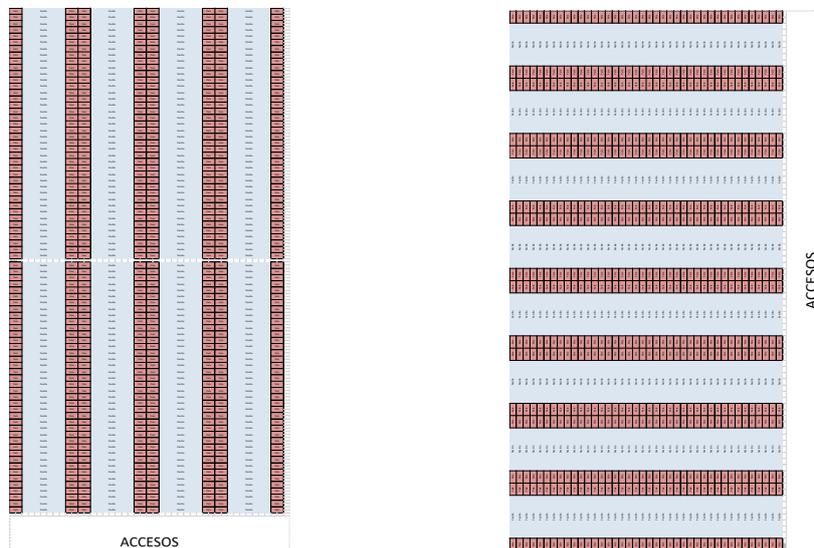


Ilustración 9: Paralelo al eje largo o al eje corto

Una vez definidas las paredes queda establecer la dirección de las estanterías. Disponer los pasillos paralelos al lado largo suele mejorar el uso del espacio (en principio caben más celdas porque el tamaño del pasillo de acceso es menor). Sin embargo, cuando el número de referencias que se recogen por viaje es pequeño, los costes de mantenimiento son menores cuando los pasillos se disponen paralelos al eje corto.

Es evidente que cuantos menos pasillos, menos necesidad de espacio para acceder, y además, cuando los equipos son dedicados a pasillo (por ejemplo los transelevadores) menos equipamiento es necesario.

ITERAR: EVALUAR ALTERNATIVAS Y GENERAR MÁS

En la práctica la solución definitiva no será hasta que no se hayan producido suficientes iteraciones que hayan permitido a todos los stakeholder alcanzar un consenso con suficiente nivel de precisión.

Generar alternativas con suficiente nivel de detalle es muy costoso. Por ello en la práctica se irán seleccionando en cada etapa las opciones, convergiendo de modo heurístico a una alternativa que parece definitiva.

Pero es bueno conocer las alternativas y su valoración. Por ello el equipo de diseño debe hacer un esfuerzo adicional para generar una solución. El coste de conseguir la información necesaria no será alto –ya se dispone de la mayor parte–, y en caso de serlo será conveniente revisar la valoración que se hizo respecto del apartado implicado en esa parte de la solución.

Para generar las alternativas se sugiere ser muy radical en el cambio de concepto. Por ejemplo, si se optó por un sistema muy automatizado, cambiar a un sistema muy manual. Posteriormente la convergencia hacia una solución factible llevará el diseño a un punto aceptable.

BIBLIOGRAFÍA

Baker, P. and Canessa, M. (2009) 'Warehouse design: A structured approach', *European journal of operational research*. Elsevier, 193(2), pp. 425–436.

Cardos Carboneras, M. *et al.* (2008) 'Modelos de referencia para el diseño estratégico de almacenes', in *II International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*, pp. 1131–1140.

Cardos Carboneras, M., Garcia Sabater, J. P. and Lario Esteban, F. C. L. (2004) *Manutención y almacenaje*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

Cardós, M. *et al.* (2009) 'Un modelo de referencia tecnológico para el diseño estratégico de almacenes', in *XIII Congreso de Ingeniería de Organización*, pp. 295–302.

Ortega y Gasset, J. (1954) *Estudios sobre el amor*.

Palmer Gato, M. *et al.* (2010) 'Revisión de modelos de gestión de inventarios para repuestos reparables', in *4th International Conference On Industrial Engineering and Industrial Management*, pp. 1329–1335.

Rodríguez Planas, D. (no date) *NTP 713: Carretillas elevadoras automotoras (I): conocimientos básicos para la prevención de riesgos*.

Rouwenhorst, B. *et al.* (2000) 'Warehouse design and control: Framework and literature review', *European journal of operational research*. Elsevier, 122(3), pp. 515–533.

Saez-Mas, A. *et al.* (2020) 'Hybrid approach of discrete event simulation integrated with location search algorithm in a cells assignment problem: a case study', *Central European*



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartitgual 3.0 Unported License.

Diseñando Sistemas de Almacén

<http://hdl.handle.net/10251/141936>

ROGLE - UPV

