



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Diseño de un centro de distribución para una empresa del
sector de la perfumería con más de 10.000 referencias

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

AUTOR/A: Millán Navarro, Ana María

Tutor/a: Cardós Carboneras, Manuel Javier

Cotutor/a: Cortés Pellicer, Pascual

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

RESUMEN

En este trabajo final de grado se va a diseñar un nuevo almacén, incluyendo los medios de almacenamiento, su distribución en planta y los medios de manutención, para una empresa distribuidora del sector de la perfumería debido al crecimiento de su negocio en el último año.

A partir de datos de preparación de pedidos y de necesidades de almacenamiento se aplicará una metodología iterativa para obtener distintas alternativas de diseño del almacén que prioricen el servicio a las tiendas y sean lo más eficientes posibles, eligiendo aquella que optimice la consecución de los objetivos establecidos por la dirección de la empresa.

Palabras Clave: centro de distribución; almacén; optimización; eficiencia.

RESUM

En aquest treball final de grau es dissenyarà un nou magatzem, incloent els mitjans d'emmagatzematge, la seua distribució en planta i els mitjans de manutenció, per a una empresa distribuïdora de perfumeria a causa del creixement del seu negoci en l'últim any.

A partir de dades de preparació de comandes i de necessitats d'emmagatzematge s'aplicarà una metodologia iterativa per obtenir diferents alternatives de disseny del magatzem que prioritzen el servei a les tendes i siguen el més eficients possible, triant-ne la millor segons els objectius marcats per la direcció de l'empresa.

Paraules clau: centre de distribució; magatzem; optimització; eficiència.

ABSTRACT

In this final degree project, a new warehouse will be designed, including the storage means, their physical distribution and the handling means, for a distribution company of the perfumery sector due to the growth of its business in the last year.

Based on picking orders and storage needs data, an iterative methodology will be applied to obtain different warehouse design alternatives that prioritize the service to the stores and are as efficient as possible, choosing the one that optimizes the achievement of the objectives set by the company's management.

Keywords: Distribution center; warehouse; optimization; efficiency.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero darle las gracias a mi tutor, Manuel Cardós, por la paciencia que ha tenido conmigo y a todos los profesores que me han enseñado lo que necesitaba para realizar este trabajo.

También quiero agradecer a mi familia y mis amigos por su apoyo durante todos estos años y por motivarme en mis momentos de flaqueza.

Por último me gustaría dar las gracias especialmente a Laura por su ayuda con el AutoCAD. No lo podría haber hecho sin ti.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 1 |
| RESUM..... | 2 |
| ABSTRACT..... | 3 |
| AGRADECIMIENTOS..... | 4 |
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Objetivo y alcance del trabajo..... | 1 |
| 1.2. Empresa de estudio y limitaciones del diseño del almacén..... | 1 |
| 1.3. Estructura del trabajo..... | 2 |
| CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS | 5 |
| 2.1. Metodología iterativa DE DISEÑO | 5 |
| 2.2. Clasificación del almacén | 6 |
| 2.3. Medios de almacenamiento..... | 6 |
| 2.4. Medios de manutención | 10 |
| CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD EN EL ALMACÉN | 15 |
| 3.1. Condiciones de almacenamiento y conservación | 15 |
| 3.2. Volumen de pedidos | 15 |
| 3.3. Familias de productos | 16 |
| 3.3.1. Descripción de las familias de productos..... | 16 |
| 3.3.2. Volumen de ventas..... | 18 |
| 3.3.3. Niveles de inventario de cada familia | 19 |
| 3.4. Distribución ABC de los productos..... | 20 |
| 3.4.1. Análisis ABC..... | 20 |
| 3.4.2. Número de artículos por familia y categoría..... | 22 |
| 3.4.3. Perfil de inventario..... | 22 |
| CAPÍTULO 4. SEGREGACIÓN DE PICKING Y RESERVA | 25 |
| 4.1. Estrategia de reposición del área de picking..... | 25 |
| 4.2. Perfil de inventario de picking y reserva | 25 |
| 4.3. Perfiles de inventario corregidos | 26 |
| 4.4. Formato logístico de las referencias y pedidos al proveedor | 28 |
| 4.5. Formato logístico de las referencias corregido..... | 30 |
| CAPÍTULO 5. OPCIONES DE DISEÑO DEL ALMACÉN..... | 32 |

| | |
|---|----|
| 5.1. Introducción | 32 |
| 5.2. Primera configuración | 32 |
| 5.2.1. Medios de almacenamiento..... | 32 |
| 5.2.2. Medios y necesidades de manutención..... | 35 |
| 5.2.3. Distribución en planta | 40 |
| 5.2.4. Análisis financiero | 41 |
| 5.2.5. Análisis crítico y propuestas de mejora..... | 45 |
| 5.3. Segunda configuración..... | 47 |
| 5.3.1. Medios de almacenamiento..... | 47 |
| 5.3.2. Medios y necesidades de manutención..... | 53 |
| 5.3.3. Distribución en planta | 56 |
| 5.3.4. Análisis financiero | 58 |
| 5.3.5. Análisis crítico y propuestas de mejora..... | 61 |
| 5.4. Tercera configuración | 64 |
| 5.4.1. Medios de almacenamiento..... | 64 |
| 5.4.2. Medios y necesidades de manutención..... | 66 |
| 5.4.3. Distribución en planta | 69 |
| 5.4.4. Análisis financiero | 71 |
| 5.4.5. Análisis crítico y propuestas de mejora..... | 73 |
| CAPÍTULO 6. CONFIGURACIÓN RECOMENDADA, ESTUDIOS FUTUROS Y CONCLUSIONES | 77 |
| 6.1. propuesta seleccionada | 77 |
| 6.1.1. Selección de la configuración recomendada..... | 77 |
| 6.1.2. Procedimientos operativos del almacén..... | 81 |
| 6.2. Posibles actuaciones futuras o complementarias..... | 82 |
| 6.2.1. Actuaciones en otros ámbitos..... | 82 |
| 6.2.2. Mejoras futuras del centro de distribución..... | 83 |
| 6.3. Resumen y Conclusiones..... | 83 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 87 |
| ANEXOS | 89 |
| ANEXO I. Datos sobre los pedidos..... | 89 |
| ANEXO II. FORMATO LOGÍSTICO DE PARTIDA ANTES Y DESPUÉS DE LA CORRECCIÓN DE LAS REFERENCIAS EJEMPLO (ELABORACIÓN PROPIA) | 95 |
| ANEXO III. PARÁMETROS HABITUALES DE ALMACÉN | 96 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Total y promedio diario de líneas de pedido (Elaboración propia) | 15 |
| Tabla 2. Total y promedio de cantidades pedidas (Elaboración propia)..... | 16 |
| Tabla 3. Características de la referencia promedio por familia (Elaboración propia) | 18 |
| Tabla 4. Volumen y coste de las ventas por familia y unidad (Elaboración propia) | 19 |
| Tabla 5. Niveles de inventario por familia y totales según las ventas (Elaboración propia)..... | 20 |
| Tabla 6. Distribución ABC según las unidades vendidas (Elaboración propia)..... | 21 |
| Tabla 7. Distribución de las referencias según su familia y categoría ABC (Elaboración propia) | 22 |
| Tabla 8. Stocks totales por categoría (Elaboración propia) | 23 |
| Tabla 9. Ejemplos de perfiles de inventario en picking y reserva de cada categoría (Elaboración propia) | 26 |
| Tabla 10. Ejemplos de perfiles de inventario corregidos en picking y reserva de cada categoría (Elaboración propia)..... | 27 |
| Tabla 11. Tamaño provisional promedio del pedido al proveedor según la categoría (Elaboración propia) | 29 |
| Tabla 12. Formatos logísticos y sus características (Elaboración propia) | 29 |
| Tabla 13. Número de referencias con cada formato logístico (Elaboración propia) | 30 |
| Tabla 14. Número de referencias con cada formato logístico tras corrección (Elaboración propia) | 31 |
| Tabla 15. Medidas y orientación de las cajas (Elaboración propia)..... | 33 |
| Tabla 16. Medidas de los huecos en la primera configuración (Elaboración propia) | 33 |
| Tabla 17. Número de huecos necesarios en la primera configuración (Elaboración propia) | 34 |
| Tabla 18. Número de huecos según el tipo de producto en la primera configuración (Elaboración propia) | 34 |
| Tabla 19. Metros lineales necesarios en la primera configuración (Elaboración propia)..... | 34 |
| Tabla 20. Número de huecos y metros lineales necesarios en reserva por cada altura (Elaboración propia)..... | 35 |
| Tabla 21. Número de huecos y metros lineales necesarios en picking por cada altura (Elaboración propia) | 35 |
| Tabla 22. Características carretilla recogepedidos hasta 6 metros de altura (Elaboración propia) | 36 |
| Tabla 23. Tiempos máximos de preparación y envío de pedidos de empresas del sector en días laborables (Sephora y otros, 2022) | 36 |

| | |
|---|----|
| Tabla 24. Velocidad de una carretilla recogepedidos en m/s (Cardós Carboneras, 2020c) | 37 |
| Tabla 25. Movimientos para el reabastecimiento en la zona de reserva (Elaboración propia) . | 37 |
| Tabla 26. Movimientos para el reabastecimiento en la zona de picking (Elaboración propia) .. | 38 |
| Tabla 27. Productividad y tiempo de reabastecimiento (Elaboración propia) | 38 |
| Tabla 28. Características del apilador eléctrico (Elaboración propia)..... | 39 |
| Tabla 29. Aproximación de la distribución del tiempo de operario (Elaboración propia) | 39 |
| Tabla 30. Factores DFC para una tasa de descuento del 19% (Elaboración propia)..... | 42 |
| Tabla 31. Inversión y costes del edificio en la primera configuración (Elaboración propia) | 42 |
| Tabla 32. Inversión y costes de los medios de almacenamiento en la primera configuración (Elaboración propia)..... | 43 |
| Tabla 33. Inversión y costes de los medios de manutención y equipamiento en la primera configuración (Elaboración propia)..... | 43 |
| Tabla 34. Costes de funcionamiento del almacén en la primera configuración (Elaboración propia)..... | 44 |
| Tabla 35. Costes de personal en la primera configuración (Elaboración propia) | 44 |
| Tabla 36. Inversión y costes totales en la primera configuración (Elaboración propia) | 44 |
| Tabla 37. Formatos logísticos en la segunda configuración (Elaboración propia)..... | 49 |
| Tabla 38. Medidas y orientación de los formatos logísticos en la segunda configuración (Elaboración propia)..... | 49 |
| Tabla 39. Número de referencias con cada formato logístico en la segunda configuración (Elaboración propia)..... | 50 |
| Tabla 40. Medidas de los huecos en la segunda configuración (Elaboración propia) | 50 |
| Tabla 41. Número de huecos necesarios en la segunda configuración (Elaboración propia) | 51 |
| Tabla 42. Número de huecos según el tipo de producto en la segunda configuración (Elaboración propia)..... | 51 |
| Tabla 43. Metros lineales necesarios en la segunda configuración (Elaboración propia) | 51 |
| Tabla 44. Número de huecos y metros lineales necesarios en reserva por cada altura en la segunda configuración (Elaboración propia) | 52 |
| Tabla 45. Número de huecos y metros lineales necesarios en picking por cada altura en la segunda configuración (Elaboración propia) | 52 |
| Tabla 46. Características carretilla recogepedidos hasta 8 metros de altura con conveyor (Elaboración propia)..... | 53 |
| Tabla 47. Movimientos para el reabastecimiento en la zona de reserva en la segunda configuración (Elaboración propia)..... | 55 |
| Tabla 48. Movimientos para el reabastecimiento en la zona de picking en la segunda configuración (Elaboración propia)..... | 55 |

| | |
|--|----|
| Tabla 49. Productividad y tiempo de reabastecimiento en la segunda configuración (Elaboración propia)..... | 55 |
| Tabla 50. Aproximación de la distribución del tiempo de operario en la segunda configuración (Elaboración propia)..... | 56 |
| Tabla 51. Inversión y costes del edificio en la segunda configuración (Elaboración propia)..... | 58 |
| Tabla 52. Inversión y costes de los medios de almacenamiento en la segunda configuración (Elaboración propia)..... | 59 |
| Tabla 53. Inversión y costes de los medios de manutención y equipamiento en la segunda configuración (Elaboración propia)..... | 59 |
| Tabla 54. Costes de funcionamiento del almacén en la segunda configuración (Elaboración propia)..... | 60 |
| Tabla 55. Costes de personal en la segunda configuración (Elaboración propia) | 60 |
| Tabla 56. Inversión y costes totales en la segunda configuración (Elaboración propia) | 61 |
| Tabla 57. Referencias y su inventario almacenadas en el paternóster (Elaboración propia)..... | 65 |
| Tabla 58. Referencias almacenadas en estantería convencional de picking en la tercera configuración (Elaboración propia)..... | 66 |
| Tabla 59. Metros de estantería convencional de picking necesarios (Elaboración propia)..... | 66 |
| Tabla 60. Huecos y metros de la estantería convencional de reserva (Elaboración propia) | 66 |
| Tabla 61. Algunas características del paternóster (Elaboración propia) | 67 |
| Tabla 62. Movimientos para el reabastecimiento en la zona de picking en la tercera configuración (Elaboración propia)..... | 68 |
| Tabla 63. Productividad y tiempo de reabastecimiento en la tercera configuración (Elaboración propia)..... | 68 |
| Tabla 64. Aproximación de la distribución del tiempo de operario en la tercera configuración (Elaboración propia)..... | 69 |
| Tabla 65. Inversión y costes del edificio en la tercera configuración (Elaboración propia)..... | 71 |
| Tabla 66. Inversión y costes de los medios de almacenamiento en la tercera configuración (Elaboración propia)..... | 71 |
| Tabla 67. Inversión y costes de los medios de manutención y equipamiento en la tercera configuración (Elaboración propia)..... | 72 |
| Tabla 68. Costes de funcionamiento del almacén en la tercera configuración (Elaboración propia) | 72 |
| Tabla 69. Costes de personal en la tercera configuración (Elaboración propia) | 73 |
| Tabla 70. Inversión y costes totales en la tercera configuración (Elaboración propia) | 73 |
| Tabla 71. Inversiones en todas las configuraciones (Elaboración propia) | 77 |
| Tabla 72. Costes anuales en todas las configuraciones (Elaboración propia)..... | 78 |

| | |
|--|----|
| Tabla 73. Marginal de inversión, costes y pagos entre las configuraciones (Elaboración propia) | 79 |
| Tabla 74. Aprovechamiento del volumen en las diferentes configuraciones (Elaboración propia) | 80 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Metodología iterativa de diseño de un almacén (Cardós Carboneras, 2019)..... | 5 |
| Ilustración 2. Almacenamiento en bloque (bloques.com, 2021) | 7 |
| Ilustración 3. Estanterías convencionales (Cardós Carboneras, 2020b) | 7 |
| Ilustración 4. Estanterías compactas (Cardós Carboneras, 2020b)..... | 8 |
| Ilustración 5. Estanterías dinámicas (Cardós Carboneras, 2020b)..... | 8 |
| Ilustración 6. Estanterías móviles (Cardós Carboneras, 2020b)..... | 9 |
| Ilustración 7. Almacén rotativo vertical Paternoster (Cardós Carboneras, 2020b) | 9 |
| Ilustración 8. Carrusel horizontal (Cardós Carboneras, 2020b) | 10 |
| Ilustración 9. Transpaleta manual (Cardós Carboneras, 2020c) | 10 |
| Ilustración 10. Carretilla contrapesada (Cardós Carboneras, 2020c)..... | 11 |
| Ilustración 11. Carretilla retráctil (Cardós Carboneras, 2020c)..... | 11 |
| Ilustración 12. Carretilla trilateral combi (Cardós Carboneras, 2020c)..... | 12 |
| Ilustración 13. Carro recogepedidos (Cardós Carboneras, 2020c)..... | 12 |
| Ilustración 14. Carretillas recogepedidos (Cardós Carboneras, 2020c) | 13 |
| Ilustración 15. Transelevadores (Cardós Carboneras, 2020c)..... | 13 |
| Ilustración 16. Apiladores (Cardós Carboneras, 2020c) | 14 |
| Ilustración 17. Líneas de pedido a lo largo del año (Elaboración propia) | 16 |
| Ilustración 18. Porcentaje de referencias por familia (Elaboración propia) | 17 |
| Ilustración 19. Porcentaje de ventas por familia (Elaboración propia)..... | 19 |
| Ilustración 20. Distribución ABC teórica y real (Elaboración propia) | 21 |
| Ilustración 21. Distribución en planta de la primera configuración (Elaboración propia) | 41 |
| Ilustración 22. Porcentajes de la inversión en la primera configuración (Elaboración propia) .. | 45 |
| Ilustración 23. Porcentajes del coste anual en la primera configuración (Elaboración propia) . | 46 |
| Ilustración 24. Caja con divisor transversal de plástico (Disset Odiseo, 2022) | 48 |
| Ilustración 25. Caja de plástico con divisor transversal y longitudinal (Kardex, 2022) | 48 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 26. Distribución en planta segunda configuración (Elaboración propia)..... | 57 |
| Ilustración 27. Porcentajes de la inversión en la segunda configuración (Elaboración propia) . | 62 |
| Ilustración 28. Porcentajes del coste anual en la segunda configuración (Elaboración propia) | 63 |
| Ilustración 29. Distribución en planta segunda configuración (Elaboración propia)..... | 70 |
| Ilustración 30. Porcentajes de la inversión en la tercera configuración (Elaboración propia) ... | 74 |
| Ilustración 31. Porcentajes del coste anual en la tercera configuración (Elaboración propia) .. | 75 |
| Ilustración 32. Comparación de las inversiones en todas las configuraciones (Elaboración propia) | 78 |
| Ilustración 33. Comparación de los costes anuales en todas las configuraciones (Elaboración propia)..... | 79 |

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO Y ALCANCE DEL TRABAJO

El objetivo del trabajo final de grado es poner en práctica lo aprendido a lo largo de la titulación con un caso realista. Para realizar este trabajo en concreto, se han aplicado sobre todo los conocimientos adquiridos en la asignatura “Diseño y gestión de almacenes” impartida en el cuarto curso y algunos temas de la asignatura de tercero “Análisis de costes y selección de inversiones industriales”.

Partiendo de datos sobre los pedidos y el volumen de las ventas y algunas características de las referencias como su volumen, sus niveles de inventario o su plazo de aprovisionamiento, se debe diseñar un almacén que cumpla con las restricciones que ha impuesto la dirección de la empresa. Esto incluye los medios de almacenamiento, los de mantenimiento y la distribución en planta del almacén.

Como hay un número elevado de posibilidades en el diseño de un almacén, se utilizará un método iterativo diseñando primero un almacén al que se le aplicarán algunos cambios para intentar mejorar la propuesta. Se dejará de iterar cuando no se encuentren alternativas que mejoren claramente al diseño anterior.

Cada propuesta será estudiada también desde el punto de vista económico, pudiendo así compararlas y seleccionar la más conveniente para la empresa. Se realizará una aproximación del presupuesto necesario de inversión así como del gasto anual que supondrá implantar cada configuración del almacén.

El trabajo terminará con la selección del modelo de funcionamiento recomendado, pero la decisión final de construir esa alternativa del almacén, incluyendo el lugar en el que se construirá y los plazos de su puesta en funcionamiento, son competencia de la dirección de la empresa. En este documento se incluirán también una descripción de los procedimientos operativos del almacén seleccionado así como una breve exposición de posibles mejoras o actuaciones de la empresa a estudiar en el futuro o de manera complementaria a este trabajo.

1.2. EMPRESA DE ESTUDIO Y LIMITACIONES DEL DISEÑO DEL ALMACÉN

La empresa para la que se va a diseñar el centro de distribución pertenece al sector de la perfumería, es decir, distribuye productos de higiene personal, cosméticos y fragancias. Ya tiene un almacén en funcionamiento desde el que abastece a sus tiendas (clientes), pero en el último año su negocio ha crecido debido a un gran aumento de las ventas, por lo que precisan de un nuevo centro de distribución en el que se pueda almacenar un mayor volumen de stock.

Dada el área en la que opera, la empresa ha buscado varios solares en zonas industriales de la provincia de Valencia para construir el almacén. Según nos han comunicado, dichos solares miden 2.000 m², 1.200 m², 1.000 m² y 750 m², y tienen un precio por metro cuadrado similar. La dirección quiere saber cuántos metros cuadrados harán falta para la construcción del almacén antes de decidir qué solar comprar, pero ha apuntado que cuanto menor sea la superficie necesaria, mejor, pues así el solar será más barato.

También han recalcado que el diseño del almacén debe priorizar el servicio a las tiendas a la vez que debe ser lo más eficiente posible en la consecución de los siguientes objetivos:

1. El presupuesto máximo es de 1.000.000 € de inversión sin incluir la compra del solar.
2. Los costes anuales (incluyendo las amortizaciones) no deben exceder los 500.000 €.
3. El plazo de servicio al cliente no puede ser mayor al de la competencia.
4. La empresa tiene una política de nivel de servicio del 90% en un día laborable.
5. Se deben instalar al menos dos muelles de carga, pues hay más de una ruta de reparto, lo que implica que habrá más de un vehículo para la expedición de pedidos.

Por último, también se tendrá en cuenta el horario de la jornada laboral. Los operarios del almacén trabajarán 8 horas durante 5 días a la semana. De forma orientativa, durante las primeras dos horas del día irán llegando los pedidos a los proveedores, por lo que los almaceneros deberán descargar los vehículos y reabastecer el almacén en esa franja de tiempo. Las otras 6 horas de la jornada laboral se dedicarán a la preparación de pedidos y a su expedición.

1.3. ESTRUCTURA DEL TRABAJO

Tras este capítulo de introducción, se explicarán algunos de los fundamentos teóricos sobre los que se basarán las decisiones de diseño del almacén así como la metodología empleada en el trabajo.

A continuación y antes de decidir ningún aspecto del diseño del almacén, se estudiarán los datos de partida. Según el tipo de producto que se va a almacenar serán necesarias unas condiciones de almacenamiento más o menos restrictivas. También se analizarán los pedidos y las familias de productos. Y tras realizar una distribución ABC de las referencias, éstas se clasificarán según su familia y categoría ABC para, posteriormente, poder estudiar el perfil de inventario de los grupos formados.

Una vez categorizadas las referencias, se calculará el perfil de inventario diferenciando las dos zonas del almacén: picking y reserva. Para ello se deberá decidir la estrategia de reposición de la zona de picking según la clasificación ABC de las referencias. También se resolverán los posibles problemas que surjan con los cálculos del perfil de inventario.

Antes de empezar a diseñar el almacén como tal, se decidirán los formatos logísticos que utilizarán las referencias según la zona de almacenamiento y teniendo en cuenta que se busca la mínima manipulación desde el proveedor. Dichos formatos logísticos son una primera propuesta y pueden ser modificados más adelante si es necesario.

Tras realizar todo este estudio de los datos que nos ha proporcionado la empresa, se diseñará el almacén mediante iteraciones que partirán de un almacén convencional al que se le irán

añadiendo elementos más automatizados según las posibles áreas de mejora. Para cada alternativa se decidirá todo el modelo de funcionamiento: medios de almacenamiento y manutención y sus correspondientes necesidades, la política de gestión del hueco y la distribución en planta.

Después de diseñar cada alternativa, se hará un análisis financiero de la configuración en el que se incluirán tanto las inversiones necesarias para construir el almacén y ponerlo en marcha como los costes anuales del almacén. Así se podrán comparar las alternativas en base al presupuesto y el ahorro económico que pueda suponer una de ellas.

Por último se realizará un análisis crítico de la configuración y se propondrán posibles mejoras que podrían reducir los gastos o mejorar otros aspectos que se tienen en cuenta como la superficie necesaria para el almacén o el nivel de servicio a los clientes. Al diseñar la siguiente configuración, se estudiará si conviene implementar estas mejoras o descartarlas.

Cuando ya no haya ninguna propuesta de mejora que se decida estudiar, se compararán las configuraciones diseñadas, seleccionando la más conveniente para la situación actual de la empresa y que cumpla el mayor número de sus condiciones de la forma más eficiente posible. También se describirán los procedimientos operativos del almacén para la alternativa recomendada a la dirección de la empresa y se plantearán posibles actuaciones o mejoras a estudiar en un futuro o en paralelo a este trabajo.

CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. METODOLOGÍA ITERATIVA DE DISEÑO

Como ya se ha explicado, el método que se va a utilizar en este trabajo para diseñar el almacén es un método iterativo en el que se partirá de un almacén con el menor grado de automatización posible al que se irán añadiendo diferentes tecnologías en cada iteración. El proceso completo se muestra en el diagrama de la ilustración 1.

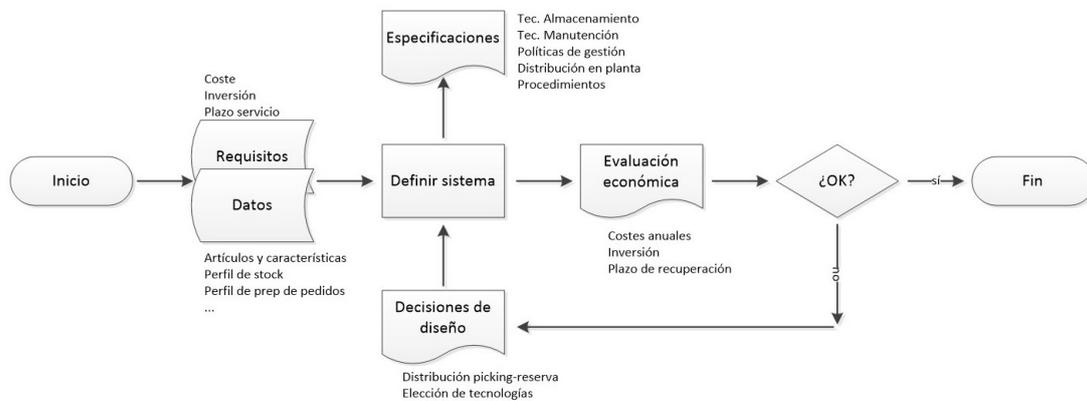


Ilustración 1. Metodología iterativa de diseño de un almacén (Cardós Carboneras, 2019)

A partir de algunos datos como las características de los artículos, el perfil de inventario o el perfil de preparación de pedidos y teniendo en cuenta los requisitos fijados sobre inversión, coste y plazo de servicio, se definirá un sistema. Para ello habrá que tomar decisiones sobre el diseño, como por ejemplo elegir las tecnologías que se utilizarán, y se especificará el modelo de funcionamiento del almacén: política de gestión, medios de almacenamiento, medios de manutención, distribución en planta y procedimientos.

Una vez definido el sistema, se evaluará la propuesta económicamente calculando los costes anuales, la inversión y, en su caso, el plazo de recuperación. Si la configuración definida cumple con los requisitos y es lo suficientemente aceptable, se dejará de iterar. Si no, se propondrán cambios que mejoren al menos uno de los parámetros relevantes y se volverá a la etapa de toma de decisiones sobre el diseño.

En la siguiente configuración se cambiará la segregación en picking y reserva si fuese necesario y se elegirán las tecnologías que ayuden a mejorar el diseño anterior. Se redefinirá el sistema aplicando los cambios pertinentes y se reevaluará económicamente de la misma forma que la primera propuesta. De nuevo se decidirá si la propuesta es aceptable o no y, en caso de que no

lo sea, se propondrán los cambios pertinentes y se volverá a la etapa en la que se toman las decisiones sobre el diseño. Esto se repetirá sucesivamente hasta que se encuentre una alternativa aceptable.

2.2. CLASIFICACIÓN DEL ALMACÉN

Los almacenes se pueden clasificar según diferentes criterios que se explicarán a continuación (Cardós Carboneras, 2020a). En el caso del almacén que se va a diseñar en este trabajo, se conoce ya el tipo de almacén que será según algunos criterios:

1. Según su relación con el flujo de producción será un almacén de preparación de pedidos y distribución, pues se reciben productos terminados que se almacenan y se redistribuyen según los pedidos de los clientes.
2. Según el material a almacenar se trata de un almacén para bultos, pues son productos sólidos que se pueden contar por unidades.
3. Según su función logística es un centro de consolidación: se reciben productos de diferentes proveedores, se almacenan y posteriormente se preparan y envían pedidos a diferentes clientes.

Sin embargo hay otros criterios que no aplican a este caso o que se tendrán que decidir conforme se vaya diseñando el almacén, por lo que aún no se sabe qué tipo de almacén será. Algunos de estos criterios son:

1. Según la ubicación: el almacén podrá ser al aire libre o de almacenaje interior.
2. Según el grado de mecanización podrá ser:
 - a. Almacén convencional: la altura suele ser de menos de 7 metros, está formado mayoritariamente por estanterías convencionales y los medios de manutención no son sofisticados.
 - b. Almacén de alta densidad: el aprovechamiento del volumen es mayor al 50%, suele ser de gran altura (más de 10 metros) y los pasillos son lo más estrechos posible.
 - c. Almacén automático: como su nombre indica, tiene un alto grado de automatización, por lo que en la mayoría de los movimientos de las cargas no intervienen las personas físicamente.
3. Según su localización puede ser:
 - a. Almacén central: ubicado cerca del centro de fabricación.
 - b. Almacén regional: se sitúa cerca del punto de mayor consumo.

2.3. MEDIOS DE ALMACENAMIENTO

Se va a explicar brevemente las principales alternativas que se podrán tener en cuenta en el diseño del almacén y se ilustrará con una fotografía:

1. Almacenaje en bloque o bloques apilados: Se apilan las cargas en bloques separados por pasillos.



Ilustración 2. Almacenamiento en bloque (bloques apilados, 2021)

2. Estanterías convencionales: Están diseñadas para almacenar paletas (o cajas) de forma mecánica con carretillas.



Ilustración 3. Estanterías convencionales (Cardós Carboneras, 2020b)

3. Estanterías compactas: Permiten el paso de carretillas y en lugar de estantes tienen vigas sobre las que se apoyan los palets.



Ilustración 4. Estanterías compactas (Cardós Carboneras, 2020b)

4. Estanterías dinámicas: Fuerzan la disciplina FIFO (First In First Out) y es un sistema de producto a operador.



Ilustración 5. Estanterías dinámicas (Cardós Carboneras, 2020b)

5. Estanterías móviles (manuales o autopropulsadas): se dispone de las estanterías sobre carriles para poder desplazarlas.



Ilustración 6. Estanterías móviles (Cardós Carboneras, 2020b)

6. Almacén rotativo: Sistema de almacenamiento cerrado y automático. Puede ser vertical (paternóster o torres de extracción), con un movimiento tipo noria, u horizontal, con un movimiento tipo carrusel.



Ilustración 7. Almacén rotativo vertical Paternoster (Cardós Carboneras, 2020b)



Ilustración 8. Carrusel horizontal (Cardós Carboneras, 2020b)

2.4. MEDIOS DE MANUTENCIÓN

Los medios de manutención son los equipos que ayudan en la manipulación y traslado de los productos en el almacén. Se pueden dividir en dos grupos: los equipos con movimiento pero sin traslado (como las cintas transportadoras o los puentes grúa) y los equipos con movimiento y traslado como:

1. Transpaleta (manual o autopropulsada): es el medio de manutención básico.



Ilustración 9. Transpaleta manual (Cardós Carboneras, 2020c)

2. Carretilla contrapesada: es el medio de manutención autopropulsado más utilizado para cargas y descargas. Lleva un contrapeso de hierro en la parte posterior para hacerla estable.



Ilustración 10. Carretilla contrapesada (Cardós Carboneras, 2020c)

3. Carretilla retráctil: tienen un mástil retráctil que hace que necesiten menos anchura del pasillo para maniobrar.



Ilustración 11. Carretilla retráctil (Cardós Carboneras, 2020c)

4. Carretillas trilaterales: tiene horquillas giratorias que le permiten coger y depositar la carga en tres posiciones.



Ilustración 12. Carretilla trilateral combi (Cardós Carboneras, 2020c)

5. Carros recogepedidos: el traslado es manual.



Ilustración 13. Carro recogepedidos (Cardós Carboneras, 2020c)

6. Carretillas recogepedidos: de nivel bajo, de nivel medio o de altura (con hombre arriba). Están diseñados para facilitar la preparación de pedidos.



Ilustración 14. Carretillas recogepedidos (Cardós Carboneras, 2020c)

7. Transelevadores: aparato mecánico que puede transportar y elevar cajas a altas velocidades a través de pasillos muy estrechos.



Ilustración 15. Transelevadores (Cardós Carboneras, 2020c)

8. Apiladores: máquinas similares a las transpaletas pero que también pueden elevar la carga.



Ilustración 16. Apiladores (Cardós Carboneras, 2020c)

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD EN EL ALMACÉN

3.1. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y CONSERVACIÓN

Dado que se trata de productos de perfumería como fragancias, desodorantes, productos capilares, de protección solar, cosméticos y productos de cuidado corporal o bucal, no se necesitan medios de almacenamiento que controlen la temperatura, pero sí será necesario almacenar los productos en un lugar fresco y seco para evitar que se estropeen. Por lo tanto, el almacén será una nave industrial estándar con un aislamiento térmico que pueda proteger la mercancía en los períodos calurosos.

3.2. VOLUMEN DE PEDIDOS

Con los datos proporcionados por la empresa (anexo I) se puede obtener el total de líneas de pedido anual según su formato: palets, cajas o unidades. Además, considerando que hay 284 días al año en los que se reciben pedidos, podemos calcular el promedio de líneas de pedido diario. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. Total y promedio diario de líneas de pedido (Elaboración propia)

| Formato | Total Anual | Promedio Diario |
|----------------|--------------------|------------------------|
| Palets | 0 | 0,00 |
| Cajas | 171.464 | 691,39 |
| Unidades | 308.214 | 1.242,80 |

Como se puede observar, no hay ningún pedido de palets en todo el año. Este dato tiene sentido pues no es habitual en las empresas de perfumería vender un palet entero de una referencia en un mismo pedido. A continuación se estudian las cantidades de palets, cajas y unidades pedidas a lo largo del año en la tabla 2. Se ha incluido también el promedio por línea de pedido, obteniendo un valor de 2,29 cajas y 3,78 unidades por línea de pedido de sus respectivos formatos.

Tabla 2. Total y promedio de cantidades pedidas (Elaboración propia)

| Formato | Total Anual | Promedio Diario | Promedio por línea de pedido |
|----------|-------------|-----------------|------------------------------|
| Palets | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Cajas | 392.961 | 1.584,52 | 2,29 |
| Unidades | 1.164.845 | 4.696,96 | 3,78 |

La evolución del número de líneas de pedido de cajas y unidades a lo largo del año se puede observar en la ilustración 17. De este gráfico se puede deducir que no hay una estacionalidad de los productos, pues hay altibajos pero no se percibe una tendencia a aumentar o disminuir los pedidos en una época del año concreta.

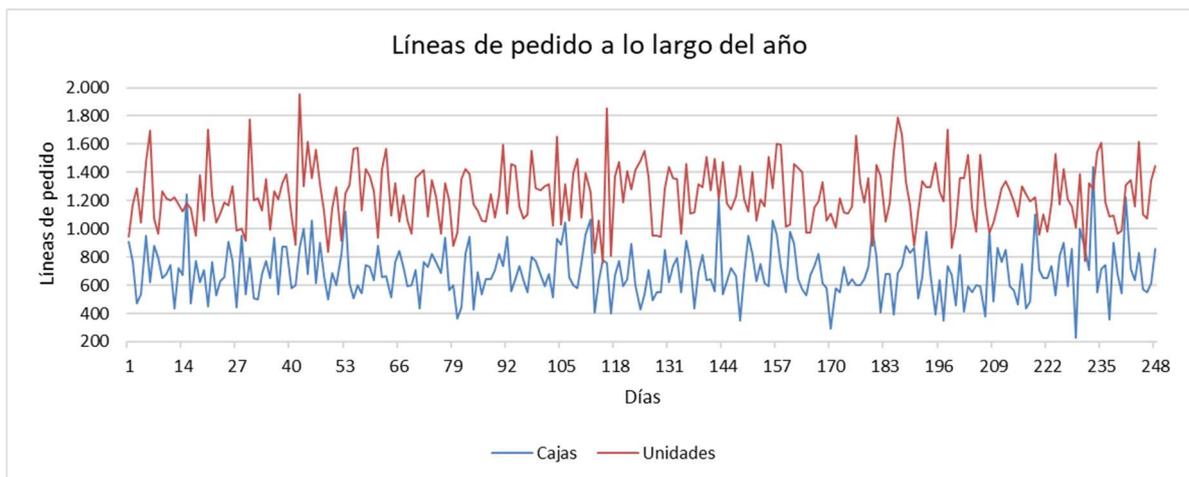


Ilustración 17. Líneas de pedido a lo largo del año (Elaboración propia)

3.3. FAMILIAS DE PRODUCTOS

3.3.1. Descripción de las familias de productos

La empresa ha dividido sus productos en 10 familias según el uso que se le dan y el sexo del cliente al que van enfocados en el caso de las fragancias y los productos de afeitado o depilatorios. De este modo las familias a almacenar son:

- A. Cuidado corporal: Incluye geles, aceites, cremas, exfoliantes y lociones corporales. Todos estos productos se consideran unisex.
- B. Fragancias femeninas: Como el nombre indica, se trata de las colonias, perfumes y fragancias femeninas.
- C. Fragancias masculinas: Está formada también por colonias, fragancias y perfumes, pero en esta ocasión son las dirigidas al público masculino.
- D. Cosmética: En esta familia se incluyen todos los cosméticos faciales como mascarillas, desmaquillantes y tónicos, así como el maquillaje de todo tipo.

- E. Higiene bucal: Incluye cepillos y pasta de dientes además de colutorios, adhesivos dentales y otros productos específicos de la higiene bucal.
- F. Productos capilares: Champús, acondicionadores, mascarillas capilares, espumas, ceras, tintes, gominas, peines, horquillas, etcétera.
- G. Depilatorios: Se incluyen tanto cuchillas y lociones calmantes como botes y bandas de cera depilatoria (que necesita un lugar de almacenamiento fresco y seco).
- H. Afeitado masculino: No se limita a las cuchillas de afeitado, sino que también incluye geles y espumas para el afeitado y lociones calmantes.
- I. Desodorantes: Desodorantes masculinos, femeninos y unisex en diferentes formatos: roll-on, spray (se deben evitar temperaturas altas y la exposición a la luz solar), crema y stick.
- J. Protección solar: Cremas y aceites con protección solar, tanto en formato crema o aceite como en spray (hay que evitar que se caliente demasiado). También incluye cremas del tipo “after sun” y toallitas o lociones autobronceadoras.

La empresa almacena un total de 10.844 referencias divididas entre estas 10 familias. Como se puede observar en la ilustración 18, no todas las familias tienen el mismo número de referencias, siendo la de fragancias femeninas (B) la más extensa con un 13,55% de las referencias y la de higiene bucal (E) la familia que tiene la lista de referencias más corta con solo un 6,04% del total.

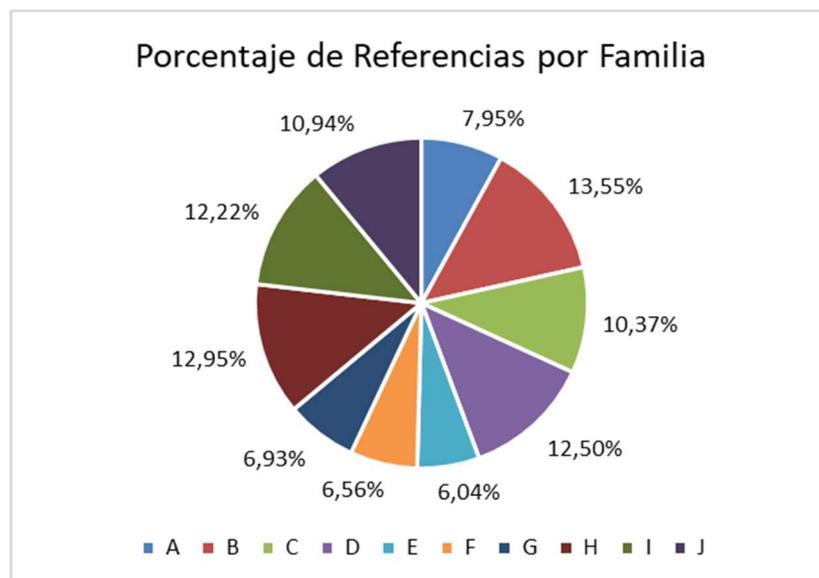


Ilustración 18. Porcentaje de referencias por familia (Elaboración propia)

En la siguiente tabla se puede observar el número de referencias de cada familia y sus características promedio más importantes. Tal y como se indica, hay un total de 10.844 referencias a almacenar cuyo volumen y coste promedio son de $20 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ y 6,62 € respectivamente. En cuanto al plazo de aprovisionamiento, la familia E (higiene bucal) es la más rápida de media y la H (afeitado masculino) la más lenta, obteniendo un promedio general por referencia de unos 20,6 días.

Tabla 3. Características de la referencia promedio por familia (Elaboración propia)

| Familia | Nº referencias | Volumen promedio referencia (m3/ud) | Coste promedio referencia (€/ud) | Plazo aprovisionamiento promedio referencia (días) |
|----------------|-----------------------|--|---|---|
| A | 862 | 0,00020 | 1,98 | 20,07 |
| B | 1.469 | 0,00019 | 9,84 | 15,12 |
| C | 1.125 | 0,00019 | 11,51 | 24,90 |
| D | 1.355 | 0,00020 | 18,08 | 14,85 |
| E | 655 | 0,00020 | 1,54 | 9,99 |
| F | 711 | 0,00018 | 3,00 | 20,01 |
| G | 752 | 0,00020 | 2,96 | 19,99 |
| H | 1.404 | 0,00022 | 4,73 | 35,26 |
| I | 1.325 | 0,00022 | 2,37 | 19,91 |
| J | 1.186 | 0,00022 | 2,55 | 20,28 |
| Total | 10.844 | 0,00020 | 6,62 | 20,60 |

3.3.2. Volumen de ventas

En la tabla 4 se pueden ver el volumen de ventas anuales para cada familia en unidades y en metros cúbicos, siendo las familias de afeitado masculino (H) y de fragancias femeninas (B) las que reportan las mayores ventas. Dividiendo el valor del volumen entre las unidades, obtenemos el promedio del espacio que ocupa una venta de cada familia, siendo las familias de desodorantes (I) y de afeitado masculino (H) las que más y menos ocupan respectivamente.

También se ha calculado el coste total de los productos vendidos de cada familia y su promedio. De esta manera, se puede observar que los costes de las unidades vendidas de las familias de cosmética (D) y de fragancias femeninas (B) son mucho mayores que los del resto de familias. Sin embargo, al observar el coste promedio de la unidad vendida, se puede afirmar que la familia B (fragancias femeninas) no es tan cara como la C (fragancias masculinas), aunque la de cosmética (D) sigue siendo la que tiene el coste más elevado.

Por último, se observa que durante el año estudiado se han vendido un total de 6.009.858 unidades, lo que corresponde a 1.154,28 metros cúbicos de productos, con un coste total de 41.627.537,70 € y siendo la unidad vendida promedio de $19 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ de volumen y su coste de 6,93 €.

Tabla 4. Volumen y coste de las ventas por familia y unidad (Elaboración propia)

| Familia | Ventas totales (uds/año) | Ventas totales en volumen (m3/año) | Volumen promedio venta (m3/ud) | Coste total de las ventas (€/año) | Coste promedio de la venta (€/ud) |
|--------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| A | 709.875 | 137,23 | 0,00019 | 1.384.019,59 | 1,95 |
| B | 1.194.595 | 223,32 | 0,00019 | 11.898.500,86 | 9,96 |
| C | 560.006 | 106,33 | 0,00019 | 6.479.594,43 | 11,57 |
| D | 708.180 | 150,25 | 0,00021 | 12.877.258,20 | 18,18 |
| E | 242.145 | 48,60 | 0,00020 | 365.609,86 | 1,51 |
| F | 270.178 | 52,80 | 0,00020 | 787.952,74 | 2,92 |
| G | 265.869 | 49,61 | 0,00019 | 793.022,32 | 2,98 |
| H | 1.333.136 | 231,19 | 0,00017 | 5.437.237,12 | 4,08 |
| I | 412.538 | 97,24 | 0,00024 | 816.242,81 | 1,98 |
| J | 313.336 | 57,71 | 0,00018 | 788.099,76 | 2,52 |
| Total | 6.009.858 | 1.154,28 | 0,00019 | 41.627.537,70 | 6,93 |

En la ilustración 19 se han recogido los datos del volumen de ventas por familia de una forma más visual. En consonancia con lo dicho anteriormente, se puede observar que la familia de afeitado masculino (H) es la más vendida con un 22,18% de las ventas totales, mientras que la de higiene bucal (E) es la que menos ventas reporta, siendo sólo un 4,03% del total.

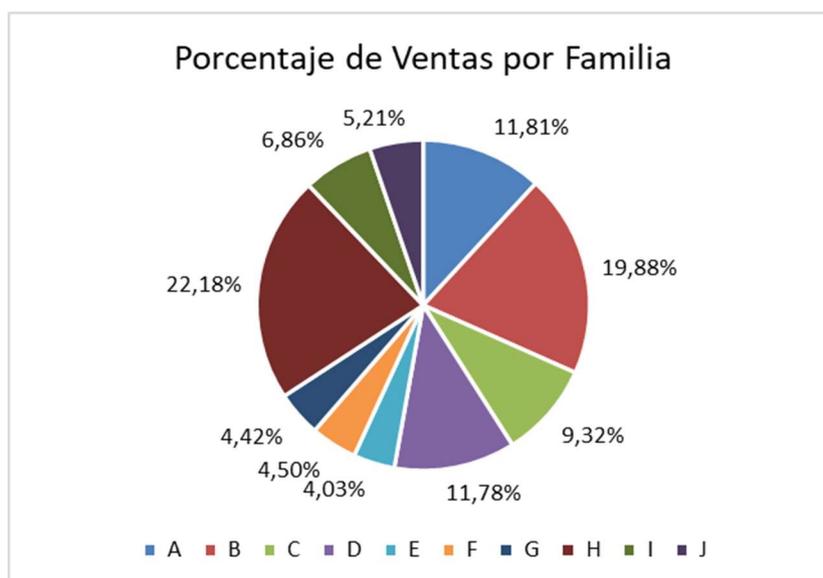


Ilustración 19. Porcentaje de ventas por familia (Elaboración propia)

3.3.3. Niveles de inventario de cada familia

Asumiendo que un año cuenta con 52 semanas y conociendo tanto los datos de inventario mínimo y máximo en semanas de cada referencia así como el volumen que ocupan sus ventas

anuales, se pueden calcular sus stocks mínimos y máximos en metros cúbicos multiplicando dichos inventarios en semanas por el volumen de sus ventas y dividiéndolo entre las 52 semanas.

Posteriormente se han calculado con una simple suma los volúmenes de stocks mínimo y máximo para cada familia. El stock medio se ha calculado como la media entre el mínimo y el máximo. También se muestra en la tabla 5 el total de stocks mínimo, máximo y medio.

Tabla 5. Niveles de inventario por familia y totales según las ventas (Elaboración propia)

| Familia | Stock mínimo (m3) | Stock máximo (m3) | Stock medio (m3) |
|----------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| A | 10,52 | 20,74 | 15,63 |
| B | 22,00 | 38,86 | 30,43 |
| C | 12,00 | 20,88 | 16,44 |
| D | 10,95 | 22,32 | 16,64 |
| E | 5,71 | 8,96 | 7,34 |
| F | 8,18 | 12,67 | 10,42 |
| G | 7,02 | 10,53 | 8,77 |
| H | 22,24 | 38,72 | 30,48 |
| I | 12,50 | 19,94 | 16,22 |
| J | 4,54 | 8,65 | 6,59 |
| Total | 115,66 | 202,28 | 158,97 |

3.4. DISTRIBUCIÓN ABC DE LOS PRODUCTOS

3.4.1. Análisis ABC

Se va a aplicar la Ley de Pareto o Ley 20/80 para clasificar las referencias en tres categorías (A, B y C) según su rotación, es decir, según sus ventas anuales. Según la teoría de dicha ley aplicada a la gestión de almacenes, los artículos del almacén se pueden clasificar en tres categorías:

- Productos de clase A: Son los artículos de alta rotación y, por tanto, necesitan estar en una zona cercana a la preparación de pedidos. Representan el 20% de las referencias y el 80% de las ventas totales.
- Productos de clase B: De rotación media. Son el 30% de los productos del almacén y representan el 15% de las ventas.
- Productos de clase C: De baja rotación. Incluyen al 50% de las referencias y, sin embargo, representan únicamente el 5% de las ventas.

Sin embargo, como ocurre a menudo, en el caso práctico se dan valores distintos a los teóricos aunque sí se aproximan lo suficiente. Como se puede ver en la tabla 6, los productos tipo A representan el 31,89% de las referencias (frente al 20% teórico) y constituyen el 79,99% de las unidades vendidas. Por su parte los productos tipo B incluyen al 19,96% de las referencias (frente al 30% teórico) y representan el 15% de las ventas anuales. Por último, el 48,16% de las referencias restantes son los productos tipo C y reportan el 5,01% de las ventas del almacén.

Tabla 6. Distribución ABC según las unidades vendidas (Elaboración propia)

| Categoría | Total ventas (uds/año) | % Ventas | Nº referencias | % Referencias |
|--------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|
| A | 4.807.269 | 79,99% | 3.458 | 31,89% |
| B | 901.465 | 15,00% | 2.164 | 19,96% |
| C | 301.124 | 5,01% | 5.222 | 48,16% |
| Total | 6.009.858 | 100,00% | 10.844 | 100,00% |

Cabe destacar que de las 5.222 referencias de clase C, 2.357 solo tienen como máximo una venta mensual. Además, 1.460 de estas referencias solo venden una unidad al año. A estas referencias se les suele llamar obsoletas porque ocupan espacio en el almacén y sin embargo prácticamente no reportan ventas, tienen una rotación casi nula, por lo que se situarán en la zona del almacén más alejada de la expedición y preparación de pedidos ya que no conocemos la razón por la que la empresa las sigue distribuyendo. Una posible razón para que se almacenen estas referencias es que completen alguna gama de productos por lo que podrían ser necesarias.

En la ilustración 20 se puede observar una gráfica con las distribuciones ABC teórica y real del caso que se está estudiando. Aunque hay diferencias en los porcentajes de referencias tipo A y B, son distribuciones bastante similares.

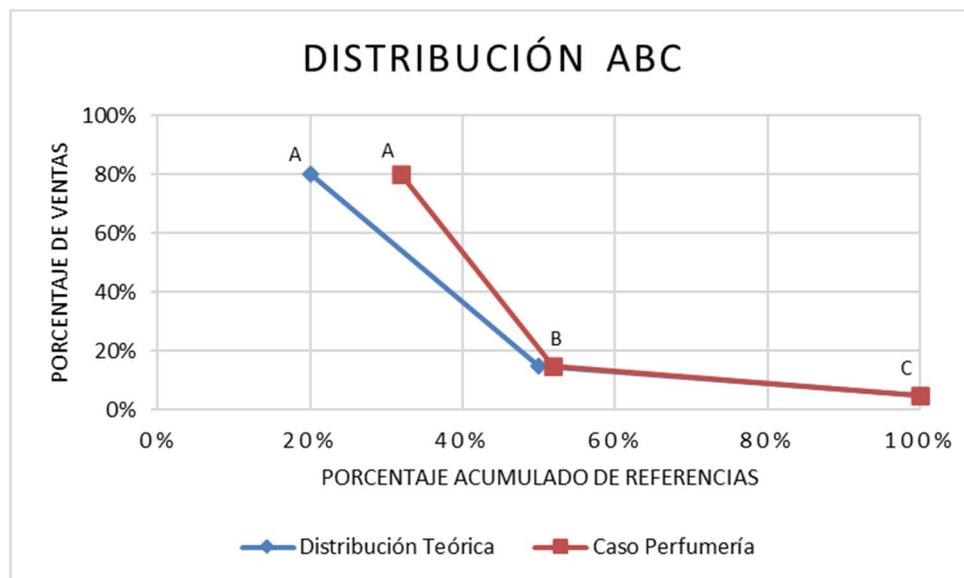


Ilustración 20. Distribución ABC teórica y real (Elaboración propia)

3.4.2. Número de artículos por familia y categoría

Una vez realizado el análisis ABC de los productos, se puede dividir cada familia en tres grupos según la clasificación ABC de las referencias. Posteriormente se nombrarán las nuevas categorías de la forma X.Y, siendo X la familia a la que pertenece la referencia y Y su categoría en el análisis ABC. Por ejemplo, las 28 referencias que se han clasificado como A.C serán aquellas de la familia A (Cuidado corporal) y clase C (con menor número de ventas). A continuación se muestra una tabla resumen de esta clasificación.

Tabla 7. Distribución de las referencias según su familia y categoría ABC (Elaboración propia)

| Familia | Categoría | Nº referencias | Familia | Categoría | Nº referencias |
|---------------------------------|-----------|----------------|---------|---------------|----------------|
| A | A | 599 | F | A | 138 |
| | B | 235 | | B | 145 |
| | C | 28 | | C | 428 |
| B | A | 988 | G | A | 139 |
| | B | 426 | | B | 125 |
| | C | 55 | | C | 488 |
| C | A | 344 | H | A | 372 |
| | B | 605 | | B | 101 |
| | C | 176 | | C | 931 |
| D | A | 387 | I | A | 191 |
| | B | 218 | | B | 92 |
| | C | 750 | | C | 1.042 |
| E | A | 143 | J | A | 157 |
| | B | 111 | | B | 106 |
| | C | 401 | | C | 923 |
| Nº total de referencias: | | | | 10.844 | |

3.4.3. Perfil de inventario

Una vez clasificadas las referencias en las 30 categorías según su rotación y la familia a la que pertenecen, queda calcular el perfil de inventario de dichas categorías, es decir, sus stocks mínimo, máximo y medio. Primero se han calculado los inventarios mínimo y máximo en metros cúbicos para cada referencia multiplicando en la hoja de cálculo las ventas de la referencia en m³/año por sus respectivos stocks mínimos o máximos (en semanas) según corresponda y dividido por 52 (para pasar el dato de semanas a años).

Para tener una idea aproximada del volumen de almacenamiento necesario del almacén, se puede calcular el total de stocks de cada categoría según el perfil de inventario de sus referencias. Tanto el total de stocks mínimos como el de stocks máximos de cada categoría se han obtenido sumando los respectivos stocks de las referencias que pertenecen a la categoría. El stock medio es el promedio entre los stocks mínimos y máximos calculados. Por último se han calculado los valores totales del almacén, obteniendo un total de 115,66 m³ de stock mínimo, 202,28 m³ de stock máximo y un stock medio del almacén de 158,97 m³. Todos estos valores descriptivos se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Stocks totales por categoría (Elaboración propia)

| Categoría | Nº referencias | Stock mínimo (m3) | Stock máximo (m3) | Stock medio (m3) |
|------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| A.A | 599 | 8,68 | 17,36 | 13,02 |
| A.B | 235 | 1,75 | 3,23 | 2,49 |
| A.C | 28 | 0,09 | 0,15 | 0,12 |
| B.A | 988 | 18,32 | 32,40 | 25,36 |
| B.B | 426 | 3,51 | 6,16 | 4,84 |
| B.C | 55 | 0,17 | 0,30 | 0,24 |
| C.A | 344 | 5,57 | 10,30 | 7,94 |
| C.B | 605 | 5,56 | 9,10 | 7,33 |
| C.C | 176 | 0,86 | 1,49 | 1,18 |
| D.A | 387 | 8,76 | 17,92 | 13,34 |
| D.B | 218 | 1,29 | 2,65 | 1,97 |
| D.C | 750 | 0,91 | 1,75 | 1,33 |
| E.A | 143 | 4,15 | 6,38 | 5,27 |
| E.B | 111 | 0,92 | 1,46 | 1,19 |
| E.C | 401 | 0,64 | 1,12 | 0,88 |
| F.A | 138 | 5,89 | 8,86 | 7,37 |
| F.B | 145 | 1,46 | 2,61 | 2,03 |
| F.C | 428 | 0,83 | 1,21 | 1,02 |
| G.A | 139 | 4,63 | 6,68 | 5,65 |
| G.B | 125 | 1,44 | 2,38 | 1,91 |
| G.C | 488 | 0,95 | 1,47 | 1,21 |
| H.A | 372 | 20,55 | 35,61 | 28,08 |
| H.B | 101 | 0,89 | 1,76 | 1,32 |
| H.C | 931 | 0,80 | 1,35 | 1,07 |
| I.A | 191 | 10,22 | 16,39 | 13,31 |
| I.B | 92 | 1,38 | 2,02 | 1,70 |
| I.C | 1.042 | 0,91 | 1,52 | 1,22 |
| J.A | 157 | 3,07 | 5,76 | 4,41 |
| J.B | 106 | 0,84 | 1,75 | 1,30 |
| J.C | 923 | 0,63 | 1,14 | 0,88 |
| Total | 10.844 | 115,66 | 202,28 | 158,97 |

CAPÍTULO 4. SEGREGACIÓN DE PICKING Y RESERVA

4.1. ESTRATEGIA DE REPOSICIÓN DEL ÁREA DE PICKING

La estrategia de reposición del picking se basará en la distribución ABC de los productos que se realizó en el capítulo 3. Es decir, las referencias de alta rotación (A) tendrán una frecuencia de reposición mayor que las de media rotación (B), y las de baja rotación (C) se repondrán con menor frecuencia que el resto.

Teniendo en cuenta que en el almacén se preparan pedidos 5 días a la semana, se ha decidido reponer los productos de clase A cada 2 días (lo que equivale a 0,4 semanas), los de clase B cada 2 semanas, y los de clase C cada 5 semanas.

4.2. PERFIL DE INVENTARIO DE PICKING Y RESERVA

Para calcular los perfiles de inventario de las categorías en las zonas de picking y de reserva, se ha tenido en cuenta que en la zona de picking no hay stock de seguridad y que el año está formado por 52 semanas. Además se debe recordar que el stock medio es el promedio del mínimo y el máximo.

Como no hay stock de seguridad en picking, los stocks mínimos de picking serán todos iguales a cero. Los stocks máximos de picking equivalen a las cantidades vendidas durante el período de reposición de picking, por lo que se han calculado multiplicando la frecuencia de reposición según la clase ABC del producto en semanas por el volumen que ocupan sus ventas anuales y dividiendo el resultado entre 52.

En cuanto al área de reserva, el stock máximo será el mismo que el de las referencias, pues puede ocurrir que esté todo el inventario de una referencia en reserva durante un corto período de tiempo ya que en picking no hay stock de seguridad. En el caso de que hubiera stock mínimo de picking en alguna referencia, el stock máximo de reserva se calcularía como la diferencia entre el stock máximo de la referencia y su stock mínimo de picking, pero este caso no se verá en este trabajo. Por su parte, el stock mínimo de reserva es el stock mínimo de la referencia menos su stock máximo de picking.

Se ha escogido al azar una referencia por categoría para ejemplificar los resultados de los cálculos. En la tabla 9 se muestran los perfiles de inventario de picking y reserva de dichas referencias ejemplo. Dichos datos son una primera aproximación a los perfiles de inventario de las categorías y, como se hará en el próximo apartado de este trabajo, se debe comprobar que no hay errores en los valores antes de aceptarlos.

Tabla 9. Ejemplos de perfiles de inventario en picking y reserva de cada categoría (Elaboración propia)

| Referencia | Categoría | Picking | | | Reserva | | |
|------------|-----------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|------------------|
| | | Stock min (m3) | Stock max (m3) | Stock medio (m3) | Stock min (m3) | Stock max (m3) | Stock medio (m3) |
| 3.820 | A.A | 0 | 0,00164 | 0,00082 | 0,01068 | 0,02875 | 0,01971 |
| 10.607 | A.B | 0 | 0,00359 | 0,00180 | 0,00359 | 0,01977 | 0,01168 |
| 9.799 | A.C | 0 | 0,00162 | 0,00081 | 0,00032 | 0,00259 | 0,00146 |
| 2.197 | B.A | 0 | 0,00066 | 0,00033 | 0,00763 | 0,01161 | 0,00962 |
| 1.286 | B.B | 0 | 0,00325 | 0,00162 | 0,00325 | 0,00975 | 0,00650 |
| 976 | B.C | 0 | 0,00110 | 0,00055 | -0,00044 | 0,00219 | 0,00088 |
| 5.527 | C.A | 0 | 0,00039 | 0,00019 | 0,00347 | 0,00578 | 0,00463 |
| 1.385 | C.B | 0 | 0,00452 | 0,00226 | 0,00452 | 0,03161 | 0,01806 |
| 4.525 | C.C | 0 | 0,04045 | 0,02022 | 0,02427 | 0,08090 | 0,05258 |
| 5.996 | D.A | 0 | 0,00028 | 0,00014 | 0,00182 | 0,00489 | 0,00335 |
| 9.306 | D.B | 0 | 0,00876 | 0,00438 | 0,01314 | 0,03066 | 0,02190 |
| 8.330 | D.C | 0 | 0,00655 | 0,00328 | -0,00262 | 0,01442 | 0,00590 |
| 2.976 | E.A | 0 | 0,00028 | 0,00014 | 0,00250 | 0,00902 | 0,00576 |
| 6.202 | E.B | 0 | 0,00544 | 0,00272 | 0,01360 | 0,02448 | 0,01904 |
| 9.535 | E.C | 0 | 0,00394 | 0,00197 | -0,00079 | 0,00788 | 0,00355 |
| 7.797 | F.A | 0 | 0,00093 | 0,00046 | 0,01765 | 0,02322 | 0,02044 |
| 3.817 | F.B | 0 | 0,00857 | 0,00428 | 0,01285 | 0,07710 | 0,04498 |
| 4.574 | F.C | 0 | 0,00020 | 0,00010 | 0,00000 | 0,00032 | 0,00016 |
| 2.928 | G.A | 0 | 0,00014 | 0,00007 | 0,00272 | 0,00357 | 0,00314 |
| 9.946 | G.B | 0 | 0,00012 | 0,00006 | 0,00059 | 0,00082 | 0,00070 |
| 3.962 | G.C | 0 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00002 |
| 1.262 | H.A | 0 | 0,06290 | 0,03145 | 0,40887 | 1,10079 | 0,75483 |
| 3.780 | H.B | 0 | 0,00198 | 0,00099 | -0,00099 | 0,01585 | 0,00743 |
| 5.913 | H.C | 0 | 0,00114 | 0,00057 | -0,00023 | 0,00320 | 0,00149 |
| 6.812 | I.A | 0 | 0,00710 | 0,00355 | 0,18816 | 0,23076 | 0,20946 |
| 347 | I.B | 0 | 0,01236 | 0,00618 | 0,00618 | 0,03091 | 0,01855 |
| 7.359 | I.C | 0 | 0,00107 | 0,00054 | -0,00021 | 0,00129 | 0,00054 |
| 4.003 | J.A | 0 | 0,00353 | 0,00176 | 0,04055 | 0,06171 | 0,05113 |
| 6.109 | J.B | 0 | 0,00009 | 0,00005 | 0,00009 | 0,00037 | 0,00023 |
| 879 | J.C | 0 | 0,00002 | 0,00001 | -0,00001 | 0,00003 | 0,00001 |

4.3. PERFILES DE INVENTARIO CORREGIDOS

Efectivamente, se han detectado errores en los valores de stock mínimo de reserva calculados en el apartado anterior. El perfil de inventario no puede tener valores negativos, pues no puede haber hueco para, por ejemplo, -50 perfumes de jazmín en las estanterías. Sin embargo, hay 2.138 referencias (84 de clase B y 2.054 de clase C) con un valor del stock mínimo de reserva negativo, lo que no tiene sentido.

Para corregir los errores encontrados no se almacenarán dichas referencias en reserva, sino que todo su inventario se almacenará directamente en la zona de picking. Por tanto, el perfil de inventario de picking será el mismo que el de la referencia. En la tabla 10 se muestran los perfiles

de inventario tras la corrección de las mismas referencias que se pusieron como ejemplo en el punto anterior (tabla 9).

Tabla 10. Ejemplos de perfiles de inventario corregidos en picking y reserva de cada categoría (Elaboración propia)

| Referencia | Categoría | Picking | | | Reserva | | |
|------------|-----------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|------------------|
| | | Stock min (m3) | Stock max (m3) | Stock medio (m3) | Stock min (m3) | Stock max (m3) | Stock medio (m3) |
| 3.820 | A.A | 0 | 0,00164 | 0,00082 | 0,01068 | 0,02875 | 0,01971 |
| 10.607 | A.B | 0 | 0,00359 | 0,00180 | 0,00359 | 0,01977 | 0,01168 |
| 9.799 | A.C | 0 | 0,00162 | 0,00081 | 0,00032 | 0,00259 | 0,00146 |
| 2.197 | B.A | 0 | 0,00066 | 0,00033 | 0,00763 | 0,01161 | 0,00962 |
| 1.286 | B.B | 0 | 0,00325 | 0,00162 | 0,00325 | 0,00975 | 0,00650 |
| 976 | B.C | 0,00066 | 0,00219 | 0,00142 | 0 | 0 | 0 |
| 5.527 | C.A | 0 | 0,00039 | 0,00019 | 0,00347 | 0,00578 | 0,00463 |
| 1.385 | C.B | 0 | 0,00452 | 0,00226 | 0,00452 | 0,03161 | 0,01806 |
| 4.525 | C.C | 0 | 0,04045 | 0,02022 | 0,02427 | 0,08090 | 0,05258 |
| 5.996 | D.A | 0 | 0,00028 | 0,00014 | 0,00182 | 0,00489 | 0,00335 |
| 9.306 | D.B | 0 | 0,00876 | 0,00438 | 0,01314 | 0,03066 | 0,02190 |
| 8.330 | D.C | 0,00393 | 0,01442 | 0,00918 | 0 | 0 | 0 |
| 2.976 | E.A | 0 | 0,00028 | 0,00014 | 0,00250 | 0,00902 | 0,00576 |
| 6.202 | E.B | 0 | 0,00544 | 0,00272 | 0,01360 | 0,02448 | 0,01904 |
| 9.535 | E.C | 0,00315 | 0,00788 | 0,00552 | 0 | 0 | 0 |
| 7.797 | F.A | 0 | 0,00093 | 0,00046 | 0,01765 | 0,02322 | 0,02044 |
| 3.817 | F.B | 0 | 0,00857 | 0,00428 | 0,01285 | 0,07710 | 0,04498 |
| 4.574 | F.C | 0 | 0,00020 | 0,00010 | 0,00000 | 0,00032 | 0,00016 |
| 2.928 | G.A | 0 | 0,00014 | 0,00007 | 0,00272 | 0,00357 | 0,00314 |
| 9.946 | G.B | 0 | 0,00012 | 0,00006 | 0,00059 | 0,00082 | 0,00070 |
| 3.962 | G.C | 0 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00002 |
| 1.262 | H.A | 0 | 0,06290 | 0,03145 | 0,40887 | 1,10079 | 0,75483 |
| 3.780 | H.B | 0,00099 | 0,01585 | 0,00842 | 0 | 0 | 0 |
| 5.913 | H.C | 0,00092 | 0,00320 | 0,00206 | 0 | 0 | 0 |
| 6.812 | I.A | 0 | 0,00710 | 0,00355 | 0,18816 | 0,23076 | 0,20946 |
| 347 | I.B | 0 | 0,01236 | 0,00618 | 0,00618 | 0,03091 | 0,01855 |
| 7.359 | I.C | 0,00086 | 0,00129 | 0,00107 | 0 | 0 | 0 |
| 4.003 | J.A | 0 | 0,00353 | 0,00176 | 0,04055 | 0,06171 | 0,05113 |
| 6.109 | J.B | 0 | 0,00009 | 0,00005 | 0,00009 | 0,00037 | 0,00023 |
| 879 | J.C | 0,00001 | 0,00003 | 0,00002 | 0 | 0 | 0 |

Como se puede ver en la tabla anterior, 7 de las 30 referencias tomadas como ejemplo se almacenarán exclusivamente en la zona de picking, por lo que sí tienen un stock mínimo en dicha zona.

4.4. FORMATO LOGÍSTICO DE LAS REFERENCIAS Y PEDIDOS AL PROVEEDOR

Para poder calcular las necesidades de almacenamiento se debe conocer el formato logístico de las referencias, es decir, si se van a almacenar palets, cajas o unidades sueltas de cada referencia tanto en la zona de picking como en la de reserva. También es importante el formato logístico en el que se reciben los pedidos hechos al proveedor.

La empresa estudiada recibe los pedidos en europalets. Dichos palets son los más comunes y están normalizados, por lo que también son las paletas utilizadas para la gestión del almacén y el envío de los pedidos. Los europalets tienen unas dimensiones de 1.200 x 800 mm (López Marín Alcantarilla, 2019) y, si los cargamos hasta 1 metro de altura, el volumen de una paleta completa será de 0,96 m³. Tomaremos dicho volumen como el mínimo de una paleta completa, pues en ningún caso se sobrepasarán los 1.500 kg que soporta el europalet (Mecalux, 2019a) y cargarlo a menor altura no saldría rentable ya que supondría perder volumen de carga. Por otro lado, el volumen mínimo para completar media paleta de 600 x 800 mm será de 0,48 m³, calculado con la misma altura mínima de 1 metro.

Calculando el tamaño del pedido al proveedor de cada referencia como la diferencia entre su stock máximo y mínimo, se ha observado que ninguna referencia tiene un volumen de pedido que pueda completar un europalet por sí misma. Por el contrario, sí hay 8 referencias con un tamaño de pedido mayor o igual al volumen mínimo de media paleta. Dichas referencias son todas de tipo A y son la número 336 de la familia C (fragancias masculinas), las referencias 985, 1.262, 3.523, 8.789 y 10.388 de la familia H (afeitado masculino) y las referencias número 5.134 y 5.747 de la familia I (desodorantes). Sin embargo, dado que únicamente son 8 referencias entre las que hay diferentes tamaños de pedido y, para facilitar la paletización al proveedor dándole un poco de flexibilidad, no se pedirán medias paletas. De este modo, todos los pedidos a proveedores son de paletas multi referencia. Esto también significa que no habrá ninguna referencia con palets como formato logístico en ninguna de las zonas del almacén, pues para que la gestión del almacén sea más eficiente se busca la mínima manipulación.

En la tabla 11 se pueden observar los valores promedio de los stocks mínimos y máximos por categoría. Estos valores son una primera aproximación, pues todavía no hemos tenido en cuenta el tamaño de los lotes de transferencia de picking y reserva ni el volumen que ocupa la unidad de cada referencia.

Tabla 11. Tamaño provisional promedio del pedido al proveedor según la categoría (Elaboración propia)

| Categoría | Nº referencias | Stock mínimo (m3/ref) | Stock máximo (m3/ref) | Tamaño pedido a proveedor (m3/ref) | Categoría | Nº referencias | Stock mínimo (m3/ref) | Stock máximo (m3/ref) | Tamaño pedido a proveedor (m3/ref) |
|-----------|----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|-----------|----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|
| A.A | 599 | 0,01450 | 0,02899 | 0,01449 | F.A | 138 | 0,04267 | 0,06417 | 0,02150 |
| A.B | 235 | 0,00744 | 0,01373 | 0,00630 | F.B | 145 | 0,01004 | 0,01797 | 0,00794 |
| A.C | 28 | 0,00312 | 0,00540 | 0,00229 | F.C | 428 | 0,00195 | 0,00283 | 0,00088 |
| B.A | 988 | 0,01854 | 0,03279 | 0,01425 | G.A | 139 | 0,03330 | 0,04803 | 0,01472 |
| B.B | 426 | 0,00825 | 0,01446 | 0,00621 | G.B | 125 | 0,01155 | 0,01905 | 0,00750 |
| B.C | 55 | 0,00311 | 0,00555 | 0,00244 | G.C | 488 | 0,00194 | 0,00302 | 0,00108 |
| C.A | 344 | 0,01620 | 0,02995 | 0,01375 | H.A | 372 | 0,05525 | 0,09573 | 0,04048 |
| C.B | 605 | 0,00919 | 0,01503 | 0,00584 | H.B | 101 | 0,00879 | 0,01739 | 0,00859 |
| C.C | 176 | 0,00491 | 0,00844 | 0,00353 | H.C | 931 | 0,00086 | 0,00145 | 0,00059 |
| D.A | 387 | 0,02263 | 0,04629 | 0,02367 | I.A | 191 | 0,05351 | 0,08584 | 0,03232 |
| D.B | 218 | 0,00590 | 0,01217 | 0,00627 | I.B | 92 | 0,01495 | 0,02198 | 0,00703 |
| D.C | 750 | 0,00121 | 0,00234 | 0,00112 | I.C | 1.042 | 0,00087 | 0,00146 | 0,00059 |
| E.A | 143 | 0,02900 | 0,04465 | 0,01565 | J.A | 157 | 0,01953 | 0,03669 | 0,01716 |
| E.B | 111 | 0,00829 | 0,01315 | 0,00486 | J.B | 106 | 0,00797 | 0,01652 | 0,00856 |
| E.C | 401 | 0,00160 | 0,00279 | 0,00119 | J.C | 923 | 0,00068 | 0,00124 | 0,00056 |

Para elegir el tamaño de las cajas en las que se guardará el inventario, tendremos en cuenta dos cosas. La primera será el tamaño de la unidad de cada referencia y se observa que dicho volumen oscila entre 5×10^{-6} y $6,99 \times 10^{-3} \text{ m}^3$. La segunda cuestión a tener en cuenta será facilitar la correcta paletización: para ello las dimensiones de las cajas elegidas deben ser submúltiplos de las del palet (1.200 x 800 mm), así no tendremos pérdidas de la capacidad de almacenamiento debidas a la paletización y será más fácil evitar desbordamientos de la carga (Mecalux, 2019b). Por todo esto se han escogido tres tamaños de cajas siendo una de sus medidas un submúltiplo de 1.200 mm y otra submúltiplo de 800 mm.

En la tabla 12 se muestran las características básicas de los formatos logísticos que se utilizarán en el almacén: cajas grandes, medianas y pequeñas. Para facilitar la manipulación de los productos por parte de los operarios, la caja más pequeña que se utilizará en el almacén será de 100 x 120 x 100 mm aunque esto suponga que sobre espacio en las cajas pequeñas que almacenen las referencias con menor nivel de inventario.

Tabla 12. Formatos logísticos y sus características (Elaboración propia)

| Formato Logístico | Medidas (mm) | Volumen (m3) |
|-------------------|--------------|--------------|
| Caja Grande | 400x300x150 | 0,0180 |
| Caja Mediana | 300x120x100 | 0,0036 |
| Caja Pequeña | 100x120x100 | 0,0012 |

Calculando el lote de transferencia de reserva y de picking de cada referencia como la diferencia entre sus respectivos stocks máximos y mínimos, elegiremos el formato logístico más pequeño posible para cada zona cuyo volumen sea igual o superior al lote de transferencia. De este modo trabajaremos de una forma más eficiente al no utilizar cajas más grandes de lo necesario que estén casi vacías ocupando espacio

En la tabla 13 vemos el número de referencias que utiliza cada formato logístico según si se trata de la zona de reserva del almacén o de la zona de picking.

Tabla 13. Número de referencias con cada formato logístico (Elaboración propia)

| Formato Logístico | Zona de Reserva | Zona de Picking |
|--------------------------|------------------------|------------------------|
| Caja Grande | 1.319 | 162 |
| Caja Mediana | 2.158 | 1.332 |
| Caja Pequeña | 7.367 | 9.350 |
| Total Referencias | 10.844 | 10.844 |

Podemos observar que en la zona de picking hay más referencias almacenadas en cajas pequeñas que en la zona de reserva, lo que tiene sentido, pues en la zona de picking se preparan los pedidos de los clientes. De hecho, la mayoría de las referencias utilizará este formato logístico, pues se trata de productos bastante pequeños.

4.5. FORMATO LOGÍSTICO DE LAS REFERENCIAS CORREGIDO

Procederemos a corregir los formatos logísticos de las referencias en la zona de reserva de modo que si el formato logístico más grande de la referencia es el utilizado en la zona de picking, se almacene así en la zona de reserva. Si el formato logístico de mayor volumen es el utilizado en la zona de reserva, el de la zona de picking no variará. Esto se hace para tratar de evitar manipulaciones innecesarias.

En la tabla 14 se puede ver el número de referencias que tienen cada formato logístico en las distintas zonas del almacén una vez corregidos. Se observa que esta corrección ha disminuido en 191 el total del número de referencias que se almacenan en reserva en cajas pequeñas con respecto a los valores de la tabla 13. En el anexo II se puede ver el formato logístico antes y después de ser corregido de las referencias que se han estado poniendo como ejemplo.

Tabla 14. Número de referencias con cada formato logístico tras corrección (Elaboración propia)

| Formato Logístico | Zona de Reserva | Zona de Picking |
|--------------------------|------------------------|------------------------|
| Caja Grande | 1.347 | 162 |
| Caja Mediana | 2.321 | 1.332 |
| Caja Pequeña | 7.176 | 9.350 |
| Total Referencias | 10.844 | 10.844 |

CAPÍTULO 5. OPCIONES DE DISEÑO DEL ALMACÉN

5.1. INTRODUCCIÓN

Una vez obtenidos los perfiles de inventario de las referencias tanto en picking como en reserva y sus correspondientes formatos logísticos, se puede proceder a diseñar el almacén. Se utilizará un método iterativo, partiendo de un almacén convencional y añadiendo tecnologías de automatización en las siguientes configuraciones.

Para cada configuración se elegirán primero los medios de almacenamiento, descartando aquellos que por las características de las referencias, su perfil de inventario o su formato logístico, no sean viables. Posteriormente se seleccionarán los medios de manutención en función de los medios de almacenamiento elegidos y se calcularán las necesidades de manutención correspondientes. Se terminará de especificar el modelo de funcionamiento de la iteración detallando la distribución en planta del almacén. También se estudiará la inversión necesaria para construirlo y su coste de funcionamiento anual.

Tras cada configuración del almacén se hará un análisis crítico para proponer mejoras y alternativas que puedan reducir los costes o ayudar a servir los pedidos de manera más eficiente.

5.2. PRIMERA CONFIGURACIÓN

5.2.1. Medios de almacenamiento

Como ya se ha comentado, el punto de partida será un almacén convencional, por lo que los posibles medios de almacenamiento serán los bloques apilados, las estanterías convencionales o estanterías compactas. Sin embargo, descartaremos los bloques apilados porque no se almacenan referencias en palets y las estanterías compactas porque no se almacena gran cantidad de cajas por referencia. Por lo tanto diseñaremos todo el almacén utilizando estanterías convencionales para las cajas escogidas en el punto sobre los formatos logísticos del capítulo anterior.

Para calcular los huecos necesarios de las zonas de picking y reserva, se tendrá en cuenta que hay tres tipos de cajas con dimensiones diferentes, por lo que los huecos también serán distintos. Además el hueco correspondiente a la caja pequeña, que tiene las dimensiones de 100 x 120 x 100 mm, será el hueco más pequeño del almacén ya que si se utilizara un hueco más pequeño, la manipulación de los productos por parte del operario sería muy difícil.

Al diseñar los huecos del almacén se intentará reducir el número total de metros lineales de estantería necesarios, por lo que las cajas se colocarán con el ancho visto desde el frente de la

estantería. Para aprovechar la profundidad de las baldas, la mayor de las medidas de las cajas será el largo. Se puede observar esta colocación de las cajas según sus medidas en la tabla 15.

Tabla 15. Medidas y orientación de las cajas (Elaboración propia)

| Formato Logístico | Ancho (m) | Largo (m) | Alto (m) | Volumen (m3) |
|--------------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------|
| Caja Grande | 0,30 | 0,40 | 0,15 | 0,0180 |
| Caja Mediana | 0,12 | 0,30 | 0,10 | 0,0036 |
| Caja Pequeña | 0,10 | 0,12 | 0,10 | 0,0012 |

También en la tabla 16 se puede ver que la caja pequeña tiene unas dimensiones muy reducidas y todas sus medidas son submúltiplas de las de la caja mediana, por lo que en caso de querer reducir los metros de estantería en un futuro, se podrá plantear dividir las cajas medianas en tres huecos en lugar de comprar cajas pequeñas aunque esto suponga dificultar un poco la manipulación de los productos.

Con todo esto y añadiendo una pequeña holgura para facilitar la maniobrabilidad, las medidas de los tres tipos de hueco serán las mostradas en la tabla 16.

Tabla 16. Medidas de los huecos en la primera configuración (Elaboración propia)

| Hueco | Ancho (m) | Largo (m) | Alto (m) | Volumen (m3) |
|--------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------|
| Caja Grande | 0,40 | 0,50 | 0,25 | 0,0500 |
| Caja Mediana | 0,16 | 0,40 | 0,20 | 0,0128 |
| Caja Pequeña | 0,12 | 0,15 | 0,20 | 0,0036 |

Una vez diseñados los huecos, se deben calcular el número de huecos necesarios del almacén tanto para la zona de picking como para la de reserva. Para esta primera configuración más tradicional, el almacén se gestionará exclusivamente con ubicaciones fijas de modo que se podrá observar a simple vista la cantidad de stock de una referencia en un momento determinado y no hará falta ningún programa informático sofisticado para saber dónde se encuentra ubicada dentro del almacén. El número de huecos necesarios para cada referencia se calcula dividiendo su stock máximo entre la capacidad del hueco, es decir entre el volumen de la caja que se utiliza. Dicho cálculo se realiza por separado para la zona de reserva y para la de picking. Si se suman todos los huecos necesarios de las referencias de cada tipo según la zona en la que están, se obtiene el número total de huecos necesarios en la primera configuración por tipo de caja mostrados en la tabla 17.

Tabla 17. Número de huecos necesarios en la primera configuración (Elaboración propia)

| Hueco | Zona de Reserva | Zona de Picking |
|--------------|-----------------|-----------------|
| Caja Grande | 9.077 | 374 |
| Caja Mediana | 12.929 | 3.428 |
| Caja Pequeña | 12.631 | 11.750 |

Para saber cuántos metros de estanterías harán falta, separamos los huecos necesarios según la clasificación ABC de cada producto. De este modo, y como se puede ver en la tabla 18, se obtiene el número de huecos necesarios en cada zona según el tipo de caja y de producto.

Tabla 18. Número de huecos según el tipo de producto en la primera configuración (Elaboración propia)

| | Zona de Reserva | | | Zona de Picking | | |
|--------------|-----------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|
| | Tipo A | Tipo B | Tipo C | Tipo A | Tipo B | Tipo C |
| Caja Grande | 7.528 | 1.239 | 310 | 132 | 128 | 114 |
| Caja Mediana | 7.841 | 3.551 | 1.537 | 983 | 1.429 | 1.016 |
| Caja Pequeña | 4.527 | 2.359 | 5.745 | 4.113 | 2.176 | 5.461 |

Por último, al multiplicar los huecos obtenidos por el ancho según el tipo de hueco, se obtienen los metros lineales de balda necesarios de todo el almacén. Dichos valores se muestran en la tabla 19. Si se suman todos los metros necesarios del almacén obtendremos como primera aproximación un total de 9.323,24 metros lineales.

Tabla 19. Metros lineales necesarios en la primera configuración (Elaboración propia)

| | Zona de Reserva | | | Zona de Picking | | |
|--------------|-----------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|
| | Tipo A | Tipo B | Tipo C | Tipo A | Tipo B | Tipo C |
| Caja Grande | 3.011,20 | 495,60 | 124,00 | 52,80 | 51,20 | 45,60 |
| Caja Mediana | 1.254,56 | 568,16 | 245,92 | 157,28 | 228,64 | 162,56 |
| Caja Pequeña | 543,24 | 283,08 | 689,40 | 493,56 | 261,12 | 655,32 |

Al tratar con estanterías convencionales con huecos de 0,20 y 0,25 metros de altura y como no hay mucho stock a almacenar, se ha optado por poner estanterías de 6 metros de altura. De este modo habrá 24 alturas en las estanterías de cajas grandes y 30 en las de cajas medianas y pequeñas.

Al dividir el número de huecos necesarios en la zona de reserva entre el número de alturas de las estanterías y redondeando al alza, se obtiene el número de huecos en cada altura que se necesitan para almacenar el stock de reserva. Estos valores se muestran en la tabla 20, así como los metros necesarios en cada altura calculados multiplicando el número de huecos necesarios por su ancho correspondiente.

Tabla 20. Número de huecos y metros lineales necesarios en reserva por cada altura (Elaboración propia)

| Zona de Reserva | Nº huecos en cada altura | | | Metros de estantería de 6 m | | |
|-----------------|--------------------------|--------|--------|-----------------------------|--------|--------|
| | Tipo A | Tipo B | Tipo C | Tipo A | Tipo B | Tipo C |
| Caja Grande | 314 | 52 | 13 | 125,60 | 20,80 | 5,20 |
| Caja Mediana | 262 | 119 | 52 | 41,92 | 19,04 | 8,32 |
| Caja Pequeña | 151 | 79 | 192 | 18,12 | 9,48 | 23,04 |

En cuanto a la zona de picking, en la tabla 18 ya se observaba que el número de huecos necesarios para las cajas grandes es muy bajo y el necesario para las medianas tampoco es alto. Esto mismo se puede observar también en la tabla 21 al dividir el número de huecos necesarios entre el número de alturas de las estanterías. Por ello y especialmente por las estanterías de cajas grandes, se ha decidido calcular los metros necesarios por altura de la estantería sin diferenciar según la categoría ABC de los productos tal y como se muestra en la tabla 21. Sin embargo, como harán falta varias estanterías de cajas pequeñas, las referencias se colocarán en cada una de dichas estanterías de modo que los productos tipo A estén en el lado más cercano a la mesa de preparación de pedidos y los tipo C en el extremo opuesto.

Tabla 21. Número de huecos y metros lineales necesarios en picking por cada altura (Elaboración propia)

| Zona de Picking | Nº huecos en cada altura | | | Total huecos por altura | Total metros por altura |
|-----------------|--------------------------|--------|--------|-------------------------|-------------------------|
| | Tipo A | Tipo B | Tipo C | | |
| Caja Grande | 5,50 | 5,33 | 4,75 | 16 | 6,40 |
| Caja Mediana | 32,77 | 47,63 | 33,87 | 115 | 18,40 |
| Caja Pequeña | 137,10 | 72,53 | 182,03 | 392 | 47,04 |

5.2.2. Medios y necesidades de manutención

Una vez definidos los medios de almacenamiento, se deben decidir los medios de manutención a utilizar y calcular las necesidades de manutención. Teniendo en cuenta que tanto en la zona de picking como en la de reserva se almacenan los productos en cajas y que se trata de un almacén convencional, se plantea utilizar o bien carros o carretillas recogepedidos, o bien carretillas trilaterales con hombre arriba (combi). Tras descartar el carro recogepedidos porque no se puede elevar, se ha decidido utilizar carretillas recogepedidos con hombre arriba que llegan hasta 6 metros de altura por ser más baratas que las carretillas trilaterales. Cada operario necesitará una carretilla de este tipo y los pasillos deberán ser de al menos 1,80 metros de ancho tal y como se muestra en las características de la tabla 22.

Tabla 22. Características carretilla recogepedidos hasta 6 metros de altura (Elaboración propia)

| Carretilla Recogepedidos hasta 6 m de Altura | |
|---|--------|
| Acho del pasillo (m) | 1,80 |
| Líneas de pedido / hora desde baldas | 80 |
| Precio (€) | 40.000 |
| Vida útil (años) | 10 |

Para calcular el número de carretillas recogepedidos que se necesitarán en el almacén, se deben tener en cuenta varios factores. El primero es la jornada laboral de los operarios del almacén, que es de 8 horas durante 5 días a la semana. De estas 8 horas, aproximadamente las primeras 2 se dedican a la recepción y descarga de los vehículos que vienen de los proveedores y al reabastecimiento de las zonas del almacén, mientras que las 6 siguientes se dedican a la preparación de pedidos y su expedición.

El segundo factor es el plazo de entrega de los pedidos, que no puede ser mayor al de la competencia. Tal y como viene siendo habitual en el sector de la venta de artículos de perfumería y cosmética al por menor (tabla 23), el periodo en el que se deben servir los pedidos en el centro de distribución estudiado es de un día laborable, por lo que se dispondrá de 6 horas para preparar todos los pedidos del día.

Tabla 23. Tiempos máximos de preparación y envío de pedidos de empresas del sector en días laborables (Sephora y otros, 2022)

| Empresa | Preparación del Pedido | Plazo de Entrega Total |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Sephora | 1 | 3 |
| Prieto | 1 | 3 |
| Paco Perfumerias | 2 | 5 |
| Perfume's Club | 1 | 4 |

Por último, la demanda de los productos almacenados afectará al número de carretillas necesarias. De media hay 1.934,19 líneas de pedido diarias en total entre las de las cajas y las de unidades sueltas. Sin embargo, como se desea obtener un nivel de servicio mínimo del 90%, se calculará el número necesario de operarios y carretillas recogepedidos para servir en 6 horas el 90% de los pedidos del día histórico con el máximo total de líneas de pedido de cajas y unidades. Dicho máximo histórico es de 2.817 líneas de pedido y ocurre el día 42 (anexo I), por lo que los operarios del almacén deberán ser capaces de servir al menos 2.536 líneas de pedido al día.

Con todos estos datos y sabiendo que un operario con una carretilla recogepedidos puede realizar el picking de 80 líneas de pedido cada hora (anexo III), lo que significa que realizará 480 líneas de pedido al día, se obtiene un mínimo de 6 operarios y carretillas recogepedidos, que tardarán el día del máximo número de líneas de pedido unas 5 horas y 17 minutos en completar los pedidos para cumplir con el 90% del nivel de servicio.

Para saber el tiempo aproximado que se dedicará al reabastecimiento, se debe calcular primero la carga de trabajo que supone. Primero un operario irá con una carretilla recogepedidos a la zona de reserva, tomará la cantidad necesaria de la referencia del hueco que corresponda y se desplazará hasta el punto entre la zona de reserva y la de picking. Después se desplazará al hueco de la zona de picking correspondiente, depositará la carga y volverá al punto de partida. Sumando el tiempo dedicado a estos dos grupos de movimientos, obtendremos el tiempo total de reposición y se podrá calcular la tasa de productividad del reabastecimiento.

Para estimar los tiempos de los desplazamientos, se utilizarán los valores habituales de velocidad de la tabla 24 para los diferentes movimientos de la carretilla recogepedidos.

Tabla 24. Velocidad de una carretilla recogepedidos en m/s (Cardós Carboneras, 2020c)

| Movimiento | Con carga | Sin carga |
|------------|-----------|-----------|
| Horizontal | 1,95 | 2,22 |
| Elevación | 0,2 | 0,25 |
| Descenso | 0,3 | 0,25 |

Para agilizar el trabajo de reabastecimiento, se realizará agrupando 5 pedidos que se componen de 6 líneas de pedido cada uno (según la media de los datos sobre las líneas de pedido). Además se ha estimado que un operario tarda en coger o dejar la cantidad indicada en una línea de pedido 5 segundos, por lo que tardará 150 segundos en recoger o descargar las 30 líneas de pedido.

Con todo esto, se calculan los tiempos totales de reabastecimiento separando los movimientos que se realizan en la zona de reserva (tabla 25) y los que suceden en la zona de picking (tabla 26). La media de las distancias recorridas por las carretillas se ha calculado como la suma de la mitad de las dimensiones de cada zona para los desplazamientos horizontales y para los verticales como la mitad de la altura de las estanterías.

Tabla 25. Movimientos para el reabastecimiento en la zona de reserva (Elaboración propia)

| Reserva | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Tiempo (s) |
|--------------------------------|---------------|-----------------|---------------|
| Desplazamiento sin carga | 19,7 | 2,22 | 8,87 |
| Elevación sin carga | 3 | 0,25 | 12,00 |
| Recogida de carga | | | 150,00 |
| Descenso con carga | 3 | 0,3 | 10,00 |
| Desplazamiento a punto partida | 19,7 | 1,95 | 10,10 |
| Total en Zona Reserva | | | 190,98 |

Tabla 26. Movimientos para el reabastecimiento en la zona de picking (Elaboración propia)

| Picking | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Tiempo (s) |
|--------------------------------|---------------|-----------------|---------------|
| Desplazamiento con carga | 11,13 | 1,95 | 5,71 |
| Elevación con carga | 3 | 0,2 | 15,00 |
| Descarga | | | 150,00 |
| Descenso sin carga | 3 | 0,25 | 12,00 |
| Desplazamiento a punto partida | 11,13 | 2,22 | 5,01 |
| Total | | | 187,72 |

El tiempo medio total de reposición será por tanto de 378,7 segundos para 30 líneas, lo que significa que la productividad del reabastecimiento será de 285,19 LP/h. Estos valores se muestran en la tabla 27. La carga desde reserva incluye los movimientos para el reabastecimiento en la zona de reserva de la tabla 25 y la descarga en picking es el resultado de la tabla 26 sobre los movimientos en dicha zona. Multiplicando el número de operarios (6) por la productividad obtenida de 285,19 LP/h, y dividiendo el 90% del máximo y el promedio de líneas de pedido entre el valor resultante, se obtiene un tiempo de reabastecimiento de 1 hora y 29 minutos para el máximo y 1 hora y 2 minutos para el promedio con un 90% de nivel de servicio.

Tabla 27. Productividad y tiempo de reabastecimiento (Elaboración propia)

| | |
|------------------------------------|------------------------|
| Carga desde reserva | 190,98 segundos |
| Descarga en picking | 187,72 segundos |
| Total reposición de picking | 378,70 segundos |
| Líneas preparadas | 30 |
| Productividad | 285,19 LP/h |

Para la carga y descarga de camiones o furgonetas, se utilizará un apilador eléctrico con el que un operario moverá los palets en la zona de recepción y expedición de pedidos. Se ha elegido el apilador por tratarse de distancias muy cortas (del muelle de carga y descarga a la zona de recepción y expedición y de dicha zona al muelle), para poder acceder al segundo nivel de paletas del camión y porque un operario puede realizar 25 movimientos de carga o descarga de palets en los vehículos cada hora. Algunas de las características de dichos apiladores se muestran en la tabla 28, como que necesitarán que los pasillos sean de mínimo 1,80 metros de ancho.

Tabla 28. Características del apilador eléctrico (Elaboración propia)

| Apilador | |
|-------------------------------------|-------|
| Acho del pasillo (m) | 1,80 |
| Carga del vehículo (palets/hora) | 25 |
| Descarga del vehículo (palets/hora) | 25 |
| Precio (€) | 7.000 |
| Vida útil (años) | 10 |

Para saber cuántos apiladores serán necesarios para la carga y descarga de los vehículos, se ha calculado el promedio de ventas diarias y su desviación típica para posteriormente calcular el coeficiente de variación de las ventas. Dichos valores son de un promedio de 554,21 unidades/día, 1.045,93 unidades de desviación estándar y un coeficiente de variación de 1,887. Para tener en cuenta las posibles variaciones del volumen de producto que entra y sale diariamente del almacén, se multiplica el promedio diario del volumen de las ventas por el coeficiente de variación recién calculado, obteniendo un valor de 8,78 m³ de palets al día. Como el volumen de una paleta entera es de 0,96 m³, dicho volumen de producto corresponderá a 9,15 paletas. Redondeando al entero superior se halla el número de paletas equivalentes para el que debe estar preparada la zona de recepción y expedición. Por tanto, para poder mover esas 10 paletas equivalentes solo hará falta un apilador y un operario realizará dicha tarea en 24 minutos.

A modo resumen, se puede comprobar en la tabla 29 que el tiempo total necesario para las operaciones diarias del almacén no supera las 8 horas de la jornada laboral. Para la recepción y expedición de pedidos solo hace falta un apilador (manejado por un único operario), por lo que mientras tanto el resto de los operarios puede comenzar con el reabastecimiento en cuanto se deje la primera paleta en la zona de recepción o seguir realizando el picking con sus carretillas recogepedidos mientras se carga el camión. Esto quiere decir que el tiempo total medio y máximo necesarios serán menores a los de la tabla, asegurándonos de que nunca se superarán las 8 horas diarias.

Tabla 29. Aproximación de la distribución del tiempo de operario (Elaboración propia)

| Operación (6 operarios) | T. Medio (90% NS) | T. Máximo (90% NS) |
|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Recepción pedidos | 24 min (1 operario) | 24 min (1 operario) |
| Reabastecimiento | 1 hora 2 min | 1 hora 29 min |
| Picking | 3 horas 38 min | 5 horas 17 min |
| Expedición | 24 min (1 operario) | 24 min (1 operario) |
| Total | 5 horas 28 min | 7 horas 34 min |

5.2.3. Distribución en planta

Todavía falta dimensionar la zona de recepción y expedición. Para ello simplemente multiplicaremos la superficie de una paleta (1,20 m x 0,80 m) por el número de paletas equivalentes calculadas en el punto anterior (10 paletas) y añadiremos un coeficiente de seguridad del 100% por las posibles variaciones de entrada y salida de pedidos y para poder cubrir un posible crecimiento futuro de la empresa. De este modo se obtiene una superficie necesaria para la recepción de los palets y la expedición de los pedidos de 19,20 m². Además hay que añadir una mesa de preparación de pedidos de 4 m² por cada operario que realice el picking, por lo que se añaden 6 de estas mesas y se obtiene una superficie total de 43,20 m².

Recordemos también que todos los pasillos (incluido el pasillo entre los muelles de carga y la zona de recepción y expedición) deben ser de 1,80 metros de ancho como mínimo para que puedan pasar las carretillas recogepedidos y el apilador.

Se debe añadir una oficina en el almacén, que en este caso ocupará 18 m², desde donde trabajarán un administrativo y un jefe de almacén y que utilizarán los almaceneros cuando sea preciso. También se incluirán junto a la zona de recepción y expedición dos muelles de carga de 2,70 m de ancho que deben garantizar una separación mínima entre vehículos de 1,10 m. Por tanto los ejes centrales de dichos muelles tendrán una separación de 4,42 m.

Con todo esto y lo que se ha ido calculando de la primera configuración, se propone en la ilustración 21 una distribución en planta. Según dicha distribución, el almacén medirá 13,35 x 44,90 m, que hacen 599,42 m² de superficie y la altura de la nave será de 6 metros.

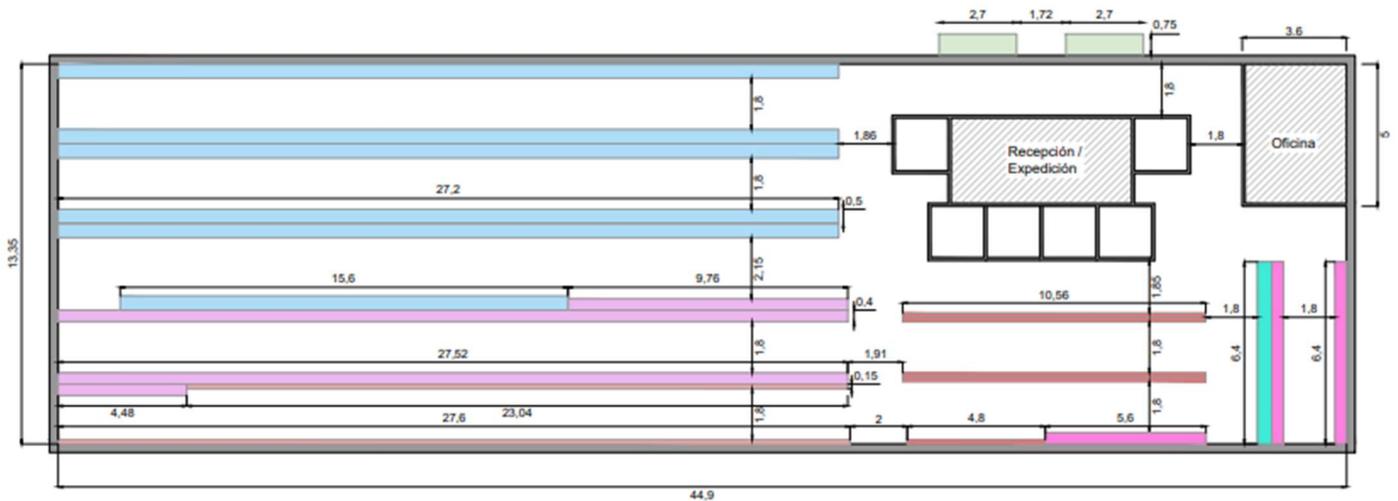


Ilustración 21. Distribución en planta de la primera configuración (Elaboración propia)

En cuanto a la zona exterior de la nave, hará falta asfaltar la zona junto a los muelles de carga para facilitar a los camiones las maniobras necesarias para aparcar en el muelle. Como la distancia entre los vehículos será siempre de 2 metros como mínimo, solo harán falta 30 metros desde el muelle en perpendicular a éste (Alapont Logistics, 2019a). Además se dejarán 1,40 metros a cada lado de los muelles (Alapont Logistics, 2019b), por lo que la superficie a asfaltar será de 305,04 m² (9,92 x 30,75 m).

Por tanto, para esta primera configuración hará falta el solar de 2.000 m², pues al añadir la zona exterior asfaltada junto a los muelles de carga necesaria para que los vehículos puedan maniobrar a la superficie necesaria para la nave, se obtienen unas dimensiones totales del solar de 44,90 x 44,10 m, es decir 1.980,09 m². Sin embargo dada la disposición del edificio y los muelles de carga, habrá una gran superficie del solar a la izquierda de los muelles de carga que no se utilizará. Se podrá utilizar dicha superficie para otras finalidades como, por ejemplo, un aparcamiento para los trabajadores del almacén aunque dicho aparcamiento no esté asfaltado.

5.2.4. Análisis financiero

Una vez diseñado el almacén propuesto, se deben cuantificar las decisiones tomadas para poder compararlo con otras propuestas. Esto se hará calculando la inversión necesaria y los costes

anuales del almacén, de modo que también sabremos si la configuración propuesta es factible según el presupuesto fijado por la empresa.

Al calcular los costes anuales de la primera propuesta también se incluirá el coste del capital invertido, que tiene en cuenta el coste de oportunidad y el riesgo de dicha inversión (Cardós Carboneras, 2020d). Para ello se convertirán las cantidades invertidas en costes anuales aplicando un descuento de flujo de caja (DFC) con una tasa de interés del 19% y cuyos factores DFC según la vida útil de los elementos se muestran en la tabla 30.

Tabla 30. Factores DFC para una tasa de descuento del 19% (Elaboración propia)

| Vida útil (años) | DFC |
|------------------|-------|
| 4 | 2,639 |
| 5 | 3,058 |
| 10 | 4,339 |
| 20 | 5,101 |

Para facilitar los cálculos de inversión y coste anual, se han dividido todos los gastos en cinco grupos. En el primer grupo se han incluido los correspondientes a la construcción del edificio y sus exteriores además de los gastos por servicios generales de dicho edificio. Tal y como se muestra en la tabla 31, se necesita una inversión de 239.037,40 € para el edificio que tendrá un coste anual de 46.929,75 €.

Tabla 31. Inversión y costes del edificio en la primera configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Precio unitario (€/ud) | Nº | Inversión (€) | Vida útil (años) | DFC | Coste anual (€) |
|---------------------------------------|------------------------|--------|-------------------|------------------|-------|------------------|
| m2 Almacén (6 m de altura) | 340,00 | 599,42 | 203.802,80 | 20 | 5,101 | 39.953,50 |
| m2 Acondicionamiento zonas exteriores | 50,00 | 305,04 | 15.252,00 | 20 | 5,101 | 2.990,00 |
| Plataforma del muelle | 1.000,00 | 2 | 2.000,00 | 10 | 4,339 | 460,94 |
| m2 Instalación servicios generales | 30,00 | 599,42 | 17.982,60 | 20 | 5,101 | 3.525,31 |
| Total Edificio | | | 239.037,40 | | | 46.929,75 |

El segundo grupo de gastos es el correspondiente a los medios de almacenamiento, es decir, las estanterías que se van a instalar en el almacén y las cajas en las que se guardarán las referencias. En la tabla 32 se muestra que se necesita una inversión de 339.587,75 € para esto, lo que equivale a un coste anual de 78.264,06 €.

Tabla 32. Inversión y costes de los medios de almacenamiento en la primera configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Precio unitario (€/ud) | Nº | Inversión (€) | Vida útil (años) | DFC | Coste anual (€) |
|---------------------------------------|------------------------|----------|-------------------|------------------|-------|------------------|
| m Estantería cajas grandes | 30,00 | 3.792,00 | 113.760,00 | 10 | 4,339 | 26.218,02 |
| m Estantería cajas medianas | 30,00 | 2.630,40 | 78.912,00 | 10 | 4,339 | 18.186,68 |
| m Estantería cajas pequeñas | 30,00 | 2.930,40 | 87.912,00 | 10 | 4,339 | 20.260,89 |
| Caja grande | 1,50 | 9.451 | 14.176,50 | 10 | 4,339 | 3.267,23 |
| Caja mediana | 1,25 | 16.357 | 20.446,25 | 10 | 4,339 | 4.712,20 |
| Caja pequeña | 1,00 | 24.381 | 24.381,00 | 10 | 4,339 | 5.619,04 |
| Total Medios de Almacenamiento | | | 339.587,75 | | | 78.264,06 |

En la tabla 33 se muestran las inversiones y costes del tercer grupo: los medios de manutención y el equipamiento básico de gestión del almacén. El total de estas inversiones es de 597.000 € que equivalen a 171.379,45 € de costes anuales.

Tabla 33. Inversión y costes de los medios de manutención y equipamiento en la primera configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Precio unitario (€/ud) | Nº | Inversión (€) | Vida útil (años) | DFC | Coste anual (€) |
|--|------------------------|----|-------------------|------------------|-------|-------------------|
| Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén | 350.000,00 | 1 | 350.000,00 | 5 | 3,058 | 114.453,89 |
| Apilador eléctrico | 7.000,00 | 1 | 7.000,00 | 10 | 4,339 | 1.613,27 |
| Carretilla recogepedidos hasta 6m | 40.000,00 | 6 | 240.000,00 | 10 | 4,339 | 55.312,28 |
| Total medios de manutención y equipamiento | | | 597.000,00 | | | 171.379,45 |

El cuarto grupo, mostrado en la tabla 34, es el de los costes asociados al correcto funcionamiento del almacén, y por eso incluyen tanto a los costes de mantenimiento como a los gastos de energía, a los seguros y a otros gastos menores. El coste anual total de este grupo es de 57.050,11 €.

Tabla 34. Costes de funcionamiento del almacén en la primera configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Precio (€/m2) | m2 | Inversión (€) | % | Coste anual (€) |
|--|---------------|--------|---------------|-----|------------------|
| Mantenimiento edificio e instalaciones | | | 221.785,40 | 1% | 2.217,85 |
| Mantenimiento zonas exteriores | | | 15.252,00 | 1% | 152,52 |
| Mantenimiento estanterías | | | 280.584,00 | 1% | 2.805,84 |
| Mantenimiento plataformas de muelles | | | 2.000,00 | 10% | 200,00 |
| Mantenimiento medios de manutención | | | 247.000,00 | 10% | 24.700,00 |
| Gastos de energía, seguros y otros menores | 45,00 | 599,42 | | | 26.973,90 |
| Total costes de funcionamiento | | | | | 57.050,11 |

Por último, el quinto grupo es el de los costes del personal necesario para trabajar en el almacén. Como se muestra en la tabla 35, hará falta un jefe de almacén, un administrativo y seis almaceneros, lo que supondrá un coste anual de 158.000 €.

Tabla 35. Costes de personal en la primera configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Coste unitario (€/ud) | Nº | Coste anual (€) |
|-----------------------|-----------------------|----|-------------------|
| Jefe de almacén | 30.000,00 | 1 | 30.000,00 |
| Administrativo | 20.000,00 | 1 | 20.000,00 |
| Almacenero | 18.000,00 | 6 | 108.000,00 |
| Total Personal | | | 158.000,00 |

Una vez calculados todos los costes y las inversiones, se pueden sumar para obtener la inversión total y el coste anual total del almacén. Dichos valores para esta primera configuración son de 1.175.625,15 € de inversión y 511.623,37 € de gastos anuales tal y como se puede ver en la tabla 36.

Tabla 36. Inversión y costes totales en la primera configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Inversión (€) | Coste anual (€) |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Edificio e instalaciones | 239.037,40 € | 46.929,75 € |
| Medios de almacenamiento | 339.587,75 € | 78.264,06 € |
| Medios de manutención y equipamiento | 597.000,00 € | 171.379,45 € |
| Funcionamiento del almacén | | 57.050,11 € |
| Personal | | 158.000,00 € |
| Total | 1.175.625,15 € | 511.623,37 € |

5.2.5. Análisis crítico y propuestas de mejora

La inversión total asciende a 1.175.625,15 €, lo que sobrepasa el presupuesto de un millón de euros fijado por la empresa. También los costes sobrepasan el medio millón anual que la directiva ha marcado como gasto máximo aunque en menor medida (11.623,37 €/año de más). Por ello las mejoras propuestas deben centrarse sobre todo en reducir la inversión, aunque habrá que disminuir también el gasto anual. Además la parcela seleccionada para esta configuración es la de la máxima superficie (y por tanto la de mayor coste) de entre los posibles solares a comprar para construir el almacén, por lo que también se deberá estudiar a qué se debe y si se puede reducir la superficie necesaria para comprar otro de los solares en su lugar.

Como se puede observar en la ilustración 22, el mayor gasto y que implica el 50,78% de la inversión corresponde a los medios de manutención y equipamiento. En este grupo se incluye el hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén, algo de lo que no se puede prescindir y que supone casi el 60% de la inversión del grupo. Por lo tanto solo se estudiará reducir el gasto en la compra de carretillas para disminuir la inversión en medios de manutención y equipamiento, lo que también reduciría su coste anual.

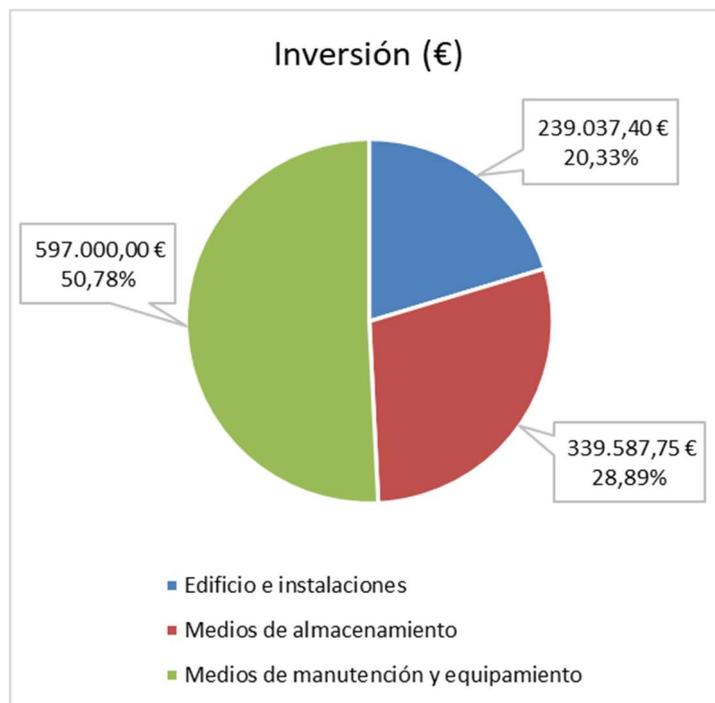


Ilustración 22. Porcentajes de la inversión en la primera configuración (Elaboración propia)

También en la ilustración 22 se observa que la inversión en medios de almacenamiento es poco mayor a la del edificio y sus instalaciones, por lo que además de intentar reducir la inversión total aumentando la altura de la nave, se puede tratar de reducir los metros lineales necesarios de estantes de las diferentes zonas y el número de cajas necesarias para almacenar todas las referencias.

En la ilustración 23 se muestran los porcentajes del coste anual del almacén que supone cada grupo de gastos. Como es lógico y dada la elevada inversión que le corresponde, el coste de los medios de mantenimiento y equipamiento es uno de los principales del almacén, suponiendo un 33,50% del total.

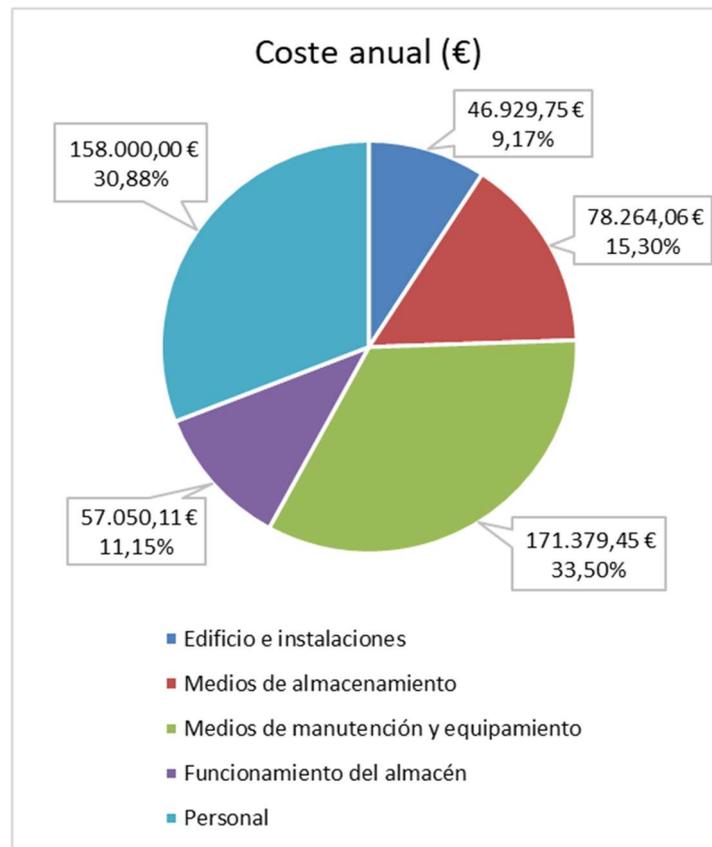


Ilustración 23. Porcentajes del coste anual en la primera configuración (Elaboración propia)

El segundo coste anual más elevado es el del personal (30,88% del total), además de ser uno de los más sencillos de reducir. Esto se conseguiría disminuyendo el número de operarios contratados aunque suponga hacer una mayor inversión en medios de almacenamiento con algún grado de automatización o en medios de mantenimiento más eficientes. Por otro lado, disminuir el número de almaceneros también reduciría el número de carretillas (o equipamiento equivalente) que se deben comprar.

Por todo esto y para conseguir las reducciones en inversiones y costes anuales explicadas, se proponen cinco cambios o mejoras para implementar en la siguiente configuración:

1. Gestionar las ubicaciones del almacén de forma aleatoria en lugar de la gestión fija que se propuso en la primera configuración. De este modo el número total de huecos necesarios será menor al de la primera configuración. Es decir, se disminuirá el número de metros lineales de baldas necesarios y, en consecuencia, la superficie necesaria del

- almacén para colocar las estanterías. También se reducirá el número total de cajas de almacenaje necesarias.
2. Aumentar la ocupación media de los huecos de cajas pequeñas y aumentar el aprovechamiento del volumen quitando las estanterías de cajas pequeñas. Para ello, como ya se comentó al escoger los formatos logísticos utilizados en el almacén, se sustituirán las cajas pequeñas por cajas medianas con dos divisores de plástico colocados de forma transversal formando tres huecos iguales (hueco pequeño) de modo que en una de estas cajas medianas se almacenarán los productos que antes utilizaban tres cajas pequeñas. Además, cuando sea preciso, estos huecos pequeños se convertirán en dos huecos diferenciados mediante un divisor colocado en el medio de la caja de forma longitudinal. Esto quiere decir que habrá un nuevo formato logístico: medio hueco pequeño. Dicho formato se utilizará en aquellos numerosos casos en los que el stock de la referencia no completaba una caja pequeña.
 3. Instalar una cinta transportadora de rodillos (conveyor) en la zona de picking para agilizar el proceso de preparación de pedidos y así disminuir el número de operarios necesarios para esta tarea. Se diseñará la zona de picking de modo que el trazado de la cinta sea sencillo y requiera de la menor cantidad de metros posible.
 4. Aumentar la altura del almacén. La altura recomendada para almacenes de estanterías convencionales suele ser de entre 8 y 10 metros (Cardós Carboneras, 2020e). Como en este caso el volumen del stock no es muy elevado, se propone construir el edificio con 8 metros de altura para abaratar el coste del metro cuadrado construido. Incrementar la altura del almacén reducirá los metros lineales de estanterías a instalar, lo que también implica que harán falta menos metros de conveyor en la zona de picking.
 5. Reducir la superficie sobrante del solar para poder escoger otras parcelas más pequeñas. Para ello se intentará distribuir el almacén de forma que el edificio sea más cuadrado o que una de sus dimensiones se acerque más al valor de 10 m.

5.3. SEGUNDA CONFIGURACIÓN

5.3.1. Medios de almacenamiento

En esta segunda configuración seguiremos trabajando con estanterías convencionales ya que el volumen de stock de cada referencia es demasiado bajo como para que utilizar estanterías dinámicas sea rentable, pues tratamos con huecos de poca profundidad.

Como se ha indicado en las propuestas de mejora de la primera configuración, en esta alternativa no se utilizarán cajas pequeñas, sino que se dividirá la caja mediana en tres huecos para las referencias con formato logístico de cajas pequeñas. Para esto se pondrán dos separadores de plástico en las cajas medianas de forma transversal, formando así tres huecos dentro de la caja de forma similar a la caja de la ilustración 24. Dichos divisores medirán 120x100 mm y deberán sustituirse por unos nuevos cada 10 años. Para evitar confusiones, este formato logístico se llamará “hueco pequeño” en lugar de “caja pequeña”.



Ilustración 24. Caja con divisor transversal de plástico (Disset Odiseo, 2022)

También se va a definir un nuevo formato logístico cuyas dimensiones corresponderían a las de medio hueco pequeño (tendrá la mitad de su volumen). Para formar este hueco, se colocará un divisor (con ranuras a la altura de los otros divisores) de forma longitudinal en las cajas medianas que ya se habían dividido para obtener los huecos pequeños. Dichos divisores miden 300x100 mm y tienen una vida útil de 10 años. El nuevo formato logístico se llamará “hueco muy pequeño” y las cajas quedarán de forma similar a la de la ilustración 25, aunque con dos divisores transversales en lugar de uno.



Ilustración 25. Caja de plástico con divisor transversal y longitudinal (Kardex, 2022)

De este modo se obtienen los nuevos formatos logísticos que se muestran en la tabla 37. Como se puede apreciar, tres huecos pequeños formarán una caja mediana y dos huecos muy pequeños completarán un hueco pequeño, por lo que en una caja mediana con los dos divisores transversales y el longitudinal habrá seis huecos muy pequeños.

Tabla 37. Formatos logísticos en la segunda configuración (Elaboración propia)

| Formato Logístico | Medidas (mm) | Volumen (m3) |
|--------------------------|---------------------|---------------------|
| Caja Grande | 400x300x150 | 0,0180 |
| Caja Mediana | 300x120x100 | 0,0036 |
| Hueco pequeño | 100x120x100 | 0,0012 |
| Hueco muy pequeño | 100x60x100 | 0,0006 |

En cuanto a la orientación en la que se colocan las cajas en las estanterías, no cambia con respecto a la primera configuración. En la tabla 38 se indican las medidas, orientación y volumen de los cuatro formatos logísticos.

Tabla 38. Medidas y orientación de los formatos logísticos en la segunda configuración (Elaboración propia)

| Formato Logístico | Ancho (m) | Largo (m) | Alto (m) | Volumen (m3) |
|--------------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------|
| Caja Grande | 0,30 | 0,40 | 0,15 | 0,0180 |
| Caja Mediana | 0,12 | 0,30 | 0,10 | 0,0036 |
| Hueco pequeño | 0,12 | 0,10 | 0,10 | 0,0012 |
| Hueco muy pequeño | 0,06 | 0,10 | 0,10 | 0,0006 |

Una vez definidos los nuevos formatos logísticos, hay que reevaluar el número de referencias que utilizará cada formato tanto en la zona de reserva como en la de picking. Como solo se ha añadido un formato logístico más pequeño que los anteriores, este cambio no afectará al número de referencias que se almacenan en cajas grandes o medianas, pero sí a las que se almacenaban en cajas pequeñas, que se dividirán entre huecos pequeños y huecos muy pequeños.

En la tabla 39 se muestra el número de referencias que utiliza cada formato logístico tanto en la zona de reserva como en la de picking después de esta modificación. Para ello se ha calculado como en el punto 4.4 de esta memoria sobre el formato logístico de las referencias según su lote de transferencia y, posteriormente, se han corregido los formatos logísticos obtenidos como en el punto 4.5 para minimizar el tiempo dedicado a la manipulación de los productos dentro del almacén.

Tabla 39. Número de referencias con cada formato logístico en la segunda configuración (Elaboración propia)

| Formato Logístico | Zona de Reserva | Zona de Picking |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| Caja Grande | 1.347 | 162 |
| Caja Mediana | 2.321 | 1.332 |
| Hueco pequeño | 1.493 | 1.824 |
| Hueco muy pequeño | 5.683 | 7.526 |
| Total Referencias | 10.844 | 10.844 |

Al igual que en la propuesta anterior, hace falta añadir una pequeña holgura a los huecos para poder manipular las cajas y dicha holgura será a misma que en la primera configuración, por lo que los huecos de cajas grandes y medianas tendrán también las mismas dimensiones tal y como se puede observar en la tabla 40. En dicha tabla también se puede ver que el largo del hueco de la caja mediana es tres veces el del hueco pequeño, y el ancho del hueco muy pequeño es exactamente la mitad del de un hueco pequeño. Estas medidas no tienen ninguna holgura extra porque físicamente no tendría sentido.

Tabla 40. Medidas de los huecos en la segunda configuración (Elaboración propia)

| Hueco | Ancho (m) | Largo (m) | Alto (m) | Volumen (m3) |
|-------------------|-----------|-----------|----------|--------------|
| Caja Grande | 0,40 | 0,50 | 0,25 | 0,0500 |
| Caja Mediana | 0,16 | 0,40 | 0,20 | 0,0128 |
| Hueco pequeño | 0,16 | 0,133 | 0,20 | 0,0043 |
| Hueco muy pequeño | 0,08 | 0,133 | 0,20 | 0,0021 |

Teniendo las medidas de los formatos logísticos y de sus huecos además del número de referencias que se almacenan en cada formato, solo queda calcular el número de huecos necesarios en las zonas de picking y de reserva para, posteriormente calcular los metros lineales de baldas necesarias.

En esta configuración la gestión de las ubicaciones del almacén será aleatoria tal y como se propuso en el análisis crítico de la configuración anterior. De este modo se aumentará la utilización de los huecos con respecto a la primera configuración, disminuyendo a su vez el número de huecos necesarios. Como los productos de perfumería no tienen una estacionalidad muy marcada, solo se tendrá en cuenta un coeficiente de seguridad del 10% para cubrir las posibles variaciones en la demanda.

Con todo esto ya se puede calcular el número de huecos necesarios en cada zona dividiendo el stock medio entre la capacidad del hueco, es decir, el volumen de los formatos logísticos. El valor resultante se aumenta según el coeficiente de seguridad y se redondea al alza de forma que solo haya huecos enteros. Si se suman los huecos necesarios en cada zona según su formato logístico, se obtienen los valores mostrados en la tabla 41.

Tabla 41. Número de huecos necesarios en la segunda configuración (Elaboración propia)

| Hueco | Zona de Reserva | Zona de Picking |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| Caja Grande | 7.411 | 255 |
| Caja Mediana | 10.400 | 2.298 |
| Hueco pequeño | 4.696 | 2.817 |
| Hueco muy pequeño | 5.694 | 7.898 |

Al separar el número de huecos de cada zona y formato logístico entre los diferentes tipos de producto según la clasificación ABC, se obtienen los valores de la tabla 42. Además, si se suman todos los huecos pequeños necesarios, se obtiene un total de 7.513 huecos de este tamaño, lo que implica que se utilizarán 2.505 cajas medianas por lo que se necesitarán 5.010 divisores transversales de plástico (2 por cada caja mediana). En cuanto a los huecos muy pequeños, habrá 13.592 huecos en total por lo que harán falta 2.266 cajas medianas con 4.532 divisores transversales y otros 2.266 longitudinales (1 por cada caja mediana).

Tabla 42. Número de huecos según el tipo de producto en la segunda configuración (Elaboración propia)

| | Zona de Reserva | | | Zona de Picking | | |
|-------------------|-----------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|
| | Tipo A | Tipo B | Tipo C | Tipo A | Tipo B | Tipo C |
| Caja Grande | 6.290 | 949 | 172 | 76 | 83 | 96 |
| Caja Mediana | 6.988 | 2.720 | 692 | 572 | 919 | 807 |
| Hueco pequeño | 2.924 | 1.156 | 616 | 1.163 | 717 | 937 |
| Hueco muy pequeño | 1.991 | 1.103 | 2.600 | 2.260 | 1.123 | 4.515 |

Una vez obtenido el número de huecos necesarios, se multiplica por el ancho del hueco correspondiente y así se obtienen los metros lineales de baldas necesarios mostrados en la tabla 43. La suma de todos estos metros de estantes es de 5.862,08 metros, 3.461,16 metros menos que en la propuesta de almacén anterior. Dicha suma es solo una aproximación de los metros lineales que se utilizarán.

Tabla 43. Metros lineales necesarios en la segunda configuración (Elaboración propia)

| | Zona de Reserva | | | Zona de Picking | | |
|-------------------|-----------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|
| | Tipo A | Tipo B | Tipo C | Tipo A | Tipo B | Tipo C |
| Caja Grande | 2.516,00 | 379,60 | 68,80 | 30,40 | 33,20 | 38,40 |
| Caja Mediana | 1.118,08 | 435,20 | 110,72 | 91,52 | 147,04 | 129,12 |
| Hueco pequeño | 156,00 | 61,76 | 32,96 | 62,08 | 38,24 | 50,08 |
| Hueco muy pequeño | 53,12 | 29,44 | 69,44 | 60,32 | 30,08 | 120,48 |

En las propuestas de mejora de la primera configuración se ha establecido aumentar la altura del edificio a 8 metros, por lo que en las estanterías de cajas grandes habrá 32 alturas de 0,25 metros y en el resto habrá 40 alturas de 0,20 metros. Al dividir el número de huecos necesarios de cada tipo entre el número de alturas de la estantería y redondeando siempre al alza, se obtiene el número de huecos necesarios en cada altura. Estos datos para la zona de reserva y los metros de estantería que les corresponden se muestran en la tabla 44.

Tabla 44. Número de huecos y metros lineales necesarios en reserva por cada altura en la segunda configuración (Elaboración propia)

| Zona de Reserva | Nº huecos en cada altura | | | Metros de estantería de 8 m | | |
|-------------------|--------------------------|--------|--------|-----------------------------|--------|--------|
| | Tipo A | Tipo B | Tipo C | Tipo A | Tipo B | Tipo C |
| Caja Grande | 197 | 30 | 6 | 78,80 | 12,00 | 2,40 |
| Caja Mediana | 175 | 68 | 18 | 28,00 | 10,88 | 2,88 |
| Hueco pequeño | 25 | 10 | 6 | 4,00 | 1,60 | 0,96 |
| Hueco muy pequeño | 9 | 5 | 11 | 1,44 | 0,80 | 1,76 |

Al realizar la misma división en la zona de picking se observa que todos los resultados son pequeños, por lo que se suman todos los huecos necesarios por altura sin diferenciar el tipo de producto ABC. Esto se puede apreciar especialmente en los huecos para cajas grandes tal y como se muestra en la tabla 45. Así mismo también se han calculado los metros de estantería necesarios según el formato logístico multiplicando los huecos necesarios por altura por el ancho del hueco correspondiente.

Tabla 45. Número de huecos y metros lineales necesarios en picking por cada altura en la segunda configuración (Elaboración propia)

| Zona de Picking | Nº huecos en cada altura | | | Total huecos por altura | Total metros por altura |
|-------------------|--------------------------|--------|--------|-------------------------|-------------------------|
| | Tipo A | Tipo B | Tipo C | | |
| Caja Grande | 2,38 | 2,59 | 3,00 | 8 | 3,20 |
| Caja Mediana | 14,30 | 22,98 | 20,18 | 58 | 9,28 |
| Hueco pequeño | 9,70 | 5,98 | 7,83 | 24 | 3,84 |
| Hueco muy pequeño | 9,43 | 4,70 | 18,83 | 33 | 5,28 |

Hay que recordar que, aunque no se diferencien estanterías para productos tipo A, B o C, en la zona de picking se colocarán primero los productos tipo A en los extremos más cercanos a la zona de preparación de pedidos, los tipo C en los extremos más alejados y los tipo B entre ambos. En la zona de reserva se distribuirán del mismo modo pero el punto de referencia será primero la zona de recepción de pedidos y después la zona de picking en lugar de la zona de preparación de pedidos.

5.3.2. Medios y necesidades de manutención

En esta configuración se va a instalar una cinta transportadora de rodillos en la zona de picking, lo que aumentará la velocidad de preparación de pedidos, por lo que habrá que recalcular el número de carretillas y operarios necesarios y el tiempo medio y máximo dedicado a la preparación de pedidos y a la reposición del almacén.

En cuanto a la carga y descarga de vehículos no ha cambiado nada con respecto a la primera configuración, pues el promedio de las ventas, su desviación típica y su coeficiente de variación siguen siendo de 554,21 unidades vendidas al día, 1.045,93 unidades de desviación y un coeficiente de 1,887. Por lo tanto, y como el volumen de una paleta entera era de 0,96 m³, el número de paletas equivalentes que debe ser capaz de cargar y descargar el equipo en un día sigue siendo de 10 paletas.

Como se va a colocar la zona de carga y descarga junto a los muelles la distancia a recorrer será muy pequeña, y como un operario puede cargar o descargar 25 palets por hora con un apilador, será así como se realizarán estas tareas de modo que un operario necesitará 24 minutos para completar cada una de ellas.

Por tanto para esta propuesta también es necesario un apilador eléctrico cuyas características más importantes a efectos de este trabajo recordemos que son que necesita un pasillo de mínimo 1,80 metros de ancho, que se puede cargar o descargar del vehículo 25 palets cada hora, que cuesta 7.000 € y que tiene una vida útil de 10 años.

Para el resto de los movimientos dentro del almacén se ha vuelto a decidir utilizar carretillas recogepedidos con hombre arriba, esta vez para que lleguen a los 8 metros de altura, por las mismas razones que en la primera configuración: se trata con estanterías convencionales que almacenan los productos en cajas y las carretillas recogepedidos son más baratas que las trilaterales. Teniendo en cuenta que se va a colocar la cinta transportadora en la zona de picking, las características de las carretillas escogidas son las mostradas en la tabla 46.

Tabla 46. Características carretilla recogepedidos hasta 8 metros de altura con conveyor (Elaboración propia)

| Carretilla Recogepedidos (Hasta 8 m) con Conveyor | |
|--|--------|
| Acho del pasillo (m) | 1,80 |
| Líneas de pedido / hora desde baldas | 150 |
| Precio (€) | 50.000 |
| Vida útil (años) | 10 |

Se estima que un operario con una carretilla recogepedidos puede realizar 150 líneas de pedido cada hora desde las estanterías de cajas si se instala un conveyor en la zona de picking en lugar de las 80 líneas de pedido por hora que realizaba sin la cinta transportadora. Por tanto hay que

recalcular el número de operarios necesarios para cumplir con el nivel de servicio mínimo del 90% en el plazo de entrega de un día laborable.

El personal del almacén trabaja 8 horas diarias durante 5 días a la semana. En una jornada laboral normal las primeras 2 horas las emplean en la recepción y descarga de los pedidos al proveedor y en el reabastecimiento del almacén, y las otras 6 horas son para la preparación y expedición de los pedidos de las tiendas.

Además la demanda tampoco ha cambiado con respecto a la configuración anterior pues no depende de los parámetros del almacén. Por tanto hay 1.934,19 líneas de pedido diarias de media entre las líneas de pedido de cajas y de unidades. El máximo histórico es de 2.817 líneas de pedido en total por lo que, para obtener el 90% del nivel de servicio todos los días del año, debe haber suficientes almaceneros para preparar 2.536 líneas de pedido diarias como mínimo.

Tal y como se ha expuesto anteriormente, un operario podrá realizar 150 líneas de pedido a la hora y tendrá unas 6 horas diarias para esta tarea, por lo que podrá realizar hasta 900 líneas de pedido cada día laborable. De modo que hará falta contratar a un total de 3 almaceneros para poder obtener un nivel de servicio del 90% durante todo el año. Dichos almaceneros necesitarán cada uno una carretilla, por lo que se comprarán 3 carretillas recogepedidos en esta ocasión. Calculando con esta productividad los tiempos de picking del día promedio y del día con el máximo número de líneas de pedido, se obtienen valores de 3 horas y 53 minutos, y 5 horas y 39 minutos respectivamente.

También se puede comprobar que el uso de la cinta transportadora es factible con estas tasas de actividad: hay 3 operarios que realizan 150 líneas de pedido/hora, lo que implica un máximo de 450 líneas de pedido/hora en total en la zona de picking, que es claramente inferior a las 2.000 cajas/hora que puede transportar el conveyer.

El reabastecimiento seguirá realizándose del mismo modo que en la primera configuración, mediante 5 pedidos agrupados con 6 líneas de pedido cada uno de media. Las velocidades de las carretillas recogepedidos también serán las mismas y el tiempo estimado en el que el almacenero tarda en dejar o recoger los productos de una línea de pedido seguirá siendo de 5 segundos. La media de las distancias recorridas por las carretillas se volverá a calcular con las nuevas dimensiones de cada zona, calculando el desplazamiento total como la suma de la mitad ambas dimensiones para los desplazamientos horizontales y como la mitad de la altura de las estanterías para los desplazamientos verticales.

Se puede calcular una aproximación del tiempo necesario para el reabastecimiento del mismo modo que se hizo en el punto 5.2.2 de esta memoria para la primera configuración: se calcula la carga de trabajo estimando por separado los tiempos de los movimientos realizados en la zona de reserva (tabla 47) y en la de picking (tabla 48) para después sumarlos y a partir de ese dato obtener la productividad del reabastecimiento (tabla 49) así como el tiempo total necesario para un día promedio y un día con el máximo histórico de líneas de pedido.

Tabla 47. Movimientos para el reabastecimiento en la zona de reserva en la segunda configuración (Elaboración propia)

| Reserva | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Tiempo (s) |
|--------------------------------|---------------|-----------------|---------------|
| Desplazamiento sin carga | 14,79 | 2,22 | 6,66 |
| Elevación sin carga | 4 | 0,25 | 16,00 |
| Recogida de carga | | | 150,00 |
| Descenso con carga | 4 | 0,3 | 13,33 |
| Desplazamiento a punto partida | 14,79 | 1,95 | 7,58 |
| Total | | | 193,58 |

Tabla 48. Movimientos para el reabastecimiento en la zona de picking en la segunda configuración (Elaboración propia)

| Picking | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Tiempo (s) |
|--------------------------------|---------------|-----------------|---------------|
| Desplazamiento con carga | 9,36 | 1,95 | 4,80 |
| Elevación con carga | 4 | 0,2 | 20,00 |
| Descarga | | | 150,00 |
| Descenso sin carga | 4 | 0,25 | 16,00 |
| Desplazamiento a punto partida | 9,36 | 2,22 | 4,22 |
| Total | | | 195,02 |

Tabla 49. Productividad y tiempo de reabastecimiento en la segunda configuración (Elaboración propia)

| | |
|------------------------------------|------------------------|
| Carga desde reserva | 193,58 segundos |
| Descarga en picking | 195,02 segundos |
| Total reposición de picking | 388,60 segundos |
| Líneas preparadas | 30 |
| Productividad | 277,92 LP/h |

En la tabla 49 se puede ver que el tiempo medio total de reposición será por tanto de 388,60 segundos para 30 líneas, es decir que la productividad del reabastecimiento será de 277,92 LP/h. Teniendo en cuenta que hay 3 operarios, el nivel de servicio del 90% y el número máximo y promedio de líneas de pedido, se obtiene un tiempo de reabastecimiento con un 90% de nivel de servicio de 3 horas y 3 minutos para el máximo y 2 horas y 6 minutos para el promedio.

En la tabla 50 se puede observar el tiempo aproximado que tardarán los operarios en realizar cada tarea en el día del máximo histórico de líneas de pedido y en un día promedio con el 90% del nivel de servicio.

Tabla 50. Aproximación de la distribución del tiempo de operario en la segunda configuración (Elaboración propia)

| Operación (3 operarios) | T. Medio (100% NS) | T. Máximo (90% NS) |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Recepción pedidos | 24 min (1 operario) | 24 min (1 operario) |
| Reabastecimiento | 2 horas 6 min | 3 horas 3 min |
| Picking | 3 horas 53 min | 5 horas 39 min |
| Expedición | 24 min (1 operario) | 24 min (1 operario) |
| Total | 6 horas 47 min | 9 horas 30 min |

Cabe destacar que los tres almaceneros tardarán en realizar todas las tareas del día promedio menos de 6 horas y 47 minutos porque en las tareas de recepción y expedición de pedidos solo trabaja un operario y los otros dos pueden trabajar mientras tanto en el reabastecimiento o en el picking una vez se deposite la primera paleta o mientras se carga el vehículo respectivamente. Sin embargo, en el día del máximo histórico se ha obtenido un total de 9 horas y 30 minutos cuando la jornada laboral es de 8 horas, pero teniendo en cuenta que en la recepción y expedición de pedidos solo trabaja un operario, hay una hora y 36 minutos de operario extra correspondientes a los otros almaceneros que trabajarán en el reabastecimiento o el picking mientras tanto.

5.3.3. Distribución en planta

Una vez definidos los medios de almacenamiento y manutención así como sus necesidades, solo queda hacer la distribución en planta del centro de distribución con esta configuración. Para ello conviene recordar que todos los pasillos deben ser de al menos 1,80 metros de ancho para que las carretillas recogepedidos y los apiladores puedan circular por ellos. También se intentará hacer el edificio más cuadrado y se colocarán los muelles de carga en el lado cuya dimensión sea más cercana a los 10 metros, tal y como se propuso en el análisis crítico de la primera configuración.

La oficina para esta configuración será de 19,47 m², con unas dimensiones de 3,30 x 5,90 m tal y como se muestra en la ilustración 26. La zona de recepción y expedición ya consideraba en la primera configuración un coeficiente de seguridad del 100% para poder hacer frente a los picos de demanda imprevisibles, por lo que seguirá ocupando 19,20 m², siendo sus dimensiones de 3 x 6,40 m. Y las tres estaciones de trabajo para la preparación de pedidos son ahora de 1,60 x 2,50 m por lo que ocuparán una superficie total de 12 m².

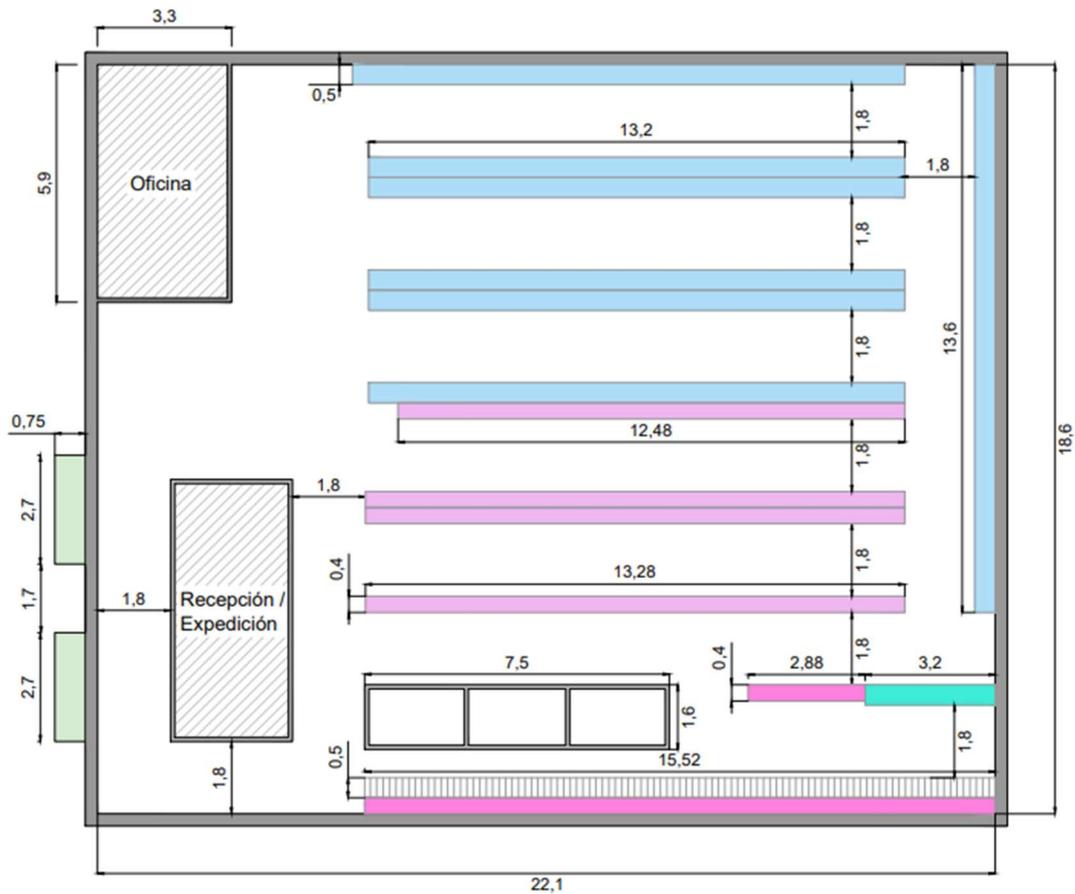


Ilustración 26. Distribución en planta segunda configuración (Elaboración propia)

Tal y como se muestra en la ilustración 26, el almacén medirá 22,10 x 18,60 m, por lo que el área total del edificio será de 411,06 m², lo que significa que con esta configuración el almacén es 188,36 m² menor que con la anterior. En cuanto a la altura, en la segunda configuración es de 8 metros mientras que en la anterior era de solo 6 metros.

La cinta transportadora de rodillos que se propone instalar se pondría junto a la estantería más larga de cajas medianas de la zona de picking y llegaría hasta las mesas de preparación de pedidos de los operarios. De este modo el conveyor medirá 15,52 metros y será de 500 mm de ancho para que pueda transportar los dos tipos de cajas utilizados en el almacén sin ningún problema.

Los muelles de carga seguirán siendo de 2,70 metros de ancho, aunque esta vez sus ejes centrales estarán separados 4,40 metros. Estas medidas también garantizan la separación

mínima entre vehículos de 1,10 metros, de hecho es de más de 2 metros por lo que el asfaltado exterior no tiene por qué ser de más de 30 metros en perpendicular al muelle (Alapont Logistics, 2019a).

Como debe haber 1,40 m de suelo asfaltado a cada lado de los muelles (Alapont Logistics, 2019b) y teniendo en cuenta toda la información anterior, se deberá asfaltar 304,43 m² de la zona exterior (9,90 x 30,75 m). Como los muelles se han colocado en el lado del almacén que mide 18,60 metros, la superficie total necesaria de parcela será de 983,01 m² (52,85 x 18,60 m), por lo que se construirá en uno de los solares de 1.000 m².

5.3.4. Análisis financiero

Una vez detallado el modelo de funcionamiento de la segunda configuración, se estudiarán tanto las inversiones necesarias para implantarlo como los gastos anuales que supondría para la empresa construir el almacén. De este modo podremos comparar las dos configuraciones, proponer posibles mejoras y seleccionar la configuración más adecuada según los objetivos marcados por la directiva cuando no se tengan más configuraciones que estudiar.

Al igual que en la primera configuración, se incluirán los costes del capital invertido en los costes anuales para tener en cuenta el riesgo de la inversión y su coste de oportunidad. De nuevo se utilizará una tasa de interés del 19% en el descuento de flujo de caja (DFC), por lo que los valores del factor DFC según la vida útil de cada elemento serán los mismos que los utilizados en la primera configuración (tabla 30).

Se han dividido los gastos en los mismos cinco grupos que en la propuesta anterior para poder comparar los resultados posteriormente: edificio y exteriores, medios de almacenamiento, medios de mantenimiento y equipamiento, costes de funcionamiento, y personal.

Las inversiones y costes anuales del edificio y sus exteriores se muestran en la tabla 51, donde se ha indicado que el almacén será de 8 metros de altura y la nueva superficie total del edificio y de la zona asfaltada junto a los muelles. En total este grupo de gastos supone una inversión de 181.645,50 € y un coste anual de 35.678,64 €.

Tabla 51. Inversión y costes del edificio en la segunda configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Precio unitario (€/ud) | Nº | Inversión (€) | Vida útil (años) | DFC | Coste anual (€) |
|---------------------------------------|------------------------|--------|-------------------|------------------|-------|------------------|
| m2 Almacén (8 m de altura) | 370,00 | 411,06 | 152.092,20 | 20 | 5,101 | 29.816,15 |
| m2 Acondicionamiento zonas exteriores | 50,00 | 304,43 | 15.221,50 | 20 | 5,101 | 2.984,02 |
| Plataforma del muelle | 1.000,00 | 2 | 2.000,00 | 10 | 4,339 | 460,94 |
| m2 Instalación servicios generales | 30,00 | 411,06 | 12.331,80 | 20 | 5,101 | 2.417,53 |
| Total Edificio | | | 181.645,50 | | | 35.678,64 |

En el grupo de los medios de almacenamiento se ha añadido la compra de los 11.808 divisores de plástico necesarios para las cajas pequeñas: 9.542 transversales de 120 x 100 mm y 2.266 longitudinales de 300 x 100 mm. También se ha modificado el número total de metros lineales

necesarios de cada tipo de estantería según su formato logístico tal y como se muestra en la tabla 52. Este grupo necesitará una inversión total de 217.213,75 €, que corresponde a 50.060,79 € de coste anual.

Tabla 52. Inversión y costes de los medios de almacenamiento en la segunda configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Precio unitario (€/ud) | Nº | Inversión (€) | Vida útil (años) | DFC | Coste anual (€) |
|---------------------------------------|------------------------|----------|-------------------|------------------|-------|------------------|
| m Estantería cajas grandes | 30,00 | 3.084,80 | 92.544,00 | 10 | 4,339 | 21.328,42 |
| m Estantería cajas medianas | 30,00 | 2.041,60 | 61.248,00 | 10 | 4,339 | 14.115,69 |
| m Estantería huecos pequeños | 30,00 | 416,00 | 12.480,00 | 10 | 4,339 | 2.876,24 |
| m Estantería huecos muy pequeños | 30,00 | 371,20 | 11.136,00 | 10 | 4,339 | 2.566,49 |
| Caja grande | 1,50 | 7.666 | 11.499,00 | 10 | 4,339 | 2.650,15 |
| Caja mediana | 1,25 | 17.469 | 21.836,25 | 10 | 4,339 | 5.032,55 |
| Divisores transversales 120x100mm | 0,50 | 9.542 | 4.771,00 | 10 | 4,339 | 1.099,56 |
| Divisores longitudinales 300x100mm | 0,75 | 2.266 | 1.699,50 | 10 | 4,339 | 391,68 |
| Total Medios de Almacenamiento | | | 217.213,75 | | | 50.060,79 |

En cuanto a las inversiones y costes anuales debidos a los medios de manutención del almacén, se sigue incluyendo el hardware y equipamiento básico para su gestión y el apilador para la zona de recepción y expedición. Sin embargo se ha reducido el número de carretillas recogepedidos con hombre arriba aunque, al llegar hasta 8 metros de altura, son más caras que las anteriores. También se añade a estos gastos la compra e instalación de la cinta transportadora de cajas con trazado simple en la zona de picking. Todos estos gastos se pueden observar en la tabla 53 y conforman un total de 530.280 € de inversión, que convertido en costes anuales son 156.002,64 €/año.

Tabla 53. Inversión y costes de los medios de manutención y equipamiento en la segunda configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Precio unitario (€/ud) | Nº | Inversión (€) | Vida útil (años) | DFC | Coste anual (€) |
|--|------------------------|-------|-------------------|------------------|-------|-------------------|
| Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén | 350.000,00 | 1 | 350.000,00 | 5 | 3,058 | 114.453,89 |
| Cinta transportadora cajas trazado simple | 1.500,00 | 15,52 | 23.280,00 | 10 | 4,339 | 5.365,29 |
| Apilador | 7.000,00 | 1 | 7.000,00 | 10 | 4,339 | 1.613,27 |
| Carretilla recogepedidos hasta 8m de altura | 50.000,00 | 3 | 150.000,00 | 10 | 4,339 | 34.570,18 |
| Total medios de manutención y equipamiento | | | 530.280,00 | | | 156.002,64 |

El cuarto grupo es el correspondiente a los costes de funcionamiento del almacén, que incluyen los costes anuales de mantenimiento estimados en un 1% de la inversión para el edificio e instalaciones y en un 10% sobre el valor de la inversión del equipamiento móvil. También hay

que tener en cuenta los gastos de energía, seguros y otros pormenores, por lo que, como muestra la tabla 54, el coste anual total de este grupo será de 40.296,24 €.

Tabla 54. Costes de funcionamiento del almacén en la segunda configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Precio (€/m2) | m2 | Inversión (€) | % | Coste anual (€) |
|--|---------------|--------|---------------|-----|------------------|
| Mantenimiento edificio e instalaciones | | | 164.424,00 | 1% | 1.644,24 |
| Mantenimiento zonas exteriores | | | 15.221,50 | 1% | 152,22 |
| Mantenimiento estanterías | | | 177.408,00 | 1% | 1.774,08 |
| Mantenimiento plataformas de muelles | | | 2.000,00 | 10% | 200,00 |
| Mantenimiento cinta transportadora | | | 23.280,00 | 10% | 2.328,00 |
| Mantenimiento medios de manutención | | | 157.000,00 | 10% | 15.700,00 |
| Gastos de energía, seguros y otros menores | 45,00 | 411,06 | | | 18.497,70 |
| Total costes de funcionamiento | | | | | 40.296,24 |

Finalmente se muestran los costes del personal del almacén en la tabla 55. Dichos costes corresponden a la contratación de un jefe de almacén, un administrativo y tres almaceneros. Se ha considerado que el mantenimiento se contrata a una empresa externa porque es un almacén con escasa automatización y por eso no hace falta contratar a ningún operario de mantenimiento a tiempo completo. El coste de dicho servicio está incluido en la estimación del coste de mantenimiento que se ha calculado en la tabla anterior. Por tanto el coste anual del personal será de 104.000 €.

Tabla 55. Costes de personal en la segunda configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Coste unitario (€/ud) | Nº | Coste anual (€) |
|-----------------------|-----------------------|----|-------------------|
| Jefe de almacén | 30.000,00 | 1 | 30.000,00 |
| Administrativo | 20.000,00 | 1 | 20.000,00 |
| Almacenero | 18.000,00 | 3 | 54.000,00 |
| Total Personal | | | 104.000,00 |

Al sumar las inversiones y costes anuales de los diferentes grupos, se obtiene un total de 929.139,25 € de inversión y 386.038,29 € de coste anual. Estos valores se pueden observar en la tabla 56.

Tabla 56. Inversión y costes totales en la segunda configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Inversión (€) | Coste anual (€) |
|--|----------------------|------------------------|
| Edificio e instalaciones | 181.645,50 € | 35.678,64 € |
| Medios de almacenamiento | 217.213,75 € | 50.060,79 € |
| Medios de mantenimiento y equipamiento | 530.280,00 € | 156.002,64 € |
| Funcionamiento del almacén | | 40.296,24 € |
| Personal | | 104.000,00 € |
| Total | 929.139,25 € | 386.038,29 € |

5.3.5. Análisis crítico y propuestas de mejora

El presupuesto fijado por la dirección de la empresa era de 1.000.000 € de inversión con un gasto anual máximo de 500.000 € y esta segunda configuración cumple dichas condiciones por lo que la propuesta es válida y viable financieramente. Sin embargo esto no quiere decir que no se puedan proponer cambios que reduzcan la inversión o los costes anuales, pues siempre hay margen para mejorar.

De todos modos, por ahora solo se van a estudiar las inversiones y costes anuales para ver qué elementos reportan los mayores gastos y así poder considerar si se pueden reducir de algún modo. Conviene recordar que hay gastos, como el del hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén que supone más del 65% de la inversión de su grupo, que no se podrán reducir ni eliminar por muy elevados que sean.

La inversión necesaria para la segunda configuración (929.139,25 €) está compuesta en un 57,07% por el gasto correspondiente a los medios de mantenimiento y equipamiento tal y como se puede observar en la ilustración 27. Otro 23,38% de la inversión total corresponde a los medios de almacenamiento mientras que el 19,55% restante es el del edificio y sus instalaciones.

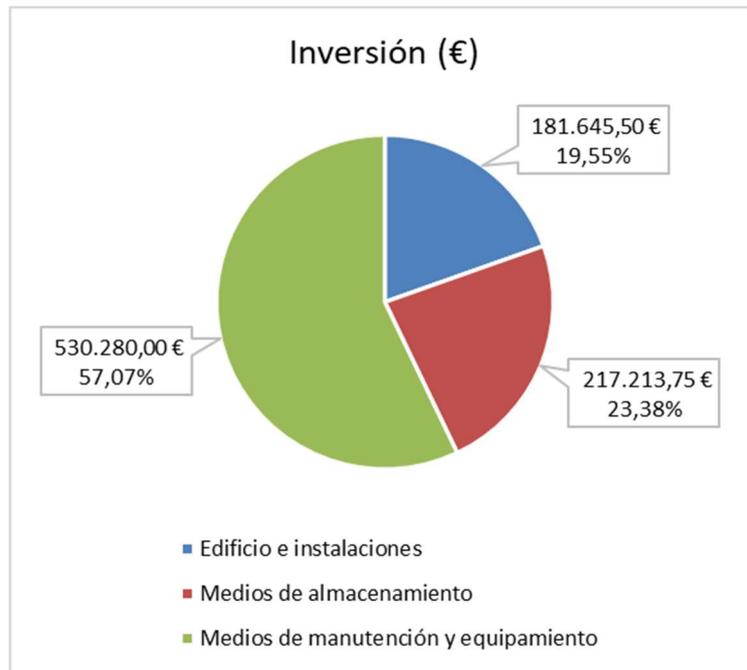


Ilustración 27. Porcentajes de la inversión en la segunda configuración (Elaboración propia)

En cuanto a los costes anuales del almacén, se pueden observar en la ilustración 28 los porcentajes del total que corresponden a cada grupo de gasto, siendo el de los medios de mantenimiento y equipamiento el más elevado (40,41% del total). Esto no sorprende, pues como ya se ha explicado, el gasto en hardware y equipamiento básico es uno de los más altos de toda la configuración del almacén.

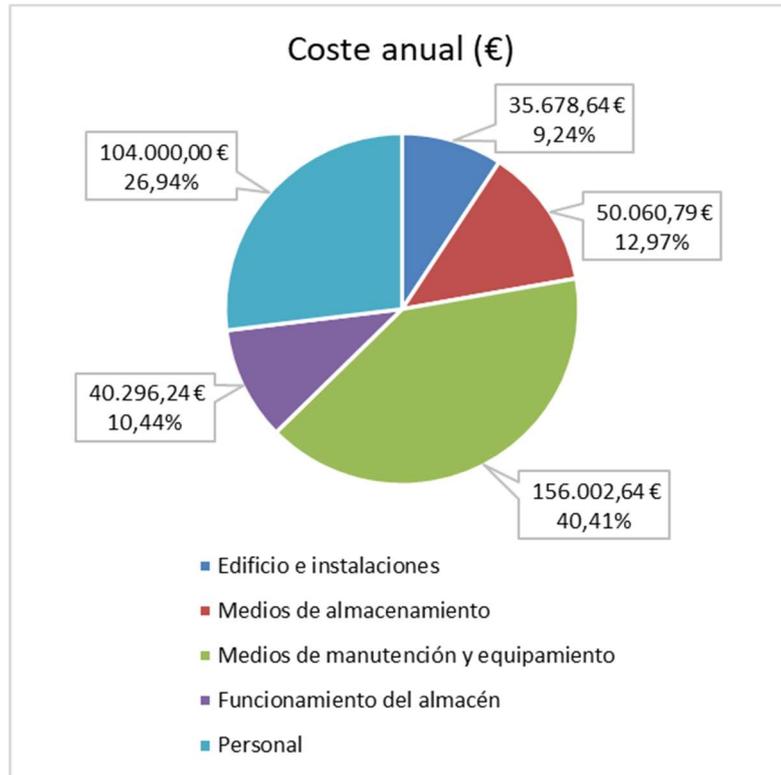


Ilustración 28. Porcentajes del coste anual en la segunda configuración (Elaboración propia)

El resto de los costes anuales se dividen de la siguiente forma: un 26,94% corresponde al coste del personal, un 12,97% a los medios de almacenamiento, un 10,44% al funcionamiento del almacén y el 9,24% restante es el coste del edificio y sus instalaciones.

Dado todo lo que se ha explicado en este punto y teniendo en cuenta que la segunda configuración parte de las mejoras aplicadas a la primera, se puede analizar cómo mejorar el diseño del centro de distribución para reducir los gastos según el grupo al que pertenecen:

1. Edificio e instalaciones: Para reducir la inversión en el edificio, se podría estudiar construir la nave con una altura mayor, quizás de 10 metros. Esto reduciría el número de metros cuadrados a construir, con sus correspondientes gastos de la instalación de servicios generales, mantenimiento, energía, etcétera. También se disminuirían los metros necesarios de la cinta transportadora en la zona de picking al contar con estanterías más altas. Sin embargo, aumentar la altura también incrementa el coste del metro cuadrado, por no hablar de que se necesitarían carretillas más caras que lleguen a una mayor altura y cuyo mantenimiento es más costoso.
2. Medios de almacenamiento: En este grupo solo están los gastos en estanterías y la compra de las cajas y los divisores. Estos divisores son necesarios porque han ayudado a reducir muy considerablemente los metros lineales de baldas necesarios para las cajas pequeñas, por lo que no se planteará retirarlos. El gasto en cajas se ha reducido considerablemente (un 43,50%) al reducir el número total de cajas necesarias aunque

las cajas medianas sean más caras que las pequeñas. En cuanto a los metros lineales de estanterías, ya se han reducido un 36,77% con respecto a los utilizados en la primera configuración (de 9.352,80 metros a 5.913,60 metros), que es más de lo esperado.

3. Medios de mantenimiento y equipamiento: El mayor gasto de este grupo es el del hardware y equipamiento básico como ya se ha visto, un gasto que no se puede modificar. En cuanto al conveyor, se podría reducir el número de metros necesarios si se aumentase la altura del almacén. Por último, unas carretillas retráctiles resultarían más baratas que las recogepedidos, pero para poder utilizarlas en el almacén, se tendría que aumentar el ancho de los pasillos a mínimo 2,70 metros en lugar de los 1,80 metros mínimos actuales, lo que aumentaría la superficie total del almacén.
4. Funcionamiento del almacén: Estos gastos se calculan en función de la inversión y los metros cuadrados construidos, por lo que no se pueden reducir directamente.
5. Personal: En esta configuración se ha propuesto contratar a un jefe de almacén, un administrativo y 3 operarios, por lo que la única forma de reducir el gasto sería contratar a menos almaceneros. Para ello, se necesitarían medios de mantenimiento y equipamiento con un mayor grado de automatización, lo que supondría un aumento de la productividad. Sin embargo estos equipamientos suelen ser bastante costosos.

Aunque no hay ninguna opción de mejora que asegure una reducción de costes o inversión (pues todas conllevan un aumento del gasto similar o mayor en otro elemento), se va a estudiar si compensa instalar un equipo automatizado en la zona de picking para las unidades y cajas más pequeñas. El elemento automático que se considerará es un paternóster, pues ocupa poco espacio y puede llegar a más metros de altura que otros equipamientos automatizados.

5.4. TERCERA CONFIGURACIÓN

5.4.1. Medios de almacenamiento

En el análisis crítico de la segunda configuración se ha propuesto instalar un paternóster en la zona de picking para las referencias con el volumen de stock más pequeño. La ocupación en planta de dicho carrusel vertical es de 3,50 x 1,50 metros y se utilizarán como divisores de los huecos el plástico de separación de las baldas. Dichos divisores tienen un precio muy bajo, por lo que se instalarán los necesarios para aumentar la ocupación de los huecos y se considerará que su coste está incluido en la estimación del coste del carrusel.

El paternóster puede almacenar un total de 7 m³. Sin embargo, como la ocupación media se estima en un 60% para el picking en elementos automáticos con gestión aleatoria de las ubicaciones, almacenaremos solo 4,20 m³ de producto (35,60% del volumen de stock total en picking) en huecos de diferente tamaño lo suficientemente pequeños como para incluso almacenar algunas referencias en unidades sueltas.

Para decidir las referencias que se almacenarán en el carrusel, se ha tenido en cuenta el stock medio de picking de cada una por estar gestionando las ubicaciones de forma aleatoria. Como lo que se busca es aumentar al máximo la ocupación de los huecos de la zona de picking, se escogen primero aquellas referencias que tienen un menor volumen de stock. Por ello, se almacenarán las referencias que se habían colocado en huecos pequeños y muy pequeños en la segunda configuración. El total de los stocks medios de dichas referencias son de 2,14 y 0,99 m³ respectivamente, por lo que almacenar estas referencias en el paternóster significa que se almacenarán 3,13 m³ de producto en él.

Como todavía cabe 1,07 m³ de producto, se ha decidido almacenar también en el paternóster algunas referencias que utilizaban cajas medianas. Para saber cuáles incluir en este grupo, se han ordenado las referencias que se almacenaban en dichas cajas en la segunda configuración de menor a mayor volumen de stock medio de picking. De este modo, por orden se ha ido sumando al stock que se almacena en el paternóster el stock medio de dichas referencias hasta que se ha llegado a los 4,20 m³.

Como se puede observar en la tabla 57, las 7.526 referencias que en la configuración anterior se almacenaban en huecos muy pequeños en la zona de picking y las 1.824 referencias de huecos pequeños, se almacenarán ahora en el paternóster. También se almacenarán 484 de las referencias de cajas medianas en el carrusel, por lo que únicamente habrá 1.010 referencias que se almacenarán en estanterías convencionales de cajas medianas (848 referencias) y grandes (162 referencias).

Tabla 57. Referencias y su inventario almacenadas en el paternóster (Elaboración propia)

| Formato anterior | Nº referencias | Total stock medio (m3) |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Caja mediana | 484 | 1,06369 |
| Hueco pequeño | 1.824 | 2,14029 |
| Hueco muy pequeño | 7.526 | 0,99466 |
| Total | 9.834 | 4,19864 |

En cuanto a esas 1.010 referencias que se almacenarán en estanterías convencionales, hay que calcular en número de huecos que necesitan teniendo en cuenta que dichos huecos son los que se han descrito en configuraciones anteriores. Se ha seguido el mismo procedimiento que en la segunda configuración, dividiendo el stock medio entre la capacidad del hueco, añadiendo al resultado un coeficiente de seguridad del 10% y redondeando al entero superior. De este modo, como se puede ver en la tabla 58, se han obtenido un total de 255 huecos de cajas grandes y 1.814 de cajas medianas, lo que supone 102 y 290,24 metros lineales respectivamente.

Tabla 58. Referencias almacenadas en estantería convencional de picking en la tercera configuración (Elaboración propia)

| Formato logístico | Nº referencias | Huecos necesarios | Metros lineales |
|-------------------|----------------|-------------------|-----------------|
| Caja grande | 162 | 255 | 102,00 |
| Caja mediana | 848 | 1.814 | 290,24 |
| Total | 1.010 | | 392,24 |

Aunque el paternóster mide solo 5 metros de alto, seguiremos diseñando el resto del almacén para una altura de 8 metros, por lo que en las estanterías de cajas grandes habrá 32 alturas y en las de cajas medianas 40. Teniendo esto en cuenta, se puede calcular el número de huecos por cada altura necesarios y, posteriormente, los metros de estantería convencional. Dichos valores se muestran en la tabla 59.

Tabla 59. Metros de estantería convencional de picking necesarios (Elaboración propia)

| Formato logístico | Huecos por altura (8m) | Metros de estantería |
|-------------------|------------------------|----------------------|
| Caja grande | 8 | 3,20 |
| Caja mediana | 46 | 7,36 |
| Total | | 10,56 |

En cuanto a la zona de reserva, no ha cambiado nada, por lo que seguirá siendo igual que en la segunda configuración. A modo resumen, se muestran en la tabla 60 algunos valores totales: el número de huecos y metros lineales necesarios de cada formato logístico así como los metros de estantería de 8 metros de altura que se van a instalar.

Tabla 60. Huecos y metros de la estantería convencional de reserva (Elaboración propia)

| Formato logístico | Huecos | m lineales | m estantería |
|-------------------|--------|------------|--------------|
| Caja grande | 7.411 | 2.964,40 | 93,20 |
| Caja mediana | 10.400 | 1.664,00 | 41,76 |
| Hueco pequeño | 4.696 | 250,72 | 6,56 |
| Hueco muy pequeño | 5.694 | 152,00 | 4,00 |

5.4.2. Medios y necesidades de manutención

Para calcular las necesidades de manutención y el equipamiento que se utilizará, se van a estudiar los movimientos de stock dentro del almacén del mismo modo en que se ha hecho para las dos configuraciones anteriores: primero se verá la carga y descarga de vehículos, a continuación la preparación de pedidos y por último el reabastecimiento.

La carga y descarga de vehículos se realizará de la misma forma que en las dos primeras configuraciones porque los parámetros que determinan el medio de manutención a utilizar y su cantidad necesaria son los mismos, así como la productividad de estas tareas y el tiempo necesario para completarlas. Es decir, se utilizará un apilador con el que un operario puede cargar o descargar 25 palets a la hora y, por tanto, necesitará 24 minutos al inicio de la jornada laboral para la tarea de descarga de los camiones y otros 24 para cargar los vehículos al final del día. Se debe recordar que dicho apilador tiene 10 años de vida útil, necesitará que los pasillos sean de al menos 1,80 metros de ancho y costará 7.000 €.

Para el picking y el reabastecimiento se utilizarán carretillas recogepedidos con hombre arriba que lleguen a los 8 metros de altura como en la segunda configuración. El número de carretillas (y operarios) necesarias estará en función de lo que se necesite para el picking ya que la zona de reserva no ha cambiado y los datos sobre la demanda tampoco.

En esta configuración se ha incluido un paternóster en la zona de picking (cuyas características estimadas se pueden observar en la tabla 61) pero también habrá unos metros de estanterías convencionales con un conveyor para las referencias con mayor stock de picking, por lo que la tasa de actividad en picking seguirá siendo de 150 líneas de pedido por hora. Por tanto se seguirán necesitando las 3 carretillas recogepedidos y los 3 almaceneros resultantes de los cálculos hechos en el apartado 5.3.2 sobre los medios y necesidades de manutención para la segunda configuración. Los tiempos de picking de la tercera configuración serán también los mismos que los calculados en dicho punto.

Tabla 61. Algunas características del paternóster (Elaboración propia)

| Paternóster | |
|--------------------------------------|--------|
| Acho del pasillo (m) | - |
| Líneas de pedido / hora desde baldas | 150 |
| Precio (€) | 30.000 |
| Vida útil (años) | 10 |

Por último, para el reabastecimiento solo habrá que recalcular el tiempo empleado en los movimientos en la zona de picking, pues la zona de reserva sigue exactamente igual que en la segunda configuración y, por lo tanto, un operario seguirá realizando la carga desde reserva de 30 líneas de pedido en 193,58 segundos. Dicho reabastecimiento sigue haciéndose de forma agrupada con 5 pedidos de 6 líneas de pedido de media.

Para calcular el tiempo que tarda un operario en realizar los movimientos para el reabastecimiento en la zona de picking, se tendrá en cuenta el tiempo que tarda el carrusel en colocarse en la posición deseada para poder descargar los productos. Dicho tiempo se ha estimado en unos 12 segundos por operación de descarga promedio (ya que no siempre se descarga al paternóster).

Recalculando las distancias recorridas en los desplazamientos horizontales con las nuevas dimensiones de la zona de picking y los tiempos de los desplazamientos verticales teniendo en cuenta que solo el 64,40% del stock de picking se almacena en las estanterías convencionales (los desplazamientos verticales del paternóster ya se han tenido en cuenta en los 12 segundos extra), se obtiene un tiempo total para los movimientos del reabastecimiento de las 30 líneas de pedido en la zona de picking de 188,97 segundos (tabla 62).

Tabla 62. Movimientos para el reabastecimiento en la zona de picking en la tercera configuración (Elaboración propia)

| Picking | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Tiempo (s) |
|--------------------------------|---------------|-----------------|---------------|
| Desplazamiento con carga | 3,93 | 1,95 | 2,02 |
| Elevación con carga | 4 | 0,2 | 12,88 |
| Descarga | | | 162,00 |
| Descenso sin carga | 4 | 0,25 | 10,30 |
| Desplazamiento a punto partida | 3,93 | 2,22 | 1,77 |
| Total | | | 188,97 |

Por lo tanto, el tiempo total de reposición de picking por 30 líneas de pedidos será de unos 382,55 segundos, lo que equivale a una productividad de 282,31 líneas de pedido por hora de operario tal y como se muestra en la tabla 63.

Tabla 63. Productividad y tiempo de reabastecimiento en la tercera configuración (Elaboración propia)

| | |
|------------------------------------|------------------------|
| Carga desde reserva | 193,58 segundos |
| Descarga en picking | 188,97 segundos |
| Total reposición de picking | 382,55 segundos |
| Líneas preparadas | 30 |
| Productividad | 282,31 LP/h |

En la tabla 64 se pueden ver los tiempos estimados que tardarán los operarios en realizar cada tarea del almacén. Los tiempos de reabastecimiento se han calculado de la misma forma que en las configuraciones anteriores pero con el nuevo valor de productividad.

Tabla 64. Aproximación de la distribución del tiempo de operario en la tercera configuración (Elaboración propia)

| Operación (3 operarios) | T. Medio (100% NS) | T. Máximo (90% NS) |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Recepción pedidos | 24 min (1 operario) | 24 min (1 operario) |
| Reabastecimiento | 2 horas 7 min | 3 horas 5 min |
| Picking | 3 horas 53 min | 5 horas 39 min |
| Expedición | 24 min (1 operario) | 24 min (1 operario) |
| Total | 6 horas 48 min | 9 horas 32 min |

Los tiempos totales aproximados de la segunda configuración eran de 6 horas y 47 minutos para el día promedio y de 9 horas y 30 minutos para el día con el máximo número de líneas de pedido, por lo que no se ha reducido el tiempo de operario en esta configuración y, por tanto, el problema de obtener más de 8 horas en el día del máximo se resuelve de igual manera que en la segunda configuración: dos operarios trabajarán en el reabastecimiento y el picking mientras el otro trabaja en la recepción o expedición de los pedidos.

Cabe destacar que los tres almaceneros tardarán en realizar todas las tareas del día promedio menos de 6 horas y 47 minutos porque en las tareas de recepción y expedición de pedidos solo trabaja un operario y los otros dos pueden trabajar mientras tanto en el reabastecimiento o en el picking una vez se deposite la primera paleta o mientras se carga el vehículo respectivamente. Sin embargo, en el día del máximo histórico se ha obtenido un total de 9 horas y 30 minutos cuando la jornada laboral es de 8 horas, pero teniendo en cuenta que en la recepción y expedición de pedidos solo trabaja un operario, hay una hora y 36 minutos de operario extra correspondientes a los otros almaceneros que trabajarán en el reabastecimiento o el picking mientras tanto.

5.4.3. Distribución en planta

Por último, para diseñar por completo el almacén, se debe hacer su distribución en planta con esta configuración.

La oficina y la zona de recepción y expedición no han cambiado con respecto a la segunda configuración, por lo que seguirán siendo de 3,30 x 5,90 m (19,47 m²) y de 3 x 6,40 m (19,20 m²) respectivamente. Las estaciones de trabajo también son como en la configuración anterior, de 1,60 x 2,50 m por lo que siguen ocupando una superficie total de 12 m². Además todos los pasillos deben ser de al menos 1,80 metros de ancho al igual que en las configuraciones anteriores

La zona de reserva tampoco ha cambiado, pero la zona de picking sí. En la ilustración 29 se observa que la cinta transportadora de rodillos ahora mide 6,08 metros únicamente, y también se muestra ubicado el paternóster.

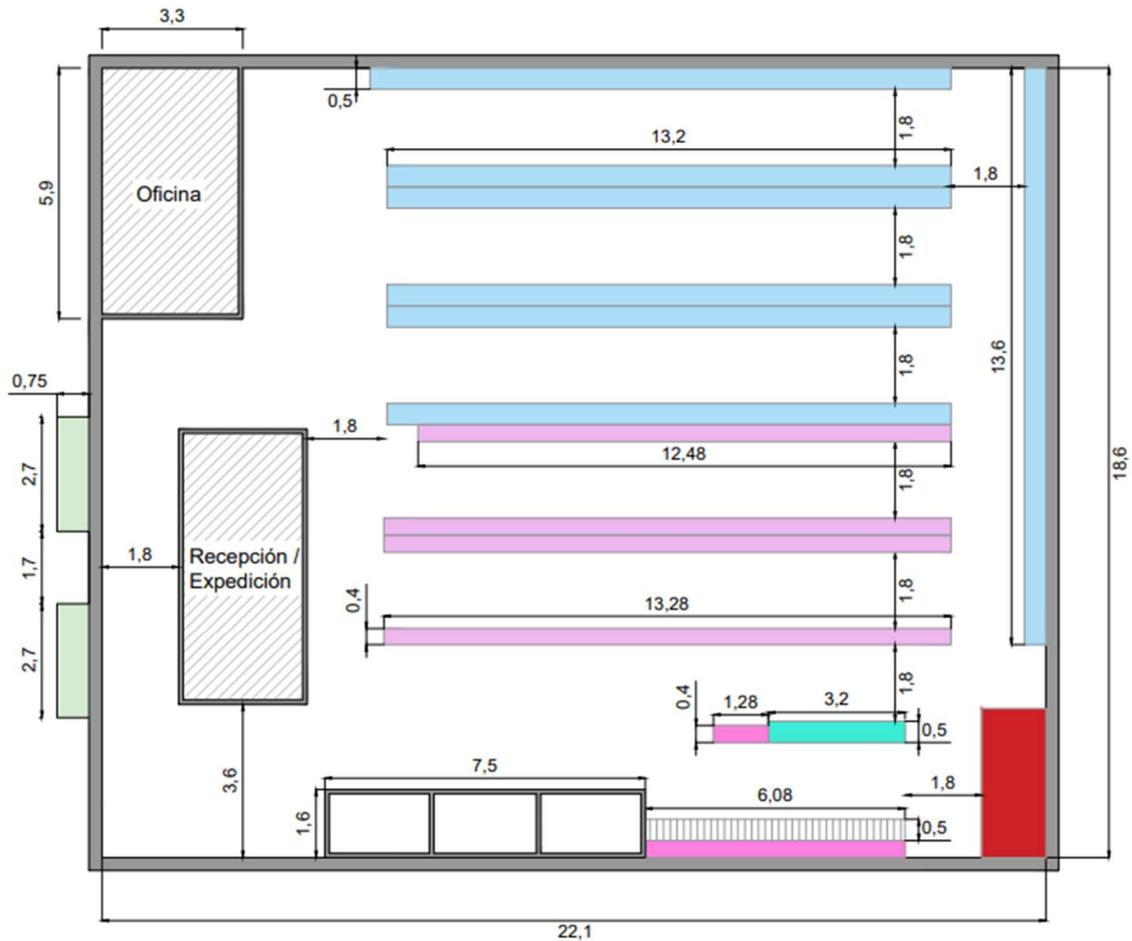


Ilustración 29. Distribución en planta segunda configuración (Elaboración propia)

Tal y como se muestra en la ilustración 29, el almacén medirá 22,10 x 18,60 m de nuevo, por lo que el área total del edificio seguirá siendo de 411,06 m² y 8 m de alto. Los muelles de carga también son iguales que en la segunda configuración aunque en esta ocasión están un poco más centrados. Sin embargo esto no afecta a la superficie exterior total a asfaltar, que sigue siendo de 9,90 x 30,75 m (304,43 m²) y se coloca en el mismo lateral del almacén. Por todo esto, la superficie total de la parcela debe ser de al menos 983,01 m² (52,85 x 18,60 m) y, al igual que en la configuración anterior, se propondrá comprar el solar de 1.000 m².

5.4.4. Análisis financiero

Ya se ha detallado el modelo de funcionamiento para la tercera configuración, por lo que solo falta analizar los costes anuales y las inversiones de esta propuesta para poder compararla con las configuraciones anteriores y ver las posibles mejoras que se le pueden aplicar. Este análisis se realizará igual que en la primera y segunda configuración: dividiendo los gastos en cinco grupos y calculando también los costes del capital invertido con el método del descuento de flujo de caja para una tasa de interés del 19%.

El primer grupo de gastos era el correspondiente al edificio y sus exteriores. Como las dimensiones no han variado, los resultados serán los mismos que en la segunda configuración tal y como se puede observar en la tabla 65.

Tabla 65. Inversión y costes del edificio en la tercera configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Precio unitario (€/ud) | Nº | Inversión (€) | Vida útil (años) | DFC | Coste anual (€) |
|---------------------------------------|------------------------|--------|-------------------|------------------|-------|------------------|
| m2 Almacén (8 m de altura) | 370,00 | 411,06 | 152.092,20 | 20 | 5,101 | 29.816,15 |
| m2 Acondicionamiento zonas exteriores | 50,00 | 304,43 | 15.221,50 | 20 | 5,101 | 2.984,02 |
| Plataforma del muelle | 1.000,00 | 2 | 2.000,00 | 10 | 4,339 | 460,94 |
| m2 Instalación servicios generales | 30,00 | 411,06 | 12.331,80 | 20 | 5,101 | 2.417,53 |
| Total Edificio | | | 181.645,50 | | | 35.678,64 |

Los gastos correspondientes a los medios de almacenamiento sí cambiarán, pues se ha cambiado la zona de picking, reduciendo las estanterías de cajas medianas y añadiendo el carrusel vertical (paternóster). Como se muestra en la tabla 66, la inversión total en este grupo será de 227.297 €, con un coste anual de 52.384,65 €.

Tabla 66. Inversión y costes de los medios de almacenamiento en la tercera configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Precio unitario (€/ud) | Nº | Inversión (€) | Vida útil (años) | DFC | Coste anual (€) |
|---------------------------------------|------------------------|----------|-------------------|------------------|-------|------------------|
| m Estantería cajas grandes | 30,00 | 3.084,80 | 92.544,00 | 10 | 4,339 | 21.328,42 |
| m Estantería cajas medianas | 30,00 | 1.964,80 | 58.944,00 | 10 | 4,339 | 13.584,70 |
| m Estantería huecos pequeños | 30,00 | 262,40 | 7.872,00 | 10 | 4,339 | 1.814,24 |
| m Estantería huecos muy pequeños | 30,00 | 160,00 | 4.800,00 | 10 | 4,339 | 1.106,25 |
| Carrusel vertical picking | 30.000,00 | 1 | 30.000,00 | 10 | 4,339 | 6.914,04 |
| Caja grande | 1,50 | 7.666 | 11.499,00 | 10 | 4,339 | 2.650,15 |
| Caja mediana | 1,25 | 14.729 | 18.411,25 | 10 | 4,339 | 4.243,20 |
| Divisores transversales 120x100mm | 0,50 | 5.030 | 2.515,00 | 10 | 4,339 | 579,63 |
| Divisores longitudinales 300x100mm | 0,75 | 949 | 711,75 | 10 | 4,339 | 164,04 |
| Total Medios de Almacenamiento | | | 227.297,00 | | | 52.384,65 |

En el grupo de los gastos debido a los medios de manutención y equipamiento del almacén, solo se modificará la partida de la cinta transportadora de rodillos de la zona de picking, pues se ha reducido el número de metros a instalar. En la tabla 67 se observa que la inversión total del grupo es de 516.120 € (casi el 68% de la cual corresponde al hardware de gestión del almacén) y los costes anuales son de 152.739,21 €.

Tabla 67. Inversión y costes de los medios de manutención y equipamiento en la tercera configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Precio unitario (€/ud) | Nº | Inversión (€) | Vida útil (años) | DFC | Coste anual (€) |
|--|------------------------|------|-------------------|------------------|-------|-------------------|
| Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén | 350.000,00 | 1 | 350.000,00 | 5 | 3,058 | 114.453,89 |
| Cinta transportadora cajas trazado simple | 1.500,00 | 6,08 | 9.120,00 | 10 | 4,339 | 2.101,87 |
| Apilador | 7.000,00 | 1 | 7.000,00 | 10 | 4,339 | 1.613,27 |
| Carretilla recogepedidos hasta 8m de altura | 50.000,00 | 3 | 150.000,00 | 10 | 4,339 | 34.570,18 |
| Total medios de manutención y equipamiento | | | 516.120,00 | | | 152.739,21 |

En cuanto al grupo de los costes de funcionamiento del almacén que se muestran en la tabla 68, se modificarán varios gastos del mantenimiento, que se estiman en un 10% sobre el valor de la inversión para todo el equipamiento móvil y en un 1% de la inversión para el edificio y sus instalaciones. En dichas estimaciones ya se tiene en cuenta el coste de contratación de la empresa externa que realizará el mantenimiento.

Tabla 68. Costes de funcionamiento del almacén en la tercera configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Precio (€/m2) | m2 | Inversión (€) | % | Coste anual (€) |
|--|---------------|--------|---------------|-----|------------------|
| Mantenimiento edificio e instalaciones | | | 164.424,00 | 1% | 1.644,24 |
| Mantenimiento zonas exteriores | | | 15.221,50 | 1% | 152,22 |
| Mantenimiento estanterías | | | 164.160,00 | 1% | 1.641,60 |
| Mantenimiento plataformas de muelles | | | 2.000,00 | 10% | 200,00 |
| Mantenimiento cinta transportadora | | | 9.120,00 | 10% | 912,00 |
| Mantenimiento carrusel vertical picking | | | 30.000,00 | 10% | 3.000,00 |
| Mantenimiento medios de manutención | | | 157.000,00 | 10% | 15.700,00 |
| Gastos de energía, seguros y otros menores | 45,00 | 411,06 | | | 18.497,70 |
| Total costes de funcionamiento | | | | | 41.747,76 |

El último grupo de gastos es el de los del personal contratado: un jefe de almacén, un administrativo y tres almaceneros. Como se ha dicho en la explicación del grupo anterior, se ha decidido contratar a una empresa externa para el mantenimiento. Esto es así porque el almacén

apenas está automatizado. En la tabla 69 se muestran los costes de este grupo, siendo el total de 104.000 €/año.

Tabla 69. Costes de personal en la tercera configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Coste unitario (€/ud) | Nº | Coste anual (€) |
|-----------------------|-----------------------|----|-------------------|
| Jefe de almacén | 30.000,00 | 1 | 30.000,00 |
| Administrativo | 20.000,00 | 1 | 20.000,00 |
| Almacenero | 18.000,00 | 3 | 54.000,00 |
| Total Personal | | | 104.000,00 |

Por último se han sumado las inversiones y costes anuales totales de los cinco grupos tal y como se muestra en la tabla 70, obteniendo una inversión total de 925.062,50 € y un coste anual total de 386.550,25 €.

Tabla 70. Inversión y costes totales en la tercera configuración (Elaboración propia)

| Concepto | Inversión (€) | Coste anual (€) |
|--|---------------------|---------------------|
| Edificio e instalaciones | 181.645,50 € | 35.678,64 € |
| Medios de almacenamiento | 227.297,00 € | 52.384,65 € |
| Medios de mantenimiento y equipamiento | 516.120,00 € | 152.739,21 € |
| Funcionamiento del almacén | | 41.747,76 € |
| Personal | | 104.000,00 € |
| Total | 925.062,50 € | 386.550,25 € |

5.4.5. Análisis crítico y propuestas de mejora

Los valores de inversión y costes anuales de la tercera configuración, al igual que los de la segunda, entran dentro del presupuesto de la empresa (1.000.000 € de inversión y un gasto anual máximo de 500.000 €), por lo que también es una buena opción para recomendar a la empresa. Aun así vamos a analizar los gastos de esta configuración para ver si se pueden proponer mejoras para otras configuraciones.

Empezando con los valores de las inversiones necesarias para poner en marcha la tercera configuración, se observa en la ilustración 30 que el 55,79% de la inversión total de 925.062,50 € se corresponde a los medios de mantenimiento y equipamiento. Sin embargo, un 67,81% de los gastos de este grupo corresponde al hardware y equipamiento básicos para la gestión del almacén, por lo que no habrá casi margen para reducir la inversión en este grupo. Otro 24,57% de la inversión total está destinado a los medios de almacenamiento, y el 19,64% restante es la

inversión en el edificio y sus instalaciones, un porcentaje muy similar al obtenido en la segunda configuración para este grupo (19,55%).

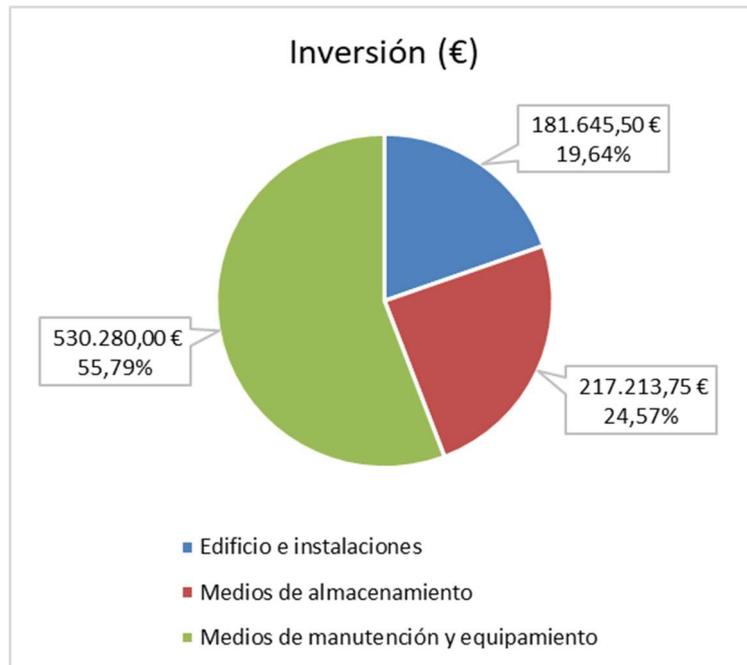


Ilustración 30. Porcentajes de la inversión en la tercera configuración (Elaboración propia)

A continuación se muestran en la ilustración 31 los costes anuales de los cinco grupos de gasto de la tercera configuración y el porcentaje sobre el total que les corresponde. Como era de esperar, el mayor coste es el correspondiente a los medios de manutención y equipamiento (39,51%). El coste del personal también representa una gran parte del coste total de 386.550,25 €, sin embargo aunque este grupo representa un 26,90% de los costes anuales, será muy difícil reducirlo.

El resto de grupos de coste anual ordenados de mayor a menor porcentaje sobre el total son el correspondiente a los medios de almacenamiento (13,55% del total), el debido al funcionamiento del almacén (10,80%) y el del edificio y sus instalaciones (9,23%).

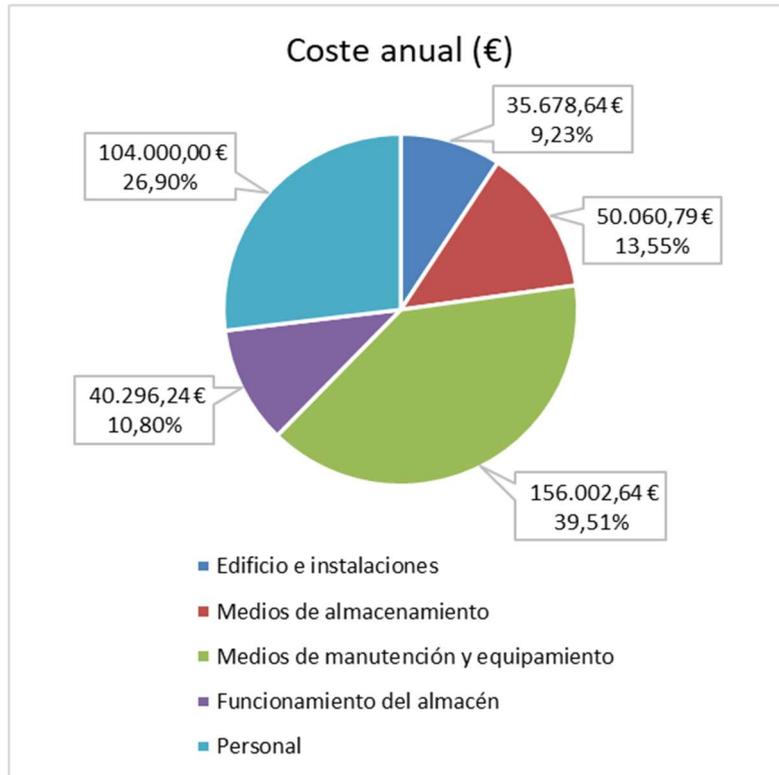


Ilustración 31. Porcentajes del coste anual en la tercera configuración (Elaboración propia)

Teniendo en cuenta estos análisis de costes e inversiones, recordando el análisis crítico de la segunda configuración (punto 5.3.5 de este documento) y como con la configuración actual también se cumple con los presupuestos fijados por la empresa, se ha decidido dejar de iterar y no cambiar ningún elemento del modelo de funcionamiento de esta configuración. Esto se debe también a que la última mejora propuesta y que se ha desarrollado en la tercera configuración, solo ha supuesto una disminución del 0,44% de la inversión con respecto a la configuración anterior y, sin embargo, ha aumentado el coste anual en un 0,13%. Es decir, la tercera configuración supone una inversión de 4.076,75 € menos que en la segunda configuración, pero a cambio los costes anuales subirían en 511,96 €.

CAPÍTULO 6. CONFIGURACIÓN RECOMENDADA, ESTUDIOS FUTUROS Y CONCLUSIONES

6.1. PROPUESTA SELECCIONADA

A continuación se van a comparar las tres configuraciones del almacén propuestas para seleccionar la más conveniente para la empresa en su situación actual. Se realizará un análisis mayoritariamente cuantitativo centrándose en el ámbito financiero, aunque también se pueden tener en cuenta aspectos cualitativos.

Tras seleccionar el modelo de funcionamiento recomendado, se hará una breve explicación de los procedimientos operativos del almacén siguiendo el flujo del material (productos) desde que entra al almacén hasta que sale de él.

6.1.1. Selección de la configuración recomendada

Como las tres configuraciones han sido diseñadas para obtener un nivel de servicio del 90% con un periodo de entrega de 1 día laborable, los parámetros principales que se van a tener en cuenta para decidir qué configuración se propondrá a la empresa son la inversión y el coste anual del almacén, pues son las variables de mayor relevancia para la dirección de la empresa.

En la tabla 71 se pueden observar las inversiones en cada configuración divididas en los principales grupos de gasto. De este modo se puede ver claramente que en la segunda y tercera configuración se han reducido las inversiones en mayor o menor medida en los tres grupos respecto a la primera configuración, lo que implica que se ha pasado de una inversión total de 1.175.625,15 € en la primera configuración a 929.139,25 € y 925.062,50 € en la segunda y tercera configuración respectivamente.

Tabla 71. Inversiones en todas las configuraciones (Elaboración propia)

| Inversión (€) | 1ª Configuración | 2ª Configuración | 3ª Configuración |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Edificio e instalaciones | 239.037,40 | 181.645,50 | 181.645,50 |
| Medios de almacenamiento | 339.587,75 | 217.213,75 | 227.297,00 |
| Medios de mantenimiento y equipamiento | 597.000,00 | 530.280,00 | 516.120,00 |
| Total | 1.175.625,15 | 929.139,25 | 925.062,50 |

Estas diferencias en las inversiones se pueden ver de una forma más visual en la ilustración 32: a simple vista todas las barras de la segunda y tercera configuración son más cortas que las de la primera. Las inversiones tanto del edificio y sus instalaciones como de los medios de

almacenamiento no llegan a los 200.000 € en la segunda configuración y en la tercera, mientras que en la primera superan este importe.

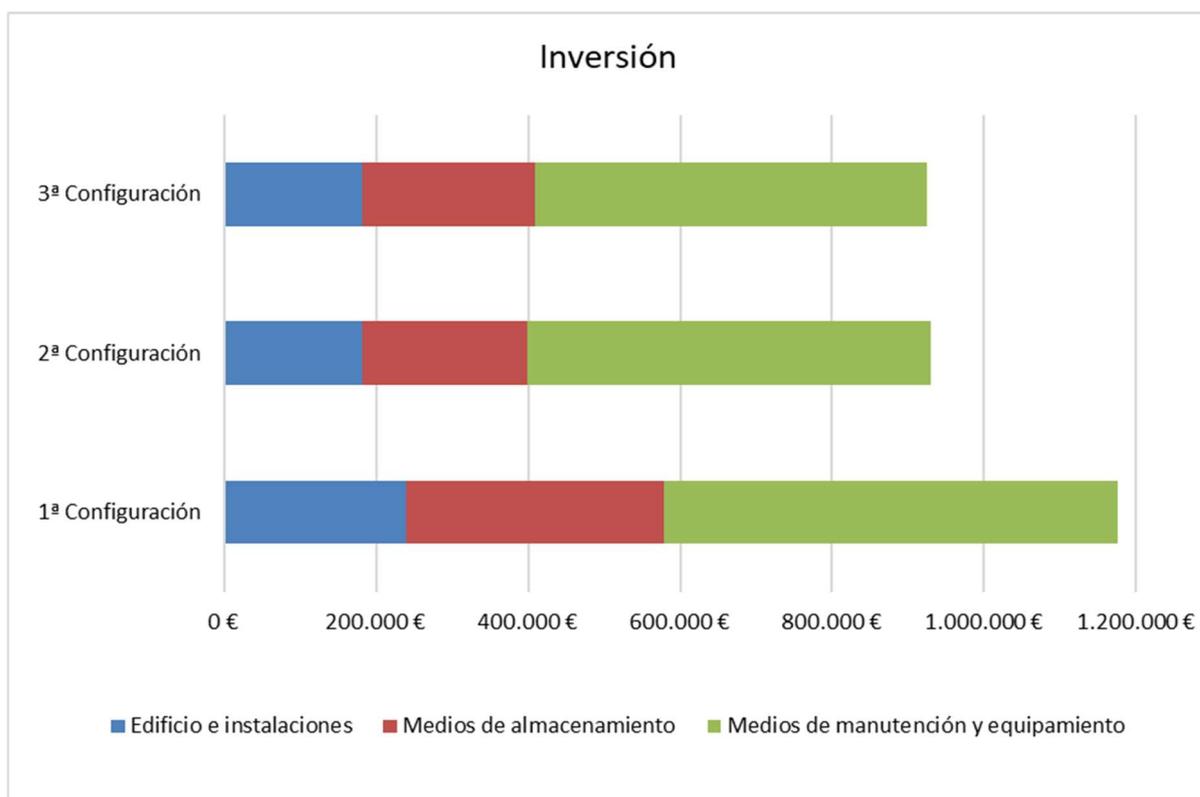


Ilustración 32. Comparación de las inversiones en todas las configuraciones (Elaboración propia)

También hay diferencias en los costes anuales entre las configuraciones. Como se puede observar en la tabla 72, también se han reducido en las dos últimas configuraciones los costes anuales en todos los grupos con respecto a la primera, de modo que se ha pasado de un coste anual total de 511.623,37 € en la primera configuración a 386.038,29 € en la segunda y 386.550,25 € en la tercera.

Tabla 72. Costes anuales en todas las configuraciones (Elaboración propia)

| Coste anual (€) | 1ª Configuración | 2ª Configuración | 3ª Configuración |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| Edificio e instalaciones | 46.929,75 | 35.678,64 | 35.678,64 |
| Medios de almacenamiento | 78.264,06 | 50.060,79 | 52.384,65 |
| Medios de mantenimiento y equipamiento | 171.379,45 | 156.002,64 | 152.739,21 |
| Funcionamiento del almacén | 57.050,11 | 40.296,24 | 41.747,76 |
| Personal | 158.000,00 | 104.000,00 | 104.000,00 |
| Total | 511.623,37 | 386.038,29 | 386.550,25 |

De nuevo se ha elaborado un gráfico (ilustración 33) para ver de forma más visual las reducciones en los costes anuales para cada grupo y el total acumulado.

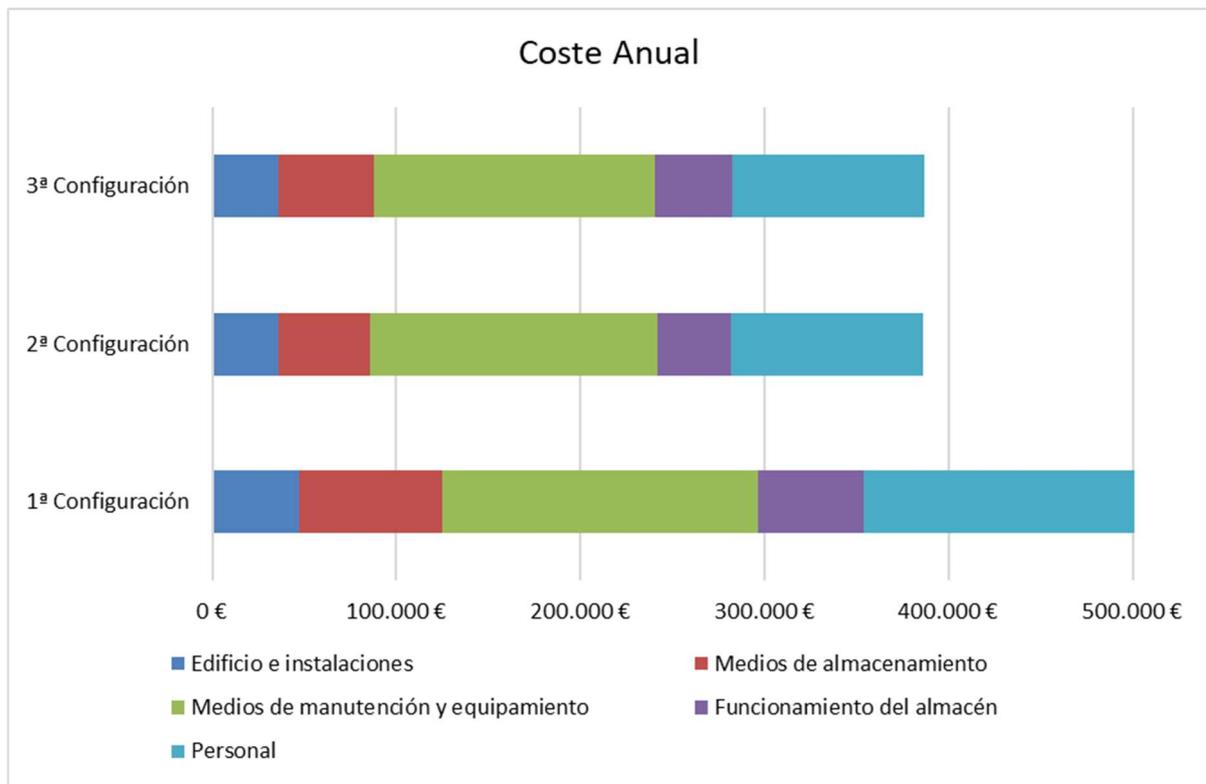


Ilustración 33. Comparación de los costes anuales en todas las configuraciones (Elaboración propia)

Por lo tanto la segunda configuración tiene mejores resultados en cuanto a los costes anuales mientras que la tercera configuración es la de menor inversión total necesaria. Solo se ha calculado el plazo de recuperación de la inversión (payback) de la segunda configuración con respecto de la tercera descartando así la primera configuración porque, como se puede observar en la tabla 73, tanto la inversión como los pagos son mayores en la primera configuración y, por lo tanto, este cálculo no tendría sentido: la primera configuración es la peor en todos los sentidos financieros sin lugar a duda.

Tabla 73. Marginal de inversión, costes y pagos entre las configuraciones (Elaboración propia)

| | 1ª Configuración | 2ª Configuración | 3ª Configuración | Marginal (2ª - 3ª) |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|
| Inversión (€) | 1.175.625,15 | 929.139,25 | 925.062,50 | 4.076,75 |
| Costes (€/año) | 511.623,37 | 386.038,29 | 386.550,25 | - 511,96 |
| Amortización (€/año) | 282.974,79 | 241.742,06 | 240.802,50 | |
| Pagos (€/año) | 228.648,58 | 144.296,24 | 145.747,76 | - 1.451,52 |
| | | | Payback | -2,8086 |

En cuanto a la comparación de la segunda configuración con respecto a la tercera, se observa que la segunda configuración tiene una inversión un poco mayor pero gastos un poco menores que los de la tercera, y dicha inversión se recuperaría en 2,81 años. Sin embargo, como la segunda configuración no supone una mejora en los sistemas de almacenaje y manutención del almacén, se mirarán otros factores que puedan ayudar a decidir qué configuración recomendar, pues no hay apenas diferencia económica entre ellas.

Un factor que podría tenerse en cuenta es el espacio libre que ha quedado en el edificio del almacén, pues dicho espacio podrá utilizarse para aumentar el espacio de almacenamiento en caso de que sea necesario por un crecimiento del volumen de pedidos o de los stocks en el futuro. En la tercera configuración ha quedado un poco más de espacio libre que en la segunda, aunque no era suficiente espacio para reducir las dimensiones del almacén, sí se podría utilizar en un futuro para poner alguna estantería extra, aumentar la zona de recepción y expedición de pedidos o la oficina, etcétera.

Otro factor que puede resultar interesante para comparar las propuestas es el aprovechamiento del volumen ya que es un componente del aprovechamiento del almacenamiento. Para calcularlo se han tenido en cuenta para cada configuración la altura del almacén, la superficie que ocupan las estanterías y las dimensiones del almacén. En la tabla 74 se muestra el aprovechamiento del volumen calculado para todas las configuraciones.

Tabla 74. Aprovechamiento del volumen en las diferentes configuraciones (Elaboración propia)

| | m3 Estanterías | m3 Edificio | Aprovechamiento |
|-------------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|
| 1ª Configuración | 772,34 | 3.596,52 | 21,47% |
| 2ª Configuración | 593,66 | 3.288,48 | 18,05% |
| 3ª Configuración | 602,83 | 3.288,48 | 18,33% |

Según estos valores, el aprovechamiento del volumen de la primera configuración es mayor al de la segunda y la tercera, por lo que en un principio sería recomendable escoger la primera configuración por aumentar el volumen total aprovechado del almacén con este componente. Sin embargo, éste no es el único factor que afecta al aprovechamiento del almacenamiento, sino que también se debe tener en cuenta la ocupación de los huecos (mayor en la 2ª y 3ª configuración por el uso de los divisores de cajas pequeñas y el paternóster), el volumen de almacenamiento (mayor en la 1ª configuración) y los huecos utilizados (mayor en la 2ª y 3ª configuración por gestionar de forma aleatoria las ubicaciones), por lo que no se puede recomendar la primera configuración en base al aprovechamiento del volumen. Como apunte adicional, en las tres configuraciones el aprovechamiento del volumen es menor al 50% por lo que se consideran almacenes de baja densidad.

En conclusión, se propone la tercera configuración para ser implantada como el modelo de funcionamiento del centro de distribución por tener la menor inversión (925.062,50 €) y unos costes anuales (386.550,25 €) menores que en la primera configuración aunque sean un poco mayores que los de la segunda. Además para esta configuración se necesitan poco más de 400 m² para la construcción de la nave, casi 200 m² menos que en la primera configuración. Esto junto con las proporciones de las dimensiones de la nave y el lugar donde se colocan los muelles de carga, también implica que la empresa gastará menos dinero en la compra del solar, pues (tal como se ha explicado en los puntos sobre las distribuciones en planta) bastará con uno de 1.000 m², no como en la primera configuración que necesitaba el solar de 2.000 m².

6.1.2. Procedimientos operativos del almacén

Ahora que ya se ha escogido la tercera configuración, se detallan las operaciones que se realizarán en una jornada laboral normal dentro del almacén:

1. Recepción y comprobación de los pedidos al proveedor: Una vez los vehículos hayan aparcado en los muelles de carga, un operario descargará los palets con la ayuda de un apilador y los depositará en la zona de recepción y expedición. Mientras tanto los otros dos operarios desmontarán los palets para comprobar la recepción de las referencias en las cantidades pedidas y empezarán con la siguiente tarea. Para la descarga de los vehículos se necesitan unos 24 minutos.
2. Reabastecimiento del almacén: Los operarios almacenarán los productos recibidos en la zona de reserva utilizando las carretillas recogepedidos con hombre arriba de hasta 8 metros de altura. Además, los tres operarios utilizarán las carretillas recogepedidos para reponer las referencias que toque reponer ese día en la zona de picking, tanto en el paternóster como en las estanterías convencionales. Tal y como se explicó en el punto 4.1 de este documento sobre la estrategia de reposición del área de picking, las referencias tipo A se repondrán cada 2 días, las tipo B una vez cada 2 semanas y las tipo C cada 5 semanas. Además, para esta tarea también se podrá hacer uso de la cinta transportadora de rodillos de la zona de picking. El reabastecimiento de las dos zonas se realizará, de media, en 2 horas y 7 minutos aproximadamente.
3. Preparación de pedidos: Para el picking los operarios utilizarán las carretillas recogepedidos y el conveyor, pues por ejemplo mientras dos operarios van sacando los productos de las estanterías o el paternóster, otro puede estar en una estación de trabajo conformando las cajas y haciendo las comprobaciones pertinentes. Tras realizar un pedido, se dejará en la zona de recepción y expedición. Todo el proceso de preparación de pedidos se realizará en una media de 3 horas y 53 minutos.
4. Expedición: Un operario tardará unos 24 minutos de media en trasladar los pedidos desde la zona de recepción y expedición hasta los muelles de carga y cargar los vehículos correspondientes. Mientras tanto los otros dos operarios seguirán preparando pedidos si todavía no han terminado.

5. Limpieza, organización y otras tareas: Cuando un operario ha terminado con la tarea que le corresponde y, por el motivo que sea, no puede iniciar la siguiente operación, ayudará a sus compañeros con sus respectivas tareas si lo necesitan y, posteriormente, realizará otras pequeñas tareas como ordenar y limpiar su estación de trabajo, reabastecerla del material necesario para la preparación de los pedidos o retirar los palets vacíos que se hayan podido quedar por medio, etcétera.

6.2. POSIBLES ACTUACIONES FUTURAS O COMPLEMENTARIAS

6.2.1. Actuaciones en otros ámbitos

Hay una acción muy clara que ahorraría dinero a la empresa y es reducir las referencias obsoletas (y no hacer más pedidos al proveedor de estos productos). Durante el último año hubo 1.460 referencias (13,46% del total) de las que solo se ha vendó una unidad y otras 2.357 referencias (21,74% del total) reportaron como máximo una venta mensual. Estas 3.817 referencias están prácticamente paradas ocupando espacio en el almacén, un espacio que tiene un coste y, por lo tanto, almacenar esas referencias que no se están vendiendo le está generando pérdidas a la empresa.

Para dar salida al stock de las referencias obsoletas y así reducir el espacio de almacenamiento necesario, se proponen tres alternativas que tendrían que estudiar los departamentos correspondientes. Se deberá estudiar cada propuesta según las referencias, pues puede ocurrir que no compense deshacerse de algunas de ellas por diferentes razones, como que completen una gama. Las alternativas propuestas para reducir el número de referencias obsoletas son:

1. Realizar una campaña de liquidación coordinada por el departamento de marketing. Al ofrecer un descuento por estos productos es más probable que se vendan. El coste de dicho descuento debería ser menor al coste de almacenamiento para reducir las pérdidas.
2. Donar las referencias obsoletas a una ONG. Esta acción daría buena imagen a la empresa por lo que conviene que el departamento de marketing o publicidad esté al corriente. Además, las donaciones a organizaciones sin ánimo de lucro suelen conllevar también algunas ventajas fiscales para la empresa, por lo que deberán estudiarlo también en el departamento fiscal y de finanzas. Puede que entre las reducciones fiscales y el ahorro en publicidad salga rentable esta opción.
3. Simplemente retirar el producto. Cuando el coste de almacenamiento de un producto hasta su venta es mucho mayor al propio coste del producto, es preferible asumir la pérdida que supone retirar dicho producto antes que seguir almacenándolo durante un largo periodo de tiempo. Sin embargo se debería estudiar el coste de dicha retirada, pues el vertedero cobra una tasa de recuperación de materiales con productos químicos como el alcohol, algo bastante común en los productos de perfumería y cosmética. No obstante, antes que retirar algún producto siempre será más recomendable la opción de donarlo a una ONG por las posibles ventajas explicadas anteriormente.

6.2.2. Mejoras futuras del centro de distribución

Actualmente la opción de la tercera configuración es suficientemente buena, pero en el futuro puede ser necesario realizar algunas modificaciones si cambian las condiciones de la empresa, sus ventas o sus compromisos de plazo y servicio al cliente. A continuación se exponen varias mejoras que se podrían haber planteado en el diseño del centro de distribución pero que se han descartado por algún motivo y que podrían replantearse en el futuro.

Por ejemplo, se podría haber planteado instalar un dispensador A-frame en la zona de preparación de pedidos para los productos A+ (referencias tipo A con mayor rotación) porque muchos de los productos que más vende la empresa son de dimensiones muy reducidas (como por ejemplo los labiales). Sin embargo dicho equipamiento habría costado unos 600.000 €, un precio demasiado elevado teniendo en cuenta que la superficie dedicada al almacenamiento de picking tampoco es muy grande. Sí habría supuesto una mejora en los tiempos de preparación de pedidos, pero con las opciones menos automatizadas que se han propuesto se cumple con los plazos de entrega, y en la tercera configuración tan solo hacen falta tres operarios trabajando para conseguirlo. Quizás en un futuro, si aumentan las ventas o si resulta necesario mejorar los tiempos de preparación de pedidos, sea conveniente replantear la instalación de un dispensador automático.

Lo mismo ocurre con otros equipamientos automatizados como los transelevadores o los miniloads. En este caso tampoco resulta rentable realizar una gran inversión en este tipo de equipamiento en el momento actual de la empresa por el reducido volumen de stock de cada referencia, pero si en un futuro la empresa aumenta el volumen de stock con el que trabaja hasta el punto de manejar paletas, sería conveniente estudiar esta opción.

En cuanto al sistema pick-to-light cabe destacar que en un inicio se planteó instalarlo en las estanterías convencionales al menos en la zona de picking para las referencias tipo A, pero el coste de este sistema se calcula por ubicación por lo que resulta demasiado costoso para un almacén con muchas referencias como este y solo será aconsejable estudiar su implantación cuando haga falta mejorar el ratio de líneas de pedido preparadas por hora porque no se alcanza el nivel de servicio al cliente de la política de la empresa o porque hay demasiados operarios trabajando en el picking.

6.3. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Tal como se dijo al inicio de este trabajo, hay demasiadas posibilidades en el diseño de un almacén, por lo que por muchas iteraciones que se hagan, nunca se podrá asegurar que la mejor de esas alternativas sea la configuración óptima. Por eso se ha decidido dejar de iterar tras la tercera configuración, pues no se han encontrado puntos de mejora que garantizasen una disminución sustancial de los costes, la inversión o la superficie necesaria, y la diferencia entre la segunda y la tercera configuración en dichos parámetros es mínima.

Se podría dividir este documento en cuatro partes bastante diferenciadas. La primera sería la del capítulo de introducción y el de los fundamentos teóricos. Es una parte para ponerse en

situación y entender un poco el trabajo, pues aquí se explican los objetivos y la estructura del trabajo así como la razón por la que hace falta diseñar el almacén y las condiciones que debe cumplir. También hay una breve explicación de la metodología, los términos y los elementos que se van a emplear a lo largo del proceso de diseño.

La segunda parte es en la que se preparan los datos para diseñar el almacén. En ella se exponen y analizan las características de los productos más relevantes para el trabajo: cómo deben almacenarse, la familia a la que pertenecen, su clasificación según su rotación, cada cuánto se reponen, sus perfiles de inventario o los formatos logísticos que utilizarán. También se ha estudiado el volumen de los pedidos para poder asegurar que las ventas no son fuertemente estacionales y para conocer las necesidades de productividad en la preparación de pedidos.

La tercera parte del trabajo es la del diseño del almacén como tal, decidiendo todo el modelo de funcionamiento: tanto los medios de almacenamiento y manutención como la distribución en planta. Siguiendo un método iterativo se han propuesto tres configuraciones diferentes y se han analizado según el punto de vista económico. La primera consistía en un almacén convencional gestionado con ubicaciones fijas en estanterías de 6 metros de altura para cajas, con zonas diferenciadas para reserva y picking, y en el que se utilizaban carretillas recogepedidos en todo el almacén excepto para la carga y descarga de vehículos (en la que se usaba un apilador). Sin embargo, dicha configuración no cumplía los requisitos del presupuesto de inversión y costes anuales. Tras proponer diferentes mejoras, se diseñó una segunda configuración en la que se dividían las cajas medianas en tres espacios correspondientes al volumen de tres cajas pequeñas y se introducía un nuevo formato logístico al dividir los espacios de los huecos pequeños con otro separador de plástico para aumentar así la ocupación de los huecos. También se aumentó la altura a 8 metros y se instaló una cinta transportadora en la zona de picking para aumentar la productividad en la preparación de pedidos y reducir así el número de operarios necesarios de 6 a 3. Se decidió gestionar las ubicaciones del nuevo almacén de forma aleatoria para reducir también el número de huecos necesarios, pero se mantuvo el uso de estanterías convencionales, el apilador y las carretillas recogepedidos. Esta segunda configuración no solo cumplía con todos los requisitos de la empresa, sino que mejoraba todos sus valores con respecto a la opción anterior. Por último se diseñó una tercera configuración cuya diferencia con la segunda era la zona de picking, pues se instaló un paternóster para las referencias con menor volumen de stock en picking, reduciendo así los metros de estanterías convencionales y de la cinta transportadora necesarios. Los valores en esta tercera configuración de la inversión y costes anuales eran similares a los de la segunda, por lo que se dejó de iterar.

Por último, la cuarta parte del trabajo es la dedicada a la selección de la configuración recomendada (la tercera) por cumplir con todas las limitaciones al diseño que impuso la empresa, por necesitar un solar más pequeño, por tener una inversión y costes anuales menores a los de la primera configuración y similares a los de la segunda y porque en la última configuración existía un poco más de flexibilidad que en la segunda al haber quedado algunos pequeños espacios del almacén libres que se podrían necesitar en un futuro. Una vez escogida la alternativa recomendada, se explican los procedimientos operativos del almacén. También se exponen algunos cambios del almacén que se habían descartado durante el diseño de las configuraciones del almacén pero que son posibles mejoras para situaciones futuras y otras

actuaciones que se pueden realizar en otros ámbitos y que afectarían al almacenamiento estudiado.

Personalmente me alegro de haber escogido este trabajo final porque me ha ayudado a afianzar conocimientos de un ámbito de la ingeniería que me gusta mucho por la amplia variedad de opciones que presenta, en la que no hay opciones absolutamente buenas o malas, sino que depende del enfoque y de las prioridades que se den a los diferentes objetivos. Ha supuesto muchas horas de dedicación y trabajo independiente que me han demostrado que con un poco de creatividad se pueden solucionar la mayoría de los problemas. El inicio me costó bastante, pues no sabía por dónde empezar y no hacía más que rehacer partes que no me convencían, pero en cuanto terminé la primera configuración, el resto del trabajo fue mucho más sencillo.

BIBLIOGRAFÍA

Alapont Logistics (2019a): “Planifica la instalación de tu zona o muelle de carga de forma eficaz”. *Alapont Soluciones Logísticas*, 9 de diciembre. Disponible en: <https://alapontlogistics.com/planifica-la-instalacion-de-tu-zona-o-muelle-de-carga-de-forma-eficaz/> [Consulta: 20 de agosto de 2022]

Alapont Logistics (2019b): “Distancias importantes en la instalación de muelles de carga”. *Alapont Soluciones Logísticas*, 17 de junio. Disponible en: <https://alapontlogistics.com/distancias-importantes-en-la-instalacion-de-muelles-de-carga/> [Consulta: 20 de agosto de 2022]

Bloques Cando (n.d.): *Almacenamiento de cementos, escayolas y yesos*. Disponible en: <https://bloquescando.com/almacenamiento-de-cementos-escayolas-y-yesos/> [Consulta: 17 de junio de 2022]

Cardós Carboneras, M. (2020a): “Introducción” en *Apuntes de Diseño y Gestión de Almacenes*. Disponible en: https://poliformat.upv.es/access/content/group/ESP_0_2874/Almacenes/Transparencias/Cap%201%20Introduccion.pdf [Consulta: 15 de agosto de 2022]

Cardós Carboneras, M. (2020b): “Medios de almacenamiento” en *Apuntes de Diseño y Gestión de Almacenes*. Disponible en: https://poliformat.upv.es/access/content/group/ESP_0_2874/Almacenes/Transparencias/Cap%204%20Medios%20de%20Almacenamiento.pdf [Consulta: 17 de agosto de 2022]

Cardós Carboneras, M. (2020c): “Medios de manutención” en *Apuntes de Diseño y Gestión de Almacenes*. Disponible en: https://poliformat.upv.es/access/content/group/ESP_0_2874/Almacenes/Transparencias/Cap%205%20Medios%20de%20Manutencion.pdf [Consulta: 18 de agosto de 2022]

Cardós Carboneras, M. (2020d): *Cálculo de la amortización de una inversión*. Disponible en: https://poliformat.upv.es/access/content/group/ESP_0_2874/Almacenes/Calculo%20de%20la%20amortizacion.pdf [Consulta: 10 de agosto de 2022]

Cardós Carboneras, M. (2020e): “Modelo de funcionamiento” en *Apuntes de Diseño y Gestión de Almacenes*. Disponible en: https://poliformat.upv.es/access/content/group/ESP_0_2874/Almacenes/Transparencias/Cap%206%20Modelo%20de%20Funcionamiento.pdf [Consulta: 5 de julio de 2022]

Cardós Carboneras, M. (2019): *Metodología iterativa de diseño*. Disponible en: https://poliformat.upv.es/portal/site/ESP_0_2874/tool/6d6fdc9b-cd80-4db0-9971-5296f8757fd/ShowPage?returnView=&studentItemId=0&backPath=&btiAppStores=false&errorMessage=&clearAttr=&messageId=&source=&title=&sendingPage=7481192&newTopLevel=f

[alse&postedComment=false&addBefore=&path=push&itemId=7814085&topicId=&addTool=-1&recheck=&id=&forumId=](#) [Consulta: 2 de julio de 2019]

Disset Odiseo (2022): *Cajas de plástico RK*. Disponible en: <https://www.dissetodiseo.com/producto/cajas-de-plastico-rk/> [Consulta: 8 de julio de 2022]

Kardex (2022): *Kardex VCM Box*. Disponible en: <https://www.kardex.com/es/tecnologia/por-familia-de-productos/vcm-box> [Consulta: 8 de julio de 2022]

López Marín Alcantarilla (2019): *Qué es el Europalet*. Disponible en: <https://www.lopezmarin.com/es/paginas/ver/que-es-el-europalet> [Consulta: 2 de julio de 2019]

Mecalux (2019a): *Palet europeo (medidas y características)*. Disponible en: <https://www.mecalux.es/manual-almacen/palets/palet-europeo-medidas> [Consulta: 2 de julio de 2019]

Mecalux (2019b): *Cómo cargar mercancía sobre un palet correctamente*. Disponible en: <https://www.mecalux.es/manual-almacen/palets/carga-mercancia> [Consulta: 2 de julio de 2019]

Sephora (2022): *¿Cuáles son los gastos y modos de envío?* Disponible en: <https://faq.sephora.es/s/article/Cu%C3%A1les-son-los-gastos-y-modos-de-env%C3%ADo> [Consulta: 20 de julio de 2022]

ANEXOS

ANEXO I. DATOS SOBRE LOS PEDIDOS

| Día | Líneas de pedido | | | Cantidades pedidas | | |
|-----|------------------|-------|----------|--------------------|-------|----------|
| | Palets | Cajas | Unidades | Palets | Cajas | Unidades |
| 1 | 0 | 906 | 943 | 0 | 1.812 | 3.772 |
| 2 | 0 | 768 | 1.173 | 0 | 3.072 | 3.519 |
| 3 | 0 | 469 | 1.285 | 0 | 469 | 5.140 |
| 4 | 0 | 535 | 1.043 | 0 | 535 | 4.172 |
| 5 | 0 | 953 | 1.472 | 0 | 1.906 | 5.888 |
| 6 | 0 | 625 | 1.697 | 0 | 625 | 8.485 |
| 7 | 0 | 878 | 1.075 | 0 | 4.390 | 5.375 |
| 8 | 0 | 794 | 966 | 0 | 4.764 | 2.898 |
| 9 | 0 | 652 | 1.263 | 0 | 1.304 | 6.315 |
| 10 | 0 | 677 | 1.213 | 0 | 677 | 7.278 |
| 11 | 0 | 743 | 1.200 | 0 | 743 | 4.800 |
| 12 | 0 | 434 | 1.226 | 0 | 868 | 3.678 |
| 13 | 0 | 722 | 1.174 | 0 | 2.166 | 5.870 |
| 14 | 0 | 672 | 1.120 | 0 | 1.344 | 4.480 |
| 15 | 0 | 1.248 | 1.183 | 0 | 4.992 | 7.098 |
| 16 | 0 | 473 | 1.148 | 0 | 946 | 6.888 |
| 17 | 0 | 776 | 955 | 0 | 4.656 | 3.820 |
| 18 | 0 | 625 | 1.381 | 0 | 2.500 | 4.143 |
| 19 | 0 | 708 | 1.061 | 0 | 1.416 | 3.183 |
| 20 | 0 | 447 | 1.706 | 0 | 1.341 | 6.824 |
| 21 | 0 | 762 | 1.240 | 0 | 1.524 | 2.480 |
| 22 | 0 | 529 | 1.045 | 0 | 1.587 | 1.045 |
| 23 | 0 | 626 | 1.107 | 0 | 3.130 | 3.321 |
| 24 | 0 | 656 | 1.190 | 0 | 1.968 | 3.570 |
| 25 | 0 | 910 | 1.168 | 0 | 910 | 8.176 |
| 26 | 0 | 769 | 1.301 | 0 | 769 | 3.903 |
| 27 | 0 | 440 | 985 | 0 | 440 | 1.970 |
| 28 | 0 | 952 | 1.005 | 0 | 3.808 | 2.010 |
| 29 | 0 | 533 | 917 | 0 | 533 | 1.834 |
| 30 | 0 | 797 | 1.774 | 0 | 1.594 | 12.418 |
| 31 | 0 | 508 | 1.201 | 0 | 1.016 | 1.201 |

| | | | | | | |
|----|---|-------|-------|---|-------|--------|
| 32 | 0 | 500 | 1.214 | 0 | 500 | 3.642 |
| 33 | 0 | 678 | 1.134 | 0 | 1.356 | 5.670 |
| 34 | 0 | 771 | 1.353 | 0 | 1.542 | 5.412 |
| 35 | 0 | 650 | 996 | 0 | 3.250 | 4.980 |
| 36 | 0 | 939 | 1.266 | 0 | 2.817 | 2.532 |
| 37 | 0 | 539 | 1.206 | 0 | 539 | 12.060 |
| 38 | 0 | 875 | 1.323 | 0 | 875 | 2.646 |
| 39 | 0 | 870 | 1.390 | 0 | 1.740 | 6.950 |
| 40 | 0 | 577 | 1.097 | 0 | 577 | 7.679 |
| 41 | 0 | 598 | 889 | 0 | 1.794 | 2.667 |
| 42 | 0 | 862 | 1.955 | 0 | 862 | 11.730 |
| 43 | 0 | 1.000 | 1.299 | 0 | 1.000 | 2.598 |
| 44 | 0 | 679 | 1.614 | 0 | 1.358 | 3.228 |
| 45 | 0 | 1.057 | 1.357 | 0 | 2.114 | 5.428 |
| 46 | 0 | 613 | 1.561 | 0 | 613 | 6.244 |
| 47 | 0 | 901 | 1.314 | 0 | 901 | 1.314 |
| 48 | 0 | 663 | 1.120 | 0 | 663 | 3.360 |
| 49 | 0 | 500 | 835 | 0 | 1.000 | 4.175 |
| 50 | 0 | 684 | 1.147 | 0 | 1.368 | 6.882 |
| 51 | 0 | 600 | 1.293 | 0 | 600 | 3.879 |
| 52 | 0 | 815 | 913 | 0 | 2.445 | 6.391 |
| 53 | 0 | 1.124 | 1.249 | 0 | 2.248 | 2.498 |
| 54 | 0 | 615 | 1.307 | 0 | 1.845 | 6.535 |
| 55 | 0 | 505 | 1.564 | 0 | 1.010 | 12.512 |
| 56 | 0 | 604 | 1.575 | 0 | 1.208 | 6.300 |
| 57 | 0 | 541 | 1.134 | 0 | 2.164 | 1.134 |
| 58 | 0 | 745 | 1.424 | 0 | 745 | 7.120 |
| 59 | 0 | 726 | 1.373 | 0 | 726 | 5.492 |
| 60 | 0 | 636 | 1.268 | 0 | 1.908 | 2.536 |
| 61 | 0 | 879 | 936 | 0 | 879 | 2.808 |
| 62 | 0 | 657 | 1.424 | 0 | 657 | 1.424 |
| 63 | 0 | 662 | 1.568 | 0 | 662 | 1.568 |
| 64 | 0 | 512 | 1.097 | 0 | 1.024 | 2.194 |
| 65 | 0 | 764 | 1.327 | 0 | 764 | 9.289 |
| 66 | 0 | 845 | 1.052 | 0 | 2.535 | 2.104 |
| 67 | 0 | 728 | 1.240 | 0 | 728 | 4.960 |
| 68 | 0 | 594 | 1.057 | 0 | 2.376 | 3.171 |
| 69 | 0 | 600 | 965 | 0 | 600 | 2.895 |
| 70 | 0 | 708 | 1.357 | 0 | 708 | 2.714 |
| 71 | 0 | 434 | 1.387 | 0 | 434 | 1.387 |
| 72 | 0 | 762 | 1.419 | 0 | 1.524 | 4.257 |
| 73 | 0 | 726 | 1.090 | 0 | 3.630 | 4.360 |
| 74 | 0 | 824 | 1.342 | 0 | 824 | 2.684 |
| 75 | 0 | 764 | 1.234 | 0 | 1.528 | 2.468 |
| 76 | 0 | 684 | 964 | 0 | 2.052 | 2.892 |
| 77 | 0 | 937 | 1.324 | 0 | 937 | 2.648 |

| | | | | | | |
|-----|---|-------|-------|---|-------|--------|
| 78 | 0 | 566 | 1.199 | 0 | 1.132 | 3.597 |
| 79 | 0 | 600 | 882 | 0 | 1.200 | 3.528 |
| 80 | 0 | 367 | 973 | 0 | 734 | 5.838 |
| 81 | 0 | 444 | 1.353 | 0 | 1.332 | 6.765 |
| 82 | 0 | 824 | 1.421 | 0 | 7.416 | 2.842 |
| 83 | 0 | 947 | 1.387 | 0 | 1.894 | 6.935 |
| 84 | 0 | 426 | 1.174 | 0 | 852 | 1.174 |
| 85 | 0 | 697 | 1.132 | 0 | 697 | 3.396 |
| 86 | 0 | 533 | 1.060 | 0 | 1.066 | 9.540 |
| 87 | 0 | 642 | 1.050 | 0 | 2.568 | 3.150 |
| 88 | 0 | 641 | 1.248 | 0 | 1.282 | 3.744 |
| 89 | 0 | 707 | 1.082 | 0 | 2.121 | 4.328 |
| 90 | 0 | 823 | 1.235 | 0 | 2.469 | 7.410 |
| 91 | 0 | 734 | 1.598 | 0 | 2.202 | 3.196 |
| 92 | 0 | 941 | 1.111 | 0 | 1.882 | 1.111 |
| 93 | 0 | 560 | 1.457 | 0 | 2.240 | 7.285 |
| 94 | 0 | 642 | 1.442 | 0 | 1.926 | 5.768 |
| 95 | 0 | 736 | 1.162 | 0 | 1.472 | 6.972 |
| 96 | 0 | 634 | 1.075 | 0 | 1.902 | 3.225 |
| 97 | 0 | 554 | 1.100 | 0 | 554 | 5.500 |
| 98 | 0 | 799 | 1.554 | 0 | 799 | 3.108 |
| 99 | 0 | 775 | 1.287 | 0 | 2.325 | 2.574 |
| 100 | 0 | 674 | 1.274 | 0 | 1.348 | 5.096 |
| 101 | 0 | 592 | 1.301 | 0 | 592 | 7.806 |
| 102 | 0 | 680 | 1.319 | 0 | 680 | 7.914 |
| 103 | 0 | 512 | 1.023 | 0 | 1.024 | 5.115 |
| 104 | 0 | 930 | 1.654 | 0 | 2.790 | 3.308 |
| 105 | 0 | 890 | 1.029 | 0 | 1.780 | 5.145 |
| 106 | 0 | 1.043 | 1.314 | 0 | 3.129 | 2.628 |
| 107 | 0 | 658 | 1.059 | 0 | 1.974 | 4.236 |
| 108 | 0 | 604 | 1.396 | 0 | 1.812 | 4.188 |
| 109 | 0 | 576 | 1.493 | 0 | 4.032 | 7.465 |
| 110 | 0 | 758 | 1.077 | 0 | 2.274 | 2.154 |
| 111 | 0 | 956 | 1.394 | 0 | 1.912 | 8.364 |
| 112 | 0 | 1.069 | 1.259 | 0 | 1.069 | 1.259 |
| 113 | 0 | 408 | 829 | 0 | 408 | 3.316 |
| 114 | 0 | 631 | 1.062 | 0 | 631 | 7.434 |
| 115 | 0 | 782 | 760 | 0 | 2.346 | 2.280 |
| 116 | 0 | 759 | 1.856 | 0 | 759 | 11.136 |
| 117 | 0 | 398 | 810 | 0 | 1.990 | 3.240 |
| 118 | 0 | 670 | 1.375 | 0 | 1.340 | 2.750 |
| 119 | 0 | 771 | 1.477 | 0 | 771 | 1.477 |
| 120 | 0 | 593 | 1.190 | 0 | 593 | 4.760 |
| 121 | 0 | 640 | 1.411 | 0 | 640 | 4.233 |
| 122 | 0 | 895 | 1.284 | 0 | 3.580 | 5.136 |
| 123 | 0 | 604 | 1.418 | 0 | 604 | 4.254 |

| | | | | | | |
|-----|---|-------|-------|---|-------|--------|
| 124 | 0 | 429 | 1.484 | 0 | 3.003 | 5.936 |
| 125 | 0 | 535 | 1.550 | 0 | 2.675 | 6.200 |
| 126 | 0 | 705 | 1.366 | 0 | 705 | 9.562 |
| 127 | 0 | 494 | 953 | 0 | 1.482 | 2.859 |
| 128 | 0 | 551 | 952 | 0 | 1.653 | 2.856 |
| 129 | 0 | 551 | 944 | 0 | 551 | 4.720 |
| 130 | 0 | 848 | 1.289 | 0 | 848 | 5.156 |
| 131 | 0 | 625 | 1.438 | 0 | 625 | 5.752 |
| 132 | 0 | 736 | 1.360 | 0 | 736 | 8.160 |
| 133 | 0 | 797 | 1.353 | 0 | 1.594 | 5.412 |
| 134 | 0 | 549 | 965 | 0 | 1.098 | 5.790 |
| 135 | 0 | 917 | 1.463 | 0 | 917 | 7.315 |
| 136 | 0 | 764 | 1.107 | 0 | 764 | 2.214 |
| 137 | 0 | 434 | 1.114 | 0 | 868 | 4.456 |
| 138 | 0 | 696 | 1.315 | 0 | 3.480 | 1.315 |
| 139 | 0 | 818 | 1.296 | 0 | 818 | 2.592 |
| 140 | 0 | 634 | 1.508 | 0 | 1.268 | 3.016 |
| 141 | 0 | 646 | 1.277 | 0 | 1.292 | 2.554 |
| 142 | 0 | 557 | 1.494 | 0 | 557 | 8.964 |
| 143 | 0 | 1.206 | 1.207 | 0 | 4.824 | 7.242 |
| 144 | 0 | 533 | 1.474 | 0 | 2.132 | 7.370 |
| 145 | 0 | 627 | 1.178 | 0 | 627 | 3.534 |
| 146 | 0 | 725 | 1.135 | 0 | 1.450 | 1.135 |
| 147 | 0 | 666 | 1.231 | 0 | 2.664 | 2.462 |
| 148 | 0 | 353 | 1.448 | 0 | 2.118 | 8.688 |
| 149 | 0 | 682 | 1.209 | 0 | 1.364 | 2.418 |
| 150 | 0 | 952 | 1.122 | 0 | 952 | 3.366 |
| 151 | 0 | 824 | 1.403 | 0 | 1.648 | 4.209 |
| 152 | 0 | 632 | 1.059 | 0 | 632 | 4.236 |
| 153 | 0 | 754 | 1.212 | 0 | 1.508 | 4.848 |
| 154 | 0 | 613 | 1.161 | 0 | 1.839 | 5.805 |
| 155 | 0 | 594 | 1.510 | 0 | 1.188 | 4.530 |
| 156 | 0 | 1.058 | 1.291 | 0 | 1.058 | 6.455 |
| 157 | 0 | 958 | 1.606 | 0 | 958 | 4.818 |
| 158 | 0 | 727 | 1.595 | 0 | 2.181 | 1.595 |
| 159 | 0 | 550 | 1.015 | 0 | 550 | 2.030 |
| 160 | 0 | 979 | 1.033 | 0 | 2.937 | 2.066 |
| 161 | 0 | 896 | 1.457 | 0 | 896 | 1.457 |
| 162 | 0 | 644 | 1.432 | 0 | 644 | 10.024 |
| 163 | 0 | 574 | 1.400 | 0 | 574 | 8.400 |
| 164 | 0 | 528 | 975 | 0 | 528 | 5.850 |
| 165 | 0 | 670 | 973 | 0 | 2.010 | 4.865 |
| 166 | 0 | 734 | 1.149 | 0 | 1.468 | 3.447 |
| 167 | 0 | 826 | 1.198 | 0 | 3.304 | 2.396 |
| 168 | 0 | 616 | 1.331 | 0 | 1.848 | 3.993 |
| 169 | 0 | 580 | 1.062 | 0 | 1.740 | 6.372 |

| | | | | | | |
|-----|---|-----|-------|---|-------|--------|
| 170 | 0 | 296 | 1.112 | 0 | 296 | 5.560 |
| 171 | 0 | 580 | 1.009 | 0 | 580 | 2.018 |
| 172 | 0 | 549 | 1.219 | 0 | 1.098 | 4.876 |
| 173 | 0 | 732 | 1.114 | 0 | 732 | 2.228 |
| 174 | 0 | 600 | 1.107 | 0 | 2.400 | 1.107 |
| 175 | 0 | 643 | 1.159 | 0 | 643 | 10.431 |
| 176 | 0 | 600 | 1.659 | 0 | 600 | 4.977 |
| 177 | 0 | 601 | 1.325 | 0 | 601 | 6.625 |
| 178 | 0 | 646 | 1.191 | 0 | 1.938 | 5.955 |
| 179 | 0 | 728 | 1.358 | 0 | 728 | 5.432 |
| 180 | 0 | 995 | 883 | 0 | 5.970 | 883 |
| 181 | 0 | 804 | 1.454 | 0 | 1.608 | 4.362 |
| 182 | 0 | 410 | 1.374 | 0 | 1.640 | 4.122 |
| 183 | 0 | 680 | 1.054 | 0 | 2.040 | 3.162 |
| 184 | 0 | 678 | 1.184 | 0 | 2.712 | 1.184 |
| 185 | 0 | 396 | 1.546 | 0 | 1.584 | 7.730 |
| 186 | 0 | 684 | 1.790 | 0 | 1.368 | 10.740 |
| 187 | 0 | 734 | 1.666 | 0 | 734 | 6.664 |
| 188 | 0 | 880 | 1.329 | 0 | 1.760 | 3.987 |
| 189 | 0 | 833 | 1.165 | 0 | 833 | 2.330 |
| 190 | 0 | 865 | 881 | 0 | 865 | 2.643 |
| 191 | 0 | 504 | 1.120 | 0 | 504 | 6.720 |
| 192 | 0 | 655 | 1.335 | 0 | 1.965 | 5.340 |
| 193 | 0 | 981 | 1.295 | 0 | 1.962 | 3.885 |
| 194 | 0 | 677 | 1.294 | 0 | 677 | 1.294 |
| 195 | 0 | 391 | 1.468 | 0 | 2.737 | 8.808 |
| 196 | 0 | 639 | 1.268 | 0 | 3.834 | 6.340 |
| 197 | 0 | 352 | 1.194 | 0 | 1.408 | 2.388 |
| 198 | 0 | 740 | 1.702 | 0 | 740 | 6.808 |
| 199 | 0 | 670 | 864 | 0 | 1.340 | 1.728 |
| 200 | 0 | 456 | 1.032 | 0 | 912 | 7.224 |
| 201 | 0 | 812 | 1.359 | 0 | 2.436 | 6.795 |
| 202 | 0 | 412 | 1.360 | 0 | 1.236 | 1.360 |
| 203 | 0 | 594 | 1.522 | 0 | 594 | 6.088 |
| 204 | 0 | 553 | 1.146 | 0 | 553 | 5.730 |
| 205 | 0 | 598 | 977 | 0 | 1.794 | 3.908 |
| 206 | 0 | 595 | 1.521 | 0 | 1.190 | 6.084 |
| 207 | 0 | 382 | 1.165 | 0 | 1.146 | 3.495 |
| 208 | 0 | 989 | 976 | 0 | 989 | 3.904 |
| 209 | 0 | 484 | 1.047 | 0 | 484 | 8.376 |
| 210 | 0 | 863 | 1.157 | 0 | 1.726 | 5.785 |
| 211 | 0 | 767 | 1.288 | 0 | 1.534 | 2.576 |
| 212 | 0 | 850 | 1.335 | 0 | 2.550 | 5.340 |
| 213 | 0 | 596 | 1.275 | 0 | 1.788 | 6.375 |
| 214 | 0 | 567 | 1.198 | 0 | 2.835 | 4.792 |
| 215 | 0 | 466 | 1.090 | 0 | 932 | 3.270 |

| | | | | | | |
|-----|---|-------|-------|---|-------|--------|
| 216 | 0 | 751 | 1.300 | 0 | 751 | 5.200 |
| 217 | 0 | 435 | 1.244 | 0 | 2.175 | 4.976 |
| 218 | 0 | 483 | 1.195 | 0 | 1.932 | 5.975 |
| 219 | 0 | 1.105 | 1.225 | 0 | 3.315 | 4.900 |
| 220 | 0 | 706 | 958 | 0 | 2.118 | 2.874 |
| 221 | 0 | 651 | 1.103 | 0 | 2.604 | 5.515 |
| 222 | 0 | 654 | 982 | 0 | 654 | 1.964 |
| 223 | 0 | 734 | 1.181 | 0 | 734 | 2.362 |
| 224 | 0 | 532 | 1.528 | 0 | 1.064 | 3.056 |
| 225 | 0 | 807 | 1.172 | 0 | 807 | 4.688 |
| 226 | 0 | 899 | 1.423 | 0 | 1.798 | 9.961 |
| 227 | 0 | 593 | 1.210 | 0 | 1.186 | 6.050 |
| 228 | 0 | 860 | 1.157 | 0 | 860 | 2.314 |
| 229 | 0 | 231 | 1.007 | 0 | 1.155 | 6.042 |
| 230 | 0 | 1.001 | 1.390 | 0 | 2.002 | 4.170 |
| 231 | 0 | 853 | 771 | 0 | 3.412 | 2.313 |
| 232 | 0 | 709 | 1.323 | 0 | 709 | 2.646 |
| 233 | 0 | 1.435 | 1.280 | 0 | 4.305 | 3.840 |
| 234 | 0 | 551 | 1.547 | 0 | 1.102 | 13.923 |
| 235 | 0 | 713 | 1.613 | 0 | 713 | 4.839 |
| 236 | 0 | 746 | 1.187 | 0 | 2.984 | 4.748 |
| 237 | 0 | 356 | 1.089 | 0 | 1.424 | 4.356 |
| 238 | 0 | 903 | 1.097 | 0 | 1.806 | 2.194 |
| 239 | 0 | 679 | 968 | 0 | 679 | 3.872 |
| 240 | 0 | 546 | 986 | 0 | 1.092 | 3.944 |
| 241 | 0 | 1.225 | 1.306 | 0 | 4.900 | 3.918 |
| 242 | 0 | 714 | 1.348 | 0 | 2.142 | 5.392 |
| 243 | 0 | 638 | 1.159 | 0 | 1.914 | 4.636 |
| 244 | 0 | 832 | 1.618 | 0 | 3.328 | 4.854 |
| 245 | 0 | 569 | 1.104 | 0 | 569 | 8.832 |
| 246 | 0 | 549 | 1.073 | 0 | 1.647 | 2.146 |
| 247 | 0 | 612 | 1.347 | 0 | 612 | 4.041 |
| 248 | 0 | 859 | 1.446 | 0 | 1.718 | 5.784 |

ANEXO II. FORMATO LOGÍSTICO DE PARTIDA ANTES Y DESPUÉS DE LA CORRECCIÓN DE LAS REFERENCIAS EJEMPLO (ELABORACIÓN PROPIA)

| Referencia | Categoría | Formato Logístico | | Formato Logístico Corregido | |
|------------|-----------|-------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| | | Reserva | Picking | Reserva | Picking |
| 3.820 | A.A | CAJA GRANDE | CAJA PEQUEÑA | CAJA GRANDE | CAJA PEQUEÑA |
| 10.607 | A.B | CAJA MEDIANA | CAJA PEQUEÑA | CAJA MEDIANA | CAJA PEQUEÑA |
| 9.799 | A.C | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA |
| 2.197 | B.A | CAJA MEDIANA | CAJA PEQUEÑA | CAJA MEDIANA | CAJA PEQUEÑA |
| 1.286 | B.B | CAJA MEDIANA | CAJA PEQUEÑA | CAJA MEDIANA | CAJA PEQUEÑA |
| 976 | B.C | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA |
| 5.527 | C.A | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA |
| 1.385 | C.B | CAJA GRANDE | CAJA MEDIANA | CAJA GRANDE | CAJA MEDIANA |
| 4.525 | C.C | CAJA GRANDE | CAJA GRANDE | CAJA GRANDE | CAJA GRANDE |
| 5.996 | D.A | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA |
| 9.306 | D.B | CAJA MEDIANA | CAJA MEDIANA | CAJA MEDIANA | CAJA MEDIANA |
| 8.330 | D.C | CAJA PEQUEÑA | CAJA MEDIANA | CAJA MEDIANA | CAJA MEDIANA |
| 2.976 | E.A | CAJA MEDIANA | CAJA PEQUEÑA | CAJA MEDIANA | CAJA PEQUEÑA |
| 6.202 | E.B | CAJA MEDIANA | CAJA MEDIANA | CAJA MEDIANA | CAJA MEDIANA |
| 9.535 | E.C | CAJA PEQUEÑA | CAJA MEDIANA | CAJA MEDIANA | CAJA MEDIANA |
| 7.797 | F.A | CAJA MEDIANA | CAJA PEQUEÑA | CAJA MEDIANA | CAJA PEQUEÑA |
| 3.817 | F.B | CAJA GRANDE | CAJA MEDIANA | CAJA GRANDE | CAJA MEDIANA |
| 4.574 | F.C | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA |
| 2.928 | G.A | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA |
| 9.946 | G.B | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA |
| 3.962 | G.C | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA |
| 1.262 | H.A | CAJA GRANDE | CAJA GRANDE | CAJA GRANDE | CAJA GRANDE |
| 3.780 | H.B | CAJA PEQUEÑA | CAJA MEDIANA | CAJA MEDIANA | CAJA MEDIANA |
| 5.913 | H.C | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA |
| 6.812 | I.A | CAJA GRANDE | CAJA MEDIANA | CAJA GRANDE | CAJA MEDIANA |
| 347 | I.B | CAJA GRANDE | CAJA MEDIANA | CAJA GRANDE | CAJA MEDIANA |
| 7.359 | I.C | CAJA MEDIANA | CAJA MEDIANA | CAJA MEDIANA | CAJA MEDIANA |
| 4.003 | J.A | CAJA GRANDE | CAJA PEQUEÑA | CAJA GRANDE | CAJA PEQUEÑA |
| 6.109 | J.B | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA |
| 879 | J.C | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA | CAJA PEQUEÑA |

ANEXO III. PARÁMETROS HABITUALES DE ALMACÉN

MEDIOS DE MANUTENCIÓN

| Medios de manutención | Pasillo |
|---|---------|
| Transpaleta manual | 1.5 m |
| Carretilla contrapesada de 1 Tn | 3.5 m |
| Carretilla retractil de 1 Tn | 2.7 m |
| Carretilla trilateral de pasillo estrecho de 1 Tn | 1.8 m |
| Transpaleta eléctrica | 1.8 m |
| Transpaleta Manual | 1.5 m |
| Carretilla Recogepedidos | 1.8 m |
| Transpaleta Recogepedidos sólo hasta 2º altura | 2.5 m |
| Transelevador de palets * | 1.8 m. |
| Miniload | 0.8 m. |

Tabla 4. Anchura de los pasillos

| MOVIMIENTOS DE... | Carretillas contrapesadas | Carretillas retráctiles | Carretillas de pasillo estrecho | Transpaleta eléctrica | Transpaleta Manual |
|---|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------|
| descarga de vehículo | 25 | | | 25 | 15 |
| Ubicación/recuperación a / desde estantería | 22 | 20 | 30 | | |
| abastecimiento de picking desde almacén reserva | 27 | 25 | | | |
| desde/hacia las estaciones de abastecimiento de las carretillas de pasillo estrecho | 32 | 30 | | | |
| Carga de vehículo | 25 | | | 25 | 15 |

Tabla 5. Tasas de actividad en otras actividades (palets/hora)

| Equipo | Tasa de actividad |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Cinta transportadora (o conveyor) | 2.000 cajas / hora |
| Conveyor de palets | 200 palets / hora |
| Miniload (o transelevador de cajas) | 100 cajas / hora |
| Transelevador de palets | 40 palets / hora |
| AGV (Automated guided vehicles) | 35 palets por vehículo y hora |
| Dispensador (A-frame) | 12.000 unidades / hora |

Tabla 6. Tasas de actividad en equipamiento automático

TASAS DE ACTIVIDAD

| Tareas | Líneas de pedido por hora de operario |
|--|---------------------------------------|
| Picking desde estanterías (palets): | |
| - A pie, con carro recogepedidos de mano | 50 |
| - Con Transpaleta Recogepedidos sólo hasta 2ª altura | 40 |
| - Con Carretilla Recogepedidos | 30 |
| Picking desde baldas (cajas): | |
| - A carro recogepedidos | 80 |
| - A conveyor | 150 |
| Picking desde estanterías dinámicas (a conveyor): | 200 |
| - Si además es con sistema <i>pick to light</i> | 300 |
| Carrusel horizontal o vertical | 150 |
| Reabastecimiento | 25% del tiempo de picking obtenido |
| Picking de pedidos agrupados | El doble de los ratios anteriores |

Tabla 7. Tasas de actividad del personal de picking

NOTAS:

- Asumir que las tasas incluyen el tiempo completo empleado en el picking, incluyendo actividades de documentación, localización, identificación, recogida, conteo y desplazamientos.
- Carrusel vertical: asumir una ocupación en planta de 3.5 x 1.5 m. Altura de 5 m, con 38 estantes y 18 ubicaciones por estante (684 ubicaciones totales). Volumen total de stock almacenado = 7 m³.

PERSONAL

Diseño y gestión de almacenes

Personal de Empaquetado

Asignar unos 4 m² por estación empaquetadora.

Personal de Mantenimiento

Para todas las soluciones que impliquen automatización, establecer las personas necesarias por turno de mantenimiento.

Costes de personal

Jefe de almacén 30.000 €/año

Administrativo 20.000 €/año

Almacenero 18.000 €/año

Jornada laboral: 8 horas, 5 días a la semana

EDIFICIO DEL ALMACÉN

| Altura interior | €/m ² |
|-----------------|------------------|
| Hasta 6 metros | 340 |
| 6 – 8 metros | 370 |
| 8 – 10 metros | 410 |
| 10 – 12 metros | 430 |
| 12 – 16 metros | 470 |
| 16 – 20 metros | 510 |

Tabla 8. Coste del edificio según la altura

La vida útil del edificio es de 20 años.

El acondicionamiento de las zonas exteriores al edificio (explanación, asfaltado, etc) se estima en 50 €/m².

La instalación de los servicios generales del edificio (calefacción, luz, agua...) se estima en 30 €/m².

COSTES DEL EQUIPAMIENTO

| Vehículo | COSTE (€) | Vida útil (años) |
|--|-----------|------------------|
| Transpaleta manual | 300 | 10 |
| Transpaleta eléctrica | 3.500 | 10 |
| Transpaleta Recogepedidos sólo hasta 2ª altura | 11.000 | 10 |
| Carretilla Recogepedidos con elevación hasta: | | |
| - 6 m. | 40.000 | 10 |
| - 8 m. | 50.000 | 10 |
| - 10 m. | 58.000 | 10 |
| - 14 m. | 65.000 | 10 |
| Carretilla retractil de 1 Tn con elevación hasta: | | |
| - 5.3 m. | 20.000 | 10 |
| - 6 m. | 21.000 | 10 |
| - 7 m. | 22.000 | 10 |
| - 8 m. | 24.000 | 10 |
| - 10 m. | 30.000 | 10 |
| Carretilla contrapesada de 1 Tn con elevación hasta: | | |
| - 5 m. | 15.000 | 10 |
| - 6 m. | 16.000 | 10 |
| - 7 m. | 17.000 | 10 |
| Carretilla trilateral de pasillo estrecho de 1 Tn con elevación hasta 14 m | 100.000 | 10 |

Tabla 9. Costes y vida útil de vehículos

| ESTANTERIAS (10 años de vida útil) | COSTE (€/ubicación) |
|---|-------------------------|
| Estantería convencional para paletas | 20 |
| Estantería convencional para paletas de doble profundidad | 22 |
| Estantería compacta (drive-in) | 30 |
| Estantería de pasillo estrecho | 30 |
| Estantería de palets móvil autopropulsada | 100 |
| Estantería dinámica de palets | 150 |
| Estantería de cajas | 30 € por metro de balda |

Tabla 10. Costes de estanterías

| OTROS EQUIPAMIENTOS | COSTE | Vida útil (años) |
|--|------------------|------------------|
| Jaulas con ruedas (915 x 915 x 1900) | 150 € | 5 |
| Carro recogepedidos de mano | 120 € | 5 |
| Plataformas de muelles | 1.000 € | 10 |
| Elevadoras de muelles | 7.500 € | 10 |
| Estantería dinámica de cajas | 30 € / ubicación | 10 |
| Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén | 350.000 € | 5 |

Tabla 11. Costes y vida útil de otros equipamientos

| EQUIPAMIENTO AUTOMATIZADO (10 años de vida útil) | COSTE |
|--|---|
| Carruseles: | |
| - Vertical | 30.000 € |
| - Horizontal | 40.000 € |
| Cinta transportadora de cajas | |
| ▪ Trazado simple | 1.500 €/m |
| ▪ Trazado complejo | 2.500 €/m |
| Conveyor de palets | |
| ▪ Trazado simple | 2.000 €/m |
| ▪ Trazado complejo | 3.500 €/m |
| Miniload hasta 10 m altura | 150.000 € + 15 €/ubicación +10 €/contenedor |
| Transelevador de palets: | |
| - altura < 16 m | 250.000 € |
| - altura < 30 m | 350.000 € |
| AGVs: | 50.000 € / vehiculo |
| - si guiados por línea pasiva | + 25 €/m |
| - si guiados por sistema de posicionamiento | + 45.000 € |
| Dispensador (A-frame) | 600.000 € |
| Sistema pick-to-light | 200 € / ubicación |
| Radiofrecuencia | 4.000 €/terminal + 7.000 €/base |

Tabla 12. Costes de equipamientos automatizados

COSTES DE MANTENIMIENTO

Aplicar las siguientes reglas para estimar los costes de mantenimiento por tipo de activo:

- Equipamiento móvil: el 10% anual sobre el valor de la inversión.
- Edificios e instalaciones: el 1% anual sobre el valor de la inversión

Por otra parte, los gastos anuales de energía, iluminación, seguros y otros menores se estiman en 45 €/m² construido.