



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Diseño de un almacén para una empresa comercializadora  
de material de ferretería con más de 15.000 referencias.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Industrial (Acceso desde Grado  
I. Química)

AUTOR/A: Negre Garrigues, Arnau

Tutor/a: Cortés Pellicer, Pascual

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a toda mi familia por apoyarme durante toda mi etapa estudiantil y ayudado en todo lo que he necesitado sin importar el momento.

También me gustaría darle las gracias a todos los profesores que he tenido en la universidad de los cuales he podido aprender un poco de cada uno.

## **RESUMEN**

A lo largo del presente trabajo de final de máster se diseña un nuevo centro de distribución para una importante empresa dedicada a la venta de material de ferretería (herramientas, pinturas, azulejos, pavimentos...) debido al rápido crecimiento que ha experimentado durante los dos últimos años.

El principal objetivo de este proyecto radica en la eficiencia del almacenamiento y la distribución de los artículos a las tiendas de venta al minorista. De esta forma, se pretende optimizar lo máximo posible la distribución en planta del almacén con los medios de almacenamiento utilizados y, por tanto, los movimientos internos de los artículos y los medios de manutención.

A partir de una base de datos sobre las características de cada artículo, así como de los pedidos diarios durante el último año, se aplicará una metodología iterativa. Partiendo desde la opción más convencional y automatizando procesos en las sucesivas iteraciones, se pretende llegar a una solución óptima, que no única, que cumpla con los requisitos establecidos por la dirección de la empresa.

**Palabras clave:** almacén, optimización, automatización.

## **RESUM**

Amb el present treball de final de màster es dissenya un nou centre de distribució per a una important empresa dedicada a la venda de material de ferreteria (ferramentes, pintures, rajoles, paviments...) degut a un ràpid creixement que ha experimentat durant els últims dos anys.

El principal objectiu d'aquest projecte radica en la eficiència de l'emmagatzematge i la distribució dels articles a les establiments de venda al minorista. D'aquesta forma, es pretén optimitzar al màxim la distribució en planta del magatzem amb els mitjans d'emmagatzematge utilitzats i, per tant, els moviments interns dels articles y els mitjans de transport intern.

A partir d'una base de dades sobre les característiques de cada article, així com de les comandes diàries durant l'últim any, s'aplicarà una metodologia iterativa. Partint des de l'opció més convencional i automatitzant processos en les successives iteracions, es pretén arribar a una solució òptima, que no única, que garanteix els requisits establerts per la direcció de l'empresa.

**Paraules Claus:** magatzem, optimització, automatització.

## **ABSTRACT**

Throughout this master's thesis, a new distribution center is designed for an important company dedicated to the sale of hardware material (tools, paints, tiles, flooring...) due to the rapid growth it has experienced during the last two years.

The main objective of this project lies in the efficiency of storage and distribution of items to retail stores. The aim is to optimize as much as possible the layout of the warehouse with the storage media used and thus the internal movements of goods and handling media.

Starting from a database on the characteristics of each item, as well as the daily orders during the last year, an iterative methodology will be applied. Starting from the most conventional option and automating processes in successive iterations, the aim is to arrive at an optimal, but not unique, solution that meets the requirements established by the company's management.

**Key words:** warehouse, optimization, automation.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	1
RESUMEN .....	2
RESUM.....	3
ABSTRACT.....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	4
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	10
1. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. OBJETIVO .....	12
1.2. ALCANCE DEL PROYECTO .....	12
1.3. INTRODUCCIÓN A LA EMPRESA.....	12
1.4. ESTRUCTURA DEL TRABAJO .....	13
2. CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	15
2.1. METODOLOGÍA DE DISEÑO .....	15
2.2. CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE ALMACÉN .....	16
2.3. ANÁLISIS ABC .....	17
2.4. DECISIONES ESTRATÉGICAS DE DISEÑO.....	17
2.5. MEDIOS DE ALMACENAMIENTO.....	18
2.6. MEDIOS DE MANUTENCIÓN .....	23
2.6.1. Medios que se mueven dentro del almacén, pero sin traslado.....	23
2.6.2. Medios que se mueven y se trasladan dentro del almacén .....	24
2.7. GESTIÓN DE UBICACIONES .....	28
3. CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD DEL ALMACÉN .....	30
3.1. INTRODUCCIÓN.....	30
3.2. VOLUMEN DE PEDIDOS.....	30
3.3. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y CONSERVACIÓN .....	32
3.4. CLASIFICACIÓN DE ARTÍCULOS POR FAMILIAS .....	32

3.5.	TIPO DE ALMACÉN .....	33
4.	CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE STOCKS .....	34
4.1.	VOLUMEN DE VENTAS POR FAMILIA .....	34
4.2.	CLASIFICACIÓN ABC .....	35
4.2.1.	Clasificación ABC por familias .....	35
4.2.2.	Clasificación ABC por artículos .....	36
4.3.	PERFIL DE INVENTARIO .....	37
4.4.	FORMATO LOGÍSTICO DEL PROVEEDOR .....	38
4.5.	PICKING Y RESERVA.....	40
4.5.1.	Perfil de inventario de picking y reserva.....	40
5.	CAPÍTULO 5. PROPUESTAS DE DISEÑO.....	46
5.1.	INTRODUCCIÓN.....	46
5.2.	PRIMERA PROPUESTA.....	46
5.2.1.	Medios de almacenamiento .....	46
5.2.2.	Medios de manutención .....	54
5.2.3.	Distribución en planta.....	62
5.2.4.	Análisis económico.....	63
5.3.	SEGUNDA PROPUESTA.....	68
5.3.1.	Medios de almacenamiento .....	68
5.3.2.	Medios de manutención .....	73
5.3.3.	Distribución en planta.....	79
5.3.4.	Análisis económico.....	80
5.4.	TERCERA PROPUESTA .....	85
5.4.1.	Medios de almacenamiento .....	85
5.4.2.	Medios de manutención .....	88
5.4.3.	Distribución en planta.....	91
5.4.4.	Análisis económico.....	92
5.5.	CUARTA PROPUESTA .....	97
5.5.1.	Medios de almacenamiento .....	97
5.5.2.	Medios de manutención .....	98
5.5.1.	Distribución en planta.....	100
5.5.2.	Análisis económico.....	101

6.	CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS.....	106
6.1.	SELECCIÓN DE LA MEJOR PROPUESTA.....	106
6.2.	PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS.....	107
7.	CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES .....	109
	BIBLIOGRAFÍA.....	111

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Líneas de pedido totales y su promedio diario (elaboración propia).....	31
Tabla 2. Cantidades pedidas totales y promedio (elaboración propia). .....	31
Tabla 3. Volumen de ventas por familia (elaboración propia).....	34
Tabla 4. Clasificación ABC por familias (elaboración propia).....	35
Tabla 5. Máximos y mínimos establecidos para la clasificación ABC (elaboración propia). .....	36
Tabla 6. Clasificación ABC por artículos (elaboración propia).....	36
Tabla 7. Perfil de inventario de 25 muestras de artículos (elaboración propia).....	38
Tabla 8. Referencias paletizadas, muestra de 15 referencias (elaboración propia). .....	39
Tabla 9. Referencias no paletizadas, muestra de 15 referencias (elaboración propia). .....	40
Tabla 10. Tiempo de reposición según la clase del artículo (elaboración propia). .....	40
Tabla 11. Perfil de inventario de 15 muestras paletizadas (elaboración propia). .....	41
Tabla 12. Perfil de inventario de 15 muestras no paletizadas (elaboración propia). .....	42
Tabla 13. Perfil de inventario corregido de 15 muestras paletizadas (elaboración propia). .....	43
Tabla 14. Perfil de inventario corregido de 15 muestras no paletizadas (elaboración propia)..	43
Tabla 15. Perfil de inventario corregido de 15 muestras paletizadas (elaboración propia). .....	44
Tabla 16. Perfil de inventario corregido de 15 muestras no paletizadas (elaboración propia)..	45
Tabla 17. Volumen unitario máximo y mínimo de las referencias no paletizadas (elaboración propia).....	47
Tabla 18. Tamaño de las cajas de almacenamiento (elaboración propia).....	47
Tabla 19. Cantidad de referencias no paletizadas según el tamaño de caja y la zona (elaboración propia).....	48
Tabla 20. Tamaño de los huecos de almacenamiento (elaboración propia). .....	48
Tabla 21. Número de huecos según su tamaño y zona (elaboración propia).....	48
Tabla 22. Número de huecos según su tamaño, zona y clase ABC (elaboración propia). .....	49
Tabla 23. Metros lineales totales según el tamaño de huecos, la zona y la clase ABC (elaboración propia).....	49

Tabla 24. Número de huecos en la zona de reserva por altura y clase ABC (elaboración propia). .....	50
Tabla 25. Metros lineales por altura y tamaño de huecos en la zona de reserva (elaboración propia). .....	50
Tabla 26. Número de huecos en la zona de picking por altura, tamaño de huecos y clase ABC (elaboración propia). .....	50
Tabla 27. Metros lineales por altura, tamaño de huecos y clase ABC en la zona de picking (elaboración propia). .....	51
Tabla 28. Cantidad de referencias paletizadas según tamaño de caja en la zona de picking (elaboración propia). .....	51
Tabla 29. Dimensiones hueco para palet (elaboración propia). .....	52
Tabla 30. Número de huecos de palet en la zona de picking (elaboración propia). .....	52
Tabla 31. Número de huecos de palets en la zona de picking según su clase ABC (elaboración propia). .....	52
Tabla 32. Metros lineales totales de estantería para palets en la zona de picking según el tamaño de huecos (elaboración propia). .....	52
Tabla 33. Número de huecos de palets por altura en la zona de picking según su tamaño y clase ABC (elaboración propia). .....	53
Tabla 34. Metros lineales de estantería para palets por altura en la zona de picking de las referencias paletizadas (elaboración propia). .....	53
Tabla 35. Número de huecos de palets en la zona de reserva según su clase ABC (elaboración propia). .....	53
Tabla 36. Metros lineales de estantería para palets en la zona de reserva (elaboración propia). .....	54
Tabla 37. Número de huecos de palets por altura en la zona de reserva (elaboración propia). .....	54
Tabla 38. Metros lineales totales de estantería para palets por altura en la zona de reserva (elaboración propia). .....	54
Tabla 39. Características de carretilla recogepedidos de hasta 7 metros de altura (Cardós Carboneras, 2020c). .....	55
Tabla 40. Características de carretilla contrapesada de hasta 7 metros de altura (Cardós Carboneras, 2020c). .....	55
Tabla 41. Características de transpaleta eléctrica (Cardós Carboneras, 2020c). .....	55
Tabla 42. Velocidades de movimiento para carretilla recogepedidos (Cardós Carboneras, 2020b). .....	56
Tabla 43. Velocidades de movimiento para carretilla contrapesada (Crown equipment, 2020). .....	56

Tabla 44. Valores máximos y percentil 95% diarios de pedido (elaboración propia). .....	57
Tabla 45. Cantidad necesaria de carretillas recogepedidos (elaboración propia). .....	57
Tabla 46. Cantidad necesaria de carretillas contrapesadas (elaboración propia). .....	57
Tabla 47. Reabastecimiento del picking desde reserva para cajas (elaboración propia). .....	58
Tabla 48. Reabastecimiento del picking desde reserva para palets (elaboración propia).....	58
Tabla 49. Palets diarios recibidos (elaboración propia). .....	59
Tabla 50. Cantidad necesaria de transpaletas eléctricas (elaboración propia). .....	59
Tabla 51. Reabastecimiento del almacén desde muelle para palets, (elaboración propia). .....	60
Tabla 52. Reabastecimiento del almacén para cajas (elaboración propia).....	60
Tabla 53. Resumen de horas trabajadas según el medio de manutención y las tareas a realizar (elaboración propia). .....	61
Tabla 54. Descuentos de flujo de caja, tasa de interés del 19 % (Cardós Carboneras, 2020c)...	63
Tabla 55. Inversión y costes anuales del edificio e instalaciones (elaboración propia). .....	63
Tabla 56. Inversión y costes anuales de los medios de almacenamiento (elaboración propia). ..	64
Tabla 57. Inversión y costes anuales de los medios de manutención (elaboración propia).....	64
Tabla 58. Costes anuales de mantenimiento (elaboración propia). .....	64
Tabla 59. Costes anuales de mano de obra (elaboración propia).....	65
Tabla 60. Inversión y costes anuales de los cinco grupos (elaboración propia). .....	65
Tabla 61. Dimensiones de los contenedores de almacenamiento del miniload. ....	69
Tabla 62. Dimensiones de los huecos de contenedores de almacenamiento del miniload. ....	69
Tabla 63. Número de huecos según su clase ABC y zona, segunda propuesta (elaboración propia). .....	69
Tabla 64. Metros lineales totales según la zona y la clase ABC, segunda propuesta (elaboración propia).....	70
Tabla 65. Número de huecos por altura y clase ABC, segunda propuesta (elaboración propia). .....	70
Tabla 66. Metros lineales por altura y clase ABC en la zona de picking, segunda propuesta (elaboración propia).....	70
Tabla 67. Número de huecos de palets en la zona de picking según la clase ABC, segunda propuesta (elaboración propia). .....	71
Tabla 68. Metros lineales totales en la zona de picking según su clase ABC, segunda propuesta (elaboración propia).....	71
Tabla 69. Número de huecos de palets por altura y clase ABC en la zona de picking, segunda propuesta (elaboración propia). .....	71

Tabla 70. Metros lineales por altura y clase ABC en la zona de picking, segunda propuesta (elaboración propia).....	71
Tabla 71. Número de huecos de palets en la zona de reserva, segunda propuesta (elaboración propia).....	72
Tabla 72. Metros lineales totales en la zona de reserva, segunda propuesta (elaboración propia). .....	72
Tabla 73. Número de huecos de palets por altura en la zona de reserva, segunda propuesta (elaboración propia).....	72
Tabla 74. Metros lineales por altura en la zona de reserva, segunda propuesta (elaboración propia).....	72
Tabla 75. Características de carretilla retráctil de hasta 10 metros de altura (Cardós Carboneras, 2020c).....	73
Tabla 76. Características de transpaleta eléctrica (Cardós Carboneras, 2020c).....	73
Tabla 77. Características del miniload (Cardós Carboneras, 2020c).....	73
Tabla 78. Cantidad necesaria de miniload, segunda propuesta (elaboración propia). ....	75
Tabla 79. Cantidad necesaria de carretillas retráctiles, segunda propuesta (elaboración propia). .....	75
Tabla 80. Reabastecimiento del picking desde reserva para palets, segunda propuesta (elaboración propia).....	76
Tabla 81. Reabastecimiento del almacén para cajas, segunda propuesta (elaboración propia). .....	76
Tabla 82. Reabastecimiento del almacén desde muelle para palets, segunda propuesta (elaboración propia).....	76
Tabla 83. Cantidad necesaria de transpaletas eléctricas, segunda propuesta (elaboración propia).....	77
Tabla 84. Resumen de horas trabajadas según el medio de manutención y las tareas a realizar, segunda propuesta (elaboración propia).....	78
Tabla 85. Inversión y costes anuales del edificio e instalaciones, segunda propuesta (elaboración propia).....	80
Tabla 86. Inversión y costes anuales de los medios de almacenamiento, segunda propuesta (elaboración propia).....	81
Tabla 87. Inversión y costes anuales de los medios de manutención, segunda propuesta (elaboración propia).....	81
Tabla 88. Costes anuales de mantenimiento, segunda propuesta (elaboración propia). ....	82
Tabla 89. Costes anuales de mano de obra, segunda propuesta (elaboración propia).....	82

Tabla 90. Inversión y costes anuales de los cinco grupos, segunda propuesta (elaboración propia).....	82
Tabla 91. Número de huecos según su clase ABC y zona, tercera propuesta (elaboración propia). .....	85
Tabla 92. Metros lineales totales según la zona y la clase ABC, tercera propuesta (elaboración propia).....	85
Tabla 93. Número de huecos por altura y clase ABC, tercera propuesta (elaboración propia). 86	
Tabla 94. Metros lineales por altura y clase ABC en la zona de picking, tercera propuesta (elaboración propia).....	86
Tabla 95. Número de huecos de palets en la zona de picking según la clase ABC, tercera propuesta (elaboración propia). ....	87
Tabla 96. Metros lineales totales en la zona de picking según su clase ABC, tercera propuesta (elaboración propia).....	87
Tabla 97. Número de huecos de palets por altura y clase ABC en la zona de picking, tercera propuesta (elaboración propia). ....	87
Tabla 98. Metros lineales por altura y clase ABC en la zona de picking, tercera propuesta (elaboración propia).....	87
Tabla 99. Número de huecos de palets en la zona de reserva, segunda configuración (elaboración propia).....	88
Tabla 100. Metros lineales totales en la zona de reserva, segunda configuración (elaboración propia).....	88
Tabla 101. Número de huecos de palets por altura en la zona de reserva, tercera propuesta (elaboración propia).....	88
Tabla 102. Metros lineales por altura en la zona de reserva, tercera configuración (elaboración propia).....	88
Tabla 103. Características de la cinta transportadora de cajas (Cardós Carboneras, 2020c) ....	89
Tabla 104. Resumen de horas trabajadas según el medio de manutención y las tareas a realizar, tercera propuesta (elaboración propia).....	90
Tabla 105. Inversión y costes anuales del edificio e instalaciones, tercera propuesta (elaboración propia).....	92
Tabla 106. Inversión y costes anuales de los medios de almacenamiento, tercera propuesta (elaboración propia).....	93
Tabla 107. Inversión y costes anuales de los medios de manutención, tercera propuesta (elaboración propia).....	93
Tabla 108. Costes anuales de mantenimiento, tercera propuesta (elaboración propia). ....	94
Tabla 109. Costes anuales de mano de obra, tercera propuesta (elaboración propia).....	94

Tabla 110. Inversión y costes anuales de los cinco grupos, tercera propuesta (elaboración propia).....	94
Tabla 111. Huecos totales de palets según clase ABC, cuarta propuesta (elaboración propia).	98
Tabla 112. Metros lineales totales según su clase ABC, cuarta propuesta (elaboración propia). .....	98
Tabla 113. Número de huecos de palets por altura y clase ABC, cuarta propuesta (elaboración propia).....	98
Tabla 114. Metros lineales por altura y clase ABC, cuarta propuesta (elaboración propia). ....	98
Tabla 115. Características de la cinta transportadora de palets (Cardós Carboneras, 2020c). ..	99
Tabla 116. Inversión y costes anuales del edificio e instalaciones, cuarta propuesta (elaboración propia).....	101
Tabla 117. Inversión y costes anuales de los medios de almacenamiento, cuarta propuesta (elaboración propia).....	102
Tabla 118. Inversión y costes anuales de los medios de manutención, cuarta propuesta (elaboración propia).....	102
Tabla 119. Costes anuales de mantenimiento, cuarta propuesta (elaboración propia).....	103
Tabla 120. Costes anuales de mano de obra, cuarta propuesta (elaboración propia). ....	103
Tabla 121. Inversión y costes anuales de los cinco grupos, cuarta propuesta (elaboración propia). .....	103
Tabla 122. Inversión y costes anuales de las cuatro configuraciones (elaboración propia).....	106

## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1. Método iterativo de diseño (Cardós Carboneras, 2020a).....	16
Ilustración 2. Almacenaje en bloques (Pérez Herrero, 2006). .....	18
Ilustración 3. Estanterías convencionales (Pérez Herrero, 2006). .....	19
Ilustración 4. Estanterías compactas (Cardós Carboneras, 2020a).....	19
Ilustración 5. Esquema de una estantería dinámica (Pérez Herrero, 2006). .....	20
Ilustración 6. Estanterías móviles autopropulsadas (Cardós Carboneras, 2020a).....	20
Ilustración 7. Esquema de un almacén autoportante (Pérez Herrero, 2006). .....	21
Ilustración 8. Estanterías cantilever (Pérez Herrero, 2006). .....	21
Ilustración 9. Almacén rotativo vertical, Paternoster (Cardós Carboneras, 2020a). .....	22
Ilustración 10. Almacén rotativo horizontal, Carrusel (Cardós Carboneras, 2020a).....	22
Ilustración 11. Transportador de rodillos (Pérez Herrero, 2006).....	23
Ilustración 12. Transportador aéreo (Pérez Herrero, 2006). .....	24
Ilustración 13. Transpaleta manual (Pérez Herrero, 2006).....	24
Ilustración 14. Apilador autopropulsado (Pérez Herrero, 2006). .....	25
Ilustración 15. Carretilla contrapesada (Pérez Herrero, 2006). .....	25
Ilustración 16. Carretilla retráctil (Pérez Herrero, 2006). .....	26
Ilustración 17. Carretilla trilateral (Toyota froklifts, 2023). .....	26
Ilustración 18. Carretilla recogepedidos de altura ("combi" o "hombre arriba) (Toyota forklifts, 2023). .....	27
Ilustración 19. Transelevador (Cardós Carboneras, 2020b).....	27
Ilustración 20. Esquema básico de un miniload (Cardós Carboneras, 2020b).....	28
Ilustración 21. Líneas de pedido de cajas y unidades sueltas en el último año (elaboración propia).....	30
Ilustración 22. Líneas de pedido de palets en el último año (elaboración propia).....	31
Ilustración 23. Porcentaje de referencias por familia (elaboración propia). .....	33
Ilustración 24. Porcentaje de ventas por familia (elaboración propia).....	35
Ilustración 25. Clasificación ABC real y teórica por familias (elaboración propia).....	36

Ilustración 26. Clasificación ABC real y teórica por artículos (elaboración propia). .....	37
Ilustración 27. Distribución en planta, primera configuración (elaboración propia).....	62
Ilustración 28. Inversión total, primera propuesta (elaboración propia). .....	66
Ilustración 29. Costes anuales, primera propuesta (elaboración propia).....	67
Ilustración 30. Distribución en planta, segunda configuración (elaboración propia).....	79
Ilustración 31. Inversión total, segunda propuesta (elaboración propia).....	83
Ilustración 32. Costes anuales, segunda propuesta (elaboración propia).....	84
Ilustración 33. Distribución en planta, tercera configuración (elaboración propia).....	91
Ilustración 34. Inversión total, tercera propuesta (elaboración propia).....	95
Ilustración 35. Costes anuales, tercera propuesta (elaboración propia).....	96
Ilustración 36. Distribución en planta, cuarta propuesta (elaboración propia).....	100
Ilustración 37. Inversión total, cuarta propuesta (elaboración propia).....	104
Ilustración 38. Costes anuales, cuarta propuesta (elaboración propia). .....	105
Ilustración 39. Inversión y costes anuales de las cuatro configuraciones (elaboración propia). .....	106

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. OBJETIVO**

El principal objetivo del trabajo final de máster es la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos a lo largo de los dos años de titulación. Concretamente, para la realización de este trabajo se ha aplicado la información obtenida en asignaturas como “Dirección de operaciones” sobre temas de gestión de stocks y gestión de almacenes.

Para el diseño del almacén que se va a realizar a lo largo del proyecto, se parte de una serie de datos sobre diferentes características de los artículos como su volumen, plazo de aprovisionamiento o niveles de stock, además de datos sobre volumen de pedidos y de ventas a lo largo de un año natural. El almacén a diseñar debe de cumplir con las restricciones impuestas por la dirección de la empresa, tanto por la parte económica como en la de nivel de servicio requerido.

### **1.2. ALCANCE DEL PROYECTO**

Se partirá diseñando una propuesta inicial que pueda ofrecer el servicio deseado y a partir de la cual, se utilizará un método iterativo realizando los cambios que se crean convenientes para mejorar la misma. La iteración finalizará en el momento que se determine que no se van a poder mejorar la alternativa anterior que mejor esté valorada.

Para comparar las propuestas entre si, se estudiarán desde el punto de vista económico, de forma que se podrá seleccionar la que más convenga según las restricciones impuestas por la dirección de la empresa. Para ello se realizará un presupuesto aproximado de la inversión y de los costes de operación que supondría la implantación de cada una de las propuestas.

Finalmente, se seleccionará la propuesta que más se adecue a las exigencias de la empresa, según su modelo de funcionamiento y los requisitos económicos. No será objeto de estudio la ubicación del almacén y la puesta a punto para su funcionamiento, estos son competencia de la dirección de la empresa.

### **1.3. INTRODUCCIÓN A LA EMPRESA**

El estudio se va a basar en una empresa perteneciente al sector de la ferretería, la cual vende desde artículos básicos de herramientas, hasta artículos más sofisticados utilizados en la instalación de piscinas.

Este almacén se va a diseñar por la creciente demanda que ha experimentado la empresa en todas sus tiendas que venden al minorista. Su principal función será el almacenamiento de un

volumen mayor de stock y una mejora en los plazos de abastecimiento a toda la red de tiendas físicas que la empresa tiene a lo largo de la provincia de València.

La dirección de la empresa ha buscado una ubicación estratégica en un polígono industrial de una localidad cercana a València. En este polígono hay distintos solares en venta con superficies muy variadas. Como el precio por m<sup>2</sup> es muy similar en todos ellos, se escogerá aquel que cumpla con todos los requisitos con la menor superficie posible.

Los requisitos económicos y de servicio que ha fijado la dirección de la empresa son:

1. Presupuesto máximo de inversión de 4.000.000 €.
2. Servicio mínimo de un 95 % en el plazo de 2 días.
3. Costes anuales de operación, máximo 1.250.000 €/año.

Además de los requisitos mencionados, se deberá buscar la solución óptima en cuanto al número de trabajadores, considerando que estos trabajan las 40 h semanales estipuladas, repartidas en 8 h/día.

#### **1.4. ESTRUCTURA DEL TRABAJO**

El presente documento inicia con la presentación de la metodología que se aplicará y los fundamentos teóricos que serán la base de todas las decisiones que se tomen posteriormente.

Luego, se presentará la actividad principal del almacén, de qué tipo de almacén se está hablando y las categorías de las referencias que albergará, para poder determinar qué condiciones debe de cumplir según el producto. Además, se realizará un análisis de las líneas de pedido diarias que servirá como apoyo para la toma de decisiones posterior.

Posteriormente, antes de pasar a configurar la primera iteración, se realizará un análisis exhaustivo del stock almacenado. Se analizará el volumen de venta, los stocks máximos y mínimos y la clasificación según su rotación de stock y la importancia en las ventas de todas las referencias. Además, se decidirá la separación de las zonas de picking y reserva, el stock a almacenar en cada una de ellas y si las referencias que se almacenarán en las dos zonas o solo en una según ciertos factores.

Una vez se tienen los resultados claros sobre el análisis de stock de las referencias, se empezarán con las propuestas de diseño del almacén. Inicialmente se estudiarán los medios de almacenamiento a utilizar y la forma en la que se almacenarán las referencias, con ello y el análisis de stock se calcularán las dimensiones de los mismos.

A continuación, una vez diseñados los medios de almacenamiento, se determinarán los medios de manutención a utilizar. Se utilizarán unos u otros según el medio de almacenamiento que se haya determinado. Asimismo, se determinará la cantidad de medios de manutención, lo que determinará también la cantidad de mano de obra necesaria para realizar toda la carga de trabajo y asegurar un servicio mínimo del 95 % en dos días impuesto inicialmente por la dirección de la empresa.

Con todas las decisiones tomadas, se realizará un análisis económico al final de cada propuesta, lo que determinará si dicha propuesta cumple con los requisitos impuestos por la dirección de la empresa. Se estudiará cada área y se determinará si hace falta realizar alguna mejora.

Para cada configuración, se realizará un análisis crítico a partir del análisis económico, buscando y proponiendo puntos de mejora en cada área. Con ello se intentará que la siguiente propuesta sea cada vez mejor a la anterior y así cumplir con los requisitos establecidos.

Finalmente, en el momento en que las mejoras que se propongan no proporcionen una mejora sustancial, se compararán las configuraciones propuestas para determinar cuál será la mejor alternativa para el diseño final.

## **CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.1. METODOLOGÍA DE DISEÑO**

Como se ha mencionado anteriormente, para obtener un correcto diseño del almacén, se va a utilizar la metodología iterativa de diseño. Esto es debido a que hay infinitas posibilidades de configurar un almacén, de forma que las soluciones óptimas son muy numerosas, las cuales forman la frontera de Pareto con todas las posibles soluciones.

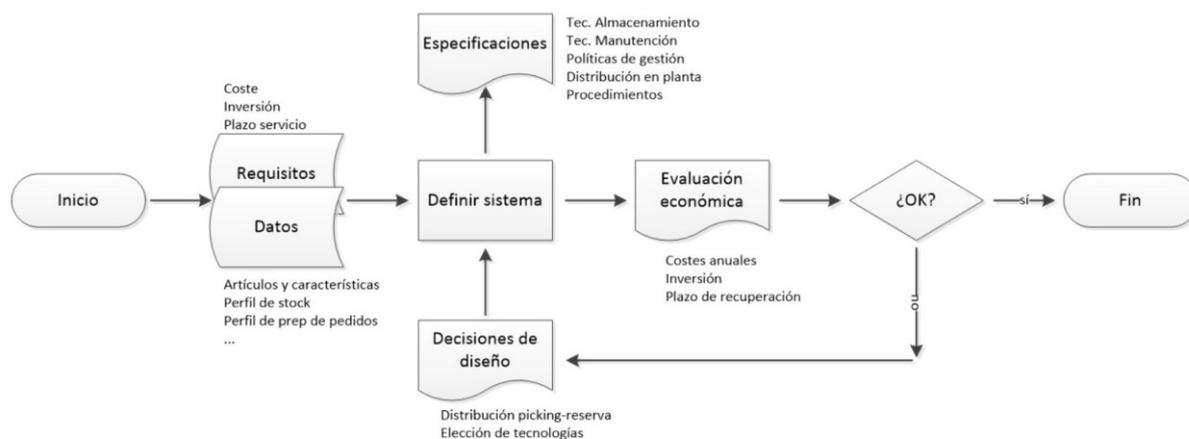
Se partirá de una propuesta inicial que cumplirá los requisitos de servicio, pero de la forma más sencilla posible. A partir de esta se realizarán distintos cambios intentando mejorar en los apartados de eficiencia y de coste.

Se parte de una base de datos donde se especifican el perfil de stock, ventas anuales, coste o plazo de aprovisionamiento, entre otras características de más de 15.000 referencias de artículos que suministra la empresa. Además, se tienen los registros de las líneas de pedido del último año natural, que servirán como referencia a futuro para el diseño del almacén.

Con todo lo mencionado y los requisitos impuestos por la dirección de la empresa, se tomarán decisiones de diseño como la elección de la tecnología a implementar para la definición de un sistema concreto con sus propias especificaciones de funcionamiento.

A continuación, se realizará la evaluación económica. En esta se podrá determinar si el diseño cumple con los requisitos iniciales de la dirección de la empresa. En caso de que no sea así, partiendo de la propuesta anterior se realizarán los cambios que se consideren oportunos, redefiniendo el sistema y obteniendo las nuevas especificaciones. Se reevaluará económicamente la nueva propuesta y se tomarán decisiones al respecto. Esta propuesta puede que sea definitiva o, por el contrario, se deberá de volver a empezar con el ciclo hasta encontrar una propuesta que se considere óptima.

Todo este proceso se puede ver de forma más clara en la Ilustración 1.



*Ilustración 1. Método iterativo de diseño (Cardós Carboneras, 2020a).*

## **2.2. CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE ALMACÉN**

Hay diferentes criterios por los cuales se pueden clasificar los almacenes. A continuación, se exponen estos criterios:

- Según su relación con el flujo de producción pueden ser:
  1. Almacenes de materias primas.
  2. Almacenes de productos intermedios.
  3. Almacenes de productos terminados.
  4. Almacenes de material auxiliar.
  5. Almacenes de preparación de pedidos y distribución.
- Según su ubicación pueden ser de interior o al aire libre.
- Según el material a almacenar, bultos, graneles, líquidos o gases.
- Según su grado de mecanización:
  1. Almacenes convencionales: de altura máxima de 7 metros, equipado al menos con estanterías convencionales y con los medios de manipulación básicos.
  2. Almacenes de alta densidad: normalmente con una altura superior a los 10 metros, un aprovechamiento del volumen superior al 50% y con la anchura mínima de pasillos.
  3. Almacenes automáticos: aquellos donde el movimiento de cargas no necesita de la intervención física de las personas.
- Según su localización aparecen:
  1. Almacenes centrales: situados lo más cerca posible del centro de fabricación.
  2. Almacenes regionales: ubicados lo más cerca posible del punto de mayor consumo de la zona.
  3. Según su función logística, aparecen los centros de consolidación, centros de ruptura, centros de tránsito, etc.

### **2.3. ANÁLISIS ABC**

Normalmente, en todas las empresas existen procesos dedicados a la toma de decisiones que involucran gran cantidad de productos. Estas decisiones deben de realizarse tomando los productos individualmente o por agrupación de productos por familias.

Como afirma Castro Zuluaga et al., (2011), “Uno de los procesos más importantes y más complejos que existe es el control y la gestión de los inventarios”. Esto es debido a la gran cantidad de referencias que un almacén debe de controlar, tanto en existencias o ubicación dentro de las instalaciones, entre otras muchas cosas.

Para llevar un óptimo monitoreo de todos los artículos, estos se separarán según su volumen de ventas anuales, partiendo de los datos obtenidos del año anterior. Este análisis ayudará a la toma de decisiones de cómo tratar a cada artículo dentro del almacén.

Los artículos se clasifican en 3 clases:

1. Clase A: se trata de productos con alta rotación de stock, abarcan el 20% de las referencias representan el 80% de las ventas totales de la empresa.
2. Clase B: con una rotación media, engloban 30% de las referencias representan el 15% de las ventas totales.
3. Clase C: aquellos productos con poca o muy poca rotación que comprenden el 50% de las referencias representando solo un 5% en el total de las ventas.

Cabe destacar, que esto son solo valores teóricos a los que se quiere llegar, luego los datos reales son los que determinarán las proporciones exactas dentro del almacén que es objeto de estudio en este proyecto.

Inicialmente, aunque solo sirva de orientación, este análisis se realizará agrupando los artículos por familias. Como se trata de artículos individuales, el análisis correcto se hará de forma independiente para cada referencia, puesto que por mucho que los artículos se puedan agrupar por familias, cada artículo tiene sus características propias. Los datos obtenidos ayudarán a la toma de decisiones importantes como su ubicación tanto en las estanterías como su volumen de stock en picking o reserva.

### **2.4. DECISIONES ESTRATÉGICAS DE DISEÑO**

Para definir correctamente las propuestas, se debe tener claro la organización del almacenamiento de los productos en base a la gestión de las ubicaciones y a la definición del tipo de picking (Devis Gallego, 2016).

En primer lugar, la gestión de las ubicaciones se puede realizar por ubicación fija o aleatoria. La primera consiste en que cada referencia tiene su hueco de almacenamiento asignado. La segunda, en todo lo contrario, las referencias se almacenarán en cualquier hueco que se encuentre libre, de forma que se necesitará mucho menos espacio de almacenamiento que la gestión fija.

Mientras que para la gestión por ubicación fija no será estrictamente necesaria la implantación de un sistema informático para el control del inventario, para la gestión por ubicación aleatoria

sí. De esta forma se llevará un control más estricto y verídico, puesto que, al disponerse de forma aleatoria, es muy difícil conocer qué referencia ocupa cada hueco de forma visual.

En segundo lugar, habrá que determinar el tipo de picking y la separación óptima entre picking y reserva. El picking es la acción de recogida de conjunto de productos o productos unitarios de una unidad que contiene más unidades que las extraídas. La reserva, por su lado, es la zona de almacenamiento que suministra a la zona de picking y en muchos casos es el lugar donde se almacenan los productos de baja rotación.

Aunque no en todos los almacenes se diferencian las áreas de picking y la de reserva, lo más aconsejable es que así sea. En la zona de picking se van a disponer de una cantidad de stock determinada de los productos de más rotación, mientras que en la zona de reserva se ubicarán tanto los productos de baja rotación como el stock restante de los productos que hay en la zona de picking para poder reabastecerlos.

Todo ello se determinará más adelante, cuando se analicen los datos detenidamente y se puedan tomar decisiones al respecto.

## **2.5. MEDIOS DE ALMACENAMIENTO**

Una parte muy importante en el diseño del almacén es la correcta selección de los medios de almacenamientos a utilizar. Para ello es importante conocer qué tipos existen. A continuación, se nombran las principales alternativas para tener en cuenta:

1. Almacenaje en bloques: se trata de apilar las cargas en bloques separados por pasillos, pudiendo acceder a cada bloque con facilidad.



*Ilustración 2. Almacenaje en bloques (Pérez Herrero, 2006).*

2. Estanterías convencionales: diseñadas principalmente para almacenar cargas paletizadas y poder acceder a todas ellas directamente. También pueden ser utilizadas para la preparación de pedidos.



*Ilustración 3. Estanterías convencionales (Pérez Herrero, 2006).*

3. Estanterías compactas: con un mayor aprovechamiento del volumen, se utilizan sobre todo para cargas homogéneas. Las más habituales son las del tipo *drive-in*.



*Ilustración 4. Estanterías compactas (Cardós Carboneras, 2020a).*

4. Estanterías dinámicas: diseñadas para el sistema FIFO (primero en entrar, primero en salir) aprovechando el máximo espacio posible.

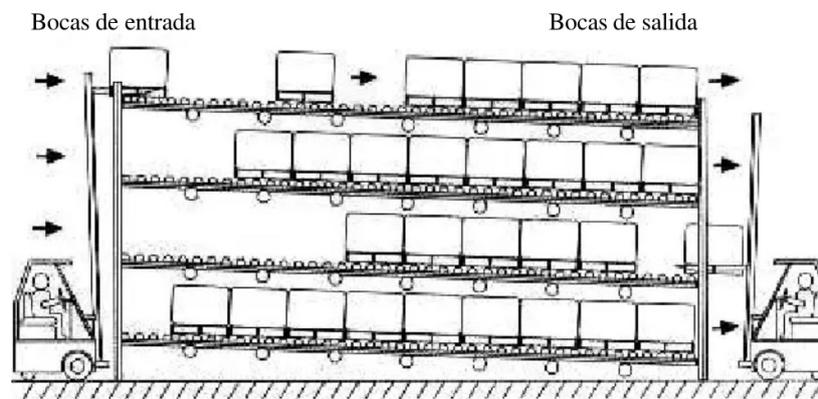


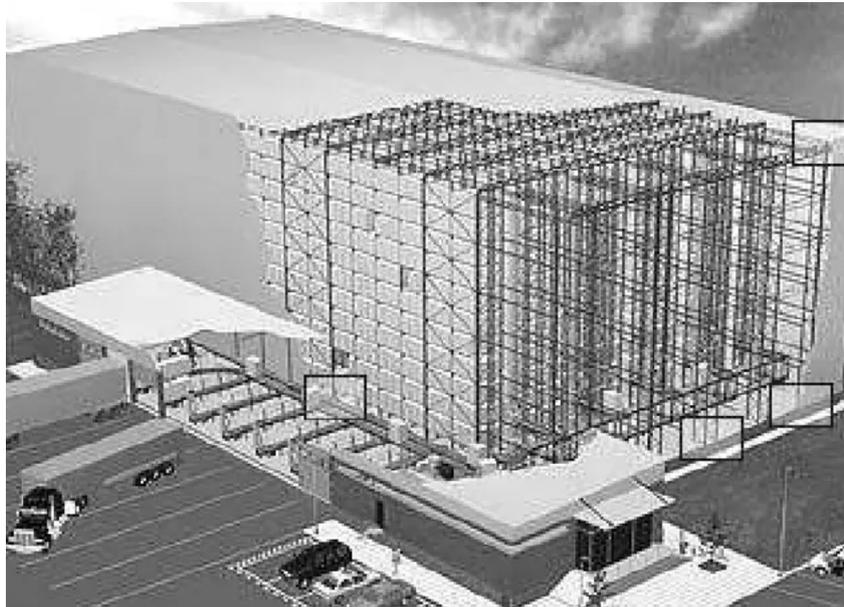
Ilustración 5. Esquema de una estantería dinámica (Pérez Herrero, 2006).

5. Estanterías móviles: se trata de estanterías que se mueven sobre carriles y pueden ser autopropulsadas o manuales. Máximo aprovechamiento del volumen con una alta accesibilidad a las cargas.



Ilustración 6. Estanterías móviles autopropulsadas (Cardós Carboneras, 2020a).

6. Almacenes autoportantes: aquellos donde la estructura del edificio está compuesta únicamente por estanterías.



*Ilustración 7. Esquema de un almacén autoportante (Pérez Herrero, 2006).*

7. Estanterías cantilever: aquellas que están especialmente diseñadas para almacenar cargas de gran longitud.



*Ilustración 8. Estanterías cantilever (Pérez Herrero, 2006).*

8. Almacenes rotativos: combinan la optimización del espacio con la adaptabilidad a las cargas. Se trata de un sistema con cierto grado de automatización. Según su movimiento pueden ser:
- a. Almacenes rotativos verticales con movimiento tipo noria:



*Ilustración 9. Almacén rotativo vertical, Paternoster (Cardós Carboneras, 2020a).*

- b. Almacenes rotativos horizontales con movimiento tipo carrusel:



*Ilustración 10. Almacén rotativo horizontal, Carrusel (Cardós Carboneras, 2020a).*

## **2.6. MEDIOS DE MANUTENCIÓN**

Al igual que con los medios de almacenamiento, se deben de conocer los tipos de medios de manutención para tomar las decisiones correctas en el diseño del almacén según el tipo de artículos que se tienen.

Existen dos grandes grupos:

1. Medios que se mueven dentro del almacén, pero sin traslado.
2. Medios que se mueven y se trasladan dentro del almacén.

### **2.6.1. Medios que se mueven dentro del almacén, pero sin traslado**

Se trata de aquellos elementos o equipos que trasladan las mercancías de un almacén de una ubicación a otra con un movimiento normalmente continuo. Los equipos más utilizados son:

1. Cintas transportadoras: permiten el transporte continuo de materiales, automatizando el proceso.



*Ilustración 11. Transportador de rodillos (Pérez Herrero, 2006).*

2. Transportadores aéreos: permiten tener el nivel del suelo despejado sin interferir en otros elementos móviles y su amplia variedad de formas y características admiten todo tipo de artículos a transportar.



*Ilustración 12. Transportador aéreo (Pérez Herrero, 2006).*

### **2.6.2. Medios que se mueven y se trasladan dentro del almacén**

Son equipos mecánicos que permiten el transporte de cargas por el interior del almacén. Pueden ser manuales o autopropulsados. Los más destacados son:

1. Transpaleta (manual o autopropulsada): el medio de manutención más utilizado en todos los almacenes, tanto por su coste como por su facilidad de uso. Tienen una capacidad de carga de 1.000 a 3.000 kg.



*Ilustración 13. Transpaleta manual (Pérez Herrero, 2006).*

2. Apilador: muy similar a la transpaleta, pero con la característica añadida de que este puede elevar la carga a cierta altura para depositarla en estanterías. Actualmente los más utilizados son los autopropulsados.



*Ilustración 14. Apilador autopropulsado (Pérez Herrero, 2006).*

3. Carretilla contrapesada: con una capacidad de carga muy amplia según sus especificaciones, es el medio de manutención más utilizado en zonas de carga y descarga.



*Ilustración 15. Carretilla contrapesada (Pérez Herrero, 2006).*

4. Carretilla retráctil: con mejor maniobrabilidad que las carretillas contrapesadas, el mástil se desplaza hacia adelante o hacia atrás para facilitar el apilado de cargas a grandes alturas.



*Ilustración 16. Carretilla retráctil (Pérez Herrero, 2006).*

5. Carretilla trilateral: gracias al movimiento de sus horquillas pueden cargar y descargar en tres posiciones (lateral izquierda o derecha, o frontal).



*Ilustración 17. Carretilla trilateral (Toyota froklifts, 2023).*

6. Carretillas recogepedidos: su función principal es la preparación de pedidos, y según la altura a la que se dispone la carga aparecen: de nivel bajo, de nivel medio o de altura (hombre arriba).



*Ilustración 18. Carretilla recogepedidos de altura ("combi" o "hombre arriba") (Toyota forklifts, 2023).*

7. Transelevadores: equipos mecánicos capaces de elevar y transportar cargas a través de pasillos muy estrechos a gran velocidad.



*Ilustración 19. Transelevador (Cardós Carboneras, 2020b).*

8. **Miniloads:** equipos mecánicos capaces de elevar y transportar cargas no paletizadas (en cajas, bandejas...) en pasillos muy estrechos.

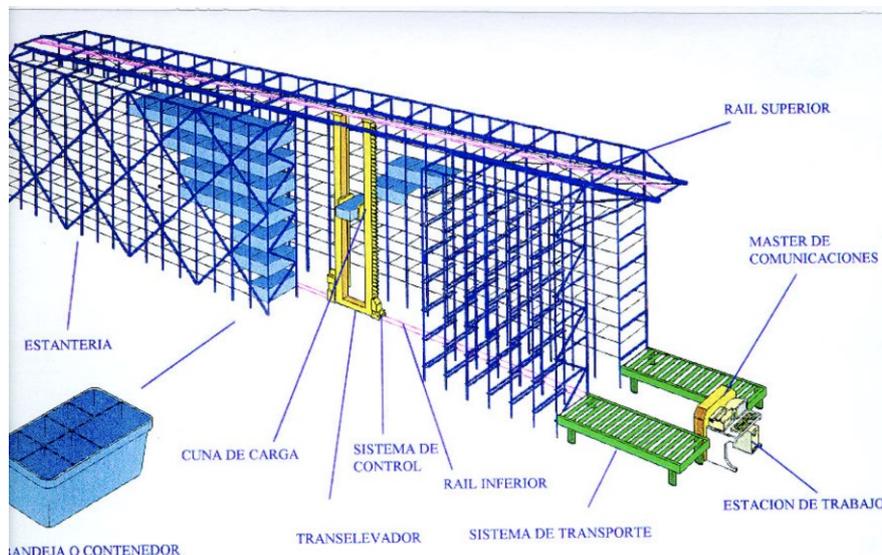


Ilustración 20. Esquema básico de un miniload (Cardós Carboneras, 2020b).

## 2.7. GESTIÓN DE UBICACIONES

Como gestionar las ubicaciones es un apartado fundamental en el diseño de un almacén. Una correcta ubicación de las referencias influye tanto en cuanto al aprovechamiento del espacio como en cuanto a la mantención de los artículos, optimizando el tiempo en la preparación de pedidos. Existen dos tipos de criterios:

- 1- **Ubicación fija:** se le asigna una o más ubicaciones a cada referencia. La facilidad para localizar cada referencia y conocer el stock disponible de cada una de ellas sin la necesidad de tener un sistema informático son las principales ventajas de este tipo de gestión. El ineficiente aprovechamiento del espacio es su principal desventaja. Con la Ecuación (1) se determina el número de huecos.

$$N^{\circ} \text{ de huecos} = \sum_{\text{referencias}} \left[ \frac{\text{stock máximo}}{\text{capacidad hueco}} \right] \quad (1)$$

- 2- **Ubicación aleatoria:** las cargas se almacenan en cualquier hueco que esté disponible. Es necesario un sistema informático el cual indique al operario donde ubicar o buscar cada carga. La principal ventaja de este sistema de gestión de ubicaciones es el mayor aprovechamiento del espacio con una mayor utilización de los huecos disponibles. Con la Ecuación (2) se determina el número de huecos.

$$N^{\circ} \text{ de huecos} = (1 + k) \cdot \sum_{\text{referencias}} \left[ \frac{\text{stock medio}}{\text{capacidad hueco}} \right] \quad (2)$$

Siendo  $k$  el coeficiente de seguridad. En este caso, como los productos que se almacenan son material de ferretería, no se tiene una estacionalidad marcada, se utilizará un coeficiente de seguridad del 10 % para prevenir posibles aumentos de stock.

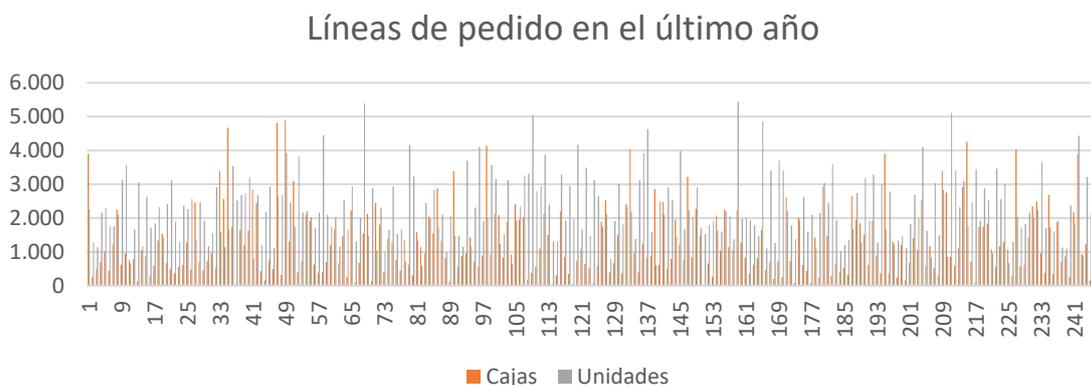
## CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD DEL ALMACÉN

### 3.1. INTRODUCCIÓN

Para este capítulo, se toman los datos de partida proporcionados por la empresa respecto a los pedidos diarios durante el último año. Estos datos están diferenciados por líneas de pedido y por cantidades pedidas tanto para unidades sueltas como para cajas y palets. A partir de estos datos se puede empezar a analizar la actividad de la empresa para obtener resultados que ayuden en el diseño del almacén.

### 3.2. VOLUMEN DE PEDIDOS

La empresa ha proporcionado una serie de datos de las líneas de pedidos y de la cantidad pedida de palets, cajas y unidades diarias durante 248 días, es decir, durante los días laborables de un año natural. Con estos gráficos se han confeccionado las siguientes dos gráficas. En la primera se observan las líneas de pedido de cada día del año natural correspondientes a las cajas y unidades, y en la segunda se muestran las de palets.



*Ilustración 21. Líneas de pedido de cajas y unidades sueltas en el último año (elaboración propia).*

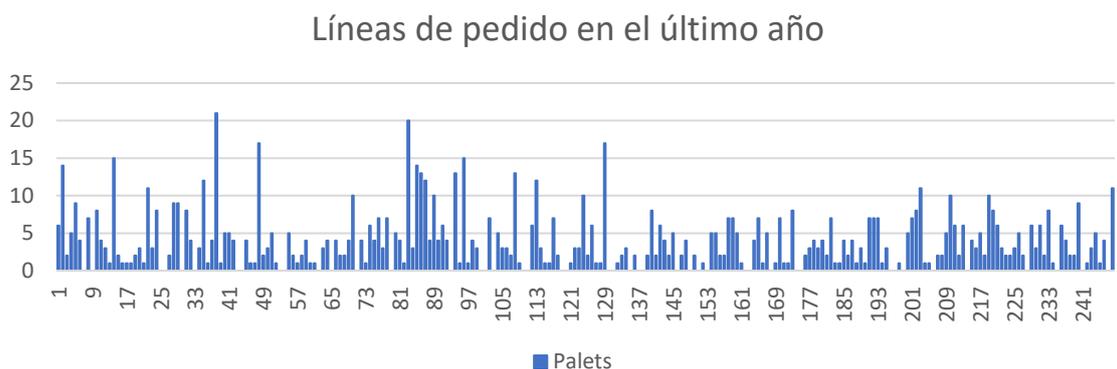


Ilustración 22. Líneas de pedido de palets en el último año (elaboración propia).

De estos dos gráficos se concluye que los productos no tienen estacionalidad, esto es debido a que no se observa ninguna fluctuación importante según un periodo del año en concreto. Además, se observa que la cantidad máxima de palets que se piden diariamente es de 21 palets, aunque se obtiene un promedio diario de 3,77 palets/día. En la tabla siguiente se observan el total y el promedio diario de líneas de pedido de cada formato logístico.

Tabla 1. Líneas de pedido totales y su promedio diario (elaboración propia).

FORMATO	TOTAL	PROMEDIO DIARIO
Palets	935	3,77
Cajas	308.614	1.244,41
Unidades	551.131	2.222,30

Por otra parte, en la tabla siguiente se muestran las cantidades pedidas totales, promedio diarias y promedio por línea de pedido.

Tabla 2. Cantidades pedidas totales y promedio (elaboración propia).

FORMATO	TOTAL	PROMEDIO DIARIO	PROMEDIO POR LÍNEA DE PEDIDO
Palets	3.686	14,86	3,94
Cajas	888.655	3583,29	2,88
Unidades	1.682.088	6782,61	3,05

Estos datos son relevantes porque se utilizarán posteriormente para la estimación del máximo de líneas de pedido a preparar diariamente para obtener el grado de servicio al cliente estipulado por la dirección de la empresa.

### **3.3. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y CONSERVACIÓN**

Como se trata de material de ferretería, ninguno de estos artículos necesita unas condiciones de conservación muy específicas en cuanto a temperatura. Pero para que estos productos no lleguen a dañarse sí que será necesario mantener un ambiente higiénico, fresco y seco, evitando así la oxidación de los materiales metálicos o que se estropeen las pinturas o los cementos.

En este caso no se requiere ninguna condición de conservación especial para alguna familia de productos, por tanto, el análisis de los datos para las propuestas de diseño del almacén se realizará por referencia. En el caso de que alguna familia de productos necesitara condiciones de conservación específicas, sí que sería necesario realizar un análisis diferenciado por familia.

En cuanto a la forma de almacenamiento, se utilizarán o cajas o palets dependiendo del volumen del producto. Se utilizará cajas de plástico de diferentes tamaños por su fiabilidad y durabilidad, de forma que además de podrán apilar, para optimizar su traslado por dentro del almacén y el espacio que ocupa. También se utilizarán palets para aquellos productos que su volumen lo permita.

### **3.4. CLASIFICACIÓN DE ARTÍCULOS POR FAMILIAS**

La empresa se dedica a la comercialización de productos de ferretería. Ahora mismo operan con más de 15.500 referencias de artículos clasificados en 10 familias distintas para facilitar su tratamiento. Las familias que se van a almacenar en el almacén son:

- a. Fontanería: incluyen productos desde sifones, calderas, sumideros, tuberías de PVC, etc.
- b. Riego: difusores, grupos de presión, aspersores, electroválvulas, etc.
- c. Saneamiento: productos como canalones, depósitos, material para depuración, etc.
- d. Pintura: desde pinturas para todo tipo de superficie, hasta rodillos, brochas, pinceles, disolventes, etc.
- e. Herramientas: desde productos básicos como tornillería, hasta equipos más sofisticados como máquinas de taller, generadores, herramientas electroportátiles, etc.
- f. Construcción: hormigón, yesos, aislamientos, ladrillos, escaleras, andamios, etc.
- g. Baños: aparatos sanitarios, mamparas de ducha, muebles de baño, grifería, etc.
- h. Azulejos: para baños, piscinas, cocinas, etc., y de diferentes materiales como cerámicos o porcelánicos.
- i. Pavimentos: suelos laminados, tarimas, suelos de vinilos, etc., con diferentes acabados para todos los gustos.
- j. Piscinas: bombas de agua, productos químicos de cuidado del agua, duchas exteriores, luces led, etc.

En el siguiente gráfico se muestra como están distribuidas las más de 15.500 referencias entre las 10 familias.

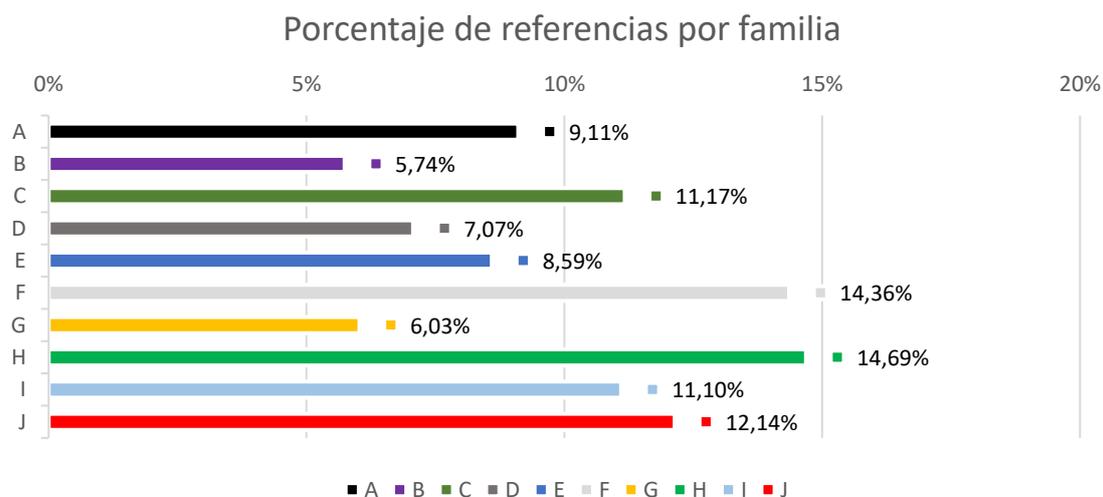


Ilustración 23. Porcentaje de referencias por familia (elaboración propia).

Aunque estos datos son solo orientativos, sirven para observar que no se tiene una homogeneidad en cuanto a cantidad de artículos por familia. Se tienen muchos más productos de construcción (H – 14,36%) o azulejos (H – 14,69%) que de riego (B – 5,74%).

### 3.5. TIPO DE ALMACÉN

A partir de la información dada por parte de la empresa según qué tipo de materiales comercializan y según la finalidad del nuevo almacén a diseñar, se pueden determinar qué tipo de almacén se tiene en base a diferentes criterios:

- Según su relación con el flujo de producción, puesto que se reciben solo productos terminados para su posterior distribución a la red de tiendas, será un almacén dedicado a la preparación de pedidos y distribución.
- Según el material a almacenar se considerará un almacén de bultos, puesto que se trabaja con artículos sólidos y unitarios, que pueden distribuirse por palets, cajas o unidades sueltas.
- Según su localización será un almacén regional, puesto que su función es abastecer a las tiendas de la zona de València que están viendo como aumenta su demanda.
- Según su función logística se tratará de un centro de consolidación donde se recibirán los productos por proveedores, almacenándolos y posteriormente agrupándolos en pedidos completos para satisfacer la demanda de cada tienda física.

## CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE STOCKS

Para este apartado, se toman los datos de partida proporcionados por la empresa respecto al stock. Los datos iniciales constan del número de referencia del artículo, su coste por unidad, sus unidades vendidas en un año, su volumen en litros por unidad, el plazo de aprovisionamiento en días y su stock mínimo y máximo en semanas.

### 4.1. VOLUMEN DE VENTAS POR FAMILIA

Con los datos de partida de ventas totales anuales y el volumen por unidad de producto, se puede calcular el volumen de ventas que se tiene en un año natural multiplicando las ventas anuales por el volumen por unidad. En la siguiente tabla se muestra este dato por familias de un total de 12.638.299 ventas anuales.

Tabla 3. Volumen de ventas por familia (elaboración propia).

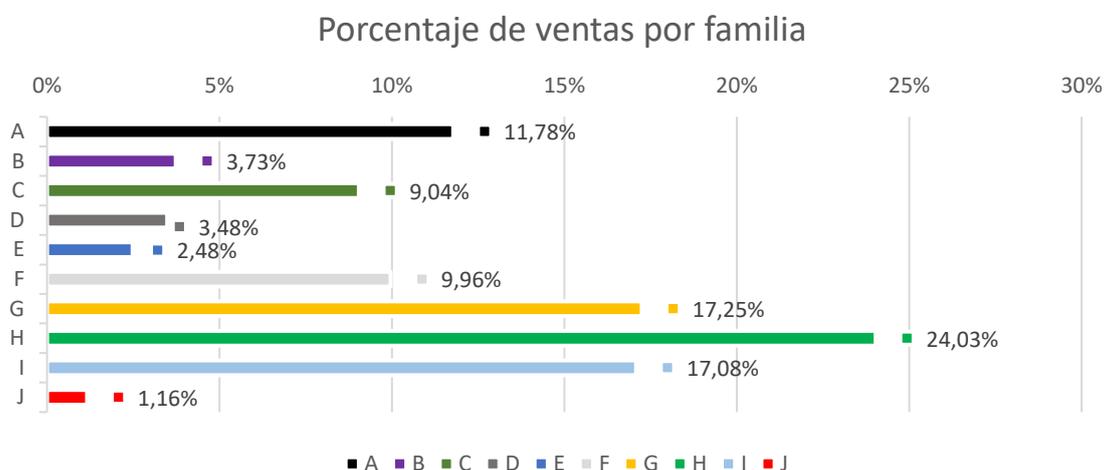
FAMILIA	VENTAS TOTALES (uds/año)	VOLUMEN PROMEDIO (m <sup>3</sup> /ud)	VENTAS TOTALES (m <sup>3</sup> /año)
A	1.488.579	0,0003301	491,45
B	471.760	0,0005204	245,50
C	1.142.814	0,0530249	60.597,57
D	440.374	0,0036880	1.624,09
E	313.651	0,0006425	201,53
F	1.259.211	0,0119426	15.038,24
G	2.179.611	0,0179849	39.200,00
H	3.036.610	0,0013082	3.972,46
I	2.158.938	0,0012774	2.757,83
J	146.751	0,0141585	2.077,77

Se observa una gran diferencia entre familias. Se venden alrededor de 4 veces más artículos de pavimentos (I) que de pintura (D), 2.158.938 artículos de pavimentos frente a los 440.347 de pintura, pero en volumen la diferencia es mucho más grande.

Por otra parte, se observa que el volumen de ventas totales de pintura (D) es 3 veces mayor que el de fontanería (A), pero los artículos de fontanería se venden 3 veces más que los de pintura. Esto puede ser debido a que el volumen promedio de los artículos de pintura es 10 veces mayor que los de fontanería, pero no sería una conclusión definitiva, hay muchas más variables que influyen.

Se tiene un total de 12.638.299 unidades de ventas anuales que ocupan un volumen total de 126.206 m<sup>3</sup>/año, para un volumen promedio por unidad de 0,0104877 m<sup>3</sup>/ud.

La siguiente ilustración representa de una forma más visual las ventas de cada familia. En este caso se ha calculado en porcentaje.



*Ilustración 24. Porcentaje de ventas por familia (elaboración propia).*

## **4.2. CLASIFICACIÓN ABC**

Obtenidos los datos de porcentaje de referencias por familia y su porcentaje de ventas, se puede realizar la clasificación ABC por familias, que como se ha comentado en el apartado 2.3 ANÁLISIS ABC, servirá como orientación.

Posteriormente, se realizará el mismo análisis por artículos. Este será el definitivo y el que proporcionará información para el correcto diseño del almacén.

### **4.2.1. Clasificación ABC por familias**

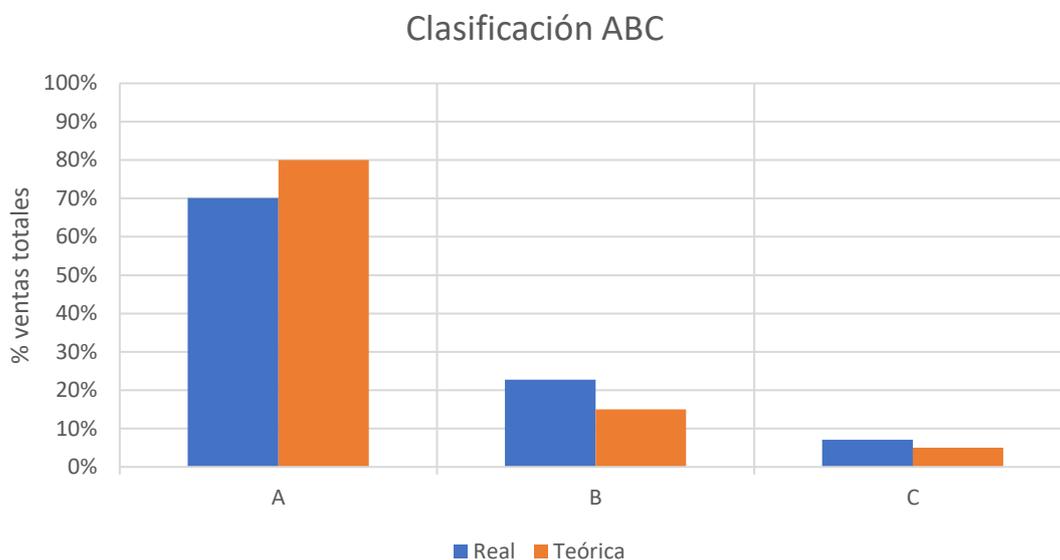
A continuación, se muestra una tabla con la clasificación ABC hecha con los datos absolutos y relativos de las ventas y las referencias.

*Tabla 4. Clasificación ABC por familias (elaboración propia).*

CLASE	VENTAS TOTALES (uds/año)	% VENTAS TOTALES (uds/año)	Nº REFERENCIAS	% REFERENCIAS
A	8.863.738	70,13%	6.381	40,92%
B	2.873.785	22,74%	4.876	31,27%
C	900.776	7,13%	4.335	27,80%

Destacar que se ha clasificado cada familia según su porcentaje de ventas totales, porque al final es el dato importante de la distribución ABC, aunque haya mayor porcentaje de referencias que lo que marca la teoría. Esto es debido a que en la realidad se pueden encontrar datos muy

diversos que hagan imposible que la distribución ABC se asemeje al máximo a la teoría. Dicho esto, en el siguiente gráfico se observa de forma más visual y clara la diferencia entre la distribución real y la teórica según su porcentaje de ventas.



*Ilustración 25. Clasificación ABC real y teórica por familias (elaboración propia).*

#### **4.2.2. Clasificación ABC por artículos**

Finalmente, se ha realizado la clasificación ABC por artículos. En la Tabla 5 se muestran los límites utilizados en la clasificación.

*Tabla 5. Máximos y mínimos establecidos para la clasificación ABC (elaboración propia).*

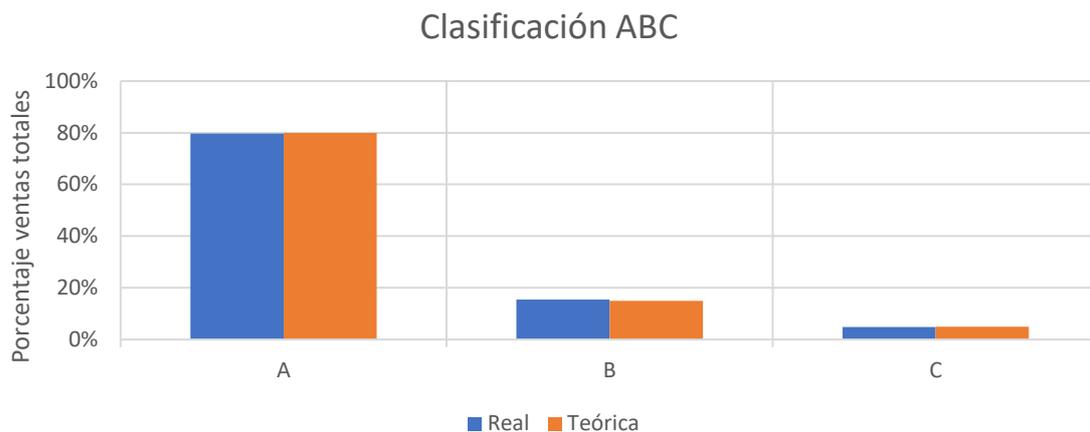
CLASE	MÁXIMO	MÍNIMO
A	0,41217572%	$\geq 0,0064\%$
B	$< 0,0064\%$	$\geq 0,0026\%$
C	$< 0,0026\%$	0,00000791%

Con ello se ha podido confeccionar la distribución ABC por artículos, dando como resultado los valores que se muestran en la Tabla 6.

*Tabla 6. Clasificación ABC por artículos (elaboración propia).*

CLASE	% VENTAS ANUALES	REFERENCIAS	% REFERENCIAS
A	79,646%	3814	24,46%
B	15,487%	3544	22,73%
C	4,867%	8234	52,81%

En la siguiente ilustración se puede observar de forma más visual.



*Ilustración 26. Clasificación ABC real y teórica por artículos (elaboración propia).*

Comparando la Ilustración 25 con la Ilustración 26, se puede observar que la clasificación por artículos se asemeja mejor a la clasificación teórica. Esto es debido a que el análisis individualizado de los artículos permite mayor flexibilidad, por lo que se puede distribuir mejor para un mejor dimensionamiento del almacén.

#### 4.3. PERFIL DE INVENTARIO

Conocida la clasificación ABC por artículos según sus ventas, solo faltaría conocer el perfil de inventario de cada uno de ellos, más concretamente, el stock mínimo, máximo y medio.

Para ello, inicialmente, se han calculado los stocks en m<sup>3</sup>, puesto que los datos que la empresa había aportado, los valores mencionados estaban en semanas. Para ello, se ha tomado el valor del volumen de ventas anuales para cada artículo (en m<sup>3</sup>/año) multiplicándolo por el valor del stock (en semanas) y a su vez dividiéndolo por 52 semanas que contiene un año natural, tal y como se muestra en la ecuación 1.

$$STOCK(m^3) = \frac{Ventas \left( \frac{m^3}{año} \right) \cdot STOCK(sem)}{52 sem} \quad (3)$$

Estos datos son relevantes para dimensionar correctamente el almacén en cada una de las propuestas. Para ello es necesario conocer dónde se van a ubicar cada referencia según su clase y luego conocer su stock mínimo, máximo y medio, de forma que el almacén siempre esté preparado para recibir y almacenar la cantidad necesaria de cada referencia. Además, se ha calculado el stock mínimo, máximo y medio de la totalidad de los artículos.

Todos los datos mencionados aparecen en la siguiente tabla, para ello se ha tomado una muestra de 25 referencias, siendo al menos una de cada familia y de cada clase.

*Tabla 7. Perfil de inventario de 25 muestras de artículos (elaboración propia).*

FAMILIA	CLASE	REFERENCIA	STOCK MÍNIMO (m <sup>3</sup> )	STOCK MÁXIMO (m <sup>3</sup> )	STOCK MEDIO (m <sup>3</sup> )
C	A	11	2,2373	6,7119	4,474615
H	C	12	0,0000	0,0001	0,000044
A	A	28	0,0637	0,1912	0,127449
C	B	29	2,2043	3,0860	2,645123
G	A	711	0,0004	0,0008	0,000601
C	B	712	2,0414	3,4024	2,721923
J	C	713	0,0001	0,0003	0,000219
A	A	2439	0,0208	0,0519	0,036331
E	C	2440	0,0000	0,0001	0,000061
D	B	2441	0,0012	0,0042	0,002699
E	C	4660	0,0083	0,0139	0,011123
H	A	4661	0,0020	0,0028	0,002385
B	B	6809	0,0027	0,0133	0,007983
H	C	6810	0,0000	0,0001	0,000056
F	C	6811	0,0004	0,0011	0,000771
G	A	9518	0,2553	0,7660	0,510647
B	B	9519	0,0035	0,0104	0,006934
I	C	9520	0,0001	0,0001	0,000103
J	C	9521	0,0000	0,0000	0,000000
G	B	12891	0,0052	0,0104	0,007792
G	A	12892	0,0003	0,0006	0,000431
H	C	12893	0,0002	0,0006	0,000376
G	A	15430	0,0002	0,0004	0,000300
B	B	15431	0,0007	0,0073	0,004006
J	B	15432	0,1630	0,2282	0,195611
<b>TOTAL</b>		<b>15592</b>	<b>4.914,7154</b>	<b>11.192,7700</b>	<b>8.053,7427</b>

#### **4.4. FORMATO LOGÍSTICO DEL PROVEEDOR**

Conocer el formato logístico en que se reciben los pedidos del proveedor es otra de las cuestiones importantes a conocer para tomar las decisiones correctas en cuanto al diseño del almacén. Todo ello es significativo para determinar correctamente el almacenaje y la manutención de los artículos en el interior de las instalaciones.

La mercancía llega al almacén en europalets, los cuales están estandarizados en toda Europa según la regla UNE-EN 13698-1 (AENOR, 2003) y son los más utilizados por su adaptabilidad a los remolques de los camiones europeos, de unos 2.400 mm de ancho (Transeop, 2023).

Estos palets tienen unas dimensiones de 1.200 x 800 mm y según si la carga está en movimiento o estática, estos pueden cargar hasta 1.500 kg en el primer caso o hasta 4.000 kg en el segundo. El peso es el que marcará el volumen que puede cargar el palet, como en este caso no se tienen los datos de peso y solo se tienen los de volumen de cada referencia, se tomará como un palet completo un volumen de 1,152 m<sup>3</sup>, lo que equivale a una altura de carga de 1,2 metros, y medio palet equivaldrá a 0,48 m<sup>3</sup>, suponiendo una altura de carga de 0,5 metros.

Las referencias que se recibirán en palets mono-referencia son aquellas que puedan completar al menos medio palet en los pedidos al proveedor. Las no paletizadas son las que su volumen de pedido no llegue a completar medio palet, de forma que estas se reciben en palets que almacenan más de una referencia, es decir, se trata de palets multi-referencia.

El cálculo del tamaño de pedido al proveedor de cada referencia es la diferencia entre el stock máximo y el mínimo.

$$\text{Volumen de pedido}(m^3) = STOCK_{MAX}(m^3) - STOCK_{MIN}(m^3) \quad (4)$$

En la Tabla 8 se exponen los datos del volumen de pedido al proveedor de algunas referencias paletizadas, mientras que en la Tabla 9 se muestran los datos del volumen de pedido al proveedor de referencias no paletizadas.

*Tabla 8. Referencias paletizadas, muestra de 15 referencias (elaboración propia).*

<b>FAMILIA</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>VENTA (uds/año)</b>	<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>/ud)</b>	<b>VOLUMEN DE PEDIDO (m<sup>3</sup>)</b>
C	597	1.269	0,077196	3,7678
F	621	325	0,035864	1,5690
C	662	563	0,029619	0,6414
C	893	173	0,105000	0,6987
F	920	662	0,018701	0,7142
H	945	8.753	0,003633	3,0580
C	947	461	0,030489	1,8921
D	7245	250	0,027707	0,7992
I	7304	10.762	0,000507	0,6293
I	7381	3.165	0,012302	6,7388
G	7395	1.230	0,105000	4,9673
G	7444	8.501	0,039958	13,0646
J	7464	157	0,105000	0,6340
I	7592	11.655	0,011573	5,1880
G	7749	1.038	0,105000	12,5758

*Tabla 9. Referencias no paletizadas, muestra de 15 referencias (elaboración propia).*

<b>FAMILIA</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>VENTA (uds/año)</b>	<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>/ud)</b>	<b>VOLUMEN DE PEDIDO (m<sup>3</sup>)</b>
D	39	9	0,011876	0,0041
G	40	6.681	0,000005	0,0013
F	41	34	0,000108	0,0002
A	47	917	0,000463	0,0163
J	50	7	0,001421	0,0008
E	52	11	0,000341	0,0003
C	1617	232	0,031174	0,2782
H	1618	4.012	0,000005	0,0015
E	1619	4	0,000059	0,0000
B	4503	586	0,000527	0,0416
C	5596	493	0,000100	0,0019
F	5597	541	0,000168	0,0105
A	12071	1.231	0,000039	0,0027
B	12072	272	0,001508	0,0315
J	12073	1	0,002299	0,0001

Se tienen 1.877 referencias que se reciben en palets mono-referencia y 13.715 en palets multi-referencia, es decir, el 87,96% de las referencias no completan medio palet en los pedidos al proveedor, por lo que se reciben en cajas, conformando palets multi-referencia.

#### **4.5. PICKING Y RESERVA**

Conocidos los formatos logísticos en los que el proveedor hace llegar el pedido, se puede plantear la forma en la que se segregarán las zonas de picking y reserva dentro del almacén.

Esta separación se basará principalmente en la rotación de los artículos, según la clasificación ABC realizada en el apartado 4.2. En la siguiente tabla se muestran los periodos de reposición:

*Tabla 10. Tiempo de reposición según la clase del artículo (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>DÍAS</b>	<b>SEMANAS</b>
A	5	1
B	15	3
C	30	6

##### **4.5.1. Perfil de inventario de picking y reserva**

Para poder empezar a realizar propuestas de diseño del almacén, antes se deben de conocer los perfiles de inventario de las zonas de picking y reserva. Los cálculos posteriores provienen de los datos iniciales de stock máximo y mínimo de cada referencia en semanas, ya calculados anteriormente en metros cúbicos.

Como se ha hecho la separación entre la zona de picking y la zona de reserva, cada una de ellas tendrá su propio stock máximo y mínimo. Gracias a la segregación por zonas, se parte de la suposición de que en la zona de picking su stock mínimo será igual a cero en todas las referencias. Su stock máximo, en cambio, se calcula con la siguiente ecuación según la frecuencia de reposición ( $T_{picking}(sem)$ ) que se establece en la Tabla 10.

$$STOCK_{MAX_{picking}}(m^3) = \frac{Ventas \left( \frac{m^3}{año} \right) \cdot T_{picking}(sem)}{52 sem} \quad (5)$$

En cuanto a la zona de reserva, su stock máximo será igual al stock máximo de la referencia en cuestión. El stock mínimo de reserva se calcula con la diferencia entre el valor inicial del stock mínimo y el stock máximo de picking calculado de cada referencia.

$$STOCK_{MIN_{reserva}}(m^3) = STOCK_{MIN}(m^3) - STOCK_{MAX_{picking}}(m^3) \quad (6)$$

*Tabla 11. Perfil de inventario de 15 muestras paletizadas (elaboración propia).*

FAMILIA	REFERENCIA	STOCK MIN PICKING (m <sup>3</sup> )	STOCK MAX PICKING (m <sup>3</sup> )	STOCK MIN RESERVA (m <sup>3</sup> )	STOCK MAX RESERVA (m <sup>3</sup> )
H	178	0	0,38687569	0,3869	1,5475
F	180	0	0,69376427	0,6938	4,8563
C	10582	0	1,40527319	-0,4684	3,2790
C	10601	0	0,72917391	0,7292	2,9167
C	10611	0	0,24632252	0,2463	0,9853
C	10621	0	2,95009615	0,9834	5,9002
G	13792	0	2,57451923	-0,8582	3,4327
C	13803	0	3,47105769	-1,1570	4,6281
C	14775	0	0,16632772	0,0000	0,8316
C	14778	0	0,37963366	0,7593	1,8982
G	14793	0	2,33106617	2,3311	11,6553
F	14804	0	1,24680827	2,4936	6,2340
C	15533	0	2,22923077	0,7431	4,4585
C	15535	0	0,81788927	-0,2726	1,9084
C	15538	0	3,64067308	1,2136	7,2813

*Tabla 12. Perfil de inventario de 15 muestras no paletizadas (elaboración propia).*

<b>FAMILIA</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>STOCK MIN PICKING (m<sup>3</sup>)</b>	<b>STOCK MAX PICKING (m<sup>3</sup>)</b>	<b>STOCK MIN RESERVA (m<sup>3</sup>)</b>	<b>STOCK MAX RESERVA (m<sup>3</sup>)</b>
A	1462	0	0,01123273	0,0112	0,0899
A	1477	0	0,00634981	0,0063	0,0317
B	2643	0	0,00119694	0,0024	0,0060
F	2644	0	0,10699957	-0,0713	0,0892
F	7561	0	0,00049199	-0,0003	0,0008
C	7563	0	0,00960269	-0,0032	0,0128
D	7565	0	0,00041317	-0,0000	0,0012
C	13779	0	0,00649618	-0,0000	0,0108
J	13780	0	0,00311362	-0,0010	0,0031
H	13781	0	0,00128428	0,0026	0,0064
H	15271	0	0,00014337	-0,0001	0,0001
H	15272	0	0,00084260	-0,0000	0,0042
A	15274	0	0,00131808	0,0013	0,0053
H	15275	0	0,02219162	-0,0000	0,0370
D	15587	0	0,00010038	0,0003	0,0006

En las dos tablas anteriores se exponen los perfiles de inventario 15 muestras de referencias paletizadas y 15 de referencias no paletizadas. En ellas se pueden detectar valores negativos en los datos referentes al stock mínimo de reserva. Esto no tiene sentido, pues no se pueden almacenar unidades negativas.

Se determina que la política de reposición de picking es incompatible con la política de gestión de stock en las referencias indicadas, por lo que no se van a almacenar en la zona de reserva, es decir, todo su stock será almacenado en la zona de picking. De esta forma, el stock mínimo y máximo de la zona de picking para estas referencias será el mismo que en los datos iniciales.

A continuación de muestran las dos tablas anteriores con los datos corregidos, se han corregido un total de 10.097 referencias.

*Tabla 13. Perfil de inventario corregido de 15 muestras paletizadas (elaboración propia).*

<b>FAMILIA</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>STOCK MIN PICKING (m<sup>3</sup>)</b>	<b>STOCK MAX PICKING (m<sup>3</sup>)</b>	<b>STOCK MIN RESERVA (m<sup>3</sup>)</b>	<b>STOCK MAX RESERVA (m<sup>3</sup>)</b>
H	178	0	0,38687569	0,3869	1,5475
F	180	0	0,69376427	0,6938	4,8563
C	10582	0,93684879	3,27897078	0	0
C	10601	0	0,72917391	0,7292	2,9167
C	10611	0	0,24632252	0,2463	0,9853
C	10621	0	2,95009615	0,9834	5,9002
G	13792	1,71634615	3,43269231	0	0
C	13803	2,31403846	4,62807692	0	0
C	14775	0,16632772	0,83163858	0	0
C	14778	0	0,37963366	0,7593	1,8982
G	14793	0	2,33106617	2,3311	11,6553
F	14804	0	1,24680827	2,4936	6,2340
C	15533	0	2,22923077	0,7431	4,4585
C	15535	0,54525951	1,90840830	0	0
C	15538	0	3,64067308	1,2136	7,2813

*Tabla 14. Perfil de inventario corregido de 15 muestras no paletizadas (elaboración propia).*

<b>FAMILIA</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>STOCK MIN PICKING (m<sup>3</sup>)</b>	<b>STOCK MAX PICKING (m<sup>3</sup>)</b>	<b>STOCK MIN RESERVA (m<sup>3</sup>)</b>	<b>STOCK MAX RESERVA (m<sup>3</sup>)</b>
A	1462	0	0,01123273	0,0112	0,0899
A	1477	0	0,00634981	0,0063	0,0317
B	2643	0	0,00119694	0,0024	0,0060
F	2644	0,03566652	0,08916631	0	0
F	7561	0,00016400	0,00081998	0	0
C	7563	0,00640179	0,01280359	0	0
D	7565	0,00041317	0,00123951	0	0
C	13779	0,00649618	0,01082696	0	0
J	13780	0,00207574	0,00311362	0	0
H	13781	0	0,00128428	0,0026	0,0064
H	15271	0,00002390	0,00007169	0	0
H	15272	0,00084260	0,00421298	0	0
A	15274	0	0,00131808	0,0013	0,0053
H	15275	0,02219162	0,03698604	0	0
D	15587	0	0,00010038	0,0003	0,0006

Por otra parte, también se debe tener en cuenta que, para que tenga sentido la segregación de zonas de picking y reserva, el volumen de pedido debe de ser mínimo tres veces mayor que el lote de reposición, este último calculado como la diferencia entre los stocks máximos y mínimos

de la zona de picking. La razón principal es la optimización de los movimientos de cargas dentro del almacén. Si el volumen de pedido no es suficientemente grande como para reponer la zona de picking mínimo tres veces, es más eficiente ubicar todo el volumen de esa referencia en la zona de picking que ubicarlo en reserva y abastecer la zona de picking.

Por lo comentado, se han corregido los valores de stocks máximos y mínimos en las dos zonas de picking y reserva para que en la zona de reserva solo se ubiquen aquellas referencias cuyo volumen de pedido sea igual o mayor 3 veces el lote de reposición.

En las siguientes tablas se muestra un extracto las 15 referencias paletizadas y las 15 no paletizadas mostradas en las tablas anteriores y con los valores corregidos.

*Tabla 15. Perfil de inventario corregido de 15 muestras paletizadas (elaboración propia).*

FAMILIA	REFERENCIA	Volumen pedido / Lote de transferencia	STOCK MIN PICKING (m <sup>3</sup> )	STOCK MAX PICKING (m <sup>3</sup> )	STOCK MIN RESERVA (m <sup>3</sup> )	STOCK MAX RESERVA (m <sup>3</sup> )
H	178	2,00	0,3868756	1,54750275	0	0
F	180	5,00	0	0,69376427	0,6938	4,8563
C	10582	0,00	0,9368487	3,27897078	0	0
C	10601	2,00	0,7291739	2,91669562	0	0
C	10611	2,00	0,2463225	0,98529009	0	0
C	10621	0,67	0,9833653	5,90019231	0	0
G	13792	0,00	1,7163461	3,43269231	0	0
C	13803	0,00	2,3140384	4,62807692	0	0
C	14775	0,00	0,1663277	0,83163858	0	0
C	14778	2,00	0,7592673	1,89816831	0	0
G	14793	3,00	0	2,33106617	2,3311	11,6553
F	14804	2,00	2,4936165	6,23404133	0	0
C	15533	0,67	0,7430769	4,45846154	0	0
C	15535	0,00	0,5452595	1,90840830	0	0
C	15538	0,67	1,2135576	7,28134615	0	0

*Tabla 16. Perfil de inventario corregido de 15 muestras no paletizadas (elaboración propia).*

<b>FAMILIA</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>Volumen pedido / Lote de transferen cia</b>	<b>STOCK MIN PICKING (m<sup>3</sup>)</b>	<b>STOCK MAX PICKING (m<sup>3</sup>)</b>	<b>STOCK MIN RESERVA (m<sup>3</sup>)</b>	<b>STOCK MAX RESERVA (m<sup>3</sup>)</b>
A	1462	6,00	0	0,01123273	0,0112	0,0899
A	1477	3,00	0	0,00634981	0,0063	0,0317
B	2643	2,00	0,002394	0,005985	0	0
F	2644		0,035667	0,089166	0	0
F	7561		0,000164	0,000820	0	0
C	7563		0,006402	0,012804	0	0
D	7565		0,000413	0,001240	0	0
C	13779		0,006496	0,010827	0	0
J	13780		0,002076	0,003114	0	0
H	13781	2,00	0,002569	0,006421	0	0
H	15271		0,000024	0,000072	0	0
H	15272		0,000843	0,004213	0	0
A	15274	2,00	0,001318	0,005272	0	0
H	15275		0,022192	0,036986	0	0
D	15587	2,00	0,000301	0,000602	0	0

Una vez se tienen los datos del perfil de inventario separado por las zonas de picking y reserva, ya se tienen toda la información necesaria para empezar con el diseño de las propuestas. Estos datos de perfil de inventario serán iguales para todas las configuraciones a diseñar, puesto que las configuraciones se diseñan según el perfil de inventario y no al revés.

## **CAPÍTULO 5. PROPUESTAS DE DISEÑO**

### **5.1. INTRODUCCIÓN**

Estudiados y conocidos los perfiles de inventario de los artículos, así como si cada referencia se paletiza o no, se puede empezar a realizar las distintas propuestas de diseño del almacén. Como se ha comentado anteriormente, se utilizará el método iterativo, de forma que se partirá de un almacén convencional y para el diseño de las otras configuraciones se añadirán métodos de automatización y mejoras que ayuden a mejorar el diseño anterior.

Las propuestas se iniciarán mediante la elección de los medios de almacenamiento según el formato logístico en que se almacenan las referencias, sus características específicas y su perfil de inventario. Luego, se determinarán los medios de manutención necesarios, según las características de los mismos y los medios de almacenamiento escogidos. Finalmente, se detallará la distribución en planta y se estudiará la propuesta desde el punto de vista económico.

Para poder aplicar de forma correcta el método iterativo, al final de cada propuesta se realizará un análisis crítico, buscando los puntos de mejora y proponiendo alternativas, buscando siempre cumplir con los objetivos marcados por la dirección de la empresa.

### **5.2. PRIMERA PROPUESTA**

#### ***5.2.1. Medios de almacenamiento***

La primera propuesta va a consistir en el diseño de un almacén de la forma más convencional posible, como ya se ha comentado. Por esta razón los posibles medios de almacenamiento que se van a considerar son:

- Bloques apilados: para palets.
- Estanterías convencionales: para palets y cajas.
- Estanterías compactas: para palets y cajas.

Por la naturaleza de los artículos no se puede optar por los bloques apilados, pues no todas las referencias están paletizadas, explicado con más detalle en la pág. 26. En cuanto a las estanterías compactas no serían de gran utilidad en este caso, puesto que hay muchas referencias que no tienen un gran volumen de stock y ventas. Finalmente, el medio de almacenamiento que más se adapta a las características de los productos a almacenar son las estanterías convencionales.

Una vez conocido el formato logístico mediante el cual el proveedor envía los artículos, se puede realizar un análisis más exhaustivo en cuanto a la forma de almacenar cada una de las referencias disponibles.

Por otra parte, para esta primera configuración se utilizarán las ubicaciones fijas, es decir, cada referencia tendrá uno o más huecos asignados, de forma que dicha referencia siempre estará ubicada en los mismos sitios. De esta forma se podrá observar a simple vista la cantidad de stock en todo momento sin necesidad de acudir al sistema informático.

#### *5.2.1.1. Referencias NO paletizadas*

Se conoce que las referencias que por su volumen de pedido no completen un palet entero, se recibirán en formato cajas en palets multi-referencia. Por ello, se decide que en el almacén se almacenen de la misma forma, esta decisión se toma por comodidad, la organización en cajas facilita las tareas de preparación de pedidos y de reposición de artículos, lo que agilizará el proceso a los trabajadores del almacén.

Según el proveedor, en las cajas en las que se almacenarán las referencias que no lleguen en palets completos, sino que lleguen en palets multi-referencia, se tienen en cuenta que las dimensiones de las cajas deben ser submúltiplos de las dimensiones del palet (Transeop, 2023) para una correcta distribución de la carga y aprovechar al máximo la capacidad del palet.

Analizando el volumen por unidad de las 13.715 referencias no paletizadas se observa que oscila entre los valores que se indican en la Tabla 17.

*Tabla 17. Volumen unitario máximo y mínimo de las referencias no paletizadas (elaboración propia).*

<b>MIN (m<sup>3</sup>/ud)</b>	<b>MAX (m<sup>3</sup>/ud)</b>
5,00E-06	0,105

Los formatos de caja escogidos de muestran en la tabla siguiente, los tamaños son L para las cajas más grandes, y S para las cajas más pequeñas. Destacar que en muchos casos en los que se utilizan las cajas de medida S para algunas referencias sobraré espacio.

*Tabla 18. Tamaño de las cajas de almacenamiento (elaboración propia).*

<b>CAJAS</b>	<b>LARGO (m)</b>	<b>ANCHO (m)</b>	<b>ALTO (m)</b>	<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>
L	0,80	0,60	0,25	0,1200
M	0,60	0,40	0,20	0,0480
S	0,12	0,10	0,20	0,0024

Para dimensionar el tamaño de caja que utilizará cada referencia en su almacenamiento dentro del almacén, se utiliza el lote de transferencia, calculado como la diferencia entre el stock máximo y mínimo de cada zona.

Seguidamente, se muestra una tabla con la cantidad de referencias no paletizadas que utiliza cada tamaño de caja. En ella se observa que de las 13.715 referencias no paletizadas solo hay 613 que se almacenan también en la zona de reserva. Aunque esta casuística no es la ideal, ya

que siempre se tiende a almacenar todo el stock de las referencias no paletizadas en la zona de picking, solo supone un 3,93 % del total.

*Tabla 19. Cantidad de referencias no paletizadas según el tamaño de caja y la zona (elaboración propia).*

CAJAS	PICKING	RESERVA
L	2.131	223
M	4.419	270
S	7.165	120

Si en algún caso los formatos logísticos en la zona de reserva fueran más pequeños que en la zona de picking, se debería de corregir, haciendo coincidir los formatos de picking y reserva para que el formato de la zona de reserva siempre fuera mayor o igual al de picking, lo que facilita la manipulación. En este caso, no se ha encontrado ninguna referencia con estas características, todos los formatos logísticos de la zona de reserva son mayores o iguales que en la de picking.

La principal razón por la que no se utilizan cajas de dimensiones más reducidas que las de tamaño S es porque se ha observado que el hueco en el que se dispondrán ya es suficientemente pequeño, y no podría serlo más porque si no complicaría demasiado la manipulación de los artículos a los almaceneros.

En la tabla siguiente se muestran las medidas de los huecos donde se ubicarán cada tipología de caja, se ha añadido una holgura para facilitar la maniobrabilidad. Esta holgura es de 5 cm en las tres dimensiones, quedando unos huecos con las medidas indicadas en la Tabla 20:

*Tabla 20. Tamaño de los huecos de almacenamiento (elaboración propia).*

HUECO	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
L	0,85	0,65	0,30	0,1658
M	0,65	0,45	0,25	0,0731
S	0,17	0,15	0,25	0,0064

Conocidas las dimensiones de los huecos se procede al cálculo del total de huecos necesarios para las zonas de picking y reserva. Para ello se divide el stock máximo de cada referencia en cada zona entre la capacidad de la caja en la que se almacenará, como se indica en la Ecuación (1). Estos valores se muestran en la Tabla 21.

*Tabla 21. Número de huecos según su tamaño y zona (elaboración propia).*

HUECOS	HUECOS CAJAS PICKING	HUECOS CAJAS RESERVA
L	6.463	516
M	5.082	304
S	7.884	145
<b>TOTAL</b>	<b>19.429</b>	<b>965</b>

*Diseño de un almacén para una empresa comercializadora de material de ferretería con más de 15.000 referencias.*

En la totalidad de referencias no paletizadas, las que también se almacenaban en la zona de reserva representan menos de un 4 % del total, en el caso de los huecos, no llega al 5 % del total de huecos necesarios.

Posteriormente se separan los huecos según la clasificación ABC realizada en el capítulo anterior para cada referencia, de esta forma se obtiene la cantidad de huecos según su tamaño, la zona y la clase de la referencia. La distinción por clase ABC se realiza para determinar después su ubicación en las estanterías, es decir, las referencias de clase A se ubicarán más próximas a la zona de preparación de pedidos y las de clase C más lejos.

*Tabla 22. Número de huecos según su tamaño, zona y clase ABC (elaboración propia).*

HUECOS	PICKING			RESERVA		
	A	B	C	A	B	C
L	2.266	2.397	1.800	516	0	0
M	1.430	1.525	2.127	302	2	0
S	1.039	802	6.043	145	0	0

Se puede observar que, en la tabla anterior, las referencias no paletizadas de clase B y C tienen nula o casi nula presencia en la zona de reserva.

Para el diseño de los huecos se va a intentar reducir los metros lineales necesarios de estantería, por lo que las cajas siempre se van a colocar aprovechando la profundidad de la estantería, dirección en la que se colocará el largo de las cajas.

Con estos valores, multiplicando el ancho del hueco por la cantidad de huecos en cada zona y por clase, se obtendrán los metros lineales de balda de estantería necesarios para todo el almacén. Se muestran en la Tabla 23.

*Tabla 23. Metros lineales totales según el tamaño de huecos, la zona y la clase ABC (elaboración propia).*

HUECOS	PICKING			RESERVA		
	A	B	C	A	B	C
L	1.472,90	1.558,05	1.170,00	335,40	0,00	0,00
M	643,50	686,25	957,15	135,90	0,90	0,00
S	155,85	120,30	906,45	21,75	0,00	0,00

Conocidos los metros lineales necesarios para la totalidad de los huecos, se procede al diseño de las estanterías convencionales que se van a utilizar.

Los huecos de las estanterías oscilan entre 0,30 y 0,25 metros de altura, por lo que se toman los 0,30 metros para el dimensionamiento de las alturas en las estanterías. Las estanterías serán de 7 metros de altura, por lo que se tendrán 23 huecos por altura.

Dividiendo los huecos por altura por los huecos necesarios, y redondeando al número superior, se obtendrán los huecos por altura, zona y clase ABC.

En la Tabla 24 se muestran el número de huecos según la altura y la clase ABC en la zona de reserva.

*Tabla 24. Número de huecos en la zona de reserva por altura y clase ABC (elaboración propia).*

HUECOS	CLASE		
	A	B	C
L	23	0	0
M	14	1	0
S	7	0	0

Como anteriormente, multiplicando el número de huecos obtenido en la Tabla 24 por el ancho de cada tamaño de hueco, se obtienen los metros lineales por altura para la zona de reserva.

Observando los valores de la Tabla 22 y la Tabla 23 se determina que para la zona de reserva no hace falta la distinción entre clase ABC, puesto que la cantidad de huecos de clase B y C son nulos o casi nulos. Por esta razón se ha decidido hacer el cálculo de metros lineales necesarios por cada altura sin diferenciar según la clase ABC de los artículos.

*Tabla 25. Metros lineales por altura y tamaño de huecos en la zona de reserva (elaboración propia).*

HUECOS	METROS LINEALES RESERVA (m)
L	14,95
M	6,75
S	1,05

En cuanto a la zona de picking, a diferencia que en la de reserva, sí se pueden diferenciar los huecos por clase ABC, por lo que se ha calculado el número de huecos y los metros lineales por altura, tamaño de huecos y clase ABC. Los datos mencionados se muestran en la Tabla 26 y la Tabla 27.

*Tabla 26. Número de huecos en la zona de picking por altura, tamaño de huecos y clase ABC (elaboración propia).*

HUECOS	CLASE		
	A	B	C
L	98	105	79
M	63	67	93
S	46	35	263

*Tabla 27. Metros lineales por altura, tamaño de huecos y clase ABC en la zona de picking (elaboración propia).*

HUECOS	CLASE		
	A	B	C
L	63,70	68,25	51,35
M	28,35	30,15	41,85
S	6,90	5,25	39,45

#### 5.2.1.2. Referencias paletizadas

Las referencias paletizadas son todas aquellas que el volumen del pedido al proveedor, calculado anteriormente, es mayor a 0,48 m<sup>3</sup>. Se tienen 1.877 referencias que cumplen esta condición, y suponen un 12,04 % de las referencias totales que albergará el almacén en su funcionamiento.

Los pedidos recibidos de dichas referencias entran en el almacén en formato palet mono-referencia, por lo que este palet tal cual llega, se almacena en su ubicación sin necesidad de ser manipulado, tanto en la zona de reserva como en la de picking según su perfil de inventario.

Estas referencias se almacenarán solo en palets en la zona de reserva y en la zona de picking, en este último caso si todo su stock disponible se almacena en la zona de picking.

Por otra parte, en el caso de que su stock disponible esté distribuido entre la zona de reserva y la de picking, en esta última se podrán almacenar tanto en formato palet o en cajas, según su lote de transferencia en la zona de picking (diferencia entre stock máximo y mínimo de dicha zona).

En cuanto a la zona de picking, se utilizará la misma tipología de cajas utilizadas para los artículos no paletizadas, tomando como referencia el lote de transferencia para decidir qué tamaño de caja necesitan. A continuación, se muestran las referencias según el tamaño de caja que utilizará cada una de las 1.877.

*Tabla 28. Cantidad de referencias paletizadas según tamaño de caja en la zona de picking (elaboración propia).*

CAJAS	CANTIDAD DE REFERENCIAS
L	0
M	0
S	0
PALET	1.877
<b>TOTAL</b>	<b>1.877</b>

Se observa que todas las referencias paletizadas se almacenan en la zona de picking en formato palet, al igual que en la zona de reserva. Lo cual demuestra que no se almacenarán nunca las referencias paletizadas en formato cajas y el picking de estas referencias se hará siempre desde palet.

Aunque no todas las referencias van a tener el mismo volumen por palet, ya que se han considerado todas aquellas que ocupan más de medio palet (0,48 m<sup>3</sup>), se considerará que todos los huecos tienen las mismas dimensiones como si el palet estuviera cargado al máximo con una altura de 1,2 m.

Las dimensiones de los huecos para palets se muestran a continuación:

*Tabla 29. Dimensiones hueco para palet (elaboración propia).*

<b>HUECO</b>	<b>LARGO (m)</b>	<b>ANCHO (m)</b>	<b>ALTO (m)</b>	<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>
PALET	1,30	0,90	1,30	1,52

La cantidad de huecos necesarios se calculará dividiendo el stock máximo de la zona de picking entre la capacidad del formato logístico que albergará. Los valores obtenidos por formato logístico se muestran a continuación.

*Tabla 30. Número de huecos de palet en la zona de picking (elaboración propia).*

<b>HUECOS</b>	<b>HUECOS PICKING</b>
PALET	9.211

Si se hace la distinción, según la clase ABC, se obtienen los siguientes valores:

*Tabla 31. Número de huecos de palets en la zona de picking según su clase ABC (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS PICKING</b>
A	5.796
B	2.974
C	441

Observando los valores obtenidos en la Tabla 31 se determina que alrededor de un 63 % de los huecos en la zona de picking para las referencias paletizadas corresponden a los artículos de clase A.

Multiplicando el ancho del hueco por la cantidad de huecos en la zona de picking y por clase, se obtendrán los metros lineales de balda de estantería.

*Tabla 32. Metros lineales totales de estantería para palets en la zona de picking según el tamaño de huecos (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>METROS LINEALES PICKING (m)</b>
A	5.216,40
B	2.676,60
C	396,90

*Diseño de un almacén para una empresa comercializadora de material de ferretería con más de 15.000 referencias.*

Si se tienen estanterías de 7 metros de altura, con 4 huecos para los palets, en la siguiente tabla se muestra la cantidad de huecos por altura según la clase de cada referencia y el tamaño de caja utilizados.

*Tabla 33. Número de huecos de palets por altura en la zona de picking según su tamaño y clase ABC (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS PICKING</b>
A	1.160
B	595
C	89

Con la cantidad de huecos según su tamaño y clase, se calculan los metros lineales necesarios de balda de estantería por altura, con 5 huecos por altura para los palets.

*Tabla 34. Metros lineales de estantería para palets por altura en la zona de picking de las referencias paletizadas (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>METROS LINEALES PICKING (m)</b>
A	1.044,00
B	535,50
C	80,10

Por otro lado, se tiene la zona de reserva que en este caso solo se almacenarán las referencias en formato palet. Como con el almacenamiento con cajas, la cantidad de huecos necesarios para palets en la zona de reserva se calculará dividiendo el stock máximo de la zona de reserva entre la capacidad del palet. Las dimensiones del palet se muestran en la Tabla 29. Tabla 29. Dimensiones hueco para palet (elaboración propia).

Con un total de 936 huecos necesarios para palets en la zona de reserva, seguidamente se muestra la distribución de los huecos según la clase ABC de las referencias.

*Tabla 35. Número de huecos de palets en la zona de reserva según su clase ABC (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS RESERVA</b>
A	936
B	0
C	0

Se observa que absolutamente todas las referencias almacenadas en formato palet en la zona de reserva son de clase A, por lo que en los cálculos posteriores respecto a la zona de reserva no se realizará la distinción por clase ABC.

Los metros lineales de baldas de estantería necesarios para la zona de reserva de palets se calculan multiplicando los huecos de cada clase por el ancho del hueco destinado al palet, 1,5 m.

*Tabla 36. Metros lineales de estantería para palets en la zona de reserva (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>METROS LINEALES RESERVA (m)</b>
A	842,40

Teniendo en cuenta que las estanterías son de 7 metros de altura y que el alto del hueco del palet es de 1,3 m, se obtienen 5 huecos por cada altura.

Dividiendo los huecos totales entre los huecos por altura, se obtienen los huecos por altura.

*Tabla 37. Número de huecos de palets por altura en la zona de reserva (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS RESERVA</b>
A	188

Finalmente, se calculan los metros lineales por altura de la zona de reserva dedicada al almacenamiento de referencias paletizadas.

*Tabla 38. Metros lineales totales de estantería para palets por altura en la zona de reserva (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>METROS LINEALES RESERVA (m)</b>
A	169,20

### **5.2.2. Medios de manutención**

Definidos los medios de almacenamiento a utilizar, se van a definir los medios de manutención necesarios para el correcto funcionamiento del almacén. Aunque se tienen dos zonas diferenciadas, reserva y picking, en las dos hay referencias almacenadas en formato cajas y otras en palets. Por esta razón, se utilizarán los mismos medios de manutención sin diferenciar entre zonas.

Se está en la primera iteración y como se ha comentado se va a diseñar el almacén de la forma más convencional posible, por tanto, se determinarán los medios de manutención más utilizados según las características de las referencias y los medios de almacenamiento utilizados.

Teniendo en cuenta que las referencias se almacenan tanto en formato cajas como palets, se utilizará un medio u otro para la manutención de cada formato logístico.

En el caso de las cajas, dentro de todas las opciones que se nombran en el punto 2.6. Medios de manutención se debate entre la utilización de carretillas recogepedidos con hombre arriba o el carro recogepedidos, la segunda opción no sería válida porque está diseñada para operar a nivel del suelo, mientras que la primera sería la elección correcta por su capacidad de trabajar a

diferentes alturas, hasta los 14 metros de altura de estantería, en este caso solo se necesitará que opere hasta los 7 metros de altura.

En el caso de los palets, se debate entre utilizar apiladores autopropulsados o carretillas contrapesadas. Se decide por las segundas puesto que son las más utilizadas en la mayoría de los almacenes por su versatilidad, pueden cargar y descargar los camiones y además colocar los palets en las estanterías.

Por otra parte, para la carga y descarga de palets, se necesitarán transpaletas eléctricas. Se utilizarán estas y no otro medio de manutención por su versatilidad. Son adecuadas para distancias cortas, puesto que solo se utilizarán para mover palets desde el muelle hasta la zona de recepción y expedición, y viceversa.

A continuación, se muestran algunas de las características de los dos medios de manutención a utilizar en el almacén.

*Tabla 39. Características de carretilla recogepedidos de hasta 7 metros de altura (Cardós Carboneras, 2020c).*

---

<b>Ancho pasillo (m)</b>	1,8
<b>Lineas de pedido/hora</b>	80
<b>Vida útil (años)</b>	10
<b>Precio</b>	50.000 €

---

*Tabla 40. Características de carretilla contrapesada de hasta 7 metros de altura (Cardós Carboneras, 2020c).*

---

<b>Ancho pasillo (m)</b>	3,5
<b>Ubicación/recuperación a/desde estantería (palets/hora)</b>	22
<b>Carga/descarga de vehículos (palets/hora)</b>	25
<b>Vida útil (años)</b>	10
<b>Precio</b>	17.000 €

---

*Tabla 41. Características de transpaleta eléctrica (Cardós Carboneras, 2020c).*

---

<b>Ancho pasillo (m)</b>	1,8
<b>Carga/descarga de vehículos (palets/hora)</b>	25
<b>Vida útil (años)</b>	10
<b>Precio</b>	3.500 €

---

Conocidas las características de los medios de manutención escogidos, en las siguientes tablas se muestran sus velocidades de desplazamiento y de movimientos de elevación y descenso, tanto para movimientos con carga como sin carga.

*Tabla 42. Velocidades de movimiento para carretilla recogepedidos (Cardós Carboneras, 2020b).*

<b>MOVIMIENTO</b>	<b>CON CARGA (m/s)</b>	<b>SIN CARGA (m/s)</b>
Desplazamiento	1,95	2,22
Elevación	0,20	0,25
Descenso	0,30	0,25

*Tabla 43. Velocidades de movimiento para carretilla contrapesada (Crown equipment, 2020).*

<b>MOVIMIENTO</b>	<b>CON CARGA (m/s)</b>	<b>SIN CARGA (m/s)</b>
Desplazamiento	4,92	5,47
Elevación	0,57	0,58
Descenso	0,46	0,46

El número de vehículos y el tiempo destinado de las tareas diarias determinará los operarios que formarán parte de la plantilla de trabajadores, los cuales trabajarán en un horario de 8 horas diarias durante 5 días a la semana.

Para simplificar el cálculo, se toma una aproximación de la utilización de las horas según la función que estén haciendo en cada momento. Las actividades a realizar por los almaceneros durante su jornada laboral se separan en dos bloques; en el primero se agrupan las actividades de descarga de camiones y el reabastecimiento de la zona de picking desde la zona de reserva; el segundo bloque engloba las actividades de preparación de pedidos y la carga de camiones.

Se utilizarán seis horas del turno para las actividades del segundo bloque de preparación de pedidos, son aquellas que más tiempo necesitan, pues son las actividades que reportarán los beneficios para la empresa. Para el primer bloque de reabastecimiento del almacén se emplearán las horas restantes, aproximadamente dos horas diarias, para realizar todas las tareas mencionadas.

#### *5.2.2.1. Preparación de pedidos*

Con el objetivo de dimensionar correctamente los medios de manutención utilizados en las actividades de preparación de pedidos y carga de camiones, la demanda diaria es el factor determinante. Según la dirección de la empresa, se ha establecido como objetivo a cumplir, tener un servicio mínimo del 95 % en dos días laborables.

Inicialmente, antes de realizar el cálculo, se debe de tener en consideración la forma en que se encuentran los datos para la preparación de pedidos. Como se observa en la Tabla 39, la carretilla recogepedidos tiene una capacidad de preparar 80 líneas de pedido a la hora, mientras que la Tabla 40 indica que la carretilla contrapesada es capaz de ubicar o recuperar desde estanterías un total de 22 palets a la hora. Por esta razón, en cuanto a la preparación de los pedidos, se tomará para el caso de cajas y unidades los valores de líneas de pedido, mientras que, para los palets, se tomarán los valores de palets totales correspondientes a las líneas de pedido, y no las líneas de pedido.

Con todo ello, para poder cumplir con el requisito de la dirección de la empresa, inicialmente se debe calcular la cantidad de líneas de pedido de cajas más unidades y la cantidad de palets pedidos en dos días consecutivos. Teniendo la suma, se calcula cuál es el percentil 95%, es decir, el valor correspondiente al 95 % de los resultados e inferior al 5 % restante. Con esto, se puede afirmar que los días que entren dentro de este percentil estarán cubiertos en su totalidad, mientras que el otro 5 % no se podría asegurar que se sirvan en dos días como máximo.

En la Tabla 44 se muestran los valores máximos de pedido de cada formato logístico y el percentil 95 % de estos:

*Tabla 44. Valores máximos y percentil 95% diarios de pedido (elaboración propia).*

	<b>MAX</b>	<b>95%</b>
<b>PALET</b>	178	72
<b>CAJAS + UNIDADES</b>	12.584,00	10.067,60

Partiendo de los valores de la Tabla 39 y la Tabla 40, y conociendo que se dedican 6 horas diarias a la preparación de pedidos, se calcula la cantidad de carretillas recogepedidos y carretillas contrapesadas necesarias para llevar a cabo la actividad del almacén. Los resultados se muestran en la Tabla 45 y la Tabla 46.

*Tabla 45. Cantidad necesaria de carretillas recogepedidos (elaboración propia).*

<b>Líneas de pedido/hora</b>	80
<b>Tiempo (h)</b>	6
<b>Líneas de pedido/carretilla</b>	480
<b>Líneas de pedido</b>	5.034
<b>Carretillas recogepedidos (uds)</b>	11

*Tabla 46. Cantidad necesaria de carretillas contrapesadas (elaboración propia).*

<b>Ubicación/recuperación a/desde estantería (palets/hora)</b>	22
<b>Tiempo (h)</b>	6
<b>Palets preparados</b>	132
<b>Palets pedidos</b>	36
<b>Carretillas contrapesadas (uds)</b>	1

Se necesitarán 11 carretillas recogepedidos y 1 carretilla contrapesada. Con ello se tardará 5 horas y 44 minutos en cumplir con el 95 % del servicio mínimo en dos días para completar todas las líneas de pedido de cajas y unidades, y 1 hora y 39 minutos en completar la preparación de pedidos de palets, todo ello para el día con mayor cantidad de líneas de pedido.

### 5.2.2.2. Reabastecimiento del almacén

Por otra parte, se calcula la carga de trabajo que supone el reabastecimiento del almacén, desde la zona de reserva o desde el muelle a la zona de picking. Todas las tareas relacionadas en el reabastecimiento del almacén se han determinado que ocupará aproximadamente dos horas diarias.

Para el reabastecimiento desde la zona de reserva a la de picking se utilizarán tanto las carretillas recogepedidos como las carretillas contrapesadas, puesto que los artículos se almacenan tanto en palets como en cajas en las dos zonas.

Destacar que, para los artículos almacenados en formato cajas, solo hay 613 referencias que tienen stock en la zona de reserva, esto supone un 4,47 % del total de las referencias almacenadas en formato cajas. Por ello, el cálculo del tiempo del reabastecimiento de la zona de picking desde reserva se realizará solo para el 4,47 % de las líneas de pedido del percentil 95 %, es decir, para 225 líneas de pedido.

En cuanto a las referencias paletizadas, se tienen 139 referencias con stock en la zona de reserva, lo que representa un 7,41 % del total de referencias paletizadas. El cálculo del reabastecimiento de la zona de picking desde reserva se realizará solo para el 7,41 % de los palets del percentil 95 %, 6 palets.

En la Tabla 47 y en la Tabla 48 se muestra el tiempo necesario para reabastecer la zona de picking desde reserva con el número de carretillas recogepedidos y contrapesadas calculada anteriormente.

*Tabla 47. Reabastecimiento del picking desde reserva para cajas (elaboración propia).*

<b>Lineas de pedido/hora</b>	80
<b>Tiempo (h)</b>	2
<b>Lineas de pedido/carretilla</b>	160
<b>Lineas de pedido</b>	225
<b>Carretillas recogepedidos (uds)</b>	11
<b>Tiempo necesario (min)</b>	16

*Tabla 48. Reabastecimiento del picking desde reserva para palets (elaboración propia).*

<b>Ubicación/recuperación a/desde estantería (palets/hora)</b>	22
<b>Tiempo (h)</b>	2
<b>Palets preparados</b>	44
<b>Palets pedidos</b>	3
<b>Carretillas contrapesadas (uds)</b>	1
<b>Tiempo necesario (min)</b>	9

Por otra parte, en el cálculo del tiempo de reabastecimiento del almacén desde el muelle, inicialmente se debe de determinar la cantidad de material que recibe el almacén diariamente.

Estos artículos recibidos se pueden almacenar tanto en la zona de picking como en la de reserva dependiendo del perfil de inventario de cada una de las referencias.

El volumen de pedido diario al proveedor se determina con el volumen de pedido al proveedor entre los días que cubre dicho pedido. El primer valor, volumen de pedido, se determina en el apartado 4.4 Formato logístico del proveedor. El tiempo cubierto se calcula como la división entre volumen de pedido y volumen de ventas ( $m^3$ /semanas) que al multiplicarlo por 5 días/semana se obtiene el tiempo cubierto en días.

En la Tabla 49 se muestran los resultados del volumen pedido diario y su equivalencia en palets.

*Tabla 49. Palets diarios recibidos (elaboración propia).*

---

<b>Volumen pedido (<math>m^3</math>/día)</b>	242,705
<b>Volumen palet (<math>m^3</math>)</b>	0,576
<b>Palets diarios</b>	211

---

Conociendo que solo el 12,04 % de las referencias llegan y se almacenan en palets mono-referencia, de los 211 palets diarios recibidos solo 25 palets se almacenarán en formato palet dentro del almacén. Los 186 palets restantes serán multi-referencia, por tanto, se abrirán y se almacenará cara referencia en su caja determinada.

Considerando que ya se han utilizado 16 minutos diarios, en el reabastecimiento de picking desde reserva, de las 2 horas diarias dedicadas al reabastecimiento del almacén, se tienen solo 1 hora y 45 minutos para cargar y descargar los vehículos. Las transpaletas eléctricas necesarias para cargar y descargar dicha cantidad de palets se muestra en la Tabla 50.

*Tabla 50. Cantidad necesaria de transpaletas eléctricas (elaboración propia).*

---

<b>Carga/descarga de vehículos (palets/hora)</b>	25
<b>Tiempo (h)</b>	1,74
<b>Palets/transpaleta</b>	44
<b>Palets totales</b>	211

---

<b>Transpaletas eléctricas (uds)</b>	5
--------------------------------------	---

---

Se necesitarán 5 transpaletas eléctricas para poder cargar y descargar 211 palets diarios, la duración de dicha tarea será de 1 hora y 42 minutos.

En cuanto a la colocación de los palets recibidos, solo el 12,04 % de estos se van a almacenar en formato palet, por tanto, solo 25 de estos se ubicarán en las estanterías para palets. Se han determinado 6 horas disponibles como el tiempo para poder utilizar en esta tarea, porque en las tareas anteriores ya se han utilizado casi 2 horas de las 8 horas totales disponibles.

*Tabla 51. Reabastecimiento del almacén desde muelle para palets, (elaboración propia).*

<b>Ubicación/recuperación a/desde estantería (palets/hora)</b>	22
<b>Tiempo (h)</b>	6
<b>Palets preparados</b>	132
<b>Palets pedidos</b>	25
<b>Carretillas retráctiles (uds)</b>	1
<b>Tiempo necesario (min)</b>	70

Con la carretilla retráctil, se necesitarán 1 horas y 10 minutos para ubicar los 25 palets.

En el caso de los artículos almacenados en formato cajas, el cálculo del reabastecimiento del almacén desde el muelle se calcula como el 25% del tiempo obtenido en el cálculo de la preparación de pedidos (Cardós Carboneras, 2020c).

*Tabla 52. Reabastecimiento del almacén para cajas (elaboración propia).*

<b>Lineas de pedido/hora</b>	80
<b>Tiempo (h)</b>	2,02
<b>Lineas de pedido/carretilla</b>	162
<b>Lineas de pedido</b>	1258
<b>Carretillas recogepedidos (uds)</b>	7
<b>Tiempo necesario (min)</b>	135

Determinado el número de medios de manutención, estos son los que determinarán la cantidad de operarios necesaria para cumplir con el plazo de servicio mínimo del 95% de dos días. Las conclusiones extraídas de los cálculos realizados son:

- Se necesitan 12 operarios para la preparación de los pedidos, 11 de ellos utilizarán las 11 carretillas recogepedidos y el otro restante utilizará la carretilla contrapesada.
- En cuanto al reabastecimiento del picking desde reserva, con los 11 operarios utilizando carretillas recogepedidos y 1 operario con la carretilla contrapesada, se necesitan solo 15 minutos diarios para realizar dichas tareas.
- Serán necesarios 5 operarios para utilizar las 5 transpaletas eléctricas y cargar y descargar los vehículos en 1 hora y 42 minutos y los 7 operarios restantes serán los encargados de reabastecer el almacén de cajas desde el muelle.

Por tanto, se necesitarán 12 operarios en total trabajando durante 8 horas al día para el correcto funcionamiento del almacén.

En la Tabla 53 se observan los valores de tiempo y numero de operarios según las tareas a realizar y los medios de manutención a modo resumen.

*Diseño de un almacén para una empresa comercializadora de material de ferretería con más de 15.000 referencias.*

---

*Tabla 53. Resumen de horas trabajadas según el medio de manutención y las tareas a realizar (elaboración propia).*

MEDIO DE MANUTENCIÓN	PREPARACIÓN DE PEDIDOS		REABASTECIMIENTO DE PICKING DESDE RESERVA		REABASTECIMIENTO DEL ALMACÉN DESDE MUELLE	
	Tiempo	Operarios	Tiempo	Operarios	Tiempo	Operarios
CARRETILLA RECOGEPEDIDOS	343	11	16	11	135	7
CARRETILLA CONTRAPESADA	98	1	17	1	35	1
TRANSPALETA ELÉCTRICA	--	--	--	--	101	5

### 5.2.3. Distribución en planta

Para el dimensionamiento del almacén en su conjunto hay que tener en cuenta que este debe albergar las zonas de picking y reserva, la zona de recepción y expedición y unas oficinas.

En la siguiente ilustración se muestra una imagen del layout del almacén.

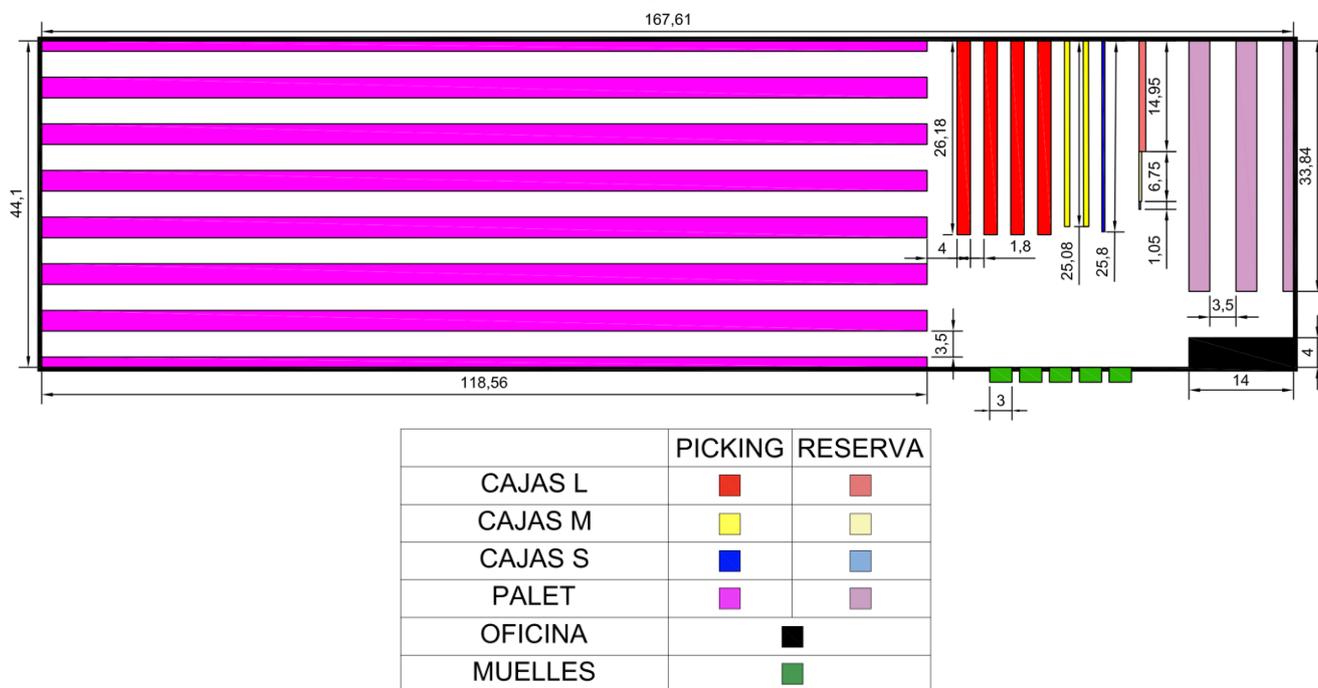


Ilustración 27. Distribución en planta, primera configuración (elaboración propia).

Todas las estanterías que se muestran a la derecha de las oficinas pertenecen a la zona de reserva, destinada a reabastecer parte de la zona de picking de cajas. Mientras que las estanterías que quedan a la izquierda de las oficinas pertenecen a la zona de picking como se puede observar con la diferencia de colores.

Se ha añadido una oficina de 56 m<sup>2</sup>, desde donde operará un administrativo y un jefe de almacén. Se ha colocado cerca de los muelles de carga para facilitar el intercambio de papeles con los transportistas.

Se han establecido 5 muelles, de forma que se pueden descargar y cargar 5 vehículos al mismo tiempo. La distancia entre muelles será de 4 metros medidos desde la mitad de cada puerta (Alapont Logistics, 2019).

En cuanto a los pasillos, se ha dejado la mínima anchura posible dependiendo del tipo de medio de mantenimiento que discurrirá, 1,8 metros para la zona de almacenamiento en cajas y 3,5 para el almacenamiento en palets.

La zona que se sitúa entre los muelles y la zona de almacenamiento es la zona de recepción y expedición. Además, también tiene la función de zona de preparación de pedidos donde se ubicarán 5 zonas empaquetadoras de 4 m<sup>2</sup> cada una de ellas. Tiene una superficie de casi 400 m<sup>2</sup>.

Finalmente, teniendo en cuenta que los muelles necesitan que haya una distancia de 32 metros delante del muelle para la correcta maniobrabilidad de los vehículos más grandes. Se acondicionará una superficie de 5.363 m<sup>2</sup> delante de los muelles para los vehículos de carga y descarga y para los vehículos de los trabajadores. Se tiene un almacén de 7.391 m<sup>2</sup> que, junto a la zona de maniobra de vehículos, se necesitará un solar de 12.755 m<sup>2</sup>.

#### **5.2.4. Análisis económico**

Diseñado el almacén y su funcionamiento interno se deben de traducir todas las decisiones tomadas al coste que supondría llevar a cabo hacer real la propuesta. Por ello en este apartado se analizará económicamente la propuesta y se decidirá si es correcta o tiene algunos puntos de mejora.

Se calculará el coste total de la inversión y, además, se traducirán a costes anuales para poder evaluarlos juntamente con los gastos anuales como puede ser la mano de obra o los gastos energéticos.

Por otra parte, se debe de tener en cuenta el interés del capital que se va a invertir y para ello se aplicará un descuento de flujo de caja (DFC) basado en una tasa de interés del 19 % (Cardós Carboneras, 2020c) según la vida útil del elemento. Estos DFC se muestran en la siguiente tabla:

*Tabla 54. Descuentos de flujo de caja, tasa de interés del 19 % (Cardós Carboneras, 2020c).*

VIDA ÚTIL	DFC
4,00	2,639
5,00	3,058
10,00	4,339
20,00	5,101

Se han dividido todos los gastos en cinco grandes grupos para un mejor tratamiento de los datos. El primer grupo hace referencia al edificio y sus instalaciones, donde se engloba la parte constructiva del almacén y las zonas exteriores con la instalación de servicios generales.

*Tabla 55. Inversión y costes anuales del edificio e instalaciones (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/ud)	UNIDADES	INVERSIÓN (€)	VIDA ÚTIL (años)	DFC	COSTE ANUAL (€)
Almacén 7 metros de altura (m <sup>2</sup> )	370	7.391,60	2.734.892,37	20	5,101	536.148,28
Zona maniobra (m <sup>2</sup> )	50	5.363,52	268.176,00	20	5,101	52.573,22
Instalación servicios generales (m <sup>2</sup> )	30	7.391,60	221.748,03	20	5,101	43.471,48
Plataforma muelle	1.000,00	5	5.000,00	10	4,339	1.152,34
<b>TOTAL</b>			<b>3.229.816,40</b>			<b>633.345,32</b>

En el segundo grupo se presentan los resultados referidos a los medios de almacenamiento, donde se encuentran tanto las estanterías como las cajas de plástico que se van a utilizar.

*Diseño de un almacén para una empresa comercializadora de material de ferretería con más de 15.000 referencias.*

*Tabla 56. Inversión y costes anuales de los medios de almacenamiento (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/ud)	UNIDADES	INVERSIÓN (€)	VIDA ÚTIL (años)	DFC	COSTE ANUAL (€)
Estantería de cajas (m)	30	8.164,40	244.932,00	10	4,339	56.448,95
Estantería convencional de palets (ubicaciones)	20	10.147	202.940,00	10	4,339	46.771,15
Caja L	1,5	305	457,50	10	4,339	105,44
Caja M	1,2	238	285,60	10	4,339	65,82
Caja S	1	351	351,00	10	4,339	80,89
<b>TOTAL</b>			<b>448.966,10</b>			<b>103.472,25</b>

El tercer grupo se comprende de los medios de mantenimiento, es decir, presenta los costes anuales y de inversión inicial de las carretillas recogepedidos, las carretillas contrapesadas, las transpaletas eléctricas y el hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén.

*Tabla 57. Inversión y costes anuales de los medios de mantenimiento (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/ud)	UNIDADES	INVERSIÓN (€)	VIDA ÚTIL (años)	DFC	COSTE ANUAL (€)
Carretilla recogepedidos	50.000,00	11,00	550.000,00	10	4,339	126.757,32
Carretilla contrapesada	17.000,00	1,00	17.000,00	10	4,339	3.917,95
Transpaleta eléctrica	3.500,00	5,00	17.500,00	10	4,339	4.033,19
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	350.000,00	1	350.000,00	5	3,058	114.453,89
<b>TOTAL</b>			<b>934.500,00</b>			<b>249.162,35</b>

El cuarto grupo engloba los costes de mantenimiento del edificio, sus instalaciones y los medios de almacenamiento y mantenimiento descritos.

*Tabla 58. Costes anuales de mantenimiento (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	INVERSIÓN (€)	%	COSTE ANUAL (€)
Mantenimiento edificio			2.734.892,37	1%	27.348,92
Mantenimiento estanterías			447.872,00	1%	4.478,72
Mantenimiento plataformas muelles			5.000,00	10%	500,00
Mantenimiento de equipamiento móvil			584.500,00	10%	58.450,00
Gastos energéticos	45	7.391,60			332.622,05
<b>TOTAL</b>					<b>423.399,69</b>

Finalmente, el quinto y último grupo hace referencia a los costes de mano de obra necesaria para el correcto funcionamiento del almacén.

*Tabla 59. Costes anuales de mano de obra (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/m <sup>2</sup> )	UNIDADES	COSTE ANUAL (€)
Jefe de almacén	30.000,00	1	30.000,00
Almaceneros	18.000,00	12	216.000,00
Administrativo	20.000,00	1	20.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>266.000,00</b>

A modo resumen, en la siguiente tabla se muestran los valores de inversión y costes anuales de los cinco grupos.

*Tabla 60. Inversión y costes anuales de los cinco grupos (elaboración propia).*

CONCEPTO	INVERSIÓN (€)	COSTE ANUAL (€)
Edificios e instalaciones	3.229.816,40	633.345,32
Medios de almacenamiento	448.966,10	103.472,25
Medios de mantenimiento	934.500,00	249.162,35
Mantenimiento		423.399,69
Mano de obra		266.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>4.613.282,50</b>	<b>1.675.379,61</b>

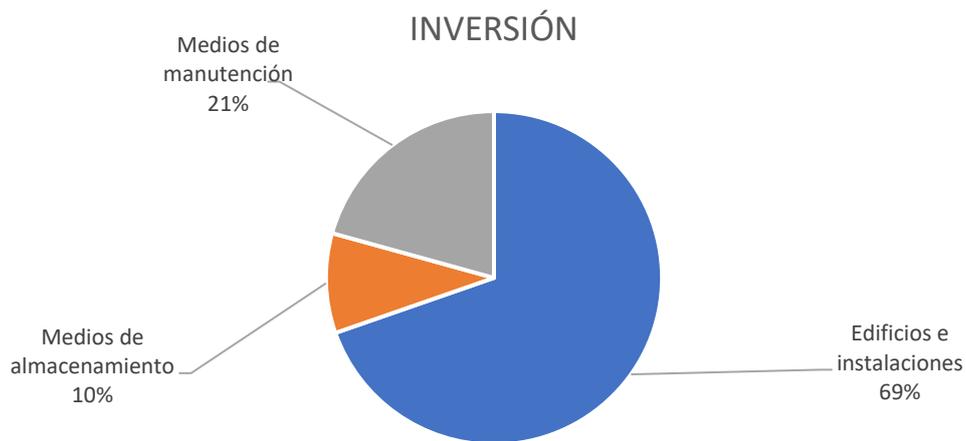
Obtenidos todos los costes de inversión y los costes anuales se puede realizar el análisis crítico para buscar los puntos a mejorar de forma que se cumplan los requisitos establecidos por la dirección de la empresa inicialmente.

En cuanto a la inversión, se marcó un límite de 4.000.000,00 €, límite que se ha superado por más de medio millón de euros. De coste anual se fijó un límite de 1.250.000 € anuales, el cual también se ha superado por más de 400.000 €.

Como se observa en la Ilustración 28, casi el 70 % de los costes de inversión están dedicados al edificio e instalaciones. Esto es debido al gran volumen de almacenamiento que debe albergar el almacén, por lo que se necesitan muchos metros cuadrados de superficie para solo 7 metros de altura. Más adelante se estudiará la forma de reducir la superficie total del almacén.

Por otra parte, se observa que la inversión en medios de mantenimiento no es muy elevada en comparación con la inversión en el edificio. Los medios de mantenimiento utilizados influyen directamente en la superficie del edificio, por tanto, habrá que estudiar otras soluciones.

Finalmente, aunque los medios de almacenamiento suponen poca inversión en el cómputo global, estos influyen directamente en la superficie necesaria para almacenar todo el volumen de artículos, así como influyen en los medios de mantenimiento a utilizar. Por estas razones, se deberán de proponer mejoras que influirán en los otros ámbitos.



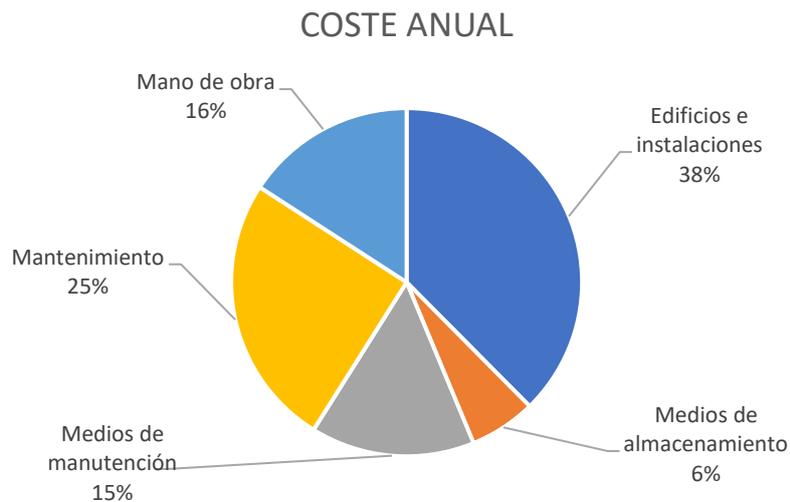
*Ilustración 28. Inversión total, primera propuesta (elaboración propia).*

En la Ilustración 29 se muestran la proporción de los costes anuales asociados a cada grupo. Al igual que en la inversión total, el grupo de edificios e instalaciones es el que más costes repercute, en este caso un 38 %. Como se ha comentado anteriormente, es debido a la gran superficie de almacén que se tiene en esta configuración.

Por otra parte, el coste de mantenimiento es de un 25 %, lo que lo coloca como el segundo coste anual más elevado. La razón principal de este elevado importe son los gastos energéticos, que como están directamente relacionados con la superficie del edificio, tienen un coste muy alto.

El personal y los medios de mantenimiento tienen una proporción parecida, y es que están ligados unos con otros, puesto que se tienen tantos almaceneros como carretillas recogepedidos y carretillas contrapesadas. Posteriormente se propondrá una mejora para intentar reducir la cantidad de mano de obra y de medios de mantenimiento.

Finalmente, los costes asociados a los medios de almacenamiento son relativamente bajos, puesto que, al ser un almacén convencional, no hay ningún medio de almacenamiento automatizado que eleve mucho el coste.



*Ilustración 29. Costes anuales, primera propuesta (elaboración propia).*

Por todo lo mencionado, se van a realizar distintas propuestas en diferentes ámbitos para intentar reducir lo máximo posible los costes anuales y la inversión total. Además, con estas propuestas se busca mejorar la eficiencia.

- 1- Aumento de la altura del almacén, pasando de los 7 metros actuales a los 10 metros. De esta forma se podrá reducir la superficie de suelo requerida y, por tanto, la inversión y los costes anuales tan elevados que se han obtenido en la primera configuración asociados a la edificación e instalaciones.
- 2- Sustitución de los medios de manutención. En el caso de aumentar la altura del almacén a 10 metros, las carretillas contrapesadas dejarían de ser útiles, puesto que su límite son los 7 metros de altura. Se sustituirán por carretillas retráctiles que, además, ayudarán a reducir los pasillos de las estanterías de palets, pasando de los 3,5 metros actuales a 2,7 metros.
- 3- Automatizar la zona de almacenamiento en cajas con la instalación de un paternóster, un carrusel horizontal o un miniload.
- 4- Estanterías convencionales de doble fondo. Se ha observado que el promedio de huecos por referencia almacenada en palet es mayor de dos, por lo que instalar estanterías de doble fondo puede ser interesante para reducir la superficie total del almacén.

### **5.3. SEGUNDA PROPUESTA**

En esta segunda propuesta se partirá de un almacén de 10 metros de altura, y no de 7 metros, como se ha comentado anteriormente. Este cambio ayudará a la reducción de la superficie del almacén y afectará a la determinación de los medios de manutención a utilizar.

#### **5.3.1. Medios de almacenamiento**

Se van a adoptar diferentes opciones de almacenamiento según el formato logístico en el que se almacena cada referencia.

##### *5.3.1.1. Referencias NO paletizadas*

Buscando aumentar la automatización en el almacenamiento y la manutención de las referencias almacenadas en formato cajas las opciones están entre la utilización de miniload, de carrusel horizontal o de paternóster.

Destacar que el miniload no se trata de un medio de almacenamiento, sino de un medio de manutención, el cual necesita unas estanterías específicas para su correcto funcionamiento.

La implementación de un sistema automatizado en la zona de almacenamiento en cajas es debido a su mejor aprovechamiento del espacio.

Para poder elegir cuál es el que mejor se adapta al almacén, se deben tener en cuenta distintos factores, como la rotación de los artículos a almacenar. Mientras que el miniload está preparado para trabajar con productos de todo tipo, los carruseles horizontales y los paternosters no son soluciones pensadas para albergar productos de alta rotación (clase A) (Mecalux, 2020) porque su ritmo de salida no es adecuado para ello. En el almacén a diseñar la zona de reserva de cajas se compone en su mayoría de artículos de clase A, y, en la de picking de cajas, más de un 30 % de esta.

El volumen almacenado también es un factor importante para tener en cuenta. Los carruseles horizontales solo llegan a tener una altura de 2 metros, para que el operario pueda manipular los artículos sin problema, y con una longitud limitada de alrededor de 14 metros para minimizar el tiempo de espera llegando a ser capaz de almacenar hasta 7 m<sup>3</sup> de artículos (Cardós Carboneras, 2020c). Los paternosters, al igual que los carruseles horizontales, su volumen de almacenamiento óptimo es de 7 m<sup>3</sup> (Cardós Carboneras, 2020c). Por el contrario, el miniload llega hasta los 20 metros de altura y hasta los 40 metros de longitud (Mecalux, 2020b).

En el almacén objeto de estudio, con las medidas de las cajas de la Tabla 18 y con la cantidad de huecos en las zonas de picking y reserva de almacenamiento de cajas (Tabla 21), se tiene un volumen total de 1.038,417 m<sup>3</sup> almacenado. En el caso de almacenarse en carruseles verticales o paternosters, se necesitarían 148 de estos, lo que implicaría un coste muy elevado y un aprovechamiento ineficiente del espacio.

Finalmente, por su velocidad y aprovechamiento del espacio, se decanta por la instalación del miniload en el almacenamiento de cajas.

Una vez se toma la decisión de utilizar el miniload para la manutención del almacenamiento de cajas, se pasa a diseñar las estanterías que utilizará.

Para el correcto funcionamiento del miniload, se necesita utilizar unos contenedores de medidas estándar y no las cajas que se habían determinado en la primera propuesta en la Tabla 18. Las medidas de estos contenedores son las indicadas en la Tabla 61 y las dimensiones de los huecos que albergarán dichos contenedores se indica en la Tabla 62.

*Tabla 61. Dimensiones de los contenedores de almacenamiento del miniload.*

	<b>LARGO (m)</b>	<b>ANCHO (m)</b>	<b>ALTO (m)</b>	<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>
<b>CONTENEDOR</b>	0,60	0,40	0,40	0,0960

*Tabla 62. Dimensiones de los huecos de contenedores de almacenamiento del miniload.*

	<b>LARGO (m)</b>	<b>ANCHO (m)</b>	<b>ALTO (m)</b>	<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>
<b>HUECO</b>	0,65	0,45	0,45	0,1316

Conocidas las dimensiones de los huecos se procede al cálculo del total de huecos necesarios para las zonas de picking y reserva. Para ello se divide el stock máximo de cada referencia en cada zona entre la capacidad de la caja en la que se almacenará. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 63.

*Tabla 63. Número de huecos según su clase ABC y zona, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS CAJAS PICKING</b>	<b>HUECOS CAJAS RESERVA</b>
A	4.954	1.010
B	4.941	2
C	9.622	0
<b>TOTAL</b>	<b>19.517</b>	<b>1.012</b>

Se puede observar que las referencias no paletizadas de clase B y C tienen nula o casi nula presencia en la zona de reserva.

Para el diseño de los huecos se va a intentar reducir los metros lineales necesarios de estantería, por lo que las cajas siempre se van a colocar aprovechando la profundidad de la estantería, dirección en la que se colocará el largo de las cajas.

Con estos valores, multiplicando el ancho del hueco por la cantidad de huecos en cada zona y por clase, se obtendrán los metros lineales de balda de estantería necesarios para todo el almacén. Se muestran en la Tabla 64.

*Tabla 64. Metros lineales totales según la zona y la clase ABC, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>PICKING</b>	<b>RESERVA</b>
A	2.229,30	454,50
B	2.223,45	0,90
C	4.329,90	0,00

Al instalar el sistema de miniload y observando la diferencia tan notable entre los valores de picking y de reserva, se decide no separar físicamente las dos zonas, sino que los artículos que se deberían de almacenar en la zona de reserva se almacenarán al final del pasillo para una mayor eficiencia en la preparación de pedidos. En los siguientes cálculos se unificarán las dos zonas en la zona de picking.

Dividiendo los huecos por altura, para estanterías de 10 metros, entre los huecos necesarios, y redondeando al número superior, se obtendrán los huecos por altura y clase ABC.

*Tabla 65. Número de huecos por altura y clase ABC, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS</b>
A	272
B	225
C	438

Como anteriormente, multiplicando el número de huecos obtenido en la Tabla 65 por el ancho de tamaño del hueco, se obtienen los metros lineales por altura.

*Tabla 66. Metros lineales por altura y clase ABC en la zona de picking, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>METROS LINEALES (m)</b>
A	122,40
B	101,25
C	197,10

### *5.3.1.2. Referencias paletizadas*

El objetivo principal de las mejoras a implementar en el campo de los medios de almacenamiento es reducir la superficie de almacén necesaria. Para ello, se ha decidido que se instalarán estanterías convencionales de doble fondo, observando que el promedio de huecos por referencia almacenada en formato palet es de 4,9 huecos en la zona de picking y de 6,7 huecos en reserva.

En la zona de picking se obtiene un valor de 5.089 huecos totales necesarios. En la Tabla 67 se muestra su distribución según la clase ABC.

*Tabla 67. Número de huecos de palets en la zona de picking según la clase ABC, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS PICKING</b>
A	3.130
B	1.683
C	276

Con estos valores, y multiplicando por la anchura del hueco del palet (0,90 m), se obtienen los metros lineales de balda de estantería de palets en la zona de picking. Los resultados se muestran en la Tabla 68.

*Tabla 68. Metros lineales totales en la zona de picking según su clase ABC, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>METROS LINEALES PICKING (m)</b>
A	2.817,00
B	1.514,70
C	248,40

Si se comparan con los valores obtenidos en la Tabla 32, hay una reducción de alrededor de un 40 % en la cantidad de metros lineales totales, lo que se traduce en una reducción del espacio dedicado al almacenamiento de palets en la zona de picking.

Considerando una altura de estantería de 10 metros, como se ha comentado anteriormente, se tienen 7 huecos por altura, dos huecos más que en la primera propuesta.

En la Tabla 69 se muestran los huecos por altura y clase ABC y en la Tabla 70 los metros lineales por altura y clase ABC.

*Tabla 69. Número de huecos de palets por altura y clase ABC en la zona de picking, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS PICKING</b>
A	448,00
B	241,00
C	40,00

*Tabla 70. Metros lineales por altura y clase ABC en la zona de picking, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>METROS LINEALES PICKING (m)</b>
A	403,20
B	216,90
C	36,00

Se obtienen 656,10 metros lineales totales por altura de balda de estantería con la nueva configuración. Si se comparan con los 1.659,6 metros obtenidos en la primera configuración, se ha obtenido una reducción de un 60 % de metros lineales por altura en la zona de picking de referencias paletizadas.

En cuanto a la zona de reserva, al igual que en la primera configuración, no se diferenciará según la clase ABC, puesto que todas las referencias almacenadas en esta zona están clasificadas como tipo A.

En la Tabla 71 y en la Tabla 72 se muestran los huecos y los metros lineales de balda de estantería totales en la zona de reserva.

*Tabla 71. Número de huecos de palets en la zona de reserva, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS RESERVA</b>
A	503

*Tabla 72. Metros lineales totales en la zona de reserva, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>METROS LINEALES RESERVA (m)</b>
A	452,70

Comparando los resultados obtenidos con los de la primera configuración (Tabla 36), se ha conseguido reducir los metros lineales totales en un 40 %.

Al igual que en las estanterías de la zona de picking, se ha pasado a utilizar estanterías de 10 metros de altura para esta segunda configuración. Por tanto, dividiendo los valores totales de huecos y metros lineales, se obtienen los valores por altura.

*Tabla 73. Número de huecos de palets por altura en la zona de reserva, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS RESERVA</b>
A	72

*Tabla 74. Metros lineales por altura en la zona de reserva, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>METROS LINEALES RESERVA (m)</b>
A	64,80

En la zona de reserva se ha podido reducir en más de un 60 % los metros lineales por altura de balda de estantería para palets.

### **5.3.2. Medios de manutención**

Definidos los medios de almacenamiento, se determinan los medios de manutención a implementar en esta segunda propuesta.

En el punto anterior se ha determinado que se utilizará el miniload para la manutención de los artículos almacenados en formato cajas. Este sistema mejorará la eficiencia de la preparación de pedidos y ayudarán a reducir el número de operarios necesarios, puesto que es un sistema donde el operario no debe desplazarse y es el producto el que se desplaza hasta él. Se necesitará un operario cada dos miniloads, cada uno de ellos con su estación de preparación de pedidos.

Por otra parte, para la manutención de palets ya no se podrán utilizar las carretillas contrapesadas, puesto que el límite de altura de estas es de 7 metros. Al tener un almacén de 10 metros de altura con estanterías de doble fondo se debe de buscar otra alternativa. Las carretillas elevadoras retráctiles son las que mejor encajan, pueden elevar la carga hasta los 10 metros de altura y al tener el mástil móvil permite la manipulación de la carga en estanterías de doble fondo.

Finalmente, en esta propuesta se mantiene la utilización de las transpaletas eléctricas para la carga y descarga de los camiones, porque su uso sigue siendo el mismo, aunque puede variar la cantidad a utilizar.

A continuación, se muestran algunas de las características de los medios de manutención a utilizar en el almacén.

*Tabla 75. Características de carretilla retráctil de hasta 10 metros de altura (Cardós Carboneras, 2020c).*

<b>Ancho pasillo (m)</b>	2,7
<b>Ubicación/recuperación a/desde estantería (palets/hora)</b>	20
<b>Vida útil (años)</b>	10
<b>Precio</b>	30.000 €

*Tabla 76. Características de transpaleta eléctrica (Cardós Carboneras, 2020c).*

<b>Ancho pasillo (m)</b>	1,8
<b>Carga/descarga de vehículos (palets/hora)</b>	25
<b>Vida útil (años)</b>	10
<b>Precio</b>	3.500 €

*Tabla 77. Características del miniload (Cardós Carboneras, 2020c).*

<b>Ancho pasillo (m)</b>	0,8
<b>Lineas de pedido/hora</b>	100
<b>Vida útil (años)</b>	10
<b>Precio</b>	150.000 €

El número de vehículos y el tiempo destinado de las tareas diarias determinará los operarios que formarán parte de la plantilla de trabajadores, los cuales trabajarán en un horario de 8 horas diarias durante 5 días a la semana.

Para simplificar el cálculo, se toma una aproximación de la utilización de las horas según la función que estén haciendo en cada momento. Las actividades a realizar por los almaceneros durante su jornada laboral se separan en dos bloques; en el primero se agrupan las actividades de descarga de camiones y el reabastecimiento de la zona de picking desde la zona de reserva; el segundo bloque engloba las actividades de preparación de pedidos y la carga de camiones.

Para el primer bloque de reabastecimiento del almacén se emplearán aproximadamente dos horas diarias para realizar todas las tareas mencionadas. Las seis horas restantes del turno se utilizarán para las actividades del segundo bloque de preparación de pedidos, son aquellas que más tiempo necesitan, pues son las actividades que reportarán los beneficios para la empresa.

Aunque esta distribución de la jornada laboral es igual que en la propuesta anterior, en esta configuración al tener un sistema automatizado como es el miniload hay que tener en consideración distintos factores.

En la zona de almacenamiento de cajas no hay separación física entre la zona de picking y la de reserva, sino que la zona de reserva se sitúa al final de las calles. De esta forma, el reabastecimiento de la zona de picking desde reserva no es crítica y se realizará en el tiempo sobrante de las 16 horas, después de la preparación de pedidos.

#### *5.3.2.1. Preparación de pedidos*

Con el objetivo de dimensionar correctamente los medios de manutención utilizados en las actividades de preparación de pedidos y carga de camiones, la demanda diaria es el factor determinante. Según la dirección de la empresa, se ha establecido como objetivo a cumplir, tener un servicio mínimo del 95 % en dos días laborables.

En este punto se va a operar igual que en el punto 5.2.2.1 de la primera propuesta. En la Tabla 44 se muestran los valores máximos de pedido de cada formato logístico y el percentil 95 % de estos. A partir de estos datos se realizarán todos los cálculos de número de medios de manutención.

En primer lugar, para la preparación de pedidos de cajas y unidades se utilizará el miniload y preparará los pedidos del 100 % de las referencias que no están paletizadas. La carretilla retráctil será la encargada de preparar todos los pedidos de palets.

En la Tabla 78 se muestran la cantidad de miniloads necesaria para cumplir con el servicio mínimo del 95 %.

*Tabla 78. Cantidad necesaria de miniload, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>Lineas de pedido/hora</b>	100
<b>Tiempo (h)</b>	7
<b>Lineas de pedido/miniload</b>	700
<b>Lineas de pedido</b>	5.034
<b>Miniload (uds)</b>	8

Por otra parte, las carretillas retráctiles son el único medio de manutención disponible para la preparación de pedidos de palets, por tanto, estas deberán realizar todos los pedidos necesarios para cumplir el servicio mínimo. En la Tabla 79 se muestra la cantidad de carretillas retráctiles.

*Tabla 79. Cantidad necesaria de carretillas retráctiles, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>Ubicación/recuperación a/desde estantería (palets/hora)</b>	20
<b>Tiempo (h)</b>	6
<b>Palets preparados</b>	120
<b>Palets pedidos</b>	36
<b>Carretillas retráctiles (uds)</b>	1

Se necesitarán 8 miniloads y una carretilla retráctil. Los miniloads se utilizarán durante 6 horas y 18 minutos y, la carretilla retráctil, 1 hora y 48 minutos en cumplir con el servicio mínimo del 95 % en dos días.

### *5.3.2.2. Reabastecimiento del almacén*

Por otra parte, se calcula la carga de trabajo que supone el reabastecimiento del almacén, desde la zona de reserva o desde el muelle a la zona de picking. Todas las tareas relacionadas en el reabastecimiento del almacén se han determinado que ocupará dos horas diarias como máximo.

Como se ha comentado anteriormente, en esa tarea se utilizarán la carretilla retráctil para reabastecer la zona de picking desde reserva de palets, el miniload para las cajas y las transpaletas eléctricas para cargar y descargar vehículos.

Al igual que en la primera propuesta, en esta se tienen 139 referencias con stock en la zona de reserva, lo que representa un 7,41 % del total de referencias paletizadas. El cálculo del reabastecimiento de la zona de picking desde reserva se realizará solo para el 7,41 % de los palets del percentil 95 %, 3 palets.

En el caso de los artículos almacenados en formato cajas, el cálculo del reabastecimiento se calcula como el 25% del tiempo obtenido en el cálculo de la preparación de pedidos (Cardós Carboneras, 2020c).

*Tabla 80. Reabastecimiento del picking desde reserva para palets, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>Ubicación/recuperación a/desde estantería (palets/hora)</b>	20
<b>Tiempo (h)</b>	2
<b>Palets preparados</b>	40
<b>Palets pedidos</b>	3
<b>Carretillas retráctiles (uds)</b>	1
<b>Tiempo necesario (min)</b>	9

*Tabla 81. Reabastecimiento del almacén para cajas, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>Lineas de pedido/hora</b>	100
<b>Tiempo (h)</b>	1,71
<b>Lineas de pedido/carretilla</b>	171
<b>Lineas de pedido</b>	1.258
<b>Miniload (uds)</b>	8
<b>Tiempo necesario (min)</b>	95

En cuanto a la colocación de los palets recibidos desde el muelle, solo el 12,04 % de estos se van a almacenar en formato palet, por tanto, solo 25 de estos se ubicarán en las estanterías para palets. Se han determinado 6 horas disponibles como el tiempo para poder utilizar en esta tarea, porque en las tareas anteriores ya se han utilizado casi 2 horas de las 8 horas totales disponibles.

*Tabla 82. Reabastecimiento del almacén desde muelle para palets, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>Ubicación/recuperación a/desde estantería (palets/hora)</b>	20
<b>Tiempo (h)</b>	6
<b>Palets preparados</b>	120
<b>Palets pedidos</b>	25
<b>Carretillas retráctiles (uds)</b>	1
<b>Tiempo necesario (min)</b>	76,5

Con la carretilla retráctil, se necesitarán 1 horas y 17 minutos para ubicar los 25 palets.

Por otra parte, se calculará el número de transpaletas eléctricas según el tiempo sobrante de realizar las actividades mencionadas hasta este punto:

- Los miniloads trabajan durante casi las 8 horas laborables. Los trabajadores que operen con estos no pueden realizar ninguna tarea más.
- La carretilla retráctil trabaja durante 1 hora y 48 minutos entre la preparación de pedidos y el reabastecimiento del almacén. El trabajador que opere con ella tendrá más de 4 horas disponibles para realizar estas tareas.

Con estos datos, el operario que más opciones tiene para realizar las tareas de carga y descarga de vehículos es el operario que utilizará la carretilla retráctil. En caso de necesitar más, se contratará los que sean necesarios.

*Tabla 83. Cantidad necesaria de transpaletas eléctricas, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>Carga/descarga de vehículos (palets/hora)</b>	25
<b>Tiempo (h)</b>	4,78
<b>Palets/transpaleta</b>	119
<b>Palets totales</b>	211
<b>Transpaletas eléctricas (uds)</b>	2

Se necesitarán 2 transpaletas eléctricas para poder cargar y descargar 211 palets diarios, la duración de dicha tarea será de 4 horas y 14 minutos.

Determinado el número de medios de manutención, estos son los que determinarán la cantidad de operarios necesaria para cumplir con el plazo de servicio mínimo del 95% de dos días.

Las conclusiones extraídas de los cálculos realizados son:

- Se necesitan 6 operarios para la preparación de los pedidos, 4 operarán con los miniloads, uno utilizará la carretilla retráctil y la transpaleta eléctrica y otro operario solo utilizará otra transpaleta eléctrica.
- En cuanto al reabastecimiento del picking desde reserva de palets, con 1 operario utilizando la carretilla retráctil se necesitarán 9 minutos diarios para realizar dichas tareas.
- Solo 2 operarios serán necesarios para utilizar las 2 transpaletas eléctricas y cargar y descargar los vehículos en 4 horas y 14 minutos. Estos serán uno que opere solo con la transpaleta eléctrica y el segundo será el que utilice también la carretilla retráctil.

Por tanto, se necesitarán 6 operarios en total trabajando durante 8 horas al día para el correcto funcionamiento del almacén.

En la Tabla 84 se observan los valores de tiempo y número de operarios según las tareas a realizar y los medios de manutención a modo resumen.

*Diseño de un almacén para una empresa comercializadora de material de ferretería con más de 15.000 referencias.*

*Tabla 84. Resumen de horas trabajadas según el medio de mantenimiento y las tareas a realizar, segunda propuesta (elaboración propia).*

MEDIO DE MANUTENCIÓN	PREPARACIÓN DE PEDIDOS		REABASTECIMIENTO DE PICKING DESDE RESERVA		REABASTECIMIENTO DEL ALMACÉN DESDE MUELLE		TOTAL	
	Tiempo	Operarios	Tiempo	Operarios	Tiempo	Operarios	Tiempo	Operarios
<b>CARRETILLA RETRÁCTIL</b>	108	1	18	1	77	1	185	1
<b>MINILOAD</b>	378	4	--	--	95	4	473	4
<b>TRANSPALETA ELÉCTRICA</b>	--	--	--	--	254	2	254	2

### 5.3.3. Distribución en planta

Para el dimensionamiento del almacén en su conjunto hay que tener en cuenta que este debe albergar las zonas de picking y reserva, la zona de recepción y expedición y unas oficinas.

En la siguiente ilustración se muestra una imagen del layout del almacén.

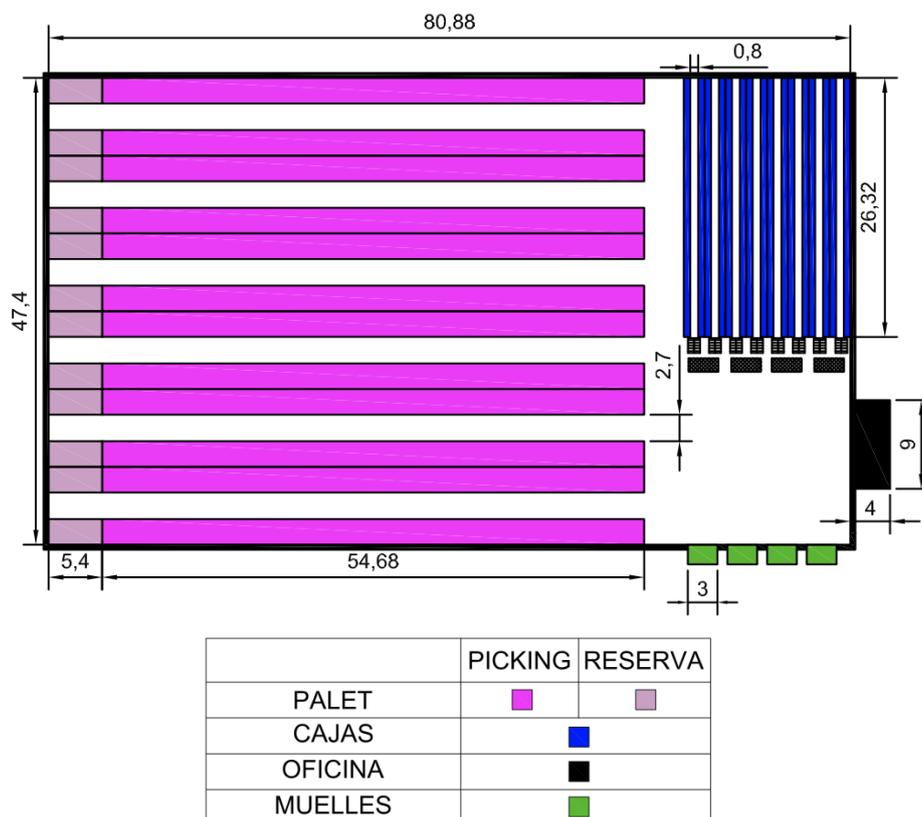


Ilustración 30. Distribución en planta, segunda configuración (elaboración propia).

En esta configuración se ha decantado por disponer de la zona de reserva en los mismos pasillos que la de picking, obteniendo un mejor aprovechamiento del espacio. Los artículos de reserva se ubican al final de cada pasillo de estanterías, tanto para cajas como para palets.

Se ha añadido una oficina de 36 m<sup>2</sup>, desde donde operará un administrativo y un jefe de almacén. Las oficinas forman un anexo al almacén y se han colocado cerca de los muelles de carga para facilitar el intercambio de papeles con los transportistas.

Se han establecido 4 muelles, de forma que se pueden descargar y cargar 4 vehículos al mismo tiempo. La distancia entre muelles será de 4 metros medidos desde la mitad de cada puerta (Alapont Logistics, 2019).

En cuanto a los pasillos, se ha dejado la mínima anchura posible dependiendo del tipo de medio de mantenimiento que discurrirá, 0,8 metros para la zona de almacenamiento en cajas y 2,7 para el almacenamiento en palets.

La zona que se sitúa entre los muelles y la zona de almacenamiento es la zona de recepción y expedición. Además, también tiene la función de zona de preparación de pedidos donde se

ubicarán 4 zonas empaquetadoras de 4 m<sup>2</sup> cada una de ellas. Tiene una superficie de más de 360 m<sup>2</sup>.

Finalmente, teniendo en cuenta que los muelles necesitan que haya una distancia de 32 metros delante del muelle para la correcta maniobrabilidad de los vehículos más grandes. Se acondicionará una superficie de 2.588,16 m<sup>2</sup> delante de los muelles para los vehículos de carga y descarga y para los vehículos de los trabajadores. Se tiene un almacén de 3.833,71 m<sup>2</sup> que, junto a la zona de maniobra de vehículos y las oficinas, se necesitará un solar de 6.457,87 m<sup>2</sup>.

#### **5.3.4. Análisis económico**

Diseñado el almacén y su funcionamiento interno se deben de traducir todas las decisiones tomadas al coste que supondría llevar a cabo hacer real la propuesta. Por ello en este apartado se analizará económicamente la propuesta y se decidirá si es correcta o tiene algunos puntos de mejora.

Se calculará el coste total de la inversión y, además, se traducirán a costes anuales para poder evaluarlos juntamente con los gastos anuales como puede ser la mano de obra o los gastos energéticos.

Se van a calcular los importes siguiendo la misma metodología utilizada en la primera propuesta, utilizando el descuento de flujo de caja (Tabla 54).

Se han dividido todos los gastos en cinco grandes grupos para un mejor tratamiento de los datos. El primer grupo hace referencia al edificio y sus instalaciones, donde se engloba la parte constructiva del almacén y las zonas exteriores con la instalación de servicios generales.

*Tabla 85. Inversión y costes anuales del edificio e instalaciones, segunda propuesta (elaboración propia).*

<b>CONCEPTO</b>	<b>PRECIO UNITARIO (€/ud)</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>INVERSIÓN (€)</b>	<b>VIDA ÚTIL (años)</b>	<b>DFC</b>	<b>COSTE ANUAL (€)</b>
Oficinas menos de 6 metros de altura (m <sup>2</sup> )	340	36,00	12.240,00	20	5,101	2.399,53
Almacén 10 metros de altura (m <sup>2</sup> )	410	3.833,71	1.571.821,92	20	5,101	308.139,96
Zona maniobra (m <sup>2</sup> )	50	2.588,16	129.408,00	20	5,101	25.369,14
Instalación servicios generales (m <sup>2</sup> )	30	3.869,71	116.091,36	20	5,101	22.758,55
Plataforma muelle	1.000,00	4	4.000,00	10	4,339	921,87
<b>TOTAL</b>			<b>1.833.561,28</b>			<b>359.589,05</b>

En el segundo grupo se presentan los resultados referidos a los medios de almacenamiento, donde se encuentran tanto las estanterías como las cajas de plástico que se van a utilizar.

*Diseño de un almacén para una empresa comercializadora de material de ferretería con más de 15.000 referencias.*

*Tabla 86. Inversión y costes anuales de los medios de almacenamiento, segunda propuesta (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/ud)	UNIDADES	INVERSIÓN (€)	VIDA ÚTIL (años)	DFC	COSTE ANUAL (€)
Estantería de cajas (ubicaciones)	15	20.529	307.935,00	10	4,339	70.969,12
Estantería convencional de palets de doble profundidad (ubicaciones)	22	5.592	123.024,00	10	4,339	28.353,08
Contenedores	10	20.529	205.290,00	10	4,339	47.312,74
<b>TOTAL</b>			<b>636.249,00</b>			<b>146.634,94</b>

El tercer grupo se comprende de los medios de manutención, es decir, presenta los costes anuales y de inversión inicial de las carretillas, los miniloads, las transpaletas eléctricas y el hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén.

*Tabla 87. Inversión y costes anuales de los medios de manutención, segunda propuesta (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/ud)	UNIDADES	INVERSIÓN (€)	VIDA ÚTIL (años)	DFC	COSTE ANUAL (€)
Carretilla retráctil	30.000,00	1,00	30.000,00	10	4,339	6.914,04
Transpaleta eléctrica	3.500,00	2,00	7.000,00	10	4,339	1.613,27
Miniload	150.000,00	8,00	1.200.000,00	10	4,339	276.561,42
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	350.000,00	1	350.000,00	5	3,058	114.453,89
<b>TOTAL</b>			<b>1.587.000,00</b>			<b>399.542,62</b>

El cuarto grupo engloba los costes de mantenimiento del edificio, sus instalaciones y los medios de almacenamiento y manutención descritos.

*Tabla 88. Costes anuales de mantenimiento, segunda propuesta (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	INVERSIÓN (€)	%	COSTE ANUAL (€)
Mantenimiento edificio			1.584.061,92	1%	15.840,62
Mantenimiento estanterías			430.959,00	1%	4.309,59
Mantenimiento plataformas muelles			4.000,00	10%	400,00
Mantenimiento de equipamiento móvil			1.237.000,00	10%	123.700,00
Gastos energéticos	45	3.869,71			174.137,04
<b>TOTAL</b>					<b>318.387,25</b>

Finalmente, el quinto y último grupo hace referencia a los costes de mano de obra necesaria para el correcto funcionamiento del almacén.

*Tabla 89. Costes anuales de mano de obra, segunda propuesta (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/m <sup>2</sup> )	UNIDADES	COSTE ANUAL (€)
Jefe de almacén	30.000,00	1	30.000,00
Almaceneros	18.000,00	6	108.000,00
Administrativo	20.000,00	1	20.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>158.000,00</b>

A modo resumen, en la siguiente tabla se muestran los valores de inversión y costes anuales de los cinco grupos.

*Tabla 90. Inversión y costes anuales de los cinco grupos, segunda propuesta (elaboración propia).*

CONCEPTO	INVERSIÓN (€)	COSTE ANUAL (€)
Edificios e instalaciones	1.833.561,28	359.589,05
Medios de almacenamiento	636.249,00	146.634,94
Medios de manutención	1.587.000,00	399.542,62
Mantenimiento		318.387,25
Mano de obra		158.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>4.056.810,28</b>	<b>1.382.153,86</b>

Obtenidos todos los costes de inversión y los costes anuales se puede realizar el análisis crítico para buscar los puntos a mejorar de forma que se cumplan los requisitos establecidos por la dirección de la empresa inicialmente.

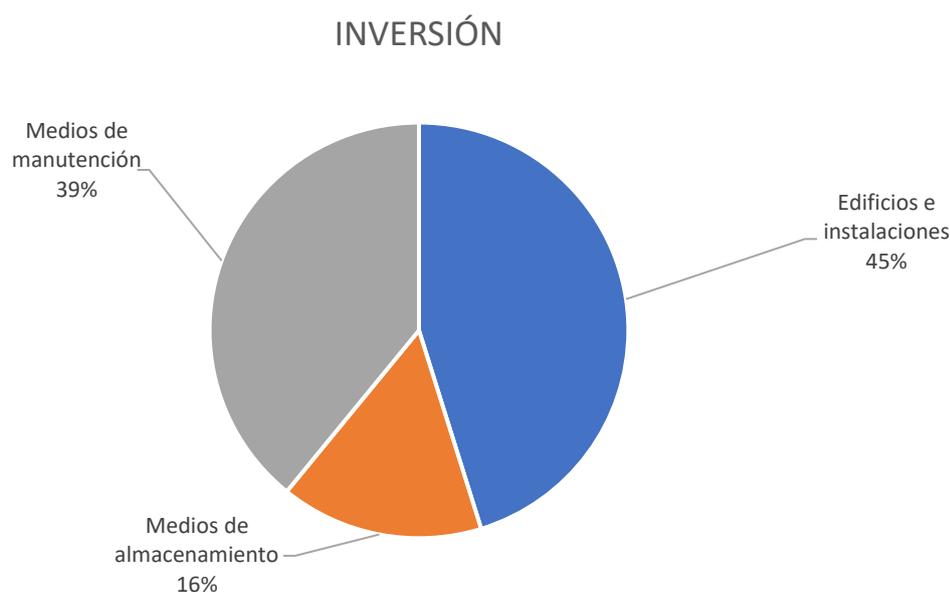
En cuanto a la inversión, se marcó un límite de 4.000.000,00 €, límite que se ha superado por más de 50.000 €. De coste anual se fijó un límite de 1.250.000 € anuales, que en este caso también se superado por más de 100.000 €.

Como se observa en la Ilustración 31, el 45 % de los costes de inversión están dedicados al edificio e instalaciones. Un cose que antes abarcaba casi el 70 % del total, se ha reducido en gran medida, más de un 50 % respecto de la primera propuesta. La automatización de parte del

almacenamiento de cajas, la utilización de estanterías de doble fondo para picking y aumentar de 7 metros a 10 metros la altura del almacén han ayudado a disminuir el coste del edificio.

Por otra parte, se observa que la inversión en medios de manutención ha aumentado en un 40 % respecto de la primera propuesta. Esto es debido a que se han añadido medios de manutención automatizados que han elevado esta partida considerablemente.

Finalmente, los medios de almacenamiento suponen poca inversión en el cómputo global, aunque sus costes han aumentado respecto de la primera propuesta. Aun así, han ayudado a disminuir la superficie del almacén que era el objetivo principal.



*Ilustración 31. Inversión total, segunda propuesta (elaboración propia).*

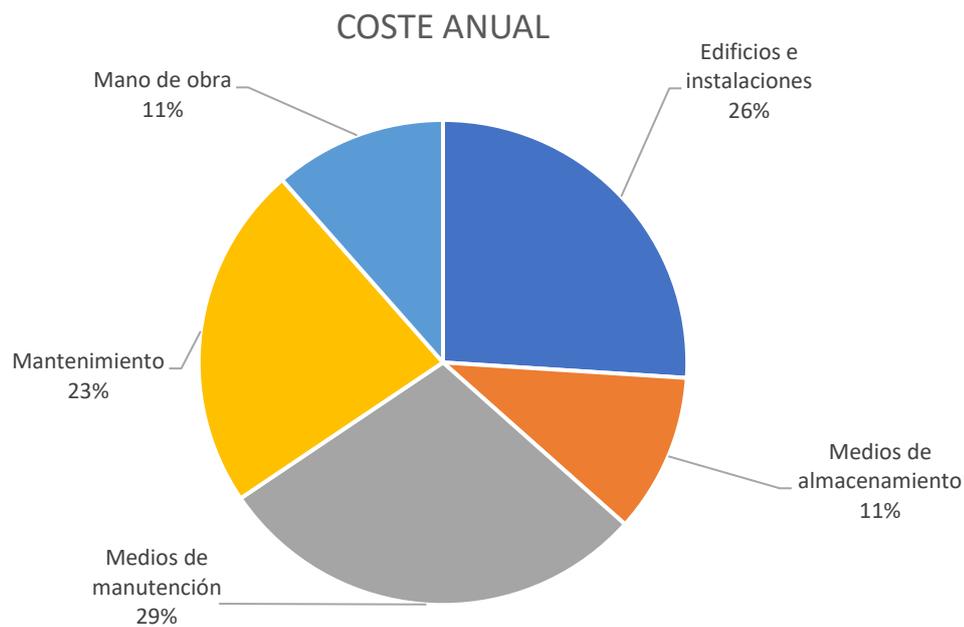
En la Ilustración 32 se muestran la proporción de los costes anuales asociados a cada grupo. Al contrario que en la primera propuesta, los medios de manutención son los que más costes repercute, en este caso un 29 %, esto es debido a la automatización del almacenamiento de cajas, lo que ha elevado mucho tanto el coste como la inversión

El grupo de edificios e instalaciones, segundo coste anual más elevado, han disminuido respecto de la propuesta anterior. Esto es debido a la automatización del almacenamiento de cajas, lo que ha ayudado a disminuir la superficie de suelo, lo que repercute en un menor coste anual.

Por otra parte, el coste de mantenimiento es de un 23 %, lo que lo coloca como el tercer coste anual, aunque esta partida ha disminuido respecto de la primera propuesta debido a una menor superficie del almacén.

El personal en esta propuesta se ha reducido casi a la mitad, ayudado por la automatización, se han reducido considerablemente sus costes anuales.

Finalmente, los costes asociados a los medios de almacenamiento, aunque han aumentado en esta propuesta, no suponen un coste muy elevado, situándose en como el coste anual más bajo.



*Ilustración 32. Costes anuales, segunda propuesta (elaboración propia).*

Observando los datos financieros se van a proponer algunas mejoras en búsqueda de cumplir los objetivos marcados por la dirección de la empresa intentando reducir los costes anuales y a inversión total. Estas propuestas son:

- 1- Aumentar la altura del almacén de 10 a 12 metros. De esta forma se podrá reducir la superficie de suelo requerida y, por tanto, la inversión y los costes anuales.
- 2- Implementar la gestión aleatoria de ubicaciones en la zona de almacenamiento en cajas, de esta forma se aumentará la utilización de los huecos y disminuirá la cantidad de huecos totales.
- 3- Redistribución del almacén para obtener un mejor layout que aproveche mejor la superficie de suelo.

#### **5.4. TERCERA PROPUESTA**

En esta segunda propuesta se partirá del almacén obtenido en la segunda propuesta en cuanto a los medios de almacenamiento y los medios de manutención, pero aumentando la altura del almacén de 10 a 12 metros, con ello se busca reducir al máximo la superficie de suelo necesaria.

##### **5.4.1. Medios de almacenamiento**

Se van a adoptar diferentes opciones de almacenamiento según el formato logístico en el que se almacena cada referencia.

###### *5.4.1.1. Referencias NO paletizadas*

Para los artículos no paletizados, almacenados en cajas, se va a implantar la gestión aleatoria de los huecos, de esta forma se aumenta la utilización de los huecos respecto a las otras dos propuestas y, además, se reduce considerablemente el número de huecos totales. Los huecos necesarios en este tipo de gestión de los huecos se calculan según la Ecuación (2).

Cómo se ha comentado, se partirá del almacén diseñado en la segunda configuración, por tanto, se utilizará el miniload como medio de manutención, las estanterías convencionales para cajas y los contenedores utilizados en el apartado 5.3.1.1 Referencias NO. Las dimensiones de los contenedores y los huecos utilizados se muestran en la Tabla 61 y la Tabla 62.

Aunque no haya variado el formato logístico utilizado en la segunda propuesta, al implantar la gestión aleatoria de los huecos se reduce el número de esto en más de 500 huecos, se obtiene un total de 19.960 huecos totales. En la Tabla 91 se muestran los huecos según la zona y la clase ABC.

*Tabla 91. Número de huecos según su clase ABC y zona, tercera propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS CAJAS PICKING</b>	<b>HUECOS CAJAS RESERVA</b>
A	4.609	892
B	4.515	3
C	9.941	0
<b>TOTAL</b>	<b>19.065</b>	<b>895</b>

Al igual que en la segunda propuesta, se observa que las referencias no paletizadas de clase B y C tienen nula o casi nula presencia en la zona de reserva.

Los metros lineales se obtienen multiplicando el ancho del hueco por el número total de estos. En la Tabla 92 se muestran los metros lineales según la zona y la clase ABC.

*Tabla 92. Metros lineales totales según la zona y la clase ABC, tercera propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>PICKING</b>	<b>RESERVA</b>
A	2.074,05	401,45
B	2.031,75	1,35
C	4.473,45	0,00

Al tener el miniload como medio de manutención, y como en la segunda propuesta, no se separarán físicamente las zonas de picking y reserva. Los artículos que se deberían de almacenar en la zona de reserva se almacenarán al final del pasillo. En los siguientes cálculos se unificarán las dos zonas.

Dividiendo los huecos por altura, para estanterías de 12 metros, entre los huecos necesarios, y redondeando al número superior, se obtendrán los huecos por altura y clase ABC.

*Tabla 93. Número de huecos por altura y clase ABC, tercera propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS</b>
A	213
B	175
C	383

Como anteriormente, multiplicando el número de huecos obtenido en la Tabla 93 por el ancho de tamaño del hueco, se obtienen los metros lineales por altura.

*Tabla 94. Metros lineales por altura y clase ABC en la zona de picking, tercera propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>METROS LINEALES (m)</b>
A	95,85
B	78,75
C	172,35

Con el aumento de la altura del almacén junto con la implementación de la gestión aleatoria de las ubicaciones se han conseguido reducir los metros lineales por altura en un total de 73 metros, lo que se traduce en una reducción importante en cuanto a la superficie del almacén.

#### *5.4.1.2. Referencias paletizadas*

En cuanto a las referencias paletizadas, como en la segunda propuesta, se utilizarán las estanterías de doble fondo para el almacenamiento de palets.

En este punto, al igual que con las referencias no paletizadas, se implementará la gestión aleatoria de las ubicaciones que reduce considerablemente el número de huecos totales. Los huecos necesarios en este tipo de gestión de los huecos se calculan según la Ecuación (2).

Además, se varía la altura del almacén, de 10 a 12, y por tanto los huecos por altura pasan de ser 7 a 9 huecos por altura.

En la zona de picking, aplicando el factor de corrección, se obtiene un valor de 4.161 huecos totales necesarios, casi un 20 % menos que en la segunda propuesta. En la Tabla 95 se muestra su distribución según la clase ABC.

*Tabla 95. Número de huecos de palets en la zona de picking según la clase ABC, tercera propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS PICKING</b>
A	2.475
B	1.425
C	262

Con estos valores, y multiplicando por la anchura del hueco del palet (0,90 m), se obtienen los metros lineales de balda de estantería de palets en la zona de picking. Los resultados se muestran en la Tabla 96.

*Tabla 96. Metros lineales totales en la zona de picking según su clase ABC, tercera propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>METROS LINEALES PICKING (m)</b>
A	2.227,50
B	1.282,05
C	235,62

Utilizando los valores de la Tabla 95 se obtienen los huecos por altura y clase ABC de la zona de picking, Tabla 97, y en la Tabla 98 se muestran los metros lineales por altura y clase ABC.

*Tabla 97. Número de huecos de palets por altura y clase ABC en la zona de picking, tercera propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS PICKING</b>
A	348
B	187
C	30

*Tabla 98. Metros lineales por altura y clase ABC en la zona de picking, tercera propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>METROS LINEALES PICKING (m)</b>
A	313,20
B	168,30
C	27,90

Con aumentar dos metros la altura del almacén y aplicar la gestión aleatoria de las ubicaciones se pasa de los 656,10 m obtenidos en la segunda configuración a 454,50 m, una reducción de más de 200 m, un 36 %.

En cuanto a la zona de reserva, no se diferenciará según la clase ABC como se ha hecho en las otras propuestas, puesto que todas las referencias almacenadas en esta zona están clasificadas como tipo A.

En la Tabla 99 y en la Tabla 100 se muestran los huecos y los metros lineales de balda de estantería totales en la zona de reserva.

*Tabla 99. Número de huecos de palets en la zona de reserva, segunda configuración (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS RESERVA</b>
A	364

*Tabla 100. Metros lineales totales en la zona de reserva, segunda configuración (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>METROS LINEALES RESERVA (m)</b>
A	327,69

Comparando los resultados obtenidos con los de la segunda configuración (Tabla 72), se ha conseguido reducir los metros lineales totales en casi un 30 %.

Al igual que en las estanterías de la zona de picking, se ha pasado a utilizar estanterías de 12 metros de altura para esta tercera configuración. Por tanto, dividiendo los valores totales de huecos y metros lineales, se obtienen los valores por altura. Estos valores se muestran en la Tabla 101 y la Tabla 102.

*Tabla 101. Número de huecos de palets por altura en la zona de reserva, tercera propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS RESERVA</b>
A	41

*Tabla 102. Metros lineales por altura en la zona de reserva, tercera configuración (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>METROS LINEALES RESERVA (m)</b>
A	36,90

En la zona de reserva se ha obtenido una reducción de casi 30 metros lineales, pasando de los 64,80 m de la segunda configuración a los 36,90 m de la tercera, un 43 %.

#### **5.4.2. Medios de manutención**

En cuanto a los medios de manutención, solo se va a realizar un cambio en la zona de almacenamiento en cajas.

Los miniloads instalados en la segunda propuesta se consideran que son la mejor opción para operar en el almacenamiento de cajas, pero se quiere reducir el número de operarios que operan con ellos.

Con este objetivo claro, se va a estudiar la instalación de un sistema de cintas transportadoras que recorran la entrada de los 8 miniloads y transporten los contenedores hasta la zona de preparación de pedidos. De esta forma se podrá automatizar aún más esta zona, disminuyendo los operarios necesarios a solo 2 operarios, uno cada 4 miniloads, para preparar todos los pedidos necesarios y cumplir con el servicio mínimo del 95 % en dos días.

Las características de la cinta transportadora se muestran en la Tabla 103. Se trata de una cinta transportadora de tramo complejo, puesto que tiene que recorrer 4 miniloads y estar programada para saber con las instrucciones del operario en el software, a dónde va cada y de dónde proviene cada contenedor.

*Tabla 103. Características de la cinta transportadora de cajas (Cardós Carboneras, 2020c).*

<b>Líneas de pedido/hora</b>	2.000
<b>Vida útil (años)</b>	10
<b>Precio</b>	2.500 €/m

Cómo su tasa de productividad de líneas de pedido a la hora es mucho mayor que la de los 8 miniloads juntos indicada en la Tabla 77, se considera que es apta para este tipo de operación.

Aunque bajará la cantidad de operarios necesaria, el tiempo de operación de los miniloads será el mismo que se ha obtenido en la segunda propuesta, se dedicarán 6 horas y 18 minutos en la preparación de pedidos y 1 hora y 35 minutos en el reabastecimiento.

En cuanto al almacenamiento de la zona de palets, puesto que la actividad no es muy alta, no se propone ninguna mejora automatizada respecto a la segunda propuesta. Se necesitará una sola carretilla retráctil que operará 1 hora y 48 minutos en la preparación de pedidos, 9 minutos en el reabastecimiento de la zona de picking desde reserva y 1 hora y 17 minutos en el reabastecimiento desde el muelle.

Cómo la cantidad de palets para cargar y descargar no ha variado y tampoco el tiempo necesario para esta actividad, se necesitarán el mismo número de transpaletas eléctricas, es decir, 2 transpaletas eléctricas que operarán durante 4 horas y 14 minutos.

Las conclusiones extraídas de los cálculos realizados son:

- Se necesitan 4 operarios para la preparación de los pedidos, 2 operarán con los miniloads, uno utilizará la carretilla retráctil y la transpaleta eléctrica y otro operario solo utilizará otra transpaleta eléctrica.
- En cuanto al reabastecimiento del picking desde reserva de palets, con 1 operario utilizando la carretilla retráctil se necesitarán 9 minutos diarios para realizar dichas tareas.

*Diseño de un almacén para una empresa comercializadora de material de ferretería con más de 15.000 referencias.*

- Solo 2 operarios serán necesarios para utilizar las 2 transpaletas eléctricas y cargar y descargar los vehículos en 4 horas y 14 minutos. Estos serán uno que opere solo con la transpaleta eléctrica y el segundo será el que utilice también la carretilla retráctil.

Por tanto, se necesitarán 4 operarios en total trabajando durante 8 horas al día para el correcto funcionamiento del almacén.

En la Tabla 104 se observan los valores de tiempo y número de operarios según las tareas a realizar y los medios de manutención a modo resumen.

*Tabla 104. Resumen de horas trabajadas según el medio de manutención y las tareas a realizar, tercera propuesta (elaboración propia).*

MEDIO DE MANUTENCIÓN	PREPARACIÓN DE PEDIDOS		REABASTECIMIENTO DE PICKING DESDE RESERVA		REABASTECIMIENTO DEL ALMACÉN DESDE MUELLE		TOTAL	
	Tiempo	Operarios	Tiempo	Operarios	Tiempo	Operarios	Tiempo	Operarios
<b>CARRETILLA RETRÁCTIL</b>	108	1	18	1	77	1	185	1
<b>MINILOAD</b>	378	2	--	--	95	2	473	2
<b>TRANSPALETA ELÉCTRICA</b>	--	--	--	--	254	2	254	2

### 5.4.3. Distribución en planta

Para el dimensionamiento del almacén en su conjunto hay que tener en cuenta que este debe albergar las zonas de picking y reserva, la zona de recepción y expedición y unas oficinas.

En la siguiente ilustración se muestra una imagen del layout del almacén.

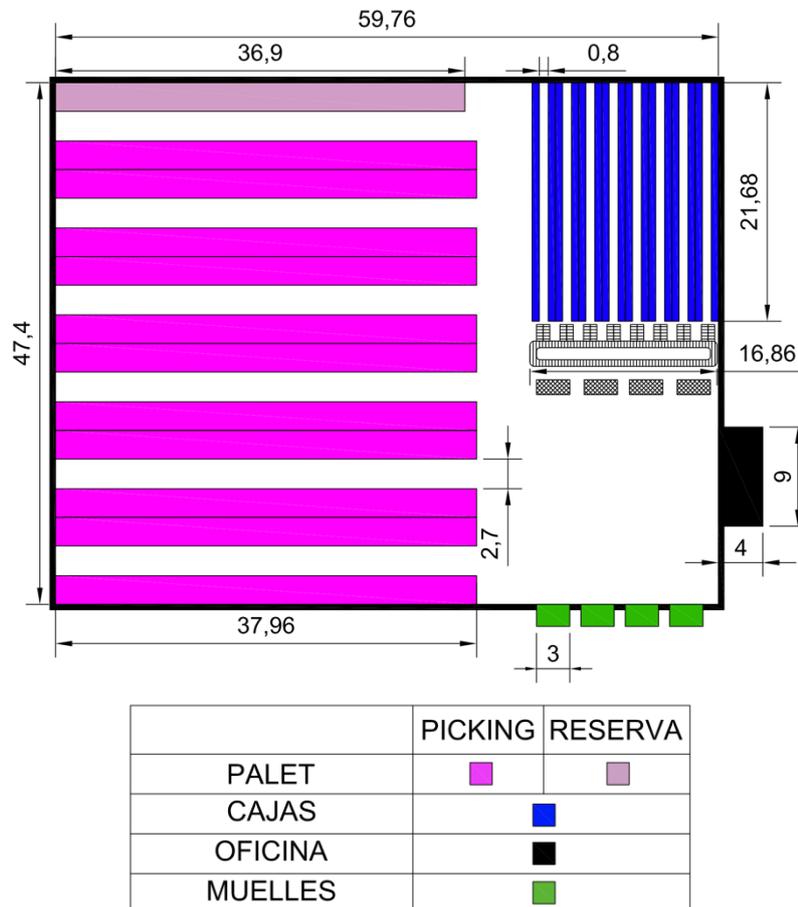


Ilustración 33. Distribución en planta, tercera configuración (elaboración propia).

En esta configuración se ha separado en un pasillo independiente la zona de reserva, al revés que en la segunda propuesta. Esta zona está situada en la zona más alejada de los muelles de carga, ya que los pedidos se preparan desde la zona de picking.

Se ha añadido una oficina de 36 m<sup>2</sup>, desde donde operará un administrativo y un jefe de almacén. Las oficinas forman un anexo al almacén y se han colocado cerca de los muelles de carga para facilitar el intercambio de papeles con los transportistas.

Se han establecido 4 muelles, de forma que se pueden descargar y cargar 4 vehículos al mismo tiempo. La distancia entre muelles será de 4 metros medidos desde la mitad de cada puerta (Alapont Logistics, 2019).

En cuanto a los pasillos, se ha dejado la mínima anchura posible dependiendo del tipo de medio de mantenimiento que discurrirá, 0,8 metros para la zona de almacenamiento en cajas y 2,7 para el almacenamiento en palets.

La zona que se sitúa entre los muelles y la zona de almacenamiento es la zona de recepción y expedición. Además, también tiene la función de zona de preparación de pedidos donde se ubicarán 4 zonas empaquetadoras de 4 m<sup>2</sup> cada una de ellas. Tiene una superficie de más de 400 m<sup>2</sup>.

Finalmente, teniendo en cuenta que los muelles necesitan que haya una distancia de 32 metros delante del muelle para la correcta maniobrabilidad de los vehículos más grandes. Se acondicionará una superficie de 1.912,32 m<sup>2</sup> delante de los muelles para los vehículos de carga y descarga y para los vehículos de los trabajadores. Se tiene un almacén de 2.832,62 m<sup>2</sup> que, junto a la zona de maniobra de vehículos y las oficinas, se necesitará un solar de 4.780,94 m<sup>2</sup>.

#### **5.4.4. Análisis económico**

Diseñado el almacén y su funcionamiento interno se deben de traducir todas las decisiones tomadas al coste que supondría llevar a cabo hacer real la propuesta. Por ello en este apartado se analizará económicamente la propuesta y se decidirá si es correcta o tiene algunos puntos de mejora.

Se calculará el coste total de la inversión y, además, se traducirán a costes anuales para poder evaluarlos juntamente con los gastos anuales como puede ser la mano de obra o los gastos energéticos.

Se van a calcular los importes siguiendo la misma metodología utilizada en la primera propuesta, utilizando el descuento de flujo de caja (Tabla 54).

Se han dividido todos los gastos en cinco grandes grupos para un mejor tratamiento de los datos. El primer grupo hace referencia al edificio y sus instalaciones, donde se engloba la parte constructiva del almacén y las zonas exteriores con la instalación de servicios generales.

*Tabla 105. Inversión y costes anuales del edificio e instalaciones, tercera propuesta (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/ud)	UNIDADES	INVERSIÓN (€)	VIDA ÚTIL (años)	DFC	COSTE ANUAL (€)
Oficinas menos de 6 metros de altura (m <sup>2</sup> )	340	36,00	12.240,00	20	5,101	2.399,53
Almacén 12 metros de altura (m <sup>2</sup> )	430	2.832,62	1.218.028,32	20	5,101	238.782,26
Zona maniobra (m <sup>2</sup> )	50	1.912,32	95.616,00	20	5,101	18.744,56
Instalación servicios generales (m <sup>2</sup> )	30	2.832,62	84.978,72	20	5,101	16.659,23
Plataforma muelle	1.000,00	4	4.000,00	10	4,339	921,87
<b>TOTAL</b>			<b>1.414.863,04</b>			<b>277.507,45</b>

En el segundo grupo se presentan los resultados referidos a los medios de almacenamiento, donde se encuentran tanto las estanterías como las cajas de plástico que se van a utilizar.

*Diseño de un almacén para una empresa comercializadora de material de ferretería con más de 15.000 referencias.*

*Tabla 106. Inversión y costes anuales de los medios de almacenamiento, tercera propuesta (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/ud)	UNIDADES	INVERSIÓN (€)	VIDA ÚTIL (años)	DFC	COSTE ANUAL (€)
Estantería de cajas (ubicaciones)	15	19.960	299.400,00	10	4,339	69.002,07
Estantería convencional de palets de doble profundidad (ubicaciones)	22	4.525	99.558,80	10	4,339	22.945,10
Contenedores	10	19.960	199.600,00	10	4,339	46.001,38
<b>TOTAL</b>			<b>598.558,80</b>			<b>137.948,56</b>

El tercer grupo se comprende de los medios de manutención, es decir, presenta los costes anuales y de inversión inicial de las carretillas, los miniloads, las transpaletas eléctricas y el hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén.

*Tabla 107. Inversión y costes anuales de los medios de manutención, tercera propuesta (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/ud)	UNIDADES	INVERSIÓN (€)	VIDA ÚTIL (años)	DFC	COSTE ANUAL (€)
Carretilla retráctil	30.000,00	1,00	30.000,00	10	4,339	6.914,04
Transpaleta eléctrica	3.500,00	2,00	7.000,00	10	4,339	1.613,27
Miniload	150.000,00	8,00	1.200.000,00	10	4,339	276.561,42
Cinta transportadora de cajas (trazado complejo)	2.500,00	33,72	84.300,00	10	4,339	19.428,44
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	350.000,00	1	350.000,00	5	3,058	114.453,89
<b>TOTAL</b>			<b>1.671.300,00</b>			<b>418.971,06</b>

El cuarto grupo engloba los costes de mantenimiento del edificio, sus instalaciones y los medios de almacenamiento y manutención descritos.

*Tabla 108. Costes anuales de mantenimiento, tercera propuesta (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	INVERSIÓN (€)	%	COSTE ANUAL (€)
Mantenimiento edificio			1.230.268,32	1%	12.302,68
Mantenimiento estanterías			398.958,80	1%	3.989,59
Mantenimiento plataformas muelles			4.000,00	10%	400,00
Mantenimiento de equipamiento móvil			1.237.000,00	10%	123.700,00
Gastos energéticos	45	2.868,62			129.088,08
<b>TOTAL</b>					<b>269.480,35</b>

Finalmente, el quinto y último grupo hace referencia a los costes de mano de obra necesaria para el correcto funcionamiento del almacén.

*Tabla 109. Costes anuales de mano de obra, tercera propuesta (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/m <sup>2</sup> )	UNIDADES	COSTE ANUAL (€)
Jefe de almacén	30.000,00	1	30.000,00
Almaceneros	18.000,00	4	72.000,00
Administrativo	20.000,00	1	20.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>122.000,00</b>

A modo resumen, en la siguiente tabla se muestran los valores de inversión y costes anuales de los cinco grupos.

*Tabla 110. Inversión y costes anuales de los cinco grupos, tercera propuesta (elaboración propia).*

CONCEPTO	INVERSIÓN (€)	COSTE ANUAL (€)
Edificios e instalaciones	1.414.863,04	277.507,45
Medios de almacenamiento	598.558,80	137.948,56
Medios de manutención	1.671.300,00	418.971,06
Mantenimiento		269.480,35
Mano de obra		122.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>3.684.721,84</b>	<b>1.225.907,42</b>

Obtenidos todos los costes de inversión y los costes anuales se puede realizar el análisis crítico para buscar los puntos a mejorar de forma que se cumplan los requisitos establecidos por la dirección de la empresa inicialmente.

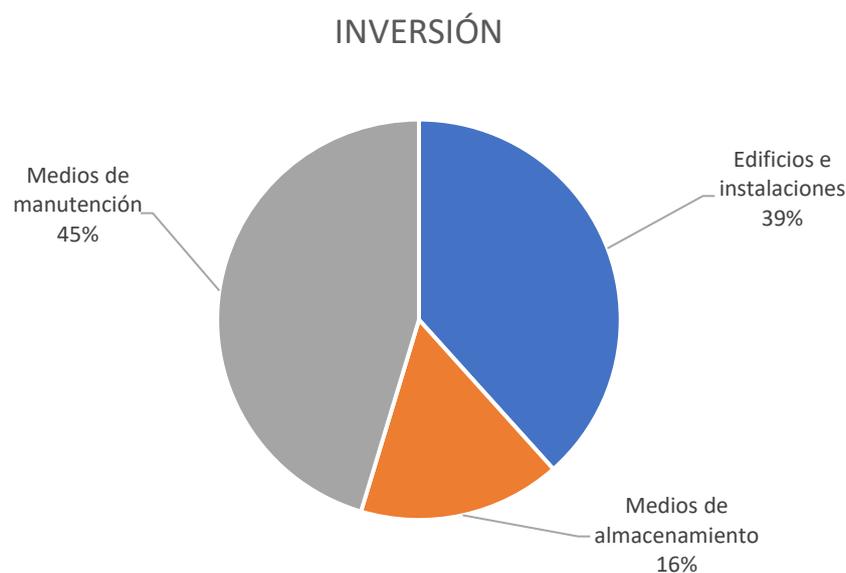
En cuanto a la inversión, se marcó un límite de 4.000.000,00 €, límite que en esta propuesta no se ha superado, al igual que el coste anual, que se fijó un límite de 1.250.000 € anuales, y en este caso no se ha superado.

Como se observa en la Ilustración 34, el 39 % de los costes de inversión están dedicados al edificio e instalaciones. Un cose que antes abarcaba casi el 70 % del total en la primera propuesta

y un 45 % en la segunda. En este caso, el aumento de la altura del almacén y la gestión aleatoria de las ubicaciones se han implementado con este objetivo.

Por otra parte, se observa que la inversión en medios de manutención ha aumentado ligeramente respecto a la segunda propuesta por la instalación del tramo de la cinta transportadora de cajas.

Finalmente, los medios de almacenamiento suponen poca inversión en el cómputo global, aunque sus costes han disminuido respecto de la segunda propuesta, por la simple razón de que ahora hay menos huecos para palets y cajas por la implementación de la gestión aleatoria de las ubicaciones.



*Ilustración 34. Inversión total, tercera propuesta (elaboración propia).*

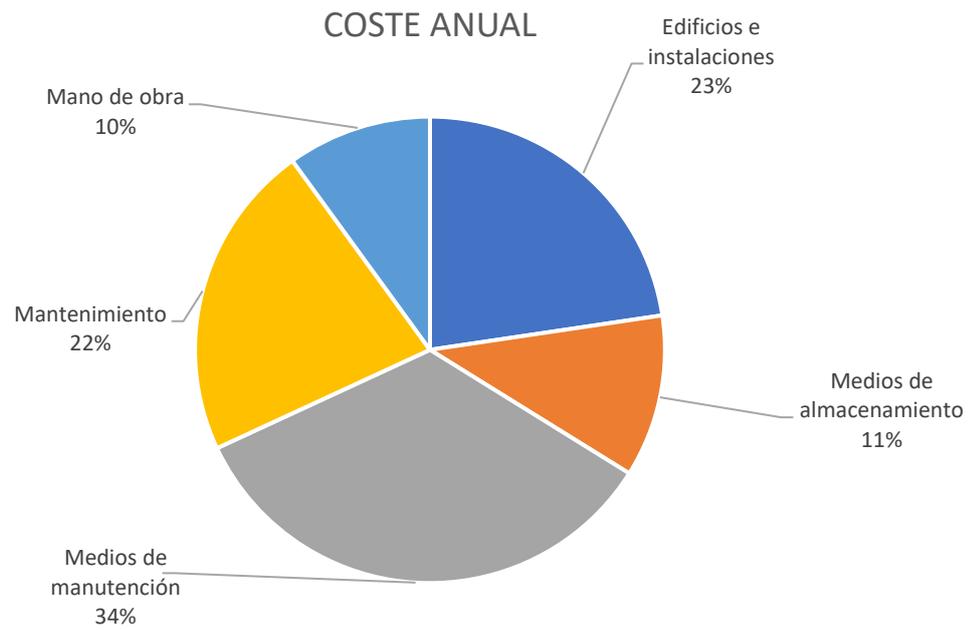
En la Ilustración 35 se muestran la proporción de los costes anuales asociados a cada grupo. Al igual que en la segunda propuesta, los medios de manutención son los que más costes repercute, en este caso un 34 %, esto es debido a que se ha mantenido la misma configuración en este punto, solo añadiendo el tramo de cinta transportadora de cajas.

El grupo de edificios e instalaciones, segundo coste anual más elevado, han disminuido respecto de la propuesta anterior por las mismas razones comentadas en la inversión.

Por otra parte, el coste de mantenimiento es de un 22 %, lo que lo coloca como el tercer coste anual, la reducción de la superficie de suelo del almacén ha ayudado a seguir bajando el coste de esta partida.

El personal en esta propuesta se ha reducido casi a la mitad, ayudado por la automatización, se han reducido considerablemente sus costes anuales.

Finalmente, los costes asociados a los medios de almacenamiento se han reducido ligeramente en esta tercera propuesta respecto a las anteriores.



*Ilustración 35. Costes anuales, tercera propuesta (elaboración propia).*

## **5.5. CUARTA PROPUESTA**

En esta segunda propuesta se partirá del almacén obtenido en la tercera propuesta con el cambio de las estanterías convencionales de doble fondo para palets por estanterías móviles autopropulsadas.

### **5.5.1. Medios de almacenamiento**

Se van a adoptar diferentes opciones de almacenamiento según el formato logístico en el que se almacena cada referencia.

#### *5.5.1.1. Referencias NO paletizadas*

Se utilizará la misma configuración que se ha adoptado en la tercera propuesta sin ningún cambio, por tanto, los valores de la Tabla 94 serán los que se utilicen en el diseño.

#### *5.5.1.2. Referencias paletizadas*

En cuanto a las referencias paletizadas, como se ha comentado anteriormente, se instalarán estanterías de palets móviles autopropulsadas con el objetivo de reducir la superficie de suelo del almacén y optimizar todos los movimientos. “Las estanterías móviles son una solución de almacenaje de alta densidad con la que se consigue aumentar considerablemente la capacidad de almacenaje sin perder el acceso directo a cada palet. (Mecalux, 2020c).

Destacar que, en la zona de almacenamiento de palets, como se va a utilizar una carretilla retráctil, el pasillo mínimo debe de ser de 2,7 m, de forma que al tener estanterías móviles autopropulsadas se debe de dejar mínimo un hueco de 2,7 m para la apertura del pasillo entre estanterías.

El funcionamiento de estas estanterías móviles es el siguiente:

- 1- Elección del pasillo donde se encuentra la referencia.
- 2- Apertura del pasillo mediante la orden del operario.
- 3- Desplazamiento lateral de las estanterías automáticamente, dejando la apertura necesaria para que la carretilla retráctil pueda acceder directamente al hueco.
- 4- Salida del pasillo de la carretilla y rearme del sistema, todo vuelve a su estado inicial.

Según la Tabla 99 de la tercera propuesta, la cantidad de huecos de reserva para palets respecto a la de picking es muy inferior, por tanto, en esta cuarta propuesta se unificarán las dos zonas en solo la zona de picking, quedando 4.525 huecos en total.

No se realizará ningún cambio más, es decir, se mantendrá la doble profundidad en los huecos de estantería y se seguirá con la gestión aleatoria de las ubicaciones, puesto que ayuda a la reducción de la superficie necesaria para almacenar estas referencias.

*Tabla 111. Huecos totales de palets según clase ABC, cuarta propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS PICKING</b>
A	2.839
B	1.425
C	262

Con estos valores, y multiplicando por la anchura del hueco del palet (0,90 m), se obtienen los metros lineales de balda de estantería de palets. Los resultados se muestran en la Tabla 112.

*Tabla 112. Metros lineales totales según su clase ABC, cuarta propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>METROS LINEALES PICKING (m)</b>
A	2.555,19
B	1.282,05
C	235,62

Utilizando los valores de la Tabla 111 se obtienen los huecos por altura y clase ABC, Tabla 113, y en la Tabla 114 se muestran los metros lineales por altura y clase ABC.

*Tabla 113. Número de huecos de palets por altura y clase ABC, cuarta propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>HUECOS PICKING</b>
A	316
B	159
C	30

*Tabla 114. Metros lineales por altura y clase ABC, cuarta propuesta (elaboración propia).*

<b>CLASE</b>	<b>METROS LINEALES PICKING (m)</b>
A	284,40
B	143,10
C	27,00

Se obtienen 454,50 metros lineales totales por altura para la zona de almacenamiento de palets en estanterías móviles autopulsadas.

### **5.5.2. Medios de manutención**

En cuanto a los medios de manutención, en esta configuración no habrá cambios respecto de la tercera propuesta en la zona de almacenamiento de cajas, se seguirán utilizando los 8 miniloads instalados junto con la cinta transportadora.

*Diseño de un almacén para una empresa comercializadora de material de ferretería con más de 15.000 referencias.*

---

Respecto a la zona de almacenamiento de palets, se instalará una cinta transportadora de palets a la salida de los pasillos, de forma que conectará los muelles con los pasillos para que la carretilla retráctil deba de desplazarse los menos metros posibles. Las características de esta cinta transportadora se muestran en la siguiente tabla.

*Tabla 115. Características de la cinta transportadora de palets (Cardós Carboneras, 2020c).*

---

<b>Palets/hora</b>	200
<b>Vida útil (años)</b>	10
<b>Precio</b>	2.000 €/m

---

Cómo su tasa de productividad de palets a la hora es mucho mayor que la de la carretilla retráctil, se considera que es apta para este tipo de operación.

De esta forma, se tienen 4 operarios en la preparación de pedidos, 2 operarán con los miniloads, uno con la carretilla retráctil y una transpaleta eléctrica y otro con la otra transpaleta eléctrica. La Tabla 104 se tomará como referencia de los tiempos utilizados en cada operación para esta configuración.

### 5.5.1. Distribución en planta

Para el dimensionamiento del almacén en su conjunto hay que tener en cuenta que este debe albergar las zonas de picking y reserva, la zona de recepción y expedición y unas oficinas.

En la siguiente ilustración se muestra una imagen del layout del almacén.

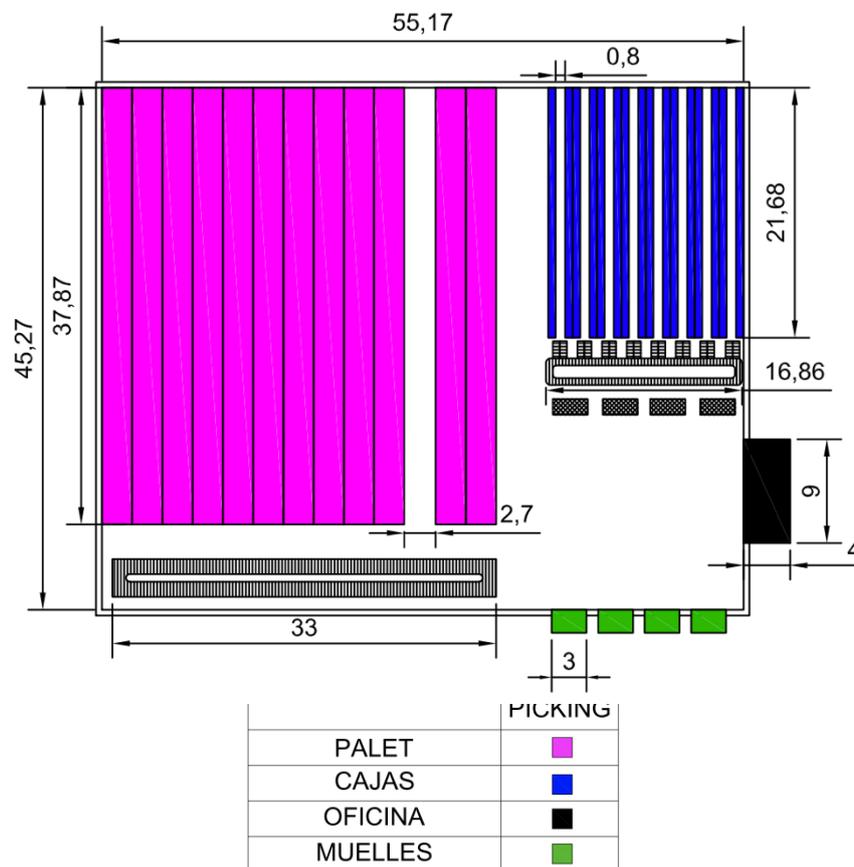


Ilustración 36. Distribución en planta, cuarta propuesta (elaboración propia).

En esta configuración, todas las referencias almacenadas se encuentran en la zona de picking, por tanto, solo existe la distinción de zonas según el formato logístico almacenado, cajas o palets.

Se ha añadido una oficina de 36 m<sup>2</sup>, desde donde operará un administrativo y un jefe de almacén. Las oficinas forman un anexo al almacén y se han colocado cerca de los muelles de carga para facilitar el intercambio de papeles con los transportistas.

Se han establecido 4 muelles, de forma que se pueden descargar y cargar 4 vehículos al mismo tiempo. La distancia entre muelles será de 4 metros medidos desde la mitad de cada puerta (Alapont Logistics, 2019).

En cuanto a los pasillos, se ha dejado la mínima anchura posible dependiendo del tipo de medio de manutención que discurrirá, 0,8 metros para la zona de almacenamiento en cajas y 2,7 para el almacenamiento en palets.

La zona que se sitúa entre los muelles y la zona de almacenamiento es la zona de recepción y expedición. Además, también tiene la función de zona de preparación de pedidos donde se

ubicarán 4 zonas empaquetadoras de 4 m<sup>2</sup> cada una de ellas. Tiene una superficie de más de 350 m<sup>2</sup>.

Finalmente, teniendo en cuenta que los muelles necesitan que haya una distancia de 32 metros delante del muelle para la correcta maniobrabilidad de los vehículos más grandes. Se acondicionará una superficie de 1.765,44 m<sup>2</sup> delante de los muelles para los vehículos de carga y descarga y para los vehículos de los trabajadores. Se tiene un almacén de 2.497,55 m<sup>2</sup> que, junto a la zona de maniobra de vehículos y las oficinas, se necesitará un solar de 4.298,98 m<sup>2</sup>.

### **5.5.2. Análisis económico**

Diseñado el almacén y su funcionamiento interno se deben de traducir todas las decisiones tomadas al coste que supondría llevar a cabo hacer real la propuesta. Por ello en este apartado se analizará económicamente la propuesta y se decidirá si es correcta o tiene algunos puntos de mejora.

Se calculará el coste total de la inversión y, además, se traducirán a costes anuales para poder evaluarlos juntamente con los gastos anuales como puede ser la mano de obra o los gastos energéticos.

Se van a calcular los importes siguiendo la misma metodología utilizada en la primera propuesta, utilizando el descuento de flujo de caja (Tabla 54).

Se han dividido todos los gastos en cinco grandes grupos para un mejor tratamiento de los datos. El primer grupo hace referencia al edificio y sus instalaciones, donde se engloba la parte constructiva del almacén y las zonas exteriores con la instalación de servicios generales.

*Tabla 116. Inversión y costes anuales del edificio e instalaciones, cuarta propuesta (elaboración propia).*

<b>CONCEPTO</b>	<b>PRECIO UNITARIO (€/ud)</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>INVERSIÓN (€)</b>	<b>VIDA ÚTIL (años)</b>	<b>DFC</b>	<b>COSTE ANUAL (€)</b>
Oficinas menos de 6 metros de altura (m <sup>2</sup> )	340	36,00	12.240,00	20	5,101	2.399,53
Almacén 12 metros de altura (m <sup>2</sup> )	430	2.497,55	1.073.944,74	20	5,101	210.536,12
Zona maniobra (m <sup>2</sup> )	50	1.765,44	88.272,00	20	5,101	17.304,84
Instalación servicios generales (m <sup>2</sup> )	30	2.497,55	74.926,38	20	5,101	14.688,57
Plataforma muelle	1.000,00	4	4.000,00	10	4,339	921,87
<b>TOTAL</b>			<b>1.253.383,11</b>			<b>245.850,93</b>

En el segundo grupo se presentan los resultados referidos a los medios de almacenamiento, donde se encuentran tanto las estanterías como las cajas de plástico que se van a utilizar.

*Diseño de un almacén para una empresa comercializadora de material de ferretería con más de 15.000 referencias.*

*Tabla 117. Inversión y costes anuales de los medios de almacenamiento, cuarta propuesta (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/ud)	UNIDADES	INVERSIÓN (€)	VIDA ÚTIL (años)	DFC	COSTE ANUAL (€)
Estantería de cajas (ubicaciones)	15	19.960	299.400,00	10	4,339	69.002,07
Estantería de palets móvil autopropulsada	100	4.525	452.540,00	10	4,339	104.295,92
Contenedores	10	19.960	199.600,00	10	4,339	46.001,38
<b>TOTAL</b>			<b>951.540,00</b>			<b>219.299,38</b>

El tercer grupo se comprende de los medios de manutención, es decir, presenta los costes anuales y de inversión inicial de las carretillas, los miniloads, las transpaletas eléctricas y el hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén.

*Tabla 118. Inversión y costes anuales de los medios de manutención, cuarta propuesta (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/ud)	UNIDADES	INVERSIÓN (€)	VIDA ÚTIL (años)	DFC	COSTE ANUAL (€)
Carretilla retráctil	30.000,00	1,00	30.000,00	10	4,339	6.914,04
Transpaleta eléctrica	3.500,00	2,00	7.000,00	10	4,339	1.613,27
Miniload	150.000,00	8,00	1.200.000,00	10	4,339	276.561,42
Cinta transportadora de cajas (trazado complejo)	2.500,00	33,72	84.300,00	10	4,339	19.428,44
Conveyor de palets	2.000,00	66,00	132.000,00	10	4,339	30.421,76
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	350.000,00	1	350.000,00	5	3,058	114.453,89
<b>TOTAL</b>			<b>1.803.300,00</b>			<b>449.392,82</b>

El cuarto grupo engloba los costes de mantenimiento del edificio, sus instalaciones y los medios de almacenamiento y manutención descritos.

*Tabla 119. Costes anuales de mantenimiento, cuarta propuesta (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	INVERSIÓN (€)	%	COSTE ANUAL (€)
Mantenimiento edificio			1.086.184,74	1%	10.861,85
Mantenimiento estanterías			751.940,00	1%	7.519,40
Mantenimiento plataformas muelles			4.000,00	10%	400,00
Mantenimiento de equipamiento móvil			1.453.300,00	10%	145.330,00
Gastos energéticos	45	2.533,55			114.009,57
<b>TOTAL</b>					<b>278.120,81</b>

Finalmente, el quinto y último grupo hace referencia a los costes de mano de obra necesaria para el correcto funcionamiento del almacén.

*Tabla 120. Costes anuales de mano de obra, cuarta propuesta (elaboración propia).*

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€/m <sup>2</sup> )	UNIDADES	COSTE ANUAL (€)
Jefe de almacén	30.000,00	1	30.000,00
Almaceneros	18.000,00	4	72.000,00
Administrativo	20.000,00	1	20.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>122.000,00</b>

A modo resumen, en la siguiente tabla se muestran los valores de inversión y costes anuales de los cinco grupos.

*Tabla 121. Inversión y costes anuales de los cinco grupos, cuarta propuesta (elaboración propia).*

CONCEPTO	INVERSIÓN (€)	COSTE ANUAL (€)
Edificios e instalaciones	1.253.383,11	245.850,93
Medios de almacenamiento	951.540,00	219.299,38
Medios de manutención	1.803.300,00	449.392,82
Mantenimiento		278.120,81
Mano de obra		122.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>4.008.223,11</b>	<b>1.314.663,94</b>

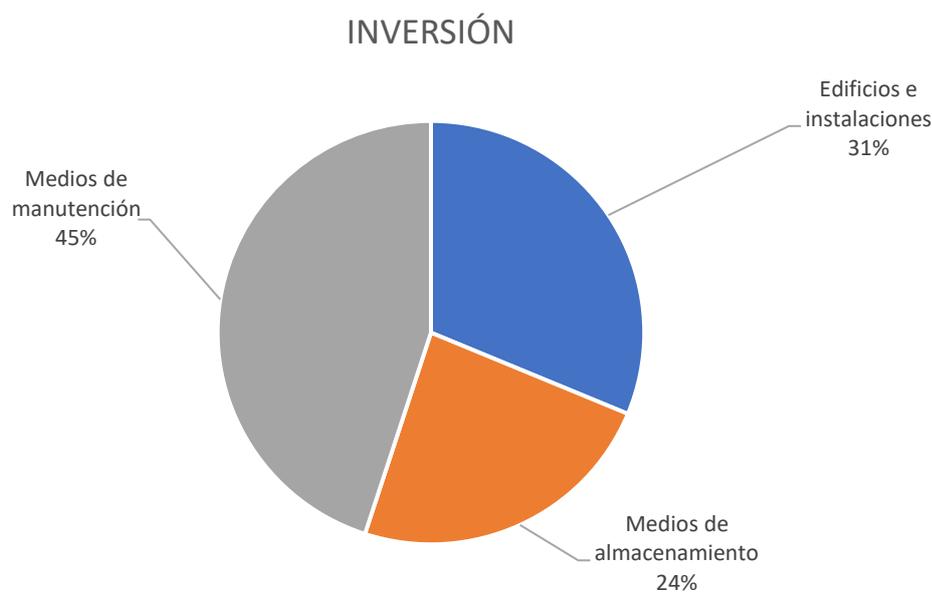
Obtenidos todos los costes de inversión y los costes anuales se puede realizar el análisis crítico para buscar los puntos a mejorar de forma que se cumplan los requisitos establecidos por la dirección de la empresa inicialmente.

En cuanto a la inversión, se marcó un límite de 4.000.000,00 €, límite que en esta propuesta se ha superado, pero por menos de 10.000 €. Igualmente, el coste anual, que se fijó un límite de 1.250.000 € anuales, también se ha superado en casi 65.000 €.

Como se observa en la Ilustración 37, el 31 % de los costes de inversión están dedicados al edificio e instalaciones. Un coste que antes abarcaba casi el 70 % del total en la primera propuesta.

Por otra parte, se observa que la inversión en medios de manutención ha aumentado ligeramente respecto a la tercera propuesta por la instalación del tramo de la cinta transportadora de palets.

Finalmente, los medios de almacenamiento suponen una mayor inversión en el cómputo global en esta propuesta, la instalación de las estanterías móviles autopropulsadas ha aumentado en gran medida esta partida respecto a las anteriores propuestas.



*Ilustración 37. Inversión total, cuarta propuesta (elaboración propia).*

En la Ilustración 38 se muestran la proporción de los costes anuales asociados a cada grupo. Al igual que en la tercera propuesta, los medios de manutención son los que más costes repercute, en este caso un 34 %, esto es debido a que se ha mantenido la misma configuración en este punto, solo añadiendo el tramo de cinta transportadora de palets.

El grupo de edificios e instalaciones, han disminuido respecto de la propuesta anterior por la reducción en la superficie del almacén.

Por otra parte, el coste de mantenimiento es de un 21 %, lo que lo coloca como el segundo coste anual, la implantación de las estanterías móviles autopropulsadas ha aumentado estos costes.

El coste de personal es el mismo que en la propuesta anterior.

Finalmente, los costes asociados a los medios de almacenamiento han aumentado considerablemente en esta propuesta respecto a las anteriores.

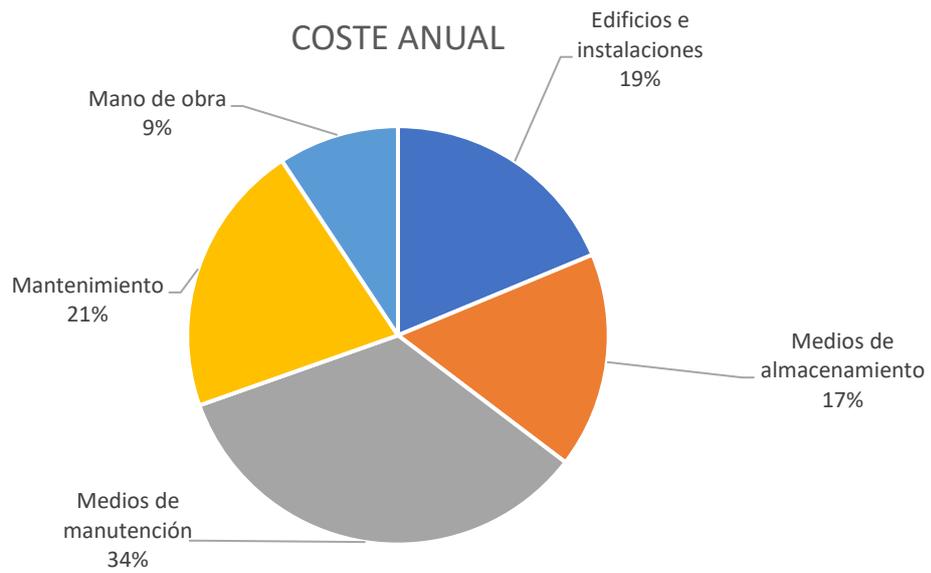


Ilustración 38. Costes anuales, cuarta propuesta (elaboración propia).

## CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS

### 6.1. SELECCIÓN DE LA MEJOR PROPUESTA

Tras diseñar las posibles configuraciones del almacén, seleccionando medios de manutención, medios de almacenamiento y personal, se debe de realizar un análisis económico conjunto para escoger aquella propuesta que más se adecue a los requisitos impuestos por la dirección de la empresa, en este caso en cuanto al requisito económico. Se determinó un presupuesto de inversión de 4.000.000 € y de costes anuales de 1.250.000 €.

En la Tabla 122 se muestran los datos de inversión y coste anual de cada configuración propuesta.

Tabla 122. Inversión y costes anuales de las cuatro configuraciones (elaboración propia).

	1ª Propuesta	2ª Propuesta	3ª Propuesta	4ª Propuesta
<b>Inversión (€)</b>	4.613.282,50	4.056.810,28	3.684.721,84	4.008.223,11
<b>Costes anuales (€)</b>	1.675.379,61	1.382.153,86	1.225.907,42	1.314.663,94

Para una mejor interpretación, en la Ilustración 39 se puede visualizar más fácilmente la comparación entre las tres propuestas.

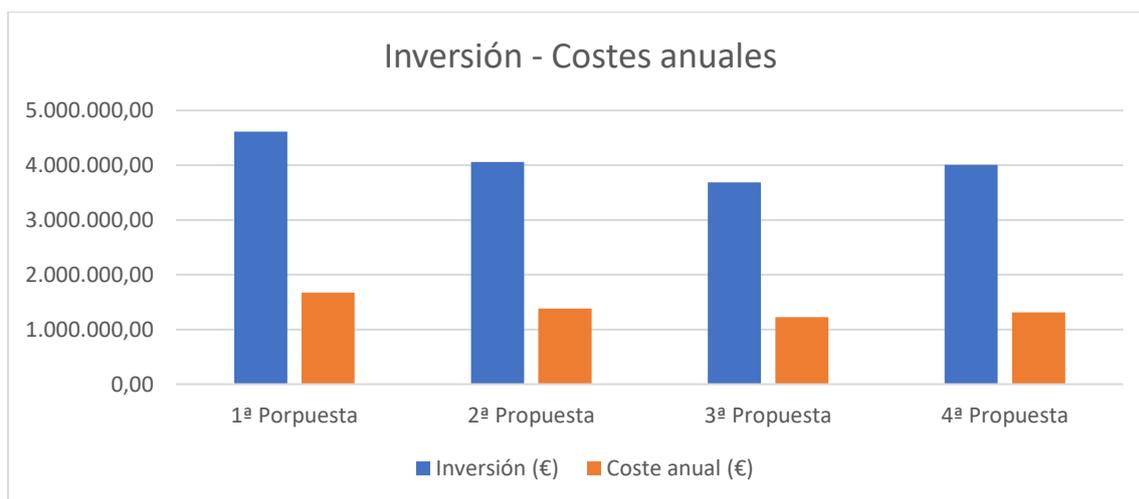


Ilustración 39. Inversión y costes anuales de las cuatro configuraciones (elaboración propia).

Se partió de una primera propuesta lo más convencional posible en cuanto a medios de almacenamiento y medios de manutención, sin ningún elemento automatizado. Esta

configuración supera por más de 600.000 € el presupuesto de inversión y, por alrededor de 400.000 €, el de costes anuales.

En la segunda propuesta, la implementación medios de mantenimiento automatizados ayudó a reducir la superficie del almacén consiguiendo una reducción en la inversión y en los costes anuales. Se superó el presupuesto de la inversión total en poco más de 50.000 € y de más de 100.000 en los costes anuales presupuestados.

En la tercera propuesta se hicieron cambios buscando la eficiencia en el almacenamiento y consiguiendo que esta sea única propuesta que entra dentro del presupuesto establecido por la dirección de la empresa tanto en la inversión como en los costes anuales.

Finalmente, en la cuarta propuesta buscando reducir aún más la superficie del almacén, se consiguió el propósito, pero superando por casi 10.000 € el presupuesto de inversión y por 64.000 € el de costes anuales.

Por entrar dentro del presupuesto de inversión y de costes anuales, así como de ser la propuesta que mejor optimiza la superficie de suelo del almacén y todas las tareas a realizar dentro de él por su alto grado de automatización, la tercera propuesta es la mejor y la que más se adecua a las necesidades y los requisitos establecidos por la dirección de la empresa.

## **6.2. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS**

Escogida la tercera configuración, se van a detallar las actividades que se realizarán en una jornada laboral. Estas se desglosan en dos grandes grupos, el reabastecimiento del almacén y la preparación de pedidos.

La preparación de pedidos es la actividad más importante que deben de realizar los operarios del almacén, puesto que es la que repercute directamente en el beneficio económico de la empresa. por esta razón, es la actividad crítica. Los procedimientos para realizar correctamente esta actividad cuando se lanza un pedido son:

- 1- Identificación del formato logístico de cada referencia. Si se trata de palets o cajas y unidades.
- 2- Localización de las referencias y recogida de la carga.
  - a. En los palets, será el operario con la carretilla retráctil el que deberá de ir a la ubicación correcta, recoger la carga y depositarla en la zona de recepción/expedición.
  - b. En las cajas o unidades, el operario introducirá los datos en el sistema del miniload y este será el encargado de recoger el contenedor que almacena dicha referencia. En las zonas empaquetadoras se montarán los palets multireferencia, se embalarán y se ubicarán en la zona de recepción/expedición.
- 3- Carga del vehículo con el pedido correspondiente.

El reabastecimiento del almacén es la actividad a realizar para que el almacén siempre tenga el stock adecuado en la zona correcta. Los procedimientos para realizar esta actividad son:

- 1- Descargar el vehículo y depositar los palets en la zona de recepción/expedición. Los operarios con las transpaletas eléctricas son los encargados de realizar esta operación.
- 2- Las referencias que se deben almacenar en formato palet, el operario con la carretilla retráctil será el encargado de ubicar los palets en la ubicación que le indique el sistema informático. Esta ubicación será la adecuada siguiendo la gestión aleatoria de las ubicaciones.
- 3- Las referencias que se deben de almacenar en la zona de cajas, se abrirán los palets y se irán depositando las referencias en los contenedores del miniload, para que este se encargue de ubicarlos en el hueco correcto.
- 4- El operario con la carretilla retráctil reabastecerá la zona de picking de palets desde reserva.

## **CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES**

Terminado el estudio del diseño del almacén se pueden extraer distintos aprendizajes y los puntos más importantes.

Se ha utilizado la metodología iterativa para el diseño del almacén, partiendo de una propuesta convencional y haciendo cambios en los medios de almacenamiento, los medios de manutención, la gestión de las ubicaciones, etc. Con ello se llega a obtener una propuesta lo más optimizada y rentable posible para la empresa que cumpla con todos los requisitos impuestos desde el inicio.

Se inició el trabajo con en análisis de la actividad del almacén y de las referencias que debería de almacenar, determinando las condiciones de almacenamiento y la cantidad de pedidos a preparar diariamente. Luego, se analizaron los stocks a partir de una base de datos proporcionada por la empresa, con los cuales se clasificaron las referencias según su volumen de ventas anuales, así como, se determinó qué referencias se almacenarían solo en picking o en reserva y en picking.

En cuanto al diseño del almacén, se partió de una primera propuesta lo más convencional posible en cuanto a medios de almacenamiento y medios de manutención, sin ningún elemento automatizado y con una gestión fija de las ubicaciones, lo que aumentaba mucho la superficie de suelo necesaria para poder almacenar y gestionar todas las referencias. En esta configuración se superó tanto el presupuesto de inversión como el de costes anuales.

En la segunda propuesta, se implementó medios de manutención automatizados como el miniload, Además, se cambiaron las estanterías convencionales para palets por estanterías de doble fondo y se aumentó la altura del almacén hasta los 10 metros, todo ello ayudó a disminuir la superficie de suelo del almacén y, por tanto, la inversión y los costes totales respecto a la primera propuesta, ya que la partida dedicada al edificio y las instalaciones era la más elevada. En este caso disminuyeron significativamente los costes de inversión y anuales, pero la inversión superaba el presupuesto, al contrario que los costes anuales que sí entraban dentro de lo establecido.

En la tercera propuesta se aumentó la altura del almacén hasta los 12 metros y se implantó la gestión aleatoria de las ubicaciones, reduciendo así los huecos totales y la superficie de suelo. Esta es la única propuesta que entra dentro del presupuesto establecido por la dirección de la empresa tanto en la inversión como en los costes anuales.

Finalmente, en la cuarta propuesta, con el objetivo de reducir todo lo posible la superficie de suelo, se instalaron estanterías móviles autopropulsadas para el almacenamiento de palets. Estas permiten un mayor aprovechamiento del espacio, puesto que reduce la cantidad de pasillos a solo uno, de forma que las estanterías se mueven para abrir el hueco del pasillo. En

esta propuesta se redujo la superficie de suelo, pero aumentando los costes anuales y la inversión.

La tercera propuesta fue la elegida por entrar dentro del presupuesto de inversión y de costes anuales. Además, es la que menos operarios necesita por su grado de automatización y, por tanto, la mejor de las cuatro configuraciones.

Valoro mucho personalmente la realización del presente Trabajo Fin de Máster, me ha ayudado a entender mucho mejor el funcionamiento de un almacén. Elegí este tema por mi inquietud en cuanto al mundo de la logística dentro de un almacén donde se albergan tantas referencias, estudiar la forma de optimizar todo lo posible el diseño de un almacén me ha parecido muy interesante y algo que tiene una aplicación muy directa en el mundo laboral que es a lo que nos enfrentamos a partir de ahora.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Alapont Logistics (2019): *Muelles de carga*. Disponible en: <https://alapontlogistics.com/productos/muelles-de-carga/> [Último acceso: diciembre de 2023].

Asociación Española de Normalización y Certificación (2003): *UNE-EN 13698-1:2003*, Madrid, AENOR. [Último acceso: noviembre de 2023].

Cardós Carboneras, Manuel Javier (2020a): “Medios de almacenamiento”. Disponible en: [https://poliformat.upv.es/access/lessonbuilder/item/7813965/group/ESP\\_0\\_2874/Almacenes/Transparencias/Cap%204%20Medios%20de%20Almacenamiento.pdf](https://poliformat.upv.es/access/lessonbuilder/item/7813965/group/ESP_0_2874/Almacenes/Transparencias/Cap%204%20Medios%20de%20Almacenamiento.pdf) [Último acceso: octubre de 2023].

Cardós Carboneras, Manuel Javier (2020b): “Medios de manutención”. Disponible en: [https://poliformat.upv.es/access/lessonbuilder/item/7813976/group/ESP\\_0\\_2874/Almacenes/Transparencias/Cap%205%20Medios%20de%20Manutencion.pdf](https://poliformat.upv.es/access/lessonbuilder/item/7813976/group/ESP_0_2874/Almacenes/Transparencias/Cap%205%20Medios%20de%20Manutencion.pdf) [Último acceso: octubre de 2023].

Cardós Carboneras, Manuel Javier (2020c): “Parámetros de almacén”. Disponible en: [https://poliformat.upv.es/access/lessonbuilder/item/7814445/group/ESP\\_0\\_2874/Almacenes/Parámetros%20de%20almacén.pdf](https://poliformat.upv.es/access/lessonbuilder/item/7814445/group/ESP_0_2874/Almacenes/Parámetros%20de%20almacén.pdf) [Último acceso: diciembre de 2023].

Castro Zuluaga, Carlos Alberto, Vélez Gallego, Mario y Castro Urrego, Jaime Andrés. (2011): “Clasificación ABC multicriterio: Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de Pesos” *ITECKNE: Innovación e Investigación en Ingeniería*, Vol. 8(2), pp.163-170. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4991575> [Último acceso: octubre de 2023].

Crown equipment (2020): *Serie FC 5200, Especificaciones carretilla contrapesada de cuatro ruedas*. Disponible en: <https://www.crown.com/content/dam/crown/pdfs/es-es/especificaciones/carretillas-elevadoras-fc5200-especificaciones-Es.pdf> [Último acceso: noviembre de 2023].

Devis Gallego, S. (2016). *Una metodología para el diseño estratégico de almacenes de reserva basada en la selección de tecnologías y políticas de gestión*. Tesis doctoral, Universitat

Politécnica de València, departamento d'Organizació d'Empreses.  
Disponible en: <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/61444>  
[Último acceso: noviembre de 2023].

Mecalux (2019): *Medidas de palets: ¿cuáles son los estándares más extendidos?*  
Disponible en: <https://www.logismarket.es/blog/medidas-palets-estandares-extendidos#:~:text=1.,mercancías%20por%20ferrocarril%20en%20Europa>.  
[Último acceso: noviembre de 2023].

Mecalux (2020): *Almacenes verticales y carruseles verticales u horizontales*  
Disponible en: <https://www.mecalux.es/manual-almacen/sistemas-de-almacenaje/almacen-vertical-carrusel-horizontal>  
[Último acceso: marzo de 2024].

Mecalux (2020b): *Transelevadores para cajas o miniload.*  
Disponible en: [https://www.mecalux.es/almacenes-automaticos/almacenes-automaticos-cajas/transelevadores-cajas?src=gg&param1=g&param2=automated\\_warehouse\\_generic&param3=transelev\\_cajas&param4=c&param5=sistema%20miniload&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwzN-vBhAKEiwAYiO7oDCKqddohxeyHF8gY0\\_nWmV6lTjTwQRleW50njRA5DvGil6WCzbxoC8ZQQAvD\\_BwE](https://www.mecalux.es/almacenes-automaticos/almacenes-automaticos-cajas/transelevadores-cajas?src=gg&param1=g&param2=automated_warehouse_generic&param3=transelev_cajas&param4=c&param5=sistema%20miniload&utm_source=google&utm_medium=cpc&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwzN-vBhAKEiwAYiO7oDCKqddohxeyHF8gY0_nWmV6lTjTwQRleW50njRA5DvGil6WCzbxoC8ZQQAvD_BwE)  
[Último acceso: marzo de 2024].

Mecalux (2020c): *Estanterías móviles.*  
Disponible en: [https://www.mecalux.es/estanterias-industriales/estanterias-moviles?src=gg&param1=g&param2=racking\\_and\\_shelving\\_pallet\\_racking&param3=bases\\_moviles\\_palet&param4=c&param5=estanterias%20móviles&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjw0YGyBhByEiwAQmBEWo7blxKMu6Ysh-H0dAh0UgJE9aH\\_08MkPMWivNrE1FaO2RumkoOl\\_BoCkxoQAvD\\_BwE](https://www.mecalux.es/estanterias-industriales/estanterias-moviles?src=gg&param1=g&param2=racking_and_shelving_pallet_racking&param3=bases_moviles_palet&param4=c&param5=estanterias%20móviles&utm_source=google&utm_medium=cpc&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw0YGyBhByEiwAQmBEWo7blxKMu6Ysh-H0dAh0UgJE9aH_08MkPMWivNrE1FaO2RumkoOl_BoCkxoQAvD_BwE).  
[Último acceso: mayo de 2024].

Pérez Herrero, M. (2006): *Almacenamiento de materiales.*  
Disponible en: <https://es.scribd.com/document/475506180/Almacenamiento-de-materiales-Mariano-Perez-Herrero-www-FreeLibros-com>.  
[Último acceso: octubre de 2023].

Transeop (2023): *Palet Europeo o Europalet: Características, Peso y Medidas.*  
Disponible en: <https://www.transeop.com/blog/Palet-Europeo-Europalet-Caracteristicas-Peso-Medidas/400/>.  
[Último acceso: noviembre de 2023].

Toyota Forklifts (2023): *Toyota material handling.*  
Disponible en: <https://toyota-forklifts.es>.  
[Último acceso: octubre de 2023].