



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Diseño de un almacén para una empresa e-commerce
suministradora a institutos

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

AUTOR/A: Rubio Escrivá, Mireia

Tutor/a: Cardós Carboneras, Manuel Javier

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por su apoyo a lo largo de todo el camino y porque gracias a ellos soy quien soy ahora.

A mi tutor, por brindarme la oportunidad de hacer este trabajo y por su ayuda, sin él este proyecto no hubiese sido posible.

Y en especial, a mi madre, por su apoyo incondicional.



RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Máster pretende desarrollar el diseño de un almacén para una empresa suministradora de material de laboratorio a los institutos.

A partir del plan de negocio para la puesta en marcha de la empresa como documento que define los requisitos de actividad del almacén y de la experiencia de la propia autora del presente proyecto en tres institutos diferentes se conocen las necesidades de los clientes, de ellos, se obtienen los datos y requisitos necesarios de actividad del almacén.

Tras ello, se procede a definir la primera configuración en la que se realiza el perfil de inventario, el dimensionamiento de los medios de almacenamiento y de manutención, la distribución en planta, estimación de los costes operativos y de la inversión necesaria.

Seguidamente, se realiza un análisis de la configuración obtenida y se determinan otras alternativas para tratar de conseguir un diseño más óptimo, modificando las decisiones tomadas y repitiendo el proceso anterior.

Finalmente, tras las sucesivas iteraciones, se realiza un estudio económico-financiero de cada configuración y se selecciona aquella que cumpla con los requisitos establecidos por el plan de negocio y que proporcione menores costes anuales y menor inversión.

Palabras Clave: diseño, almacén, centros educativos.



RESUM

El present Treball de Fi de Màster pretén desenvolupar el disseny d'un magatzem per a una empresa subministradora de material de laboratori als instituts.

A partir del pla de negoci per a la posada en marxa de l'empresa com a document que defineix els requisits d'activitat del magatzem i de l'experiència de la mateixa autora del present projecte en tres instituts diferents es coneixen les necessitats dels clients, d'ells, s'obtenen les dades i requisits necessaris d'activitat del magatzem.

Després d'això, es procedeix a definir la primera configuració en la qual es realitza el perfil d'inventari, el dimensionament dels mitjans d'emmagatzematge i de manutenció, la distribució en planta, estimació dels costos operatius i de la inversió necessària. Seguidament, es realitza una anàlisi de la configuració obtinguda i es determinen altres alternatives per a tractar d'aconseguir un disseny més òptim, modificant les decisions preses i repetint el procés anterior.

Finalment, després de les successives iteracions, es realitza un estudi econòmic-financer de cada configuració i se selecciona aquella que complisca amb els requisits establits pel pla de negoci i que proporcione menors costos anuals i menor inversió.

Paraules clau: disseny, magatzem, centres educatius.



ABSTRACT

This Master's Thesis aims to develop the design of a warehouse for a company supplying laboratory equipment to high schools.

From the business plan for the start-up of the company as a document that defines the activity requirements of the warehouse and the experience of the author of this project in three different institutes, the needs of customers are known, from them, the necessary data and requirements of the warehouse activity are obtained.

After that, we proceed to define the first configuration in which the inventory profile, the dimensioning of the storage and handling means, the distribution in the plant, the estimation of the operating costs and the necessary investment are carried out.

Next, an analysis of the configuration obtained is carried out and other alternatives are determined to try to achieve a more optimal design, modifying the decisions taken and repeating the previous process.

Finally, after successive iterations, an economic-financial study of each configuration is carried out and the one that meets the requirements established by the business plan and that provides lower annual costs and lower investment is selected.

Keywords: design, warehouse, educational centers.



ÍNDICE DE MEMORIA

1.	INTRODUCCIÓN	17
1.1	Objeto de estudio	17
1.2	Alcance proyecto	17
1.3	Introducción al problema	18
1.4	Estructura del documento	20
2.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	20
2.1	Presentación de la empresa	20
2.2	Productos.....	21
3.	ANTECEDENTES TEÓRICOS	22
3.1	Metodología.....	22
3.2	Aproximación al e-commerce.....	22
3.2.1	Comercio electrónico	23
3.3	Medios de almacenamiento	24
3.4	Medios de manutención.....	25
3.5	Análisis ABC.....	27
3.6	Gestión de ubicaciones.....	27
3.7	Niveles de stock	28
3.8	Segregación de picking y reserva.....	29
4.	ANÁLISIS DE LOS DATOS DISPONIBLES.....	30
4.1	Nivel de demanda	30
4.1.1	EOQ.....	31
4.1.2	Volúmenes de venta por familia	31
4.1.3	Nivel de stock por familia.....	32
4.2	Preparación de pedidos	33
4.3	Condiciones de almacenamiento y conservación.....	35
4.4	Categorías de productos.....	35
4.4.1	Familias.....	35
4.4.2	Distribución ABC de ventas anuales.....	36
4.4.3	Definición de categorías	37
4.5	Formato logístico del proveedor	37



5.	PRIMERA CONFIGURACIÓN	38
5.1	Perfil de inventario	38
5.2	Definición de los medios de almacenamiento.....	42
5.2.1	Zona de reserva	43
5.2.2	Dimensionada zona de picking.....	44
5.2.3	Dimensionado de la zona de recepción y expedición	46
5.3	Definición de los medios de manutención	46
5.4	Dimensionamiento del almacén	54
5.5	Análisis de coste e inversión	55
5.6	Análisis y propuestas de mejora	57
6.	SEGUNDA CONFIGURACIÓN.....	58
6.1	Perfil de inventario	58
6.2	Medios de almacenamiento	58
6.3	Medios de manutención.....	60
6.4	Dimensionamiento del almacén	66
6.5	Análisis de coste e inversión	67
6.6	Análisis y propuestas de mejora	69
7.	TERCERA CONFIGURACIÓN	69
7.1	Medios de manutención.....	69
7.2	Dimensionamiento almacén.....	74
7.3	Análisis de coste e inversión	75
7.4	Análisis y propuestas de mejora	77
8.	CUARTA CONFIGURACIÓN.....	77
8.1	Perfil de inventario	77
8.2	Medios de almacenamiento	78
8.3	Medios de manutención.....	79
8.4	Dimensionamiento almacén.....	81
8.5	Análisis de coste e inversión	83
8.6	Análisis y propuestas de mejora	84
9.	QUINTA CONFIGURACIÓN	85
9.1	Perfil de inventario	85
9.2	Medios de almacenamiento	85



9.3	Medios de manutención.....	87
9.4	Dimensionamiento almacén.....	91
9.5	Análisis de coste e inversión.....	93
9.6	Análisis y propuestas de mejora.....	95
10.	SEXTA CONFIGURACIÓN.....	95
10.1	Perfil de inventario.....	95
10.2	Medios de almacenamiento.....	95
10.3	Medios de manutención.....	96
10.4	Dimensionamiento almacén.....	100
10.5	Análisis de coste e inversión.....	102
11.	ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO.....	103
12.	PROCEDIMIENTOS PRINCIPALES DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....	105
13.	CONCLUSIONES.....	109
14.	BIBLIOGRAFÍA.....	111



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Ejemplo artículos de las familias. Fuente: Propia</i>	21
<i>Tabla 2: Ventas anuales por familia y referencia. Fuente: Propia</i>	31
<i>Tabla 3: Volumen de ventas por familia. Fuente: Propia</i>	32
<i>Tabla 4: Volumen de stock mínimo, máximo y medio de cada familia para el mes de septiembre. Fuente: Propia</i>	33
<i>Tabla 5: Volumen de stock mínimo, máximo y medio de cada familia para el mes normal. Fuente: Propia</i>	33
<i>Tabla 6: Valor de las variables aleatorias septiembre. Fuente: Propia</i>	34
<i>Tabla 7: Líneas de pedido en 1 día septiembre según el formato logístico. Fuente: Propia</i>	34
<i>Tabla 8: Valor de las variables aleatorias mes normal. Fuente: Propia</i>	35
<i>Tabla 9: Líneas de pedido en 1 día mes normal según el formato logístico. Fuente: Propia</i>	35
<i>Tabla 10: Categorización según familia y ABC. Fuente: Propia</i>	37
<i>Tabla 11: Formato logístico proveedor septiembre. Fuente: Propia</i>	38
<i>Tabla 12: Formato logístico proveedor mes normal. Fuente: Propia</i>	38
<i>Tabla 13: Ejemplo cálculo perfil de inventario configuración 1. Fuente: Propia</i>	40
<i>Tabla 14: Perfil de inventario para el mes de septiembre configuración 1 en m³. Fuente: Propia</i>	41
<i>Tabla 15: Perfil de inventario para el mes normal configuración 1 en m³. Fuente: Propia</i>	41
<i>Tabla 16: Medios almacenamiento configuración 1. Fuente: Propia</i>	42
<i>Tabla 17: Ejemplo de cálculo longitud balda septiembre picking y reserva configuración 1. Fuente: Propia</i>	43
<i>Tabla 18: Dimensiones estantería para cajas zona de reserva septiembre configuración 1. Fuente: Propia</i>	43
<i>Tabla 19: Dimensiones estantería para cajas zona de reserva mes normal configuración 1. Fuente: Propia</i>	44
<i>Tabla 20: Dimensiones estantería para cajas zona de picking septiembre configuración 1. Fuente: Propia</i>	44
<i>Tabla 21: Dimensiones hueco paleta septiembre configuración 1. Fuente: Propia</i>	45
<i>Tabla 22: Dimensiones estantería convencional paletas zona de picking septiembre configuración 1. Fuente: Propia</i>	45
<i>Tabla 23: Dimensiones estantería para cajas zona de picking mes normal configuración 1. Fuente: Propia</i>	45



<i>Tabla 24: Dimensión estantería convencional zona de picking mes normal configuración 1. Fuente: Propia</i>	45
<i>Tabla 25: Medio de mantención recepción y descarga septiembre configuración 1. Fuente: Propia</i>	47
<i>Tabla 26: Medio de mantención recepción y descarga mes normal configuración 1. Fuente: Propia</i>	48
<i>Tabla 27: Medio de mantención ubicación de referencias en estanterías septiembre configuración 1. Fuente: Propia</i>	49
<i>Tabla 28: Medio de mantención ubicación de referencias en estanterías mes normal configuración 1. Fuente: Propia</i>	49
<i>Tabla 29: Medio de mantención abastecimiento de zona picking desde reserva septiembre configuración 1. Fuente: Propia</i>	50
<i>Tabla 30: Medio de mantención abastecimiento de zona picking desde reserva mes normal configuración 1. Fuente: Propia</i>	51
<i>Tabla 31: Medio de mantención preparación de pedidos mes septiembre configuración 1. Fuente: Propia</i>	51
<i>Tabla 32: Medio de mantención preparación de pedidos mes normal configuración 1. Fuente: Propia</i>	52
<i>Tabla 33: Medio de mantención expedición de pedidos septiembre configuración 1. Fuente: Propia</i>	52
<i>Tabla 34: Medio de mantención expedición de pedidos septiembre configuración 1. Fuente: Propia</i>	52
<i>Tabla 35: Resumen medios de mantención según operaciones septiembre configuración 1. Fuente: Propia</i>	53
<i>Tabla 36: Resumen medios de mantención según operaciones mes normal. Fuente: Propia ..</i>	53
<i>Tabla 37: Dimensiones de las áreas del almacén configuración 1. Fuente: Propia</i>	54
<i>Tabla 38: Anchos de los pasillos según el medio de mantención configuración 1. Fuente: Propia</i>	54
<i>Tabla 39: Zonas del almacén configuración 1. Fuente: Propia</i>	55
<i>Tabla 40: Costes de instalación, equipamientos y servicios generales configuración 1. Fuente: Propia</i>	56
<i>Tabla 41: Costes medios de almacenamiento configuración 1. Fuente: Propia.....</i>	56
<i>Tabla 42: Costes medios de mantención configuración 1. Fuente: Propia</i>	56
<i>Tabla 43: Costes de personal configuración 1. Fuente: Propia</i>	57
<i>Tabla 44: Costes de mantenimiento y energía configuración 1. Fuente: Propia.....</i>	57



<i>Tabla 45: Costes e inversión total configuración 1. Fuente: Propia</i>	57
<i>Tabla 46: Medios de almacenamiento configuración 2. Fuente: Propia.....</i>	59
<i>Tabla 47: Dimensiones estantería para cajas zona de reserva septiembre configuración 2. Fuente: Propia</i>	59
<i>Tabla 48: Dimensiones hueco paleta septiembre configuración 2. Fuente: Propia</i>	59
<i>Tabla 49: Dimensiones estantería convencional zona de picking septiembre configuración 2. Fuente: Propia</i>	59
<i>Tabla 50: Dimensiones estantería para cajas zona de reserva mes normal configuración 2. Fuente: Propia</i>	60
<i>Tabla 51: Dimensiones estantería convencional zona de picking mes normal configuración 2. Fuente: Propia</i>	60
<i>Tabla 52: Medio de manutención recepción y descarga septiembre configuración 2. Fuente: Propia</i>	61
<i>Tabla 53: Medio de manutención recepción y descarga mes normal configuración 2. Fuente: Propia</i>	61
<i>Tabla 54: Medio de manutención ubicación de referencias en estanterías septiembre configuración 2. Fuente: Propia</i>	62
<i>Tabla 55: Medio de manutención ubicación de referencias en estanterías mes normal configuración 2. Fuente: Propia</i>	62
<i>Tabla 56: Medio de manutención preparación de pedidos septiembre configuración 2. Fuente: Propia</i>	63
<i>Tabla 57: Medio de manutención movimiento paletas zonas superiores a zona inferior de picking septiembre configuración 2. Fuente: Propia</i>	63
<i>Tabla 58: Medio de manutención preparación de pedidos mes normal configuración 2. Fuente: Propia</i>	64
<i>Tabla 59: Medio de manutención expedición de pedidos septiembre configuración 2. Fuente: Propia</i>	64
<i>Tabla 60: Medio de manutención expedición de pedidos mes normal configuración 2. Fuente: Propia</i>	64
<i>Tabla 61: Resumen medios de manutención según operaciones septiembre configuración 2. Fuente: Propia</i>	65
<i>Tabla 62: Resumen medios de manutención según operaciones mes normal configuración 2. Fuente: Propia</i>	65
<i>Tabla 63: Dimensiones de las áreas del almacén configuración 2. Fuente: Propia</i>	66
<i>Tabla 64: Anchos de los pasillos según el medio de manutención configuración 2. Fuente: Propia</i>	66



<i>Tabla 65: Zonas del almacén configuración 2. Fuente: Propia</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 66: Costes de instalación, equipamientos y servicios generales configuración 2. Fuente: Propia</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 67: Costes medios de almacenamiento configuración 2. Fuente: Propia.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 68 Costes medios de mantenimiento configuración 2. Fuente: Propia.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 69: Costes de personal configuración 2. Fuente: Propia</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 70: Costes de mantenimiento y energía configuración 2. Fuente: Propia.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 71: Costes e inversión total configuración 2. Fuente: Propia</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 72: Medio de mantenimiento recepción y descarga septiembre configuración 2. Fuente: Propia</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 73: Medio de mantenimiento recepción y descarga mes normal configuración 3. Fuente: Propia</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 74: Medio de mantenimiento ubicación de referencias en estanterías septiembre configuración 3. Fuente: Propia</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 75: Medio de mantenimiento ubicación de referencias en estanterías mes normal configuración 3. Fuente: Propia</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 76: Medio de mantenimiento preparación de pedidos mes septiembre configuración 3. Fuente: Propia</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 77: Medio de mantenimiento movimiento paletas zonas superiores a zona inferior de picking septiembre configuración 3. Fuente: Propia</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 78: Medio de mantenimiento preparación de pedidos mes normal configuración 3. Fuente: Propia</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 79: Medio de mantenimiento expedición de pedidos septiembre configuración 3. Fuente: Propia</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 80: Medio de mantenimiento expedición de pedidos mes normal configuración 3. Fuente: Propia</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 81: Resumen medios de mantenimiento según operaciones septiembre configuración 3. Fuente: Propia</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 82: Resumen medios de mantenimiento según operaciones mes normal configuración 3. Fuente: Propia</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 83: Dimensiones de las áreas del almacén configuración 3. Fuente: Propia</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 84: Anchos de los pasillos según el medio de mantenimiento configuración 3. Fuente: Propia</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 85: Zonas del almacén configuración 3. Fuente: Propia</i>	<i>75</i>



<i>Tabla 86: Costes de instalación, equipamientos y servicios generales configuración 3. Fuente: Propia</i>	76
<i>Tabla 87: Costes medios de almacenamiento configuración 3. Fuente: Propia.....</i>	76
<i>Tabla 88: Costes medios de mantenimiento configuración 3. Fuente: Propia</i>	76
<i>Tabla 89: Costes de personal configuración 3. Fuente: Propia</i>	76
<i>Tabla 90: Costes de mantenimiento y energía configuración 3. Fuente: Propia.....</i>	76
<i>Tabla 91: Costes e inversión total configuración 3. Fuente: Propia</i>	77
<i>Tabla 92: Dimensiones huecos y contenedor miniload configuración 4. Fuente: Propia</i>	78
<i>Tabla 93: Medios de almacenamiento configuración 4. Fuente: Propia.....</i>	78
<i>Tabla 94: Dimensiones miniload septiembre configuración 4. Fuente: Propia</i>	79
<i>Tabla 95: Resumen medios de mantenimiento según operaciones septiembre configuración 4. Fuente: Propia</i>	81
<i>Tabla 96: Resumen medios de mantenimiento según operaciones mes normal configuración 4. Fuente: Propia</i>	81
<i>Tabla 97: Dimensiones de las áreas del almacén configuración 4. Fuente: Propia</i>	81
<i>Tabla 98: Anchos de los pasillos según el medio de mantenimiento configuración 4. Fuente: Propia</i>	82
<i>Tabla 99: Diseño almacén configuración 4. Fuente: Propia</i>	82
<i>Tabla 100: Zonas del almacén configuración 4. Fuente: Propia</i>	82
<i>Tabla 101: Costes de instalación, equipamientos y servicios generales configuración 4. Fuente: Propia</i>	83
<i>Tabla 102: Costes medios de almacenamiento configuración 4. Fuente: Propia</i>	83
<i>Tabla 103: Costes medios de mantenimiento configuración 4. Fuente: Propia</i>	83
<i>Tabla 104: Costes de personal configuración 4. Fuente: Propia</i>	84
<i>Tabla 105: Costes de mantenimiento y energía configuración 4. Fuente: Propia.....</i>	84
<i>Tabla 106: Costes e inversión total configuración 4. Fuente: Propia</i>	84
<i>Tabla 107: Medios de almacenamiento configuración 5. Fuente: Propia.....</i>	86
<i>Tabla 108: Dimensiones miniload septiembre configuración 5. Fuente: Propia</i>	86
<i>Tabla 109. Dimensiones estantería para cajas septiembre configuración 5. Fuente: Propia</i>	86
<i>Tabla 110. Dimensiones estantería para cajas mes normal configuración 5. Fuente: Propia</i>	87
<i>Tabla 111: Medio de mantenimiento ubicación de referencias en estanterías septiembre configuración 5. Fuente: Propia</i>	88



<i>Tabla 112: Medio de mantención ubicación de referencias en estanterías mes normal configuración 5. Fuente: Propia</i>	89
<i>Tabla 113: Medio de mantención preparación de pedidos mes normal configuración 5. Fuente: Propia</i>	90
<i>Tabla 114: Medio de mantención preparación de pedidos mes normal configuración 5. Fuente: Propia</i>	90
<i>Tabla 115: Resumen medios de mantención según operaciones septiembre configuración 5. Fuente: Propia</i>	91
<i>Tabla 116: Resumen medios de mantención según operaciones mes normal configuración 5. Fuente: Propia</i>	91
<i>Tabla 117: Dimensiones de las áreas del almacén configuración 5. Fuente: Propia</i>	92
<i>Tabla 118: Anchos de los pasillos según el medio de mantención configuración 5. Fuente.....</i>	92
<i>Tabla 119: Diseño almacén configuración 5. Fuente: Propia</i>	92
<i>Tabla 120: Zonas del almacén configuración 5. Fuente: Propia</i>	93
<i>Tabla 121: Costes de instalación, equipamientos y servicios generales configuración 5. Fuente: Propia</i>	93
<i>Tabla 122: Costes medios de almacenamiento configuración 5. Fuente: Propia</i>	93
<i>Tabla 123: Costes medios de mantención configuración 5. Fuente: Propia</i>	94
<i>Tabla 124: Costes de personal configuración 5. Fuente: Propia</i>	94
<i>Tabla 125: Costes de mantenimiento y energía configuración 5. Fuente: Propia.....</i>	94
<i>Tabla 126: Costes e inversión total configuración 5. Fuente: Propia</i>	94
<i>Tabla 127: Medios de almacenamiento configuración 6. Fuente: Propia.....</i>	95
<i>Tabla 128. Dimensiones estantería para cajas zona de picking septiembre configuración 6. Fuente: Propia</i>	96
<i>Tabla 129: Dimensiones estantería para cajas zona de picking mes normal configuración 6. Fuente: Propia</i>	96
<i>Tabla 130: Medio de mantención recepción y descarga septiembre configuración 6. Fuente: Propia</i>	96
<i>Tabla 131: Medio de mantención recepción y descarga mes normal configuración 6. Fuente: Propia</i>	97
<i>Tabla 132: Medio de mantención ubicación de referencias en estanterías septiembre configuración 6. Fuente: Propia</i>	97
<i>Tabla 133: Medio de mantención ubicación de referencias en estanterías mes normal configuración 6. Fuente: Propia</i>	98



<i>Tabla 134: Medio de mantención preparación de pedidos mes septiembre configuración 6. Fuente: Propia</i>	99
<i>Tabla 135: Medio de mantención preparación de pedidos mes normal configuración 6. Fuente: Propia</i>	99
<i>Tabla 136: Resumen medios de mantención según operaciones septiembre configuración 6. Fuente: Propia</i>	100
<i>Tabla 137: Resumen medios de mantención según operaciones mes normal configuración 6. Fuente: Propia</i>	100
<i>Tabla 138: Dimensiones de las áreas del almacén configuración 6. Fuente: Propia</i>	100
<i>Tabla 139: Anchos de los pasillos según el medio de mantención configuración 6. Fuente: Propia</i>	101
<i>Tabla 140: Diseño almacén configuración 6. Fuente: Propia</i>	101
<i>Tabla 141: Zonas del almacén configuración 6. Fuente: Propia</i>	101
<i>Tabla 142: Costes de instalación, equipamientos y servicios generales configuración 6. Fuente: Propia</i>	102
<i>Tabla 143: Costes medios de almacenamiento configuración 6. Fuente: Propia</i>	102
<i>Tabla 144: Costes medios de mantención configuración 6. Fuente: Propia</i>	102
<i>Tabla 145: Costes de personal configuración 6. Fuente: Propia</i>	103
<i>Tabla 146: Costes de mantenimiento y energía configuración 6. Fuente: Propia.....</i>	103
<i>Tabla 147: Costes e inversión total configuración 6. Fuente: Propia</i>	103
<i>Tabla 148: Costes anuales e inversión de las 6 configuraciones. Fuente: propia.....</i>	103



ÍNDICE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1: Evolución trimestral del volumen de negocio del comercio electrónico y variación interanual. Fuente: (CNMC, 2022)</i>	18
<i>Ilustración 2: Cantidad de centros que imparten el ciclo. Fuente: Propia</i>	19
<i>Ilustración 3: Cantidad de ciclos por comunidad autónoma. Fuente: Propia</i>	19
<i>Ilustración 4: Metodología iterativa de diseño Fuente: (Cardós Carboneras, 2022)</i>	22
<i>Ilustración 5: Diagrama de Pareto teórico. Fuente: Propia</i>	27
<i>Ilustración 6: separación vertical u horizontal entre picking y reserva. Fuente: (García Sabater, 2020)</i>	29
<i>Ilustración 7: Evolución de la demanda. Fuente: Propia</i>	30
<i>Ilustración 8: Análisis ABC de ventas. Fuente: Propia</i>	36
<i>Ilustración 9: Diseño almacén configuración 1. Fuente: Propia</i>	55
<i>Ilustración 10: Diseño almacén configuración 2. Fuente: Propia</i>	67
<i>Ilustración 11 : Diseño almacén configuración 3. Fuente: Propia</i>	75
<i>Ilustración 12: Comparativa entre las 6 configuraciones. Fuente: Propia</i>	104
<i>Ilustración 13: Diagrama de flujo para los procesos de la primera parte de la jornada. Fuente: Propia</i>	106
<i>Ilustración 14: Diagrama de flujo para los procesos de la primera parte de la jornada. Fuente: Propia</i>	108



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto de estudio

El objetivo de este proyecto es el diseño de un almacén destinado a suministrar pedidos online para una empresa que se encargará de suministrar material de laboratorio a los institutos de formación profesional de la rama de electricidad y electrónica. El diseño debe atender las necesidades durante los primeros años de acuerdo con el plan de negocio de la empresa.

Para conseguir este objetivo, se van a elaborar, analizar y evaluar distintas configuraciones de almacén a partir de los requisitos de actividad que se establecen en el plan de negocio de la empresa y del número de artículos que se determinan a partir de la experiencia de la autora del presente trabajo en varios institutos. También, se incluirá un estudio técnico y económico y así se seleccionará el diseño que mejor resultado obtenga según el criterio escogido. En el estudio técnico se incluirá, entre otras cosas, los medios de almacenamiento y los medios de manutención. En el estudio económico se centrará en los costes asociados a la operativa interna que habrá en el almacén.

1.2 Alcance proyecto

El alcance del proyecto es la realización de un diseño de un almacén. Éste va a empezar analizando la situación de partida de la empresa. Parte de los datos utilizados provienen del plan de negocio y otra parte se basan en la experiencia de la autora del presente trabajo en tres centros educativos lo que ha permitido conocer las necesidades de los clientes.

Para realizar las distintas configuraciones del almacén se realizará un análisis de los productos que se comercializarán lo que permitirá clasificarlos en los sistemas de almacenamiento y con los medios de manutención más adecuados. Además, para elegir las tecnologías adecuadas y realizar el dimensionado del almacén será necesario conocer el perfil de inventario de cada una de las referencias y su correspondiente formato logístico.

Seguidamente, se elaboran distintas configuraciones en función del modelo de funcionamiento como combinación de tecnologías de almacenamiento, manutención y gestión. Cada configuración es una iteración diferente para encontrar la configuración más adecuada que se adapte al plan de negocio de la empresa. Además, hay que destacar un aspecto fundamental a tener en cuenta a la hora de realizar las distintas configuraciones y es, la estacionalidad de las ventas, es decir, en el período de inicio de curso académico habrá un gran volumen de ventas y durante el resto del curso las ventas se mantendrán en un rango bastante inferior a las del inicio de curso.

En definitiva, el almacén ha de proporcionar un correcto funcionamiento frente a la estacionalidad de las ventas, cumplir con los plazos de servicio y con aquello estipulado en el plan de negocio. Cabe destacar que la realización de estudios de mercado para validar las previsiones del plan de negocio no se encuentra dentro del alcance del presente proyecto, así como tampoco se incluye la revisión o validación de los requisitos establecidos en el plan de negocio.

1.3 Introducción al problema

El COVID-19 provocó un repentino crecimiento del e-commerce ya que limitó los otros canales de venta y esto provocó el cierre de numerosos establecimientos físicos. Actualmente, el comercio electrónico ha incrementado más del doble desde el 2018 (PWC, 2021). El tipo de comercio electrónico en el que opera este tipo de empresas es Business to Customer (B2C) que se explicará en los próximos apartados.

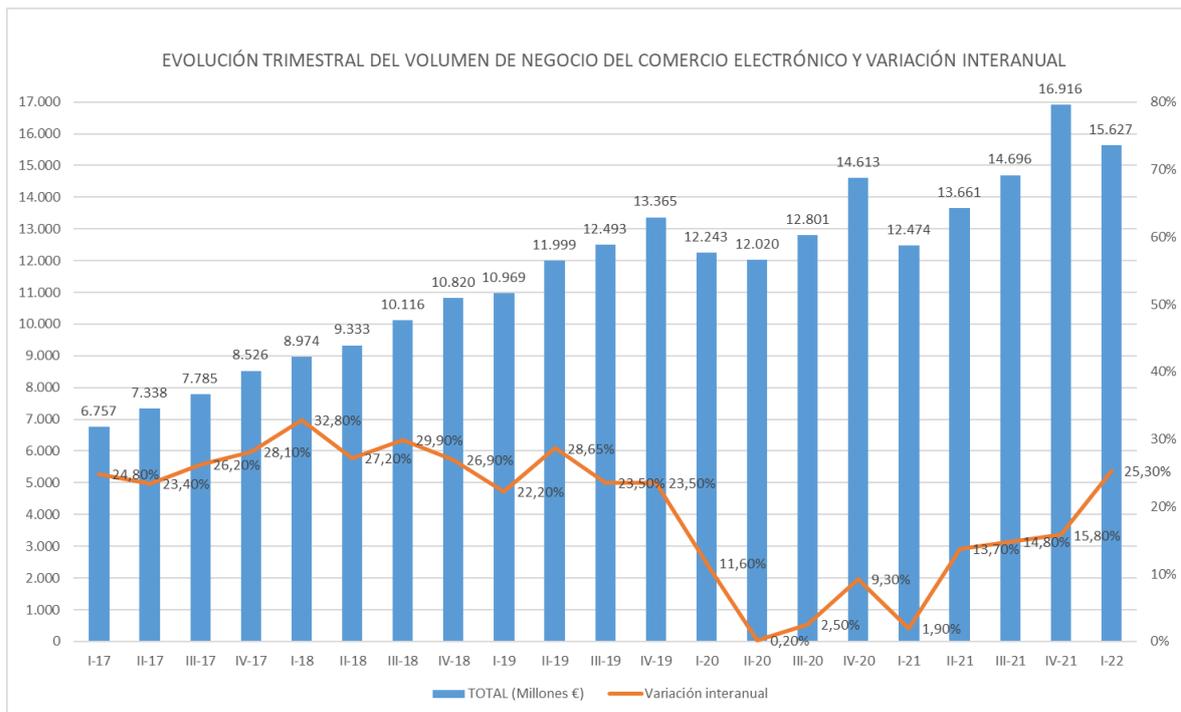


Ilustración 1: Evolución trimestral del volumen de negocio del comercio electrónico y variación interanual. Fuente: (CNMC, 2022)

Según un estudio realizado por el Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (ONTSI, 2022), las ventas mediante comercio electrónico por parte de las empresas en el año 2020 alcanzaron 19,3% y en el 2021 se situó en 19,1 % sobre el total de ventas realizadas. Se puede decir que el consumidor actual posee más información, es más exigente y está siempre conectado.

La empresa QueTensión, en una primera fase, se centrará en suministrar material de laboratorio a los institutos que impartan los ciclos formativos de la familia profesional de electricidad y electrónica. Como ya se ha comentado, el almacén diseñado tiene que asegurar el suministro de pedidos dentro del plazo de servicio que se establece en el plan de negocio y hacer frente a la estacionalidad de sus ventas.

En España nos encontramos con los siguientes datos de oferta educativa de la familia de electricidad y electrónica.

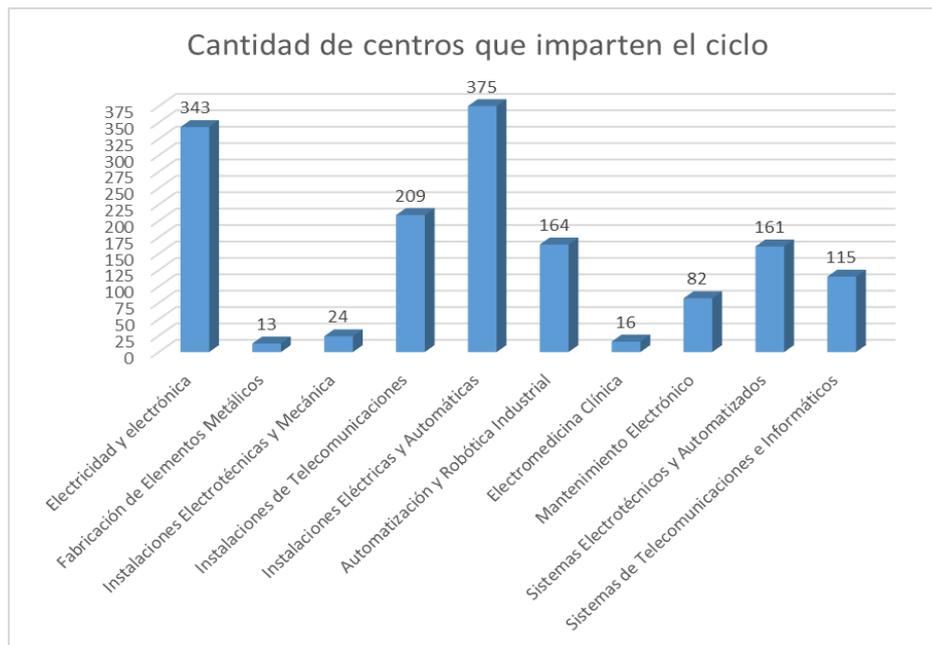


Ilustración 2: Cantidad de centros que imparten el ciclo. Fuente: Propia

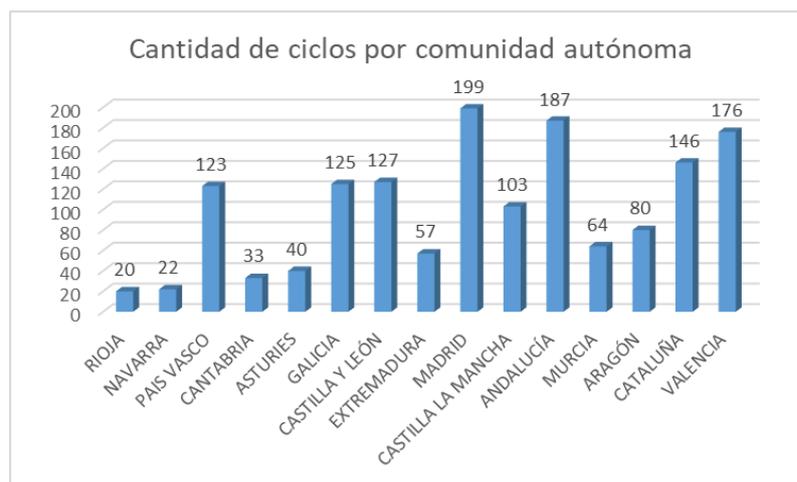


Ilustración 3: Cantidad de ciclos por comunidad autónoma. Fuente: Propia

Los centros educativos que imparten esta familia de ciclos requieren de material específico. Por ello, se encuentran con tres problemas que se han observado a partir de la experiencia profesional de la autora de esta memoria en tres centros educativos y son:

- Disponibilidad del material: las empresas accesibles geográficamente tienen un catálogo de artículos escaso para el ámbito académico y las empresas de *retail* la mayoría venden al por mayor, donde más problema hay es en los materiales referentes al sector industrial.
- Plazos de suministro: muchas veces el material puede tardar en llegar una semana o meses, ya que es material específico y en cantidades pequeñas.
- Cantidad de vendedores: para los centros educativos tener muchos vendedores diferentes les conlleva más trabajo burocrático, ya que para comprar en una empresa ésta ha de ser aceptada por el centro como suministradora de material.



1.4 Estructura del documento

La estructura del presente trabajo consta de diferentes capítulos que abordan los siguientes aspectos:

- Descripción de la empresa.
- Antecedentes teóricos para el diseño de un almacén.
- Análisis de datos de la actividad del almacén y las distintas categorías de productos.
- Perfil de inventario.
- Selección de los medios de almacenamiento, de los de manutención y formato logístico.
- Definición del modelo de funcionamiento del almacén y dimensionado de las distintas zonas.
- Distribución en planta.
- Estimación de costes operativos e inversión necesaria.
- Valoración crítica de la configuración obtenida.
- Búsqueda de alternativas: A través de una serie de iteraciones.
- Estudio económico y financiero y elección de la mejor opción.
- Conclusiones.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1 Presentación de la empresa

La empresa a la que se le atribuye el presente trabajo se dedicará al suministro de material de laboratorio a los institutos como por ejemplo material eléctrico, de ferretería, de telecomunicaciones, entre otros. Tiene como misión hacer accesible, física y económicamente, el material de laboratorio a los institutos. Además, tiene como visión ser la empresa líder en el suministro de material de laboratorio a los institutos.

Según el plan de negocio, la empresa comprará a proveedores y venderá directamente a sus clientes, no se dedicará a la fabricación de los productos que comercializa.

Para el diseño del almacén se ha seguido el plan de negocio de la empresa y se ha realizado una estimación que engloba todo lo requerido por el nuevo almacén para cumplir con las necesidades durante los primeros años de puesta en marcha.

Cabe destacar la variación en la demanda, ya que, al tratarse de institutos, el pico de demanda de materiales se produce en el inicio del curso escolar, es decir, durante el mes de septiembre se tendrá que suministrar una cantidad mucho mayor de material que en el resto de los meses, en los que la demanda será más constante. Tras ello, es muy importante garantizar el plazo de servicio de los clientes, para mantener su confianza y así proporcionar un servicio de calidad y competitivo.

2.2 Productos

El nuevo almacén tiene como objetivo satisfacer las necesidades de los centros educativos que imparten ciclos formativos de la familia profesional de electricidad y electrónica. A partir de la experiencia profesional de la autora de esta memoria se ha determinado que este almacén contará con 2.064 referencias distintas, estas referencias se pueden agrupar en 8 familias.

Las diferentes familias de productos son:

- A. Aparatos de medida y EPI's: en total se tienen 95 referencias, son artículos de tamaño medio y su demanda más grande se realiza al inicio del curso.
- B. Material de conexión y montaje: esta familia cuenta con 352 referencias, son artículos de pequeño y mediano tamaño, su demanda más grande se produce en el inicio del curso.
- C. Renovable: en total se tienen 35 referencias de tamaño pequeño, mediano y grande. Además, al inicio de curso tienen una demanda muy grande respecto el resto de los meses.
- D. Automatización industrial: cuenta con 451 referencias de tamaño pequeño y mediano su demanda más grande se produce en el inicio del curso.
- E. Material de instalación: en total se tienen 605 referencias de tamaño pequeño y mediano. Estas referencias tienen su máximo de demanda en el inicio de curso, pero durante el resto de los meses también tienen una demanda importante.
- F. Comunicaciones: son referencias de tamaño mediano y se tienen 222 referencias, durante el inicio de curso la demanda abarca casi toda la demanda anual.
- G. Motores y transformadores: son referencias de tamaño mediano y se tienen 49 referencias, durante el inicio de curso la demanda abarca casi toda la demanda anual.
- H. Electrónica: cuenta con 255 referencias de tamaño pequeño y mediano su demanda más grande se produce en el inicio del curso.

A continuación, se muestra la Tabla 1 como ejemplo de los artículos de varias familias.

Familia	Nº Referencia	Descripción	m3/ud
A	10	Pinza amperimétrica iFlex CAT III 1500 V 393 FC	0,001156
B	105	Rollo cable 2.5mm H071-K 100m	0,003496
C	360	Convertidor 24V-24V 5A Victron Orion-Tr Aislado	0,0036894
D	548	SIMATIC S7-1200, CPU 1211C, CPU compacta, AC/DC/Relé	0,00225
E	959	Magnetotérmico TX ³ - 4 P - 400 V~ - 20 A - curva C	0,0004571
F	1560	Fermax Telefono citymax Basic	0,001157
G	1777	MOTOR TRIFÁSICO 0,09KW/0,12CV 230/400V	0,0216
H	1988	ELEGOO UNO Basic Starter Ki	0,0027

Tabla 1: Ejemplo artículos de las familias. Fuente: Propia

3. ANTECEDENTES TEÓRICOS

En esta parte se describen los aspectos teóricos a tener en cuenta para lograr una configuración óptima del almacén, como la metodología a seguir, los medios de almacenamiento y de mantenimiento, el método ABC, niveles de stock, gestión de ubicaciones, picking y reserva.

3.1 Metodología

Puesto que no existe ninguna metodología establecida para lograr una configuración óptima de un almacén. Se ha optado por emplear una metodología iterativa de diseño que consiste en los siguientes pasos:

- 1) Análisis de los datos de la actividad de la empresa (demanda, aprovisionamiento, perfil del stock, volúmenes individuales de cada una de las referencias, etc.) e identificación de los requisitos establecidos por el plan de negocio.
- 2) Definir el diseño físico y operativo del sistema, cumpliendo con las especificaciones como son las técnicas de almacenamiento y mantenimiento, la política de gestión y la distribución en planta.
- 3) Tras el diseño del almacén se realiza la evaluación económica del mismo.
- 4) A partir de aquí se realizarán varias configuraciones, siguiendo la misma metodología, y modificando los criterios de diseño para mejorar y obtener varias alternativas adecuadas.
- 5) Finalmente, fruto de las iteraciones se escoge la configuración que cumpla con los requisitos y proporcione mayores beneficios para la empresa.

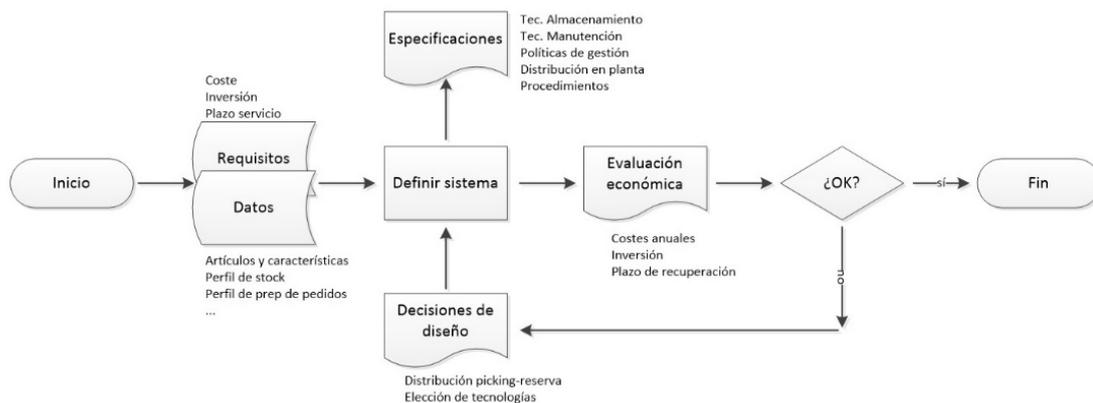


Ilustración 4: Metodología iterativa de diseño Fuente: (Cardós Carboneras, 2022)

3.2 Aproximación al e-commerce

La misión de este capítulo es aportar información sobre el comercio electrónico.



3.2.1 Comercio electrónico

En este apartado se destacan algunas de las definiciones más relevantes sobre el término de comercio electrónico de múltiples autores que han tratado sobre este tema. (Chaffey, 2014) indica que el comercio electrónico "se refiere a las transacciones financieras y de información realizadas de manera electrónica entre una organización y cualquier tercero con el que tenga tratos". Para (Somalo Peciña, 2017) el comercio electrónico "significa el traslado de transacciones normales, comerciales, gubernamentales o personales a medios computarizados vía redes de telecomunicaciones, incluyendo una gran variedad de actividades". Según (Martín, 2018) el comercio electrónico "consiste en la compra y venta de información, productos y servicios a través de medios electrónicos, tales como Internet y otras redes informáticas, es decir, empleando las tecnologías de la información y la comunicación que permiten que no sea necesario el contacto físico entre comprador y vendedor para realizar dichos trámites". Por último, la Organización Mundial del Comercio (OMC, 2022) define el e-commerce como "la producción, distribución, comercialización, venta o entrega de bienes y servicios por medios electrónicos".

El paso de los consumidores a lo digital se ha acelerado de forma espectacular. Y está claro que cada vez más ese consumo se produce en los teléfonos móviles (PWC, 2021). Aunque ha habido un ligero repunte en el comercio en las tiendas, las compras a través de los teléfonos inteligentes siguen subiendo mucho.

Concretamente, las ventas a través del comercio electrónico han incrementado más del doble desde 2018 hasta llegar a un 23% en 2021. (PWC, 2021)

A continuación, se va a explicar aquellos modelos más comunes del e-commerce como el B2B, el B2C, el C2C y el P2P.

El B2B (*Business to business*) son entre empresas. Generalmente, las transacciones están basadas en contratos negociados a más largo plazo y la facturación se puede realizar a través de medios tradicionales. Es común que estas plataformas sean más un medio de gestión de las operaciones que un canal de venta propiamente dicho.

En el B2C (*Business to consumer*) las empresas venden de forma directa al consumidor. Se le conoce como *retail*. Son las empresas las que acceden a la red para poner en venta sus productos y servicios, tratando de captar compradores particulares a los que vender.

En el C2C (Consumer to Consumer) se realiza la venta entre particulares a través de Internet. Se suelen utilizar plataformas para facilitar las transacciones puesto que ambos clientes pueden encontrarse geográficamente separados.

El P2P (*Peer to Peer*) también se conoce como economía colaborativa, ya que las personas comparten productos o servicios de modo profesional o para ahorrar costes. Un ejemplo podría ser BlaBlaCar.



3.3 Medios de almacenamiento

En este apartado se van a presentar los diferentes tipos de medios de almacenamiento que se pueden encontrar dentro de un almacén, se describen en (Cardós Carboneras, 2022) , y estos están condicionados por multitud de factores, como puede ser el tipo de producto, rotación del producto, el espacio disponible, la inversión, etc. Los podemos clasificar en:

- Bloques apilados o almacenaje en bloques. Consiste en el apilado de las unidades de carga en bloques separados por pasillos, generalmente se usan palets. Este tipo es adecuado para cargas paletizadas, con una rotación rápida para pocas referencias y productos resistentes al aplastamiento y es el que menos inversión requiere.
- Estanterías convencionales. Este sistema de almacenamiento permite el acceso directo a las referencias almacenadas, facilitando su localización inmediata y permite una detección fácil de las roturas de stock. Está diseñado para todo tipo de cargas, en el caso de las palets, se hace uso de carretillas elevadoras y, en el caso de cajas o unidades se puede hacer de forma manual.
- Estanterías compactas. En este sistema de almacenamiento los estantes son sustituidos por vigas en profundidad en las que apoyan las paletas. Las carretillas pueden pasar entre las vigas, ahorrando así el espacio que se deja para los pasillos, y aumentando la capacidad del almacén. Este sistema es adecuado para productos de alta rotación y un número elevado de palets por referencia. Sin embargo, no sirve para cargas pesadas y solo permite una unidad estándar de paleta. Además, requiere una maniobra lenta dentro de las estanterías.
- Estanterías dinámicas. Se trata de una estructura metálica de rodillos, los cuales tienen una ligera pendiente y sobre ellos se deslizan los palets o cajas por la gravedad a medida que se van retirando los que se sitúan a la salida de la estantería, lo que fuerza a un sistema FIFO. Tiene como ventajas el aprovechamiento del espacio, la reducción del tiempo de manipulación de las paletas, ya que siempre tiene disponible una en el extremo de salidas y, un control total del stock. No obstante, el principal inconveniente es el riesgo de aplastamiento de las cargas.
- Estanterías móviles. En este sistema se disponen las estanterías sobre carriles que permiten su desplazamiento. Así se permiten ocupar el espacio totalmente del mismo modo que el almacenamiento compacto, pero manteniendo las ventajas de un almacenamiento convencional. Proporcionan una alta accesibilidad con un alto aprovechamiento del espacio, pero se requieren grandes inversiones, el control del stock es difícil de controlar y las frecuencias de carga y descarga son bajas. Por ello, este sistema es adecuado para rotaciones bajas.
- Almacenes rotativos. Sigue el principio de almacenamiento “producto a operador”. Se utiliza para productos pequeños y con alta o media rotación. Permiten un fácil control de existencias, un alto aprovechamiento del espacio y una gran flexibilidad para adaptarse a las dimensiones de la mercadería a almacenar. Existen almacenes rotativos verticales y horizontales.



- Sistema pick-to-light. Este sistema está formado por estanterías dinámicas y visores numéricos que le indican al operario la posición donde se encuentra el artículo que tiene que recoger y el número de unidades. Permite una mayor rapidez en el picking.
- Dispensadores (A-frame). Se utilizan en el sector farmacéutico y cosmético, realizan de forma automática la lectura individual de cada producto, logrando una rápida preparación de los pedidos.
- Estanterías Cantilever. Las estanterías se forman por un pilar central y listones horizontales, esto posibilita la colocación y el aprovisionamiento de materiales. Se utiliza para productos largos como tubos, perfiles laminados, etc.
- Estanterías especiales. Se utilizan para productos con características especiales, por ejemplo, neumáticos, bobinas o cualquier otro tipo de producto con formas peculiares.
- Estructuras autoportantes. Se basan en la integración de la estructura de almacenaje como edificio, las estanterías adquieren un objetivo doble: almacenar y constituir la estructura del almacén. Este tipo de estructura alcanza alturas muy elevadas, incluso superiores a los 35 metros.

3.4 Medios de manutención

Los medios de manutención son los denominados equipos de transporte interno y sus funciones en un almacén son la manipulación y el traslado de stocks. Según (Cardós Carboneras, 2022) existen dos categorías los que se mueven, pero no se trasladan y los que se mueven y se trasladan.

Por una parte, están los medios de manutención que se mueven, pero no se trasladan y son:

- Cintas transportadoras: Estos medios permiten el transporte continuo de materiales, pueden ser de banda o de rodillos. El principal inconveniente es que actúan como barrera para los medios móviles del almacén.
- Electrovías: Son elementos aéreos que permiten mantener la superficie despejada de mercancías, pero necesitan techos altos. Son económicas, fiables, flexibles, de fácil manejo y con un mantenimiento bajo.
- Polipastos: Son un conjunto de poleas fijas y móviles combinadas y accionados por una cuerda, cable o cadena que pasa por cada uno de los conjuntos. Reducen el esfuerzo de tracción y se montan en las grúas móviles para transportar mercancías pesadas.
- Puentes grúa: Sirven para transportar mercancía a lo largo y ancho del almacén, se utilizan en grandes superficies. Su desplazamiento es automático, programación por aprendizaje.

Por otra parte, están los medios de manutención que se mueven y se trasladan, y se pueden diferenciar entre transporte interno y transporte externo.

Trasporte interno

- Transpaletas: Son medios mecánicos diseñados específicamente para el transporte de paletas en almacenes pequeños y de poca altura. Pueden ser manuales o automáticas y

sus aplicaciones más comunes son la carga/descarga de camiones, traslados cortos y de apoyo en las operaciones de picking.

- Apiladores: Son similares a los transpaletas, pero además del transporte de cargas también las pueden elevar a cierta altura. Se usan para la carga y descarga de estanterías en la zona de recepción y de entrega y descarga de camiones. Hay tres tipos: completamente manual, con tracción manual y elevación eléctrica y autopropulsados.
- Carretilla contrapesada: Es una cargadora en voladizo, es decir, la carga va delante del punto de apoyo. Por una parte, se pueden clasificar según el tipo de ruedas que pueden ser neumáticas o bandaje macizos. Y, por otra parte, pueden ser de motor de combustión o eléctrico.
- Carretilla retráctil: Requieren de un pasillo inferior para maniobrar que las contrapesadas. Es una máquina de pequeñas dimensiones, con ruedas macizas y con motor eléctrico. Su uso es exclusivo para el interior del almacén. Pueden ser con mástil retráctil o con horquillas retractiles.
- Carretilla doble acceso: Tienen acceso a dos huecos de estantería a la vez.
- Carretilla bilateral y trilateral. Son capaces de coger y depositar la carga en dos y tres posiciones respetivamente, requieren de pasillos estrechos. En las trilaterales, el operario puede manejar la máquina desde arriba o desde abajo.
- Carretillas y carros recogepedidos: Como su nombre indica se utilizan para facilitar la preparación de pedidos. Por una parte, tenemos las carretillas recogepedidos que son similares al resto de carretillas y funcionan a partir de una fuente de alimentación externa. Y, por otra parte, tenemos los carros recogepedidos que funcionan de forma mecánica, es decir, el operario va de pie empujando el carro.
- Transelevadores: Son medios mecánicos que son capaces de transportar y elevar cargas a través de estrechos pasillos y a gran velocidad. Están diseñados para colocar y extraer paletas completas combinadamente con la preparación de pedidos. Pueden ser con conductor o microprocesador.
- Miniload: Se trata de un sistema automatizado, diseñado para productos pequeños no paletizados que vayan en cajas o bandejas. Sigue el principio de producto a operario, haciendo más rápida la preparación de pedidos.
- Vehículos guiados: Son elementos que se mueven automáticamente desde un origen hasta un destino guiado. Se clasifican según la tecnología que utilizan para guiarse. Tienen un sistema de seguridad para las colisiones.

Transporte externo

- Carretillas elevadoras: Son máquinas como las carretillas contrapesadas que sirven para bajar, subir i transportar mercancía mediante el uso de dos horquillas, tanto para interior como exterior.
- Maquinaria para la manipulación de contenedores: Son maquinas más robustas capaces de coger y mover contenedores u otras cargas más pesadas.

3.5 Análisis ABC

El análisis ABC es un método que se utiliza frecuentemente en la gestión de inventario, se basa en la regla de Pareto, también es conocido por la regla del 80-20 y permite identificar los artículos según su importancia dependiendo del criterio elegido (inventario, ventas, costes, etc.). Se basa en el principio de clasificar los datos en tres grupos, y estos deben seguir las siguientes proporciones. Si se sigue el criterio de ventas anuales (Cardós Carboneras, 2022) se tiene:

- Artículos A: Representan el 20% de las referencias son responsables del 80% de las ventas.
- Artículos B: Representan el 40 % de las referencias son responsables el 15 % de las ventas.
- Artículos C: Representan el 40 % de las referencias son responsables el 5 % de las ventas.

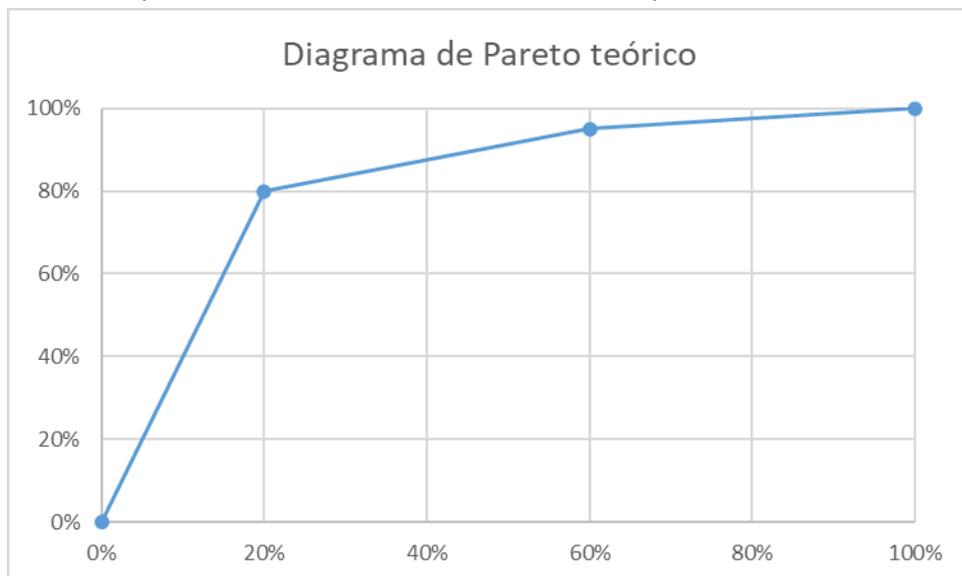


Ilustración 5: Diagrama de Pareto teórico. Fuente: Propia

Con este análisis podemos conocer cuáles son los artículos que tienen mayor y menor actividad dentro del almacén y que se tienen en cuenta a la hora de diseñar el almacén, por ejemplo, en el cálculo del volumen de stock de picking y de reserva para cada artículo.

3.6 Gestión de ubicaciones

La gestión de ubicaciones es uno de los aspectos más relevantes en el diseño de un almacén, dado que esta implica la correcta colocación de las referencias para que estas puedan ser recogidas eficientemente en el momento oportuno. Hay tres tipos de criterios de ubicación:

- Ubicación fija o específica, en la que cada referencia se asigna una posición o un número de ubicaciones determinadas con anterioridad. La gran ventaja de este criterio es la facilidad para localizar los productos, es decir, los operarios saben dónde está cada uno sin necesidad de ayudas informáticas. No obstante, la desventaja de usar este criterio es la pérdida de capacidad efectiva, frente a la física existente. Se emplea en almacenes

pequeños y no necesita un sistema de gestión (Mecalux, 2022). El número de huecos se calcula a partir de la siguiente expresión.

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

(Cardós Carboneras, 2022)

- Ubicación aleatoria o caótica, en la que la mercancía se deposita en cualquier hueco vacío disponible, siguiendo una lógica preestablecida y parametrizada en el SGA. Normalmente se tiene en cuenta la clasificación A-B-C. El sistema le indica al operario donde debe colocar o buscar la mercancía. Además, permite que la capacidad efectiva ronde cerca de la capacidad física del almacén. El número de huecos se calcula con la siguiente expresión:

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

Donde k es el coeficiente de seguridad para prevenir un aumento generalizado del stock, varía del 10-30%.

(Cardós Carboneras, 2022)

- Ubicación mixta o semialeatoria, en la que se combina el criterio físico y el aleatorio, asignando cada uno de ellos en función del tipo de producto o de la operación que se debe realizar. (Mecalux, 2022)

3.7 Niveles de stock

Para poder conocer los niveles de inventario del almacén, se ha utilizado la heurística EOQ o lote económico.

Esta heurística actúa como si la demanda fuese constante y calcula el lote económico de aprovisionamiento. Para poder realizar este método se deben de cumplir una serie de hipótesis y son:

- Demanda variable.
- Artículo individual.
- Horizonte finito.
- Todo el lote se recibe al mismo tiempo al principio del periodo.
- El tamaño del lote no es entero y no tiene limitaciones.
- El coste unitario de adquisición no depende del lote.
- Los costes son conocidos y no cambian a lo largo del tiempo.
- El plazo de aprovisionamiento es constante y conocido.

Este método permite determinar en qué momento y de qué cantidad se tienen que realizar los pedidos de la empresa y sigue la siguiente fórmula.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot D}{r \cdot v}}$$

- A = Coste de preparación de la orden (€).
- D = Cantidad demandada en el período (unidades).
- Q* = Tamaño del lote (unidades).
- r = Coste de almacenar el valor de 1 € durante el período (€/€/período).
- v = Coste de una unidad (€/unidad).

(Cardós Carboneras, 2022)

3.8 Segregación de picking y reserva

En un almacén existen varias zonas de almacenamiento y son:

- Almacén temporal
- Almacén de reserva
- Almacén picking

El almacén temporal es la zona donde se depositan los materiales una vez descargados para poder realizar controles de la calidad, la exactitud del pedido, cuarentenas...

La distinción entre la zona de reserva y de picking nace de las labores que se llevan a cabo en cada una de ellas. La zona de reserva está dedicada al almacenaje de mercancías, mientras que la zona de picking está destinada a preparar los pedidos. Por tanto, en estas dos zonas se realizan actividades diferentes con requerimientos distintos que requieren equipos y personal especializado. (García Sabater, 2020).

La segregación de ambas zonas permite tener un flujo más eficiente puesto que cada una de las áreas tiene una finalidad distinta. Si la división y la reposición de las dos áreas se hacen de forma adecuada se consigue reducir el movimiento de los pickers y reponedores. Hay dos formas de dividir ambas áreas. Por un lado, se tiene la separación vertical, en la que el producto asociado al picking se coloca en la parte inferior de las estanterías para facilitar su acceso y el producto asociado a la reserva se sitúa en la parte superior. Por otro lado, se tiene la separación horizontal, en el cual existen dos zonas diferenciadas dentro del almacén: la zona de picking y la zona de reserva.



Ilustración 6: separación vertical u horizontal entre picking y reserva. Fuente: (García Sabater, 2020)

4. ANÁLISIS DE LOS DATOS DISPONIBLES

El diseño del nuevo almacén se va a realizar siguiendo las estimaciones contenidas en el plan de negocio de la empresa. En primer lugar, se va a describir el tipo de demanda, las diferentes familias de productos, el número de referencias de cada familia y el volumen de ventas.

4.1 Nivel de demanda

Se considera que la demanda es variable, es decir, es de tipo determinista y variable a lo largo del tiempo. Ya que los clientes son institutos, esto significa que el pico de demanda se sitúa al inicio del curso académico, que es cuando estos hacen el aprovisionamiento general de todo aquello que necesitan a lo largo del curso. Después la demanda baja y se ve condicionada por las necesidades de suministro de materiales que se rompen, se han de remplazar, se pierden, se desgastan, etc.

A continuación, en la gráfica se observa las unidades demandadas durante el mes de septiembre de cada familia respecto del total anual que se estipula en el plan de negocio y en él también se concreta que se espera alcanzar un 30% de cuota de mercado en los 5 primeros años.

En concreto, el mes de septiembre se produce el 37,39% de la demanda respecto del total anual. Además, se observa que hay una serie de familias de productos que tienen una gran demanda al inicio de curso, como son los productos de la familia A, C, D, F, G y H.

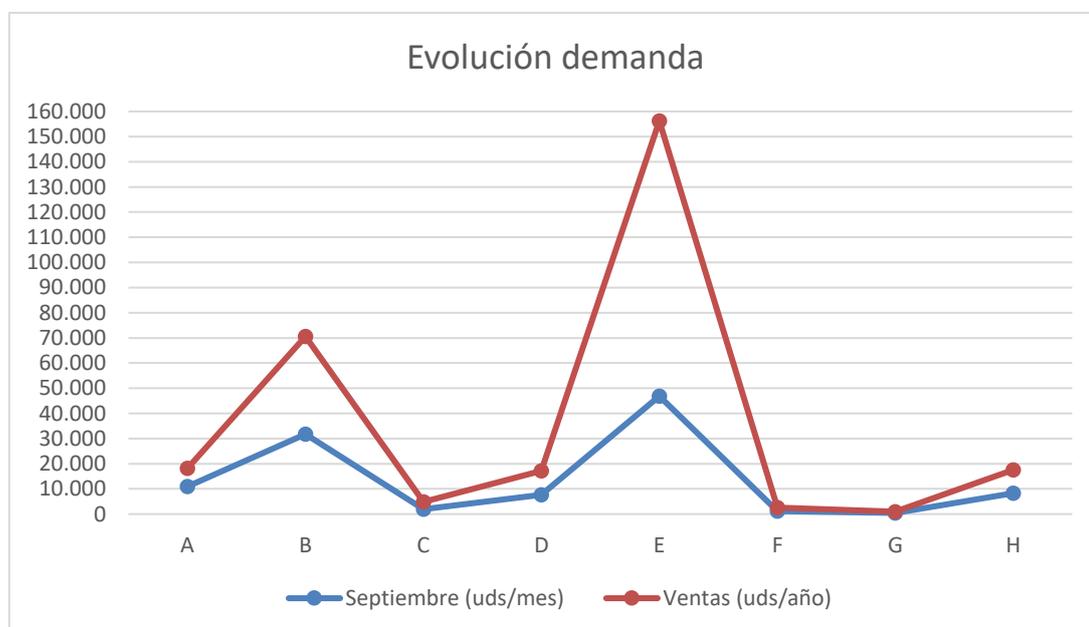


Ilustración 7: Evolución de la demanda. Fuente: Propia

De este gráfico se obtiene un resultado clave para el dimensionamiento, el mes con mayor demanda es el de septiembre.

4.1.1 EOQ

Para el cálculo del tamaño del lote de aprovisionamiento se ha utilizado el método heurístico llamado lote económico (EOQ). Para ello, se han seguido unos criterios:

1. Se han diferenciado en dos períodos, el período pico o mes de septiembre o, el período normal, para cada familia de productos.
2. Se ha considerado el mismo coste de lanzamiento y de almacenamiento para todos los artículos.
3. Se ha considerado un coste unitario diferente para cada grupo de artículos, es decir, dentro de cada familia se han agrupado distintos artículos, ya que comparten un coste unitario similar.

4.1.2 Volúmenes de venta por familia

A continuación, se va a presentar en la Tabla 2 las diferentes familias de producto que comprende el stock del almacén, así el número de referencias de cada familia de productos, sus ventas del mes de septiembre, del mes normal y sus ventas anuales correspondientes.

Familia	Descripción	N.º referencias por familia	Ventas septiembre (uds/mes)	Ventas mes normal (uds/mes)	Ventas (uds/año)
A	Aparatos de medida y EPI's	95	10.922	728	18.203
B	Material de conexión y montaje	352	31.771	3.883	70.603
C	Renovables	35	1.964	295	4.911
D	Automatización industrial	451	7.697	941	17.105
E	Material de instalación	605	46.860	10.934	156.200
F	Comunicaciones	222	1.161	142	2.580
G	Motores y transformadores	49	438	53	973
H	Electrónica	255	8.249	1.281	17.560
Total		2.064	109.062	18.257	288.135

Tabla 2: Ventas anuales por familia y referencia. Fuente: Propia

A continuación, se presenta en la Tabla 3 los datos de volúmenes de ventas por cada familia expresados en metros cúbicos, en los periodos anuales y semanales, para el caso del mes de septiembre y el mes normal. Estos se obtienen multiplicando el volumen unitario de cada referencia por las unidades vendidas y se agrupan por familias.

Familia	Descripción	N.º referencias por familia	Ventas setiembre (m³/semana)	Ventas mes normal (m³/semana)	Ventas (m³/año)
A	Aparatos de medida y EPI's	95	9,17	0,61	61,11
B	Material de conexión y montaje	352	12,41	1,52	110,34
C	Renovables	35	1,00	0,15	9,96
D	Automatización industrial	451	0,39	0,05	3,48
E	Material de instalación	605	3,22	0,75	42,88
F	Comunicaciones	222	0,35	0,04	3,10
G	Motores y transformadores	49	1,52	0,19	13,55
H	Electrónica	255	0,83	0,15	9,46
Total		2.064	28,89	3,46	253,89

Tabla 3: Volumen de ventas por familia. Fuente: Propia

Como se puede observar, la familia E (material instalación) posee el mayor número de ventas, la siguiente familia con tener mayor rotación es la B (material de conexión y montaje). Sin embargo, la familia que tiene mayor volumen de ventas es la B (material de conexión y montaje) y la familia con menor volumen de ventas es la F (comunicaciones).

Así pues, estos datos permiten conocer qué familias serán las que tengamos más en cuenta a la hora de realizar el diseño del almacén. Por una parte, se tiene que considerar aquellas familias con mayor número de ventas anuales, ya que esto conlleva una mayor rotación del producto y beneficios para la empresa.

Por otra parte, también se ha de tener en cuenta aquellas familias que tengan un gran volumen, para saber el espacio que se necesita en el almacenaje de estos productos.

4.1.3 Nivel de stock por familia

Para el cálculo de los niveles de stock se ha utilizado el método EOQ, para obtener los volúmenes de stock mínimo, máximo y medio por semana.

Para el mes de septiembre se ha obtenido:

Familia	Descripción	Stock mínimo (m³)	Stock máximo (m³)	Stock medio (m³)
A	Aparatos de medida y EPI's	18,33	48,67	33,50
B	Material de conexión y montaje	24,83	74,49	49,66

C	Renovables	2,99	4,97	3,98
D	Automatización industrial	0,99	1,50	1,24
E	Material de instalación	6,43	16,79	11,61
F	Comunicaciones	0,70	2,01	1,36
G	Motores y transformadores	4,57	6,81	5,69
H	Electrónica	1,66	2,62	2,14
Total		60,49	157,85	109,17

Tabla 4: Volumen de stock mínimo, máximo y medio de cada familia para el mes de septiembre.
Fuente: Propia

Para el mes normal se ha obtenido:

Familia	Descripción	Stock mínimo (m ³)	Stock máximo (m ³)	Stock medio (m ³)
A	Aparatos de medida y EPI's	1,22	8,23	4,73
B	Material de conexión y montaje	3,03	20,42	11,73
C	Renovables	0,45	1,22	0,83
D	Automatización industrial	0,13	0,31	0,22
E	Material de instalación	1,50	6,49	4,00
F	Comunicaciones	0,09	0,54	0,31
G	Motores y transformadores	0,56	1,35	0,95
H	Electrónica	0,31	0,72	0,52
Total		7,29	39,30	23,29

Tabla 5: Volumen de stock mínimo, máximo y medio de cada familia para el mes normal. Fuente: Propia

4.2 Preparación de pedidos

En este apartado, se han calculado las líneas de pedido que se realizan en un día durante el mes de septiembre y mes normal. Para ello, se ha estimado el número medio de unidades que un cliente pedirá de un artículo por pedido y, con el valor de las unidades de ese artículo vendidas en un día se ha realizado el siguiente cálculo:

$$\text{Líneas de pedido de un artículo} = \frac{\text{ventas} \left(\frac{\text{uds}}{\text{día}} \right)}{n^{\circ} \text{ unidades pedidas}}$$

Aplicando esta fórmula para cada artículo, se han obtenido el valor medio de las líneas de pedido que se realizan en un día, y son 570,46 ldp/día para el mes de septiembre y 191,02 ldp/día para el mes normal.

Estos datos son interesantes para saber cómo se va a trabajar para proporcionar un servicio adecuado siguiendo la política de servicio de la empresa que, en este caso, se ha establecido un plazo de servicio de 2 días para el 95% de los casos.

Ahora se plantea como objetivo conocer las líneas de pedido que se tienen que preparar para que en el 95% de los pedidos cumplan con un plazo de servicio menor o igual a 2 días.

Septiembre

En primer lugar, se caracteriza la variable aleatoria líneas de pedido que sigue una distribución normal, con media m y desviación típica m , es decir, $N(m, m)$ y su coeficiente de variación es igual a 1, es decir, es una variabilidad media.

En segundo lugar, se caracteriza la variable aleatoria de 2 días consecutivos que será la suma de las medias y de las varianzas de las dos variables aleatorias de líneas de pedido que son independientes, es decir, $N(2m, m\sqrt{2})$.

Variable aleatoria	Líneas de pedido/día	Dos días consecutivos
Media μ	570,46	1.140,92
Desviación típica σ	570,46	806,75

Tabla 6: Valor de las variables aleatorias septiembre. Fuente: Propia

En tercer lugar, se calcula la cantidad de líneas de pedido que se han de preparar en 2 días para garantizar que el 95% de los pedidos lleguen al cliente cumpliendo el plazo de servicio. Para ello, se necesita tipificar, es decir, transformar la variable aleatoria dos días consecutivos en su equivalente en una distribución $N(0,1)$, para poder usar la tabla de la variable aleatoria tipificada normal. Se debe utilizar la siguiente fórmula: $Z = \frac{X-\mu}{\sigma}$

Se obtiene que para un nivel de confianza del 0,95 se tiene una $Z=1,65$. Ahora, se calcula la X y sustituyendo en la fórmula anterior se obtiene:

$$X = Z \cdot \sigma + \mu = 1,65 \cdot 806,75 + 1.140,92 = 2.472,05 \text{ líneas de pedido en 2 días}$$

Finalmente, como queremos la cantidad para un día, se divide el valor obtenido entre dos y se obtienen 1.236,03 líneas de pedido al día que se han de preparar para cumplir con el plazo de servicio del 95% de los pedidos.

Si aplicamos todo lo anterior sobre los artículos monoreferencia y multireferencia se obtienen líneas de pedido al día que se han de preparar de cada formato logístico para cumplir con el plazo de servicio del 95% de los pedidos y son:

Formato logístico	Líneas de pedido en 1 día con 95% de confianza
Monoreferencia	74,92
Multireferencia	1.161,11

Tabla 7: Líneas de pedido en 1 día septiembre según el formato logístico. Fuente: Propia

Mes normal

Para el mes normal se procede de la misma forma que en el mes de septiembre y se obtiene:

Variable aleatoria	Líneas de pedido/día	Dos días consecutivos
Media μ	191,02	382,05

Desviación típica σ	191,02	270,15
----------------------------	--------	--------

Tabla 8: Valor de las variables aleatorias mes normal. Fuente: Propia

Para el cálculo de la cantidad de líneas de pedido que se han de preparar en 2 días para garantizar que el 95% de los pedidos lleguen al cliente cumpliendo el plazo de servicio, se necesita tipificar, es decir, transformar la variable aleatoria dos días consecutivos en su equivalente en una distribución $N(0,1)$, para poder usar la tabla de la variable aleatoria tipificada normal. Se debe utilizar la fórmula que se ha utilizado para el mes de septiembre y se obtiene que para un nivel de confianza del 0,95 se tiene una $Z=1,65$, $X= 827,79$ líneas de pedido en 2 días.

Finalmente, como queremos la capacidad para un día, se divide el valor obtenido entre dos y se obtienen 413,90 líneas de pedido al día que se han de preparar para cumplir con el plazo de servicio del 95% de los pedidos.

Si aplicamos todo lo anterior sobre los artículos monoreferencia y multireferencia se obtienen líneas de pedido al día que se han de preparar de cada formato logístico para cumplir con el plazo de servicio del 95% de los pedidos y son:

Formato logístico	Líneas de pedido en 1 día 95% de confianza
Monoreferencia	16,05
Multireferencia	397,85

Tabla 9: Líneas de pedido en 1 día mes normal según el formato logístico. Fuente: Propia

4.3 Condiciones de almacenamiento y conservación

Referente a las condiciones de almacenamiento y conservación de la mercancía del almacén, se sabe que no existe ningún artículo con alguna condición especial para tener en cuenta a la hora de almacenarlo, es decir, es suficiente con depositarlos en un lugar seco, limpio y a temperatura ambiente.

4.4 Categorías de productos

A continuación, se realiza la agrupación de las referencias a través de distintas categorías, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones referente a los medios de manutención, los medios de almacenamiento y la distribución en planta.

Las referencias se han agrupado dentro de cada categoría teniendo en cuenta la familia a la que pertenecen, el modelo ABC y su actividad.

4.4.1 Familias

El stock del almacén lo constituyen 2.064 referencias, estas pertenecen a diferentes familias de productos. En concreto, se tienen 8 familias y son las siguientes:

- A. Aparatos de medida y EPI's, con 95 referencias.
- B. Material de conexión y montaje, con 352 referencias.

- C. Renovables, con 35 referencias.
- D. Automatización industrial, con 451 referencias.
- E. Material de instalación, con 605 referencias.
- F. Comunicaciones, con 222 referencias.
- G. Motores y transformadores, con 49 referencias.
- H. Electrónica, con 255 referencias.

4.4.2 Distribución ABC de ventas anuales

Como se ha comentado anteriormente el análisis ABC permite identificar los artículos que tienen un mayor impacto en la actividad de la empresa. Con los datos de partida se aplica el análisis ABC y se obtiene el siguiente resultado.

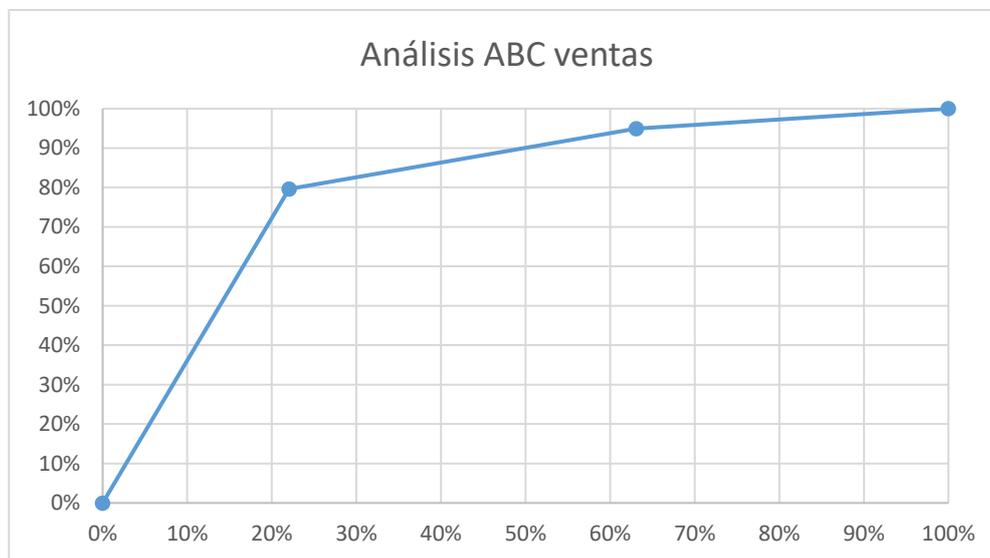


Ilustración 8: Análisis ABC de ventas. Fuente: Propia

Del gráfico se obtiene la siguiente interpretación:

- El 22,04% de las referencias corresponde al 79,63% de las ventas de tipo A.
- El 41,04% de las referencias corresponde al 15,28% de las ventas de tipo B.
- El 36,92% de las referencias corresponde al 5,09% de las ventas de tipo C.

Como se puede observar, los resultados obtenidos, pese a aproximarse, no coinciden con los valores teóricos. Sin embargo, se puede decir que sí que cumple con la regla 80-20, ya que el 79,63% de las ventas anuales se corresponden con el 22,04% de las referencias. También se puede observar que en los productos tipo B y tipo C se aproximan a lo estipulado teóricamente.

Por tanto, se tienen un conjunto de artículos que son importantes para la empresa y se tendrán más en cuenta a la hora de hacer el diseño del almacén.

4.4.3 Definición de categorías

En este apartado se proporciona más detalle en la categorización del producto, en la que se diferencian los productos según el tipo de familia a que pertenecen y su posición en el análisis ABC.

Con ello, se muestran las nuevas agrupaciones con el número de referencias correspondientes a cada una de ellas.

Familia	A	B	C
A	2	23	70
B	80	96	176
C	0	27	8
D	77	194	180
E	246	194	165
F	0	108	114
G	0	0	49
H	50	205	0
TOTAL	455	847	762

Tabla 10: Categorización según familia y ABC. Fuente: Propia

4.5 Formato logístico del proveedor

Para facilitar la toma de decisiones para el dimensionamiento del almacén se necesita conocer el formato logístico en el que el proveedor nos suministrará los productos. Esto influye en las operaciones de recepción de mercancía, ya que no se emplea el mismo tiempo en almacenar en el mismo formato en el que llegan las referencias que si se tienen que desagrupar los productos para almacenarlos en formatos logísticos distintos al que provienen.

Las referencias se van a clasificar en palets monoreferencia, cuyo contenido sea completamente de una sola referencia en cajas, o palets multireferencia, en los que se incluyen distintas referencias en diferentes cajas.

Para conocer el formato logístico del proveedor, se calcula el volumen que ocupan los pedidos que se reciben semanalmente de cada referencia. Para ello, se necesita obtener la diferencia entre el stock mínimo y stock máximo, ya que el pedido al proveedor se realiza cuando se llega al nivel mínimo de stock y se solicita la cantidad necesaria para que se quede en el stock máximo. Como se ha dicho anteriormente se calcula en base al mes de septiembre.

$$Volumen_{referencia,sept.} = (Stock_{m\acute{a}x.} - Stock_{m\acute{i}n.})(sem). Venta \left(\frac{uds}{sem} \right). Vol. unit. \left(\frac{m^3}{ud} \right)$$

Se van a utilizar paletas con unas medidas de 1,2 x 0,8 metros y con un volumen de 1,20 metros cúbicos si se trata de una paleta completa. De este modo, se ha establecido el volumen de medio palet en 0,6 metros cúbicos. Con ello, todas las referencias con un volumen mayor que el de media paleta tendrán un formato logístico de palet monoreferencia y serán paletizables. Por el contrario, todas las referencias con un volumen de pedido menor al de medio palet serán consideradas como no paletizables, con un formato logístico de palet multireferencia.

Número de referencias	Unidad logística
26	Palet monoreferencia
2.038	Palet multireferencia

Tabla 11: Formato logístico proveedor septiembre. Fuente: Propia

Por tanto, se tienen 26 referencias que se reciben en paletas monoreferencia y serán almacenadas directamente al llegar al almacén mientras el resto, las 2.038 referencias llegarán en paletas multireferencia con sus correspondientes cajas que se almacenarán en estanterías para cajas/unidades.

Por otra parte, para el mes normal se obtiene:

Número de referencias	Unidad logística
17	Palet monoreferencia
2.047	Palet multireferencia

Tabla 12: Formato logístico proveedor mes normal. Fuente: Propia

Luego, se tienen 17 referencias que se reciben en paletas monoreferencia y serán almacenadas directamente al llegar al almacén mientras el resto, las 2.047 referencias llegarán en paletas multireferencia con sus correspondientes cajas que se almacenarán en estanterías para cajas/unidades.

5. PRIMERA CONFIGURACIÓN

5.1 Perfil de inventario

Para el diseño del almacén se necesita conocer el volumen de almacenamiento de los artículos. Para ello, se necesita tener los datos en metros cúbicos, esto se ha realizado en apartados anteriores, y se procede al cálculo de los siguientes conceptos: stock mínimo de picking, stock máximo de picking, stock mínimo de reserva y stock máximo de reserva.

Para el cálculo de las cuatro variables mencionadas, se sigue el siguiente procedimiento:

1. Para facilitar los cálculos, el inventario mínimo de picking es igual a 0 para todas las referencias.
2. El stock máximo de picking se obtiene multiplicando los metros cúbicos a la semana que suponen las ventas de cada artículo por el tiempo de reposición. El tiempo de reposición se ha obtenido tras una clasificación de todas las referencias según el modelo de ventas ABC. Para los artículos de tipo A, el tiempo de reposición se ha estimado en 0,6 semanas, para los artículos tipo B en 2 semanas y finalmente, para los artículos de tipo C en 4 semanas.
- 3 El stock mínimo de reserva se obtiene de la diferencia del stock mínimo para cada una de las referencias y el stock máximo de picking, calculado en el paso anterior. En algunas referencias, puede darse el caso de que este parámetro dé negativo, lo cual no tiene sentido, ya que no puede haber volúmenes negativos, por lo que hay que actualizarlo. Las cifras negativas o nulas indican que la referencia correspondiente no tiene la cantidad suficiente de inventario para ser almacenado en la zona de reserva, es decir,



que todo su stock se almacena en picking, por lo tanto, el valor de stock en reserva, tanto mínimo como máximo se actualiza en cero para cada caso.

- 4 El stock máximo de reserva. Como se acaba de mencionar, si el stock mínimo de reserva en cada una de las referencias ha sido negativo o nulo, en ese caso, el stock máximo de reserva también debe actualizarse en 0. Si no es así, el stock máximo de reserva es el stock máximo que tiene la referencia como dato inicial.
- 5 Por último, se comprueba que el lote de aprovisionamiento del proveedor es como mínimo el triple que el lote de reposición de picking. Si alguna referencia no cumple esto, significa que esta irá directamente a picking, es decir, no hay inventario en reserva de la referencia en cuestión.

A continuación, se muestra en la Tabla 13 un ejemplo de los cálculos mencionados anteriormente.

Familia	Formato logístico	Referencia	Ventas por semana (m ³ /sem)	Smin (m ³)	Smax (m ³)	Tiempo de reposición (sem)	Smin picking (m ³)	Smax picking (m ³)	Smin reserva (m ³)	Smax reserva (m ³)	Smin reserva act. (m ³)	Smax picking act. (m ³)	Smin reserva act. (m ³)	Smax reserva act. (m ³)
A	Multi	2	0,0714	0,1427	0,2811	2	0	0,1427	0,0000	0,2811	0,0000	0,2811	0,0000	0,0000
A	Mono	17	1,4153	2,8305	6,1530	2	0	2,8305	0,0000	6,1530	0,0000	6,1530	0,0000	0,0000
B	Multi	99	0,0384	0,0768	0,1347	0,6	0	0,0231	0,0538	0,1347	0,0000	0,1347	0,0000	0,0000
B	Multi	105	0,0544	0,1088	0,1825	0,6	0	0,0326	0,0761	0,1825	0,0000	0,1825	0,0000	0,0000
B	Multi	253	0,0056	0,0113	0,0495	2	0	0,0113	0,0000	0,0495	0,0000	0,0495	0,0000	0,0000
B	Mono	257	0,7121	1,4240	4,8672	2	0	1,4242	-0,0002	4,8672	0,0000	4,8672	0,0000	0,0000
B	Mono	270	0,3906	0,7810	2,6730	2	0	0,7811	-0,0001	2,6730	0,0000	2,6730	0,0000	0,0000
B	Multi	308	0,0014	0,0029	0,0126	4	0	0,0057	-0,0029	0,0126	0,0000	0,0126	0,0000	0,0000
C	Multi	455	0,0025	0,0012	0,0306	2	0	0,0008	0,0025	0,0306	0,0025	0,0049	0,0025	0,0306
C	Multi	461	0,0008	0,0025	0,0128	2	0	0,0017	0,0008	0,0128	0,0008	0,0017	0,0008	0,0128
C	Multi	470	0,0554	0,1662	0,2841	2	0	0,1109	0,0553	0,2841	0,0000	0,2841	0,0000	0,0000
E	Multi	963	0,0021	0,0043	0,0100	0,6	0	0,0013	0,0030	0,0100	0,0030	0,0013	0,0030	0,0100

Tabla 13: Ejemplo cálculo perfil de inventario configuración 1. Fuente: Propia

Como resultado de aplicar este procedimiento de cálculo para todos los artículos, se obtienen los siguientes resultados:

Septiembre

Familia	Smin picking (m ³)	Smax picking actualizada (m ³)	Smin reserva actualizada (m ³)	Smax reserva actualizada (m ³)	Smed (m ³)
A	0	48,45	0,08	0,25	33,50
B	0	72,62	0,50	2,17	49,66
C	0	4,87	0,01	0,12	3,98
D	0	1,50	0,00	0,00	1,24
E	0	16,25	0,17	0,61	11,61
F	0	2,01	0,00	0,00	1,36
G	0	6,81	0,00	0,00	5,69
H	0	2,62	0,00	0,01	2,14
Total	0	155,12	0,76	3,16	109,17

Tabla 14: Perfil de inventario para el mes de septiembre configuración 1 en m³. Fuente: Propia

Mes normal

Familia	Smin picking (m ³)	Smax picking actualizada (m ³)	Smin reserva actualizada (m ³)	Smax reserva actualizada (m ³)	Smed (m ³)
A	0	8,19	0,01	0,04	4,73
B	0	18,75	0,41	1,85	11,73
C	0	1,18	0,00	0,04	0,83
D	0	0,31	0,00	0,00	0,22
E	0	18,75	0,38	1,26	4,00
F	0	5,39	0,00	0,00	0,31
G	0	1,35	0,00	0,00	0,95
H	0	0,72	0,00	0,00	0,52
Total	0	54,64	0,80	3,20	23,29

Tabla 15: Perfil de inventario para el mes normal configuración 1 en m³. Fuente: Propia

Se observa que hay más stock en picking que en reserva, esto se debe principalmente a que el lote económico de muchos artículos no es tres veces mayor que la cantidad de stock que hay en picking. Por ello, muchos artículos van directamente a picking.

Además, en el mes normal hay aproximadamente un 35,22% de stock en picking respecto del que hay en septiembre, y en la zona de reserva hay un 1,01% más de stock durante el mes normal respecto septiembre.

En definitiva, la zona de picking se va a diseñar para cumplir con el mes de septiembre y la zona de reserva para cumplir con el mes normal.

Una vez definido el perfil del inventario se procede a realizar la primera configuración del almacén. Se ha tomado la decisión de diseñar un almacén convencional debido a que supone

una inversión considerablemente baja ya que no se hará uso de medios de manutención automatizados y se emplearan estanterías convencionales para cajas y bloques apilados para las paletas. También se ha decidido estudiar por separado la zona de reserva y de picking.

5.2 Definición de los medios de almacenamiento

Tras el análisis de los datos de la empresa y tras definir el perfil de inventario del almacén, se procede a la elección de los medios de almacenamiento para esta primera configuración.

Primeramente, cabe destacar que se ha decidido estudiar de forma independiente las áreas de picking y de reserva, ya que se quiere evaluar el efecto de la separación de dichas áreas. Además, dichas áreas operan de formas diferentes y tienen características distintas, por ejemplo, el tipo de carga que almacenan. Como comenta (García Sabater, 2020), si la división y la reposición de las dos áreas se hacen de forma adecuada se conseguirá un diseño más eficiente del almacén debido a que al segregar ambas zonas a los operarios les será más fácil situar cada referencia y tener un mejor control de inventario existente.

En el área de reserva se utilizarán estanterías convencionales para cajas. Dichas cajas proceden de las paletas multireferencia, estas se desembalan y se colocan los artículos en las estanterías para cajas. Además, la altura máxima a la que pueden llegar las estanterías de cajas es de 2 metros para que el operario pueda alcanzar los artículos con facilidad. Cabe destacar que según los cálculos realizados en el perfil de inventario se obtiene que todos los artículos que llegan en el formato logístico paleta monoreferencia no tienen inventario en reserva, es decir, van directamente a la zona de picking, ya que los lotes de aprovisionamiento del proveedor son inferiores al triple que el lote de reposición de picking.

En la zona de picking se va a disponer de estanterías convencionales para cajas y bloques apilados para paletas. Para dicha área, se ha establecido que, si el volumen del formato logístico de una referencia es mayor o igual a $0,6 \text{ m}^3$, es decir, paleta monoreferencia, esta referencia se almacenará en bloques apilados de una altura y , en caso contrario, es decir, referencias cuyo volumen del formato logístico sea inferior a $0,6 \text{ m}^3$ se llevarán a las estanterías convencionales para cajas. A continuación, a partir de los datos obtenidos en el perfil de inventario se tiene:

Mes	Zona	Medio almacenamiento	N.º referencias	Volumen máximo almacenaje (m3)
Septiembre	Reserva	Estanterías convencionales para cajas/unidades	175	3,16
	Picking	Bloques apilados palets	26	90,78
		Estanterías convencionales para cajas/unidades	1.863	63,92
Normal	Reserva	Estanterías convencionales para cajas/unidades	514	3,20
	Picking	Bloques apilados palets	17	18,97
		Estanterías convencionales para cajas/unidades	1.533	17,12

Tabla 16: Medios almacenamiento configuración 1. Fuente: Propia

En resumen, la zona de reserva se tendrá estanterías para cajas y en la zona de picking se tendrán estanterías para cajas y bloques apilados. Por ello, se va a explicar cómo se almacenarán los diferentes artículos en el almacén.

5.2.1 Zona de reserva

Para el cálculo de los metros de balda que se precisan, se han seguido los siguientes pasos:

1. Se ha definido la profundidad y la altura de la estantería, que será de 0,6 metros de profundidad y 0,4 metros de altura.
2. Se estima que la ocupación media del material en las estanterías será de un 30%.
3. Con el volumen del stock máximo que se tiene en reserva de cada artículo y con los datos mencionados anteriormente, se realiza el cálculo de los metros de balda que se requieren para cada artículo.
4. Para calcular los metros de balda se divide el stock máximo de reserva o picking entre la profundidad, la altura y la ocupación de la estantería.

A continuación, se muestra en la Tabla 17 un ejemplo de los cálculos mencionados anteriormente.

Familia	Referencia	Zona	Smax picking act. (m ³)	Smax reserva act. (m ³)	Longitud balda (m)
A	2	picking	0,281	0,000	3,905
B	99	picking	0,135	0,000	1,870
B	105	picking	0,182	0,000	2,534
B	253	picking	0,050	0,000	0,688
B	308	picking	0,013	0,000	0,176
C	455	reserva	0,031	0,031	0,071
C	461	reserva	0,013	0,013	0,177
C	470	picking	0,284	0,000	3,946
E	963	reserva	0,010	0,010	0,052

Tabla 17: Ejemplo de cálculo longitud balda septiembre picking y reserva configuración 1. Fuente: Propia

Septiembre

Tras la realización de los cálculos mencionados anteriormente, se obtiene que se requieren de 43,84 metros de balda. En resumen, esta zona tendrá las dimensiones que se indican en la Tabla 18:

Estantería para cajas zona reserva			
N.º alturas	5	Largo zona	4,38
N.º filas	2	Ancho zona	1,20
		Alto zona	2,00
		Superficie	5,26

Tabla 18: Dimensiones estantería para cajas zona de reserva septiembre configuración 1. Fuente: Propia

Normal

Para el mes normal se precisan de 44,45 metros de balda. Por ello, esta zona tendrá las dimensiones que se indican en la Tabla 19:

Esteriería para cajas zona reserva			
N.º alturas	5	Largo zona	4,45
N.º filas	2	Ancho zona	1,20
		Alto zona	2,00
		Superficie	5,33

Tabla 19: Dimensiones esteriería para cajas zona de reserva mes normal configuración 1. Fuente: Propia

Como ya se ha comentado, durante el mes normal hacen falta más metros de balda respecto el mes de septiembre, esto se debe porque durante el mes normal, en concreto artículos de la familia E que cumplen que su lote de aprovisionamiento es como mínimo el triple que el lote de reposición, luego hay más artículos en reserva.

5.2.2 Dimensionada zona de picking

Como se ha comentado en el apartado 5.2 todos los artículos que llegan en el formato logístico de paleta monoreferencia se almacenan directamente en picking en bloques apilados de una altura, ya que su EOQ no es tres veces mayor que su lote de reposición. Además, el resto de las referencias se almacenarán en esterierías para cajas, con una altura de 2 metros para que los operarios puedan llegar a los artículos fácilmente.

Por una aparte, para el cálculo de los metros de balda que se necesitan de esteriería para cajas, se ha procedido de la misma forma que en la zona de reserva, pero ahora se tiene en cuenta el volumen del stock máximo que se tiene en picking.

Septiembre

Para el mes de septiembre se obtiene que se requieren de 887,80 metros de balda.

En resumen, esta zona tendrá las dimensiones que se indican en la Tabla 20:

Esteriería para cajas zona picking			
N.º alturas	5	Largo zona	29,59
N.º filas	6	Ancho zona	3,60
		Alto zona	2,00
		Superficie	106,54

Tabla 20: Dimensiones esteriería para cajas zona de picking septiembre configuración 1. Fuente: Propia

Por otra parte, para el cálculo de los huecos necesarios para los artículos que llegan en el formato logístico de paletas monoreferencia y que se almacenan en el suelo sin apilarse se ha considerado:

1. Política de gestión de ubicación fija.
2. El picking se realizará desde el suelo.

En primer lugar, se define las dimensiones de la paleta y del hueco correspondiente y son:

	Palet	Hueco
Largo (m)	0,8	1
Ancho (m)	1,2	1,3
Alto (m)	1,25	1,5
Volumen (m3)	1,2	1,95

Tabla 21: Dimensiones hueco paleta septiembre configuración 1. Fuente: Propia

Se obtiene que en el suelo habrá 97 huecos y aplicando la regla del 85% y se obtiene que en total se necesitan 115 huecos. El espacio que ocuparán dentro del almacén se indica en la Tabla 22:

Esterantería convencional para paletas			
N.º alturas	1	Largo zona	29
N.º filas	4	Ancho zona	5,2
N.º columnas	29	Alto zona	1,5
N.º huecos	116	Superficie	150,8

Tabla 22: Dimensiones estantería convencional paletas zona de picking septiembre configuración 1. Fuente: Propia

Mes normal

Para el mes normal se obtiene que se requieren de 237,84 metros de balda. Luego esta zona tendrá las siguientes dimensiones que se indican en la Tabla 23:

Esterantería para cajas zona picking			
N.º alturas	5	Largo zona	23,78
N.º filas	2	Ancho zona	1,20
		Alto zona	2,00
		Superficie	28,54

Tabla 23: Dimensiones estantería para cajas zona de picking mes normal configuración 1. Fuente: Propia

Por otra parte, para el cálculo de los huecos necesarios para las paletas almacenadas en el suelo sin apilarse se han seguido los pasos mencionados anteriormente en el mes de septiembre. Las dimensiones de la paleta y del hueco son iguales que en el mes de septiembre.

Se obtiene que en el suelo habrá 25 huecos, el espacio que ocuparán dentro del almacén se indica en la Tabla 24:

Esterantería convencional para paletas			
N.º alturas	1	Largo zona	13
N.º filas	2	Ancho zona	2,6
N.º columnas	13	Alto zona	1,5
N.º huecos	26	Superficie	33,8

Tabla 24: Dimensión estantería convencional zona de picking mes normal configuración 1. Fuente: Propia



5.2.3 Dimensionado de la zona de recepción y expedición

Esta zona es crucial para la completa actividad del almacén, ya que es una zona para dejar los productos, preparar los pedidos y agruparlos, así se evitan colapsos del almacén y se garantiza un funcionamiento adecuado.

Las salidas y las entradas de material se realizan a distintas horas del día, por ello el espacio que se necesita de recepción y expedición se supone el mismo. Además, se supone que el volumen de entrada será igual que el de salida. Por tanto, se hará el dimensionamiento con los datos del volumen de ventas diario.

Diariamente en el mes de septiembre, el volumen de ventas es de $5,78 \text{ m}^3$. Si se supone que todas las unidades de carga tienen el formato logístico de medio palet, es decir, con un volumen de $0,6 \text{ m}^3$, se estará dimensionando la zona al alza, lo cual es más conveniente, ya que eso permite más holgura. Por tanto, ese volumen de ventas equivale a aproximadamente 10 palets diarios, los cuales son 2,5 palets /hora. Y cada palet ocupa un área de $0,8 \times 1,2 = 0,96 \text{ m}^2$, se tiene que la zona debe tener una superficie de $2,4 \text{ m}^2$.

Para la expedición los pedidos se agrupan por clientes en cajas, y se colocan sobre paletas, se embalan y se cargan en la furgoneta de la empresa Courier contratada. Una empresa Courier es aquella que se encarga de transportar y entregar un pedido al cliente. (SimpliRoute, 2022)

5.3 Definición de los medios de manutención

Como se ha nombrado anteriormente, para esta primera configuración se van a elegir medios de manutención convencionales.

Para ello, se necesita conocer la producción necesaria para atender correctamente todas las líneas de pedido y que nos permita servir los pedidos con un plazo de servicio máximo de 2 días.

También, hay que recordar que en la empresa existen dos partes diferenciadas en la jornada laboral. En la primera parte, las primeras 4 horas, los operarios realizan las operaciones de recepción de mercancías y su reposición en las zonas correspondientes dentro del almacén. En la segunda parte, las demás 4 horas, se utilizan para preparar los pedidos y para su expedición.

- Recepción y descarga de camiones

Estas operaciones se realizan durante la primera parte de la jornada laboral, las primeras 4 horas. Como ya se ha comentado anteriormente, el formato logístico en el cual los proveedores suministran la mercancía es el palet.

Septiembre

Durante el mes de septiembre se reciben $5,78 \text{ m}^3$ diarios, este volumen será la suma de paletas monoreferencia y paletas multireferencia. Para poder conocer el volumen que se recibirá de cada formato logístico se procede de la siguiente forma.

En primer lugar, se procede a calcular el volumen de paletas monoreferencia que se recibirán. Se conoce el volumen del lote económico y el volumen de la demanda media al día

para cada artículo, luego dividiendo el lote económico (m^3) entre la demanda media (m^3) se obtiene el tiempo de ciclo, es decir, cada cuanto me va a llegar el volumen del lote económico de ese artículo.

En segundo lugar, como ya se ha comentado los artículos que van en paletas monoreferencia es porque el volumen de su lote económico es igual o mayor a $0,6 m^3$, y para obtener el n.º de paletas como máximo que llegarán al almacén se divide el volumen del lote económico de cada artículo entre el volumen mínimo de una paleta, es decir, entre $0,6 m^3$. Se realiza el cálculo para todos los artículos con formato logístico monoreferencia.

En tercer lugar, se calcula para cada artículo monoreferencia la cantidad de paletas que me van a llegar en un día. Para ello, se divide el número de paletas que se ha obtenido en el segundo paso entre el tiempo de ciclo que se ha obtenido en el primer paso.

En cuarto lugar, se multiplica esta cantidad de paletas por el volumen mínimo que ocupa una paleta que es $0,6 m^3$ y así se obtiene el volumen al día que se recibirá de cada artículo.

Finalmente, se realiza la suma de todos los artículos monoreferencia y se obtiene que se reciben $2,98 m^3/día$, es decir, $4,96$ paletas/día que equivalen a 5 paletas monoreferencia como máximo al día.

Con todo esto, se obtiene el volumen de paletas multireferencia que entrarán diariamente al almacén y es de $2,80 m^3/día$, es decir, $4,67$ paletas/día que equivalen a 5 paletas multireferencia como máximo al día.

Por tanto, llegan 10 paletas/día, es decir, harían falta 1 unidades de transpaleta manual. A continuación, se muestra en la Tabla 25:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Transpaleta manual	0,17 (1)	15	15	2,5

Tabla 25: Medio de manutención recepción y descarga septiembre configuración 1. Fuente: Propia

Mes normal

Durante el mes normal se reciben $0,69 m^3$ diarios, este volumen será la suma de paletas monoreferencia y paletas multireferencia. Para poder conocer el volumen que se recibirá de cada formato logístico se procede de igual forma que en el mes de septiembre.

Finalmente, se obtiene que se reciben $0,26 m^3/día$, es decir, $0,44$ paletas/día que equivalen a 1 paleta monoreferencia como máximo al día.

Con todo esto, se obtiene el volumen de paletas multireferencia que entrarán diariamente al almacén y es de $0,43 m^3/día$, es decir, $0,72$ paletas/día que equivalen a 1 paletas multireferencia como máximo al día.

Por tanto, llegan 2 paletas/día, es decir, harían falta 1 unidades de transpaleta manual. A continuación, se muestra en la Tabla 26:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Transpaleta manual	0,03(1)	15	15	0,50

Tabla 26: Medio de manutención recepción y descarga mes normal configuración 1. Fuente: Propia

- Ubicación de referencias en las estanterías:

Esta operación se realiza también durante la primera parte de la jornada laboral, después de que la mercancía haya sido descargada de los camiones, se deposita en los huecos disponibles de las estanterías correspondientes. Además, los palets multireferencia tienen que ser desembalados para poder ubicar las cajas en su sitio correspondiente dentro del almacén y evitar así almacenar palets con varios artículos, ya que esto complicaría la gestión del stock y la preparación de pedidos.

Septiembre

Por una parte, todos los palets monoreferencia que se reciben van directamente a picking y su cantidad es de 5 palets/día, y por tanto, 1,25 palets/hora. En este caso, se requiere de 0,08 unidades de transpaleta manual, pero como en la tarea anterior “sobran 0,83 unidades”, suficientes para esta tarea, por lo que no hace falta adquirir ninguna nueva unidad.

Por otra parte, para los palets multireferencia, en cuanto a las unidades/cajas, siguiendo el principio de que todo lo que sale diariamente también entra y considerando que el movimiento de cajas se hace de la misma manera que las unidades, se obtiene la producción necesaria a partir de las líneas de pedido de los artículos.

Como ya se ha calculado anteriormente, se tiene que la producción diaria necesaria para cumplir en un plazo de servicio de 2 días es de 1.161,11 ldp/día. De estas, el 95,80% se desembalan y van a picking directamente y el resto a reserva.

Por un lado, las que van a picking mediante carro recogepedidos desde la zona de recepción equivalen a 1.112,39 ldp/día, es decir, 278,10 ldp/h. Si la productividad para este caso es de 80 ldp/h, haría falta 3,48 unidades de carro recogepedidos.

Por otro lado, se tienen 48,72 ldp/día que se desembalan y van a reserva, es decir, 12,18 ldp/d. Si la productividad para este caso es de 80 ldp/h, haría falta 0,15 unidades de carro recogepedidos.

A continuación, se muestra en la Tabla 27 los medios de manutención escogidos para la ubicación de los productos, las productividades que tienen para esta actividad y las unidades necesarias para cumplir con toda la producción.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Transpaleta manual	0,08 (1)	15	15	1,25

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	3,48+0,15 =3,63 (4)	80	320	290,28

Tabla 27: Medio de manutención ubicación de referencias en estanterías septiembre configuración 1.
Fuente: Propia

Por tanto, la transpaleta manual se comparte con la descarga y la ubicación de palets en picking, con un total de 0,17 uds + 0,08 uds, luego hace falta 1 unidad. Y para, ubicar las cajas/unidades a picking directamente o a reserva se necesitan 4 unidades de carro recogepedidos.

Mes normal

Por una parte, todos los palets monoreferencia que se reciben que van directamente a picking y su cantidad es de 1 palet/día, y por tanto, 0,25 palets/hora. En este caso, se requiere de 0,02 unidades de transpaleta manual, pero como en la tarea anterior “sobran 0,97 unidades”, suficientes para esta tarea, por lo que no hace falta adquirir ninguna nueva unidad.

Por otra parte, para los palets multireferencia, en cuanto a las unidades/cajas, siguiendo el principio de que todo lo que sale diariamente también entra y considerando que el movimiento de cajas se hace de la misma manera que las unidades, se obtiene la producción necesaria a partir de las líneas de pedido de los artículos.

Como ya se ha calculado anteriormente, se tiene que la producción diaria necesaria para cumplir en un plazo de servicio de 2 días es de 397,85 ldp/día. De estas, el 73,32% se desembalan y van a picking directamente y el resto a reserva.

Por un lado, las que van a picking mediante carro recogepedidos desde la zona de recepción equivalen a 291,69 ldp/día, es decir, 72,92 ldp/h. Si la productividad para este caso es de 80 ldp/h, haría falta 0,91 unidades de carro recogepedidos.

Por otro lado, se tienen 106,17 ldp/día que se desembalan y van a reserva, es decir, 26,54 ldp/h. Si la productividad para este caso es de 80 ldp/h, haría falta 0,33 unidades de carro recogepedidos.

A continuación, se muestra un resumen en la Tabla 28:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Transpaleta manual	0,02 (1)	15	15	0,25
Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	0,91+0,33 =1,24 (2)	80	160	99,46

Tabla 28: Medio de manutención ubicación de referencias en estanterías mes normal configuración 1. Fuente: Propia

Por tanto, el transpaleta manual se comparte con la descarga y la ubicación de palets en picking, con un total de 0,03 uds + 0,02 uds, luego hace falta 1 unidad. Y para, ubicar las cajas/unidades a picking directamente y a reserva se necesitan 2 unidades de carro recogepedidos.

-Abastecimiento de zona de picking desde zona de reserva:

Esta actividad permite mover aquellos productos que están en la zona de reserva y reponerlos en la zona de picking cada tiempo de reposición para mantener un stock suficiente en ella. Esta operación también forma parte de la primera parte de la jornada laboral. Esta actividad se realiza después de las 2 operaciones comentadas anteriormente.

Septiembre

Como ya se ha comentado son 12,18 ldp/h que van desde reserva a picking. Se considera que la productividad para cajas/unidades es de 80 ldp/h, hará falta 0,15 unidades de carro recogepedidos.

Por otra parte, cabe destacar que no hay palets monoreferencia que se muevan desde reserva a picking.

De nuevo, se muestra en la Tabla 29 un resumen con los medios de manutención necesarios:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	0,15 (1)	80	80	12,18

Tabla 29: Medio de manutención abastecimiento de zona picking desde reserva septiembre configuración 1. Fuente: Propia

Por tanto, si hacemos los cálculos de forma minuciosa, se necesitan para las 4 primeras horas 4 unidades de carros recogepedidos, ya que para la ubicación de artículos en estanterías se requieren 3,63 unidades de carro recogepedidos y para el abastecimiento de la zona de picking desde reserva hace falta 0,15 unidades de carro recogepedidos.

Mes normal

Como ya se ha comentado son 26,54 ldp/h que van desde reserva a picking. Al igual que en el subapartado anterior, se considera que la productividad para cajas/unidades es de 80 ldp/h, hará falta 0,33 unidades de carro recogepedidos.

Por otra parte, cabe destacar que no hay palets monoreferencia que se muevan desde reserva a picking.

De nuevo, se muestra en la Tabla 30 un resumen con los medios de manutención necesarios para esta tarea:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	0,33 (1)	80	80	26,54

Tabla 30: Medio de manutención abastecimiento de zona picking desde reserva mes normal configuración 1. Fuente: Propia

Por tanto, si hacemos los cálculos de forma minuciosa, se necesitan para las 4 primeras horas 2 unidades de carros recogepedidos, ya que para la ubicación de artículos en estanterías se requieren 1,24 unidades de carro recogepedidos y para el abastecimiento de la zona de picking desde reserva hace falta 0,33 unidades de carro recogepedidos.

-Preparación de líneas de pedido

Esta operación se realiza en la segunda parte de la jornada laboral, es decir, las siguientes 4 horas y consiste en coger los artículos de las estanterías de picking y llevarlos a la zona de expedición. Los artículos demandados se agrupan por clientes y se empaquetan en cajas.

Septiembre

Como ya se ha comentado y calculado, se tiene una producción diaria de 1236,03 ldp/día para que el 95% de los pedidos lleguen en 2 días, y el formato será cajas o unidades y se ha supuesto que el tiempo de preparación es el mismo para ambos.

Como la actividad se realiza durante 4 horas, esto equivale 309,01 líneas de pedido por hora. El medio de manutención escogido para el picking de cajas o unidades desde las estanterías de palets y desde las estanterías para cajas es el carro recogepedidos, que tiene una productividad de 80 ldp/h.

Además, como ya se ha calculado, se sabe que 74,92 ldp/d, es decir, 18,73 ldp/h se realiza el picking de cajas o unidades sobre las paletas situadas en el suelo, que con una producción de 80 ldp/h se requiere 0,23 unidades de carro recogepedidos. También se conoce que 1.161,11 ldp/d, es decir, 290,28 ldp/h se realiza desde las estanterías para cajas, que con una producción de 80 ldp/h se requiere de 3,63 unidades. En la Tabla 31 se muestra un resumen:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	0,23+3,63 (4)	80	320	309,01

Tabla 31: Medio de manutención preparación de pedidos mes septiembre configuración 1. Fuente: Propia

Por tanto, harían falta 4 unidades de carro recogepedidos.

Normal

Como ya se ha comentado y calculado, se tiene una producción diaria de 413,90 ldp/día para que el 95% de los pedidos lleguen en 2 días, y el formato será cajas o unidades y se ha supuesto que el tiempo de preparación es el mismo para ambos.

Como la actividad se realiza durante 4 horas, esto equivale 103,47 líneas de pedido por hora. El medio de manutención escogido para el picking de cajas o unidades desde las estanterías de palets y desde las estanterías para cajas es el carro recogepedidos, que tiene una productividad de 80 ldp/h.

Además, como ya se ha calculado, se sabe que 16,05 ldp/d, es decir, 4,01 ldp/h se realiza el picking de cajas o unidades sobre las paletas situadas en el suelo, que con una producción de 80 ldp/h se requiere 0,05 unidades de carro recogepedidos. También se conoce que 397,85 ldp/d, es decir, 99,46 ldp/h se realiza desde las estanterías para cajas, que con una producción de 80 ldp/h se requiere de 1,24 unidades. Análogamente, se muestra directamente una tabla resumen con los resultados en la Tabla 32:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	0,05+1,24 (2)	80	160	103,47

Tabla 32: Medio de manutención preparación de pedidos mes normal configuración 1. Fuente: Propia

Por tanto, harían falta 2 unidades de carro recogepedidos

-Expedición de pedidos:

Esta operación se realiza después de las tres operaciones comentadas anteriormente y consiste en la salida de las existencias del almacén. Para ello, se agrupan los pedidos por clientes en cajas, y se colocan sobre paletas, se embalan y se cargan en la furgoneta de la empresa Courier contratada.

Septiembre

Se precisará de 1 unidades transpaleta manual, como se indica en la Tabla 33:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Transpaleta manual	0,17 (1)	15	15	2,5

Tabla 33: Medio de manutención expedición de pedidos septiembre configuración 1. Fuente: Propia

Normal

Se precisará de 1 unidades de transpaleta manual, como se indica en la Tabla 34:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (paletas/h.op)	Productividad total (paletas/h)	Producción necesaria (paletas/h)
Transpaleta manual	0,03 (1)	15	0,500	15

Tabla 34: Medio de manutención expedición de pedidos septiembre configuración 1. Fuente: Propia

A continuación, se va a mostrar una tabla resumen con todo lo requerido en cuanto a equipos de manutención. De este modo, se resuelve cuántas unidades de cada equipo serían

suficiente para cubrir con todas las operaciones de todo el almacén durante toda una jornada laboral.

Septiembre

	Actividad	Medio de manutención	Unidades
Primera parte de la jornada (4h)	Recepción y descarga de camiones	Transpaleta manual	1
	Ubicación de referencias a las estanterías	Transpaleta manual	4
		Carro recogepedidos	
	Abastecimiento de zona de picking desde zona de reserva	Carro recogepedidos	
Segunda parte de la jornada (4h)	Preparación de líneas de pedido	Carro recogepedidos	4
	Expedición de pedidos	Transpaleta manual	1

Tabla 35: Resumen medios de manutención según operaciones septiembre configuración 1. Fuente: Propia

Dado que los equipos de manutención pueden ser utilizados en ambas partes de la jornada laboral de forma independiente, se ha diferenciado entre ellas. Por tanto, para escoger las cantidades que se debe adquirir de cada uno de los equipos, se opta por el mayor número de unidades de cada uno, con la finalidad de cubrir ambas partes de la jornada. En este caso, hacen falta 4 carros recogepedidos y 1 transpaleta manual. Y para poder manejar todas las máquinas, será necesaria la mano de obra de 5 operarios.

Normal

	Actividad	Medio de manutención	Unidades
Primera parte de la jornada (4h)	Recepción y descarga de camiones	Transpaleta manual	1
	Ubicación de referencias a las estanterías	Transpaleta manual	2
		Carro recogepedidos	
	Abastecimiento de zona de picking desde zona de reserva	Carro recogepedidos	
Segunda parte de la jornada (4h)	Preparación de líneas de pedido	Carro recogepedidos	2
	Expedición de pedidos	Transpaleta manual	1

Tabla 36: Resumen medios de manutención según operaciones mes normal. Fuente: Propia

En este caso, hacen falta 2 carros recogepedidos y 1 apilador eléctrico. Y para poder manejar todas las máquinas, será necesaria la mano de obra de 2 operarios.

5.4 Dimensionamiento del almacén

Una vez se tienen las dimensiones de todas las zonas que van a componer el almacén, se procede a realizar el diseño en planta del almacén. En la Tabla 37 se resume todas las áreas necesarias que incluir y la superficie que ocuparán:

Septiembre	Superficie
Reserva	5,26
Picking	257,34
Recepción y expedición	2,4
Auxiliares (oficinas y aseos)	15
Mes normal	Superficie
Reserva	5,33
Picking	62,34
Recepción y expedición	2,4
Auxiliares (oficinas y aseos)	15

Tabla 37: Dimensiones de las áreas del almacén configuración 1. Fuente: Propia

Como ya se ha comentado se va a dimensionar el almacén para el mes de septiembre, se observa que durante los meses normales la ocupación de la zona de picking respecto el mes de septiembre será de un 24,22%, y para la zona de reserva del 101,39%. Luego durante los meses normales habrá una ocupación total de un 25,77% de los medios de almacenamiento respecto el mes de septiembre.

No obstante, conocer las superficies de todas las zonas no implica haber obtenido la superficie total del almacén, ya que en los cálculos anteriores no se han tenido en cuenta el espacio que ocupan los pasillos, que dependen de los medios de manutención escogidos previamente y cuyas medidas necesarias son las que se muestran a continuación.

Medio de manutención	Ancho pasillo (m)
Carro recogepedidos	1,5
Transpaleta manual	1,5

Tabla 38: Anchos de los pasillos según el medio de manutención configuración 1. Fuente: Propia

Una vez definidas las medidas de los pasillos, se procede a realizar el diseño de la distribución en planta del almacén teniendo en cuenta todas las zonas mencionadas, las cuales cada una de ellas se representarán con colores diferentes para poder facilitar visualmente la distinción de cada área. Una posible configuración es la siguiente:

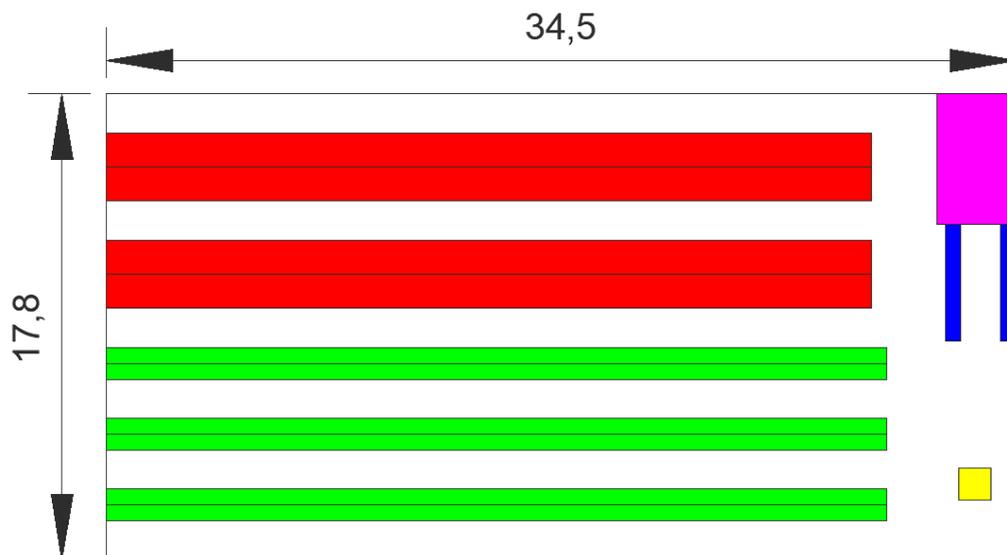


Ilustración 9: Diseño almacén configuración 1. Fuente: Propia

Zona	Color	Descripción
Reserva	Azul	Estantería convencional para cajas
Picking	Verde	Estanterías convencionales para caja
	Rojo	Bloques apilados
Recepción y expedición	Amarillo	Zona para recibir mercancía y enviar pedidos
Auxiliar	Magenta	Oficinas y aseos
Muelles	Gris	Muelles para carga y descarga de camiones

Tabla 39: Zonas del almacén configuración 1. Fuente: Propia

De esta manera disponemos de una configuración visual del almacén, en el que podemos distinguir las distintas zonas, indicadas en la Tabla 39.

Se pueden apreciar al ancho y largo total del almacén, con lo que finalmente conocemos su superficie final la cual es de 614,1 metros cuadrados, en los que se disponen la totalidad de estanterías, pasillos y espacios necesarios para la primera configuración.

5.5 Análisis de coste e inversión

Una vez definido el resto de los apartados anteriores, tenemos todos los datos disponibles para realizar el análisis de coste e inversión. Este es imprescindible para valorar de forma cuantificada y objetiva las decisiones tomadas a lo largo de esta primera iteración, con tal de poder mejorar la configuración tomando decisiones distintas a las anteriores y comparándolas entre sí.

Hemos realizado el análisis de coste e inversión diferenciando entre los siguientes apartados:

- Instalación, equipamientos y servicios
- Medios de almacenamiento

- Medios de manutención
- Coste de personal
- Mantenimiento y energía

Para presentar una correcta estimación del coste de capital invertido, vamos a utilizar el método del descuento de flujo de caja (DFC), de esta manera los costes totales pasan a ser costes anuales para poder ser evaluados de forma conjunta con el resto de los gastos.

Para convertir el importe de una inversión en un coste anual equivalente, solo hay que dividirlo por el valor correspondiente del factor DFC según la vida útil del equipo o medio que se está analizando. Los costes se muestran desglosados a continuación:

- Instalación, equipamientos y servicios.

Estos son los gastos referentes a la superficie del centro logístico, con la inclusión de los servicios generales para esta y el hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén.

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Superficie de la nave m ²	614,1	340	208.794	20	5,10	40.931,97
Servicios generales m ²	614,1	30	18.423	20	5,10	3.611,64
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	1	350.000	350.000	5	3,06	114.453,89

Tabla 40: Costes de instalación, equipamientos y servicios generales configuración 1. Fuente: Propia

- Medios de almacenamiento.

Estos costes son los correspondientes a los medios de almacenamiento que se han seleccionado para almacenar las referencias en los distintos formatos logísticos

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Estanterías convencionales de cajas (m)	932,25	30	27.967,60	10	4,34	6.445,63

Tabla 41: Costes medios de almacenamiento configuración 1. Fuente: Propia

- Medios de manutención.

Estos son los gastos asociados a la adquisición de los medios de manutención necesarios para la manipulación de stock en el almacén.

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Carro recogepedidos de mano	4	120	480,00	5	3,058	156,97
Transpaleta manual	1	300	300,00	10	4,34	69,14

Tabla 42: Costes medios de manutención configuración 1. Fuente: Propia

- Costes de personal.

Costes destinados a cubrir el salario anual de los trabajadores del almacén.

Cargo	Unidades	Sueldo anual (€/persona)	Total (€)
Jefe almacén	1	30.000	30.000
Administrativo	1	20.000	20.000
Almacenero	2	18.000	36.000

Tabla 43: Costes de personal configuración 1. Fuente: Propia

Además, durante el mes de septiembre la plantilla de almaceneros aumenta en 3 operarios más que supone un coste adicional de 4.500 euros.

- Mantenimiento y energía.

Gastos necesarios asociados al mantenimiento del equipamiento móvil, así como del edificio y las distintas instalaciones, como de los gastos anuales destinados a energía, iluminación y distintos seguros.

Concepto	Precio (€)	Coste anual (€)
Equipamiento móvil	10% inversión	78,00
Edificios e instalaciones	1% inversión	2.272,17
Gasto energético	45€/m ² de almacén	27.634,50

Tabla 44: Costes de mantenimiento y energía configuración 1. Fuente: Propia

A continuación, se muestra este cuadro en el cual se reflejan los costes anuales totales y la inversión realizada:

Coste total anual (€)	286.153,92
Inversión total (€)	605.964,60

Tabla 45: Costes e inversión total configuración 1. Fuente: Propia

Como se puede observar, los costes totales anuales ascienden a un total 286.153,92€ y la inversión total a realizar será de 605.964,60€, estos datos nos servirán para poder comparar los costes de las próximas configuraciones de manera más global.

5.6 Análisis y propuestas de mejora

Tras la estimación económica realizada, se puede ver que la mayor parte de los costes se concentran en la superficie del almacén y en el personal. Por tanto, para la próxima iteración se va a tratar de reducir la superficie del almacén y la plantilla.

De este modo se van a utilizar estanterías de tres alturas para las paletas, y así reducir la superficie necesaria para albergar las paletas monoreferencia que lleguen. Además, no se va a diferenciar entre la zona de reserva y de picking, ya que hay muy pocos artículos que se almacenan en formato cajas en reserva y esto supone una manipulación para llevarlos después a picking.

En resumen, esto conllevará una reducción de la superficie del almacén y menos movimiento de material dentro del almacén.

6. SEGUNDA CONFIGURACIÓN

Con el fin de mejorar los resultados obtenidos anteriormente, se va a realizar una segunda configuración. De esta manera, se tomarán decisiones distintas a las tomadas en la primera configuración y se tratará de obtener mejores resultados en el almacén convencional.

Para ello, no se diferencia la zona de picking de la de reserva, ya que la zona de reserva ocupa un volumen muy inferior respecto a la de picking y solo se almacenan cajas, esto provoca un aumento significativo de movimientos dentro del almacén. Si no distinguimos entre picking y reserva se ahorrarán estos movimientos. Y para reducir la superficie se van a almacenar los palets en estanterías de tres alturas, el picking se realizará siempre desde la primera altura, el resto de las alturas será de reserva de mercancía.

6.1 Perfil de inventario

No va a existir diferencia entre reserva y picking, por tanto, el almacén resultante será un almacén únicamente de picking. Aunque este tipo de gestión es menos eficiente, se observa que, para la mayoría de las referencias, el volumen de almacenamiento no es excesivamente elevado y por tanto no será difícil para los trabajadores operar de esta forma y se evitan movimientos de mercancía en el almacén, ya que en la configuración 1 se ha observado que en reserva hay muy poca mercancía almacenada en formato cajas.

Septiembre

Se tiene un stock mínimo de 60,49 m³ y un stock máximo de 157,85 m³.

Normal

Se tiene un stock mínimo de 7,29 m³ y un stock máximo de 39,30 m³.

6.2 Medios de almacenamiento

Para los artículos que llegan en palets multireferencia se desembran y se almacenan en estanterías convencionales para cajas, y los artículos que llegan en palets monoreferencia se almacenan en estanterías convencionales para paletas.

A continuación, se muestran los medios de almacenamiento a utilizar para esta segunda configuración que se indican en la Tabla 46:

Mes	Zona	Medio almacenamiento	N.º ref.	Volumen máximo almacenaje (m ³)
Septiembre	Picking	Estanterías convencionales para palets	26	90,77
		Estanterías convencionales para cajas/unidades	2.038	67,08

Normal	Picking	Estanterías convencionales para palets	17	18,97
		Estanterías convencionales para cajas/unidades	2.047	20,33

Tabla 46: Medios de almacenamiento configuración 2. Fuente: Propia

Para el cálculo de los metros de balda para las estanterías para cajas se procede igual que en la configuración 1, que queda determinado en el apartado 5.2.1.

Septiembre

Tras la realización de los cálculos se obtiene que se necesitan 931,64 metros de balda.

En resumen, esta zona tendrá las dimensiones que se indican en la Tabla 47:

Estantería convencional para cajas			
Nº alturas	5	Largo zona	31,05
Nº filas	6	Ancho zona	3,60
		Alto zona	2,00
		Superficie	111,80

Tabla 47. Dimensiones estantería para cajas zona de reserva septiembre configuración 2. Fuente: Propia

Las estanterías convencionales para paletas serán de 3 alturas. Para el cálculo de los huecos necesarios para las estanterías de paletas que albergarán paletas monoreferencia se han seguido los siguientes pasos:

1. Política de gestión de ubicación fija.
2. El picking se realizará desde la primera altura de la estantería. El resto de las alturas albergarán paletas completas.

Las dimensiones de la paleta y del hueco correspondiente son:

	Palet	Hueco
Largo(m)	0,8	1
Ancho (m)	1,2	1,3
Alto(m)	1,25	1,5
Volumen (m ³)	1,2	1,95

Tabla 48: Dimensiones hueco paleta septiembre configuración 2. Fuente: Propia

Se obtiene que se necesitan 97 huecos, si aplicamos la regla del 85% se obtienen 115 huecos. Luego en cada altura habrá 40 huecos y la combinación entre filas, alturas y columnas más adecuada para el almacenamiento de las paletas se indican en la Tabla 49:

Estantería convencional para paletas			
N.º alturas	3	Largo zona	20
N.º filas	2	Ancho zona	2,60
N.º columnas	20	Alto zona	4,50
N.º huecos	120	Superficie	52

Tabla 49: Dimensiones estantería convencional zona de picking septiembre configuración 2. Fuente: Propia

Normal

Se necesitan 282,30 metros de balda.

En resumen, esta zona tendrá las siguientes dimensiones que se indican en la Tabla 50:

Estantería convencional para cajas			
N.º alturas	5	Largo zona	9,41
N.º filas	6	Ancho zona	3,60
		Alto zona	2,00
		Superficie	33,88

Tabla 50: Dimensiones estantería para cajas zona de reserva mes normal configuración 2. Fuente: Propia

Las estanterías convencionales para paletas serán de 3 alturas. Para el cálculo de los huecos necesarios para las estanterías de paletas se ha seguido los mismos pasos que en el mes de septiembre. Se obtiene que se necesitan 25 huecos, por ello durante los meses normales todos los palets se almacenan en la primera altura, es decir, no se hará reabastecimiento desde las alturas superiores a la inferior.

La combinación entre filas, alturas y columnas más adecuada para el almacenamiento de las paletas se indican en la Tabla 51:

Estantería convencional para paletas			
N.º alturas	1	Largo zona	13
N.º filas	2	Ancho zona	2,6
N.º columnas	13	Alto zona	1,5
N.º huecos	26	Superficie	33,8

Tabla 51. Dimensiones estantería convencional zona de picking mes normal configuración 2. Fuente: Propia

6.3 Medios de manutención

En esta segunda configuración se tratará de utilizar medios convencionales como en la primera configuración para tratar de reducir la superficie del almacén mediante el uso de unos medios de manutención más eficientes. Luego no se escogerá el transpaleta manual, se escogerá la carretilla retráctil que podrá elevar la mercancía hasta 4,5 metros, el inconveniente es que esta carretilla no puede realizar las tareas de carga y descarga debido al mástil, por lo que será necesario disponer de una transpaleta manual para realizar estas operaciones.

También, hay que recordar que en la empresa existen dos partes diferenciadas en la jornada laboral. En la primera parte, las primeras 4 horas, los operarios realizan las operaciones de recepción de mercancías y su ubicación en las zonas correspondientes dentro del almacén. En la segunda parte, las demás 4 horas, se utilizan para preparar los pedidos y para su expedición.

- Recepción y descarga de camiones

Septiembre

Durante el mes de septiembre se reciben $5,78\text{m}^3$ diarios, este volumen será la suma de paletas monoreferencia y paletas multireferencia. El volumen que se recibirá de cada formato logístico se ha calculado en la configuración 1 y es:

- Para los artículos monoreferencia: se reciben $2,98\text{m}^3/\text{día}$, es decir, 4,96 paletas/día que equivalen a 5 paletas monoreferencia como máximo al día.
- Para los artículos multireferencia: se reciben $2,80\text{m}^3/\text{día}$, es decir, 4,67 paletas/día que equivalen a 5 paletas multireferencia como máximo al día.

Por tanto, llegan 10 paletas/día, es decir, harían falta 1 unidades de transpaleta manual. A continuación, se muestra en una tabla resumen.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Transpaleta manual	0,17(1)	15	15	2,50

Tabla 52: Medio de manutención recepción y descarga septiembre configuración 2. Fuente: Propia

Mes normal

Durante el mes normal se reciben $0,69\text{m}^3$ diarios, este volumen será la suma de paletas monoreferencia y paletas multireferencia. Para poder conocer el volumen que se recibirá de cada formato logístico se procede de la siguiente forma.

- Para los artículos monoreferencia: se reciben $0,26\text{m}^3/\text{día}$, es decir, 0,44 paletas/día que equivalen a 1 paleta monoreferencia como máximo al día.
- Para los artículos multireferencia: se reciben $0,43\text{m}^3/\text{día}$, es decir, 0,71 paletas/día que equivalen a 1 paletas multireferencia como máximo al día.

Por tanto, llegan 2 paletas/día, es decir, harían falta 1 unidades de apilador eléctrico. A continuación, se muestra en una tabla resumen.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Transpaleta manual	0,03(1)	15	15	0,50

Tabla 53. Medio de manutención recepción y descarga mes normal configuración 2. Fuente: Propia

- Ubicación de referencias en las estanterías:

Septiembre

Por una parte, todos los palets monoreferencia que se reciben que van directamente a picking y su cantidad es de 5 palets/día, y por tanto, 1,25 palets/hora. En este caso se requiere de 0,06 unidades de carretilla retráctil.

Por otra parte, para los palets multireferencia, como ya se ha calculado anteriormente, se tiene que la producción diaria necesaria para cumplir en un plazo de servicio de 2 días es de 1161,11 ldp/día, es decir, 290,28 ldp/h. Si la productividad del carro recogepedidos es de 80 ldp/h, haría falta 3,63 unidades de este.

A continuación, se muestra en la Tabla 54 un resumen de los medios de manutención escogidos:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Carretilla retráctil	0,06(1)	20	20	1,25
Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	3,63 (4)	80	320	290,28

Tabla 54. Medio de manutención ubicación de referencias en estanterías septiembre configuración 2.
Fuente: Propia

Normal

Por una parte, todos los palets monoreferencia que se reciben que van directamente a picking y su cantidad es de 1 palet/día, y por tanto, 0,25 palets/hora. En este caso, se requiere de 0,01 unidades de carretilla retráctil.

Por otra parte, para los palets multireferencia, como ya se ha calculado anteriormente, se tiene que la producción diaria necesaria para cumplir en un plazo de servicio de 2 días es de 397,85 ldp/día, es decir, 99,46 ldp/h. Si la productividad para este caso es de 80 ldp/h, haría falta 1,24 unidades de carro recogepedidos.

A continuación, se muestra en la Tabla 55 un resumen de los medios de manutención escogidos:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Carretilla retráctil	0,01(1)	20	20	0,25
Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	1,24 (2)	80	160	99,46

Tabla 55. Medio de manutención ubicación de referencias en estanterías mes normal configuración 2.
Fuente: Propia

-Preparación de líneas de pedido

Septiembre

Como ya se ha comentado y calculado, se tiene una producción diaria de 1.236,03 ldp/día para que el 95% de los pedidos lleguen en 2 días, y el formato será cajas o unidades y se ha supuesto que el tiempo de preparación es el mismo para ambos.

Como la actividad se realiza durante 4 horas, esto equivale 309,01 líneas de pedido por hora. El medio de manutención escogido para el picking de cajas o unidades desde las estanterías de palets y desde las estanterías de cajas es el carro recogepedidos, que tiene una productividad de 80 ldp/h.

Además, como ya se ha calculado, se sabe que 74,92 ldp/d, es decir, 18,73 ldp/h se realiza el picking de cajas o unidades sobre paletas situada en la primera altura de las estanterías para paletas, que con una producción de 80 ldp/h se requiere 0,23 unidades de carro recogepedidos. También se conoce que 1.161,11 ldp/d, es decir, 290,28 ldp/h se realiza desde las estanterías para cajas, que con una producción de 80 ldp/h se requiere de 3,63 unidades de carro recogepedidos.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	0,23+3,63 (4)	80	320	309,01

Tabla 56: Medio de manutención preparación de pedidos septiembre configuración 2. Fuente: Propia

Por último, hay que considerar el reabastecimiento de la primera altura de las estanterías para paletas desde la segunda o tercera altura, ya que el picking se hace desde la zona inferior. Como todo lo que sale entra, se tendrán que mover un máximo de 5 palets monoreferencias al día, es decir, 1,25 paletas/h desde la segunda o tercera altura a la primera altura. Y esto supone el uso del medio de manutención carretilla retráctil.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Carretilla retráctil	0,06(1)	20	20	1,25

Tabla 57: Medio de manutención movimiento paletas zonas superiores a zona inferior de picking septiembre configuración 2. Fuente: Propia

Normal

Como ya se ha calculado, se tiene una producción diaria de 413,90 ldp/día para que el 95% de los pedidos lleguen en 2 días, y el formato será cajas o unidades y se ha supuesto que el tiempo de preparación es el mismo para ambos.

Como la actividad se realiza durante 4 horas, esto equivale 103,47 líneas de pedido por hora. El medio de manutención escogido para el picking de cajas o unidades desde las

estanterías de palets y desde las estanterías de cajas es el carro recogepedidos, que tiene una productividad de 80 ldp/h.

Además, se sabe que 16,05 ldp/d, es decir, 4,01 ldp/h se realiza el picking de cajas o unidades sobre paletas situada en la primera altura de las estanterías para paletas, que con una producción de 80 ldp/h se requiere 0,05 unidades de carro recogepedidos. También se conoce que 397,85 ldp/d, es decir, 99,46 ldp/h se realiza desde las estanterías para cajas, que con una producción de 80 ldp/h se requiere de 1,24 unidades de carro recogepedidos

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	0,05+1,24 (2)	80	260	103,47

Tabla 58. Medio de manutención preparación de pedidos mes normal configuración 2. Fuente: Propia

-Expedición de pedidos:

Esta operación se realiza después de las tres operaciones comentadas anteriormente y consiste en la salida de las existencias del almacén. Para ello, se contratan los servicios de una empresa transportista de paquetes o Courier. Las líneas de pedido se agrupan en cajas por cliente, estas se ponen sobre palet y se embalan para cargarlas en la furgoneta de la empresa Courier contratada.

Septiembre

Como todo lo que entra sale, se tiene 10 palets/días y se precisará de 1 unidades de transpaleta manual.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (paletas/h.op)	Productividad total (paletas/h)	Producción necesaria (paletas/h)
Transpaleta manual	0,17 (1)	15	25	1,75

Tabla 59: Medio de manutención expedición de pedidos septiembre configuración 2. Fuente: Propia

Normal

Como todo lo que entra sale, se tienen 2 palets/día y se precisará de 1 unidades de transpaleta manual.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (paletas/h.op)	Productividad total (paletas/h)	Producción necesaria (paletas/h)
Transpaleta manual	0,03(1)	15	15	0,50

Tabla 60: Medio de manutención expedición de pedidos mes normal configuración 2. Fuente: Propia

A continuación, se va a mostrar una tabla resumen con todo lo requerido en cuanto a equipos de manutención.

Septiembre

	Actividad	Medio de manutención	Unidades
Primera parte de la jornada (4h)	Recepción y descarga de camiones	Transpaleta manual	1
	Ubicación de referencias a las estanterías (palets)	Carretilla retráctil	1
	Ubicación de referencias a las estanterías (cajas)	Carro recogepedidos	4
Segunda parte de la jornada (4h)	Preparación de líneas de pedido	Carro recogepedidos	4
	Reabastecimiento zona inferior estantería paletas	Carretilla retráctil	1
	Expedición de pedidos	Traspaleta manual	1

Tabla 61: Resumen medios de manutención según operaciones septiembre configuración 2. Fuente: Propia

Como ya se ha comentado, los equipos de manutención pueden ser utilizados en ambas partes de la jornada laboral. Por tanto, estrictamente se requiere de 4 carros recogepedidos, 1 transpaleta manual y 1 carretilla retráctil. Y para poder manejar todas las máquinas, será necesaria la mano de obra de 5 operarios.

Normal

	Actividad	Medio de manutención	Unidades
Primera parte de la jornada (4h)	Recepción y descarga de camiones	Transpaleta manual	1
	Ubicación de referencias a las estanterías (palets)	Carretilla retráctil	1
	Ubicación de referencias a las estanterías (cajas)	Carro recogepedidos	2
Segunda parte de la jornada (4h)	Preparación de líneas de pedido	Carro recogepedidos	2
	Expedición de pedidos	Transpaleta manual	1

Tabla 62: Resumen medios de manutención según operaciones mes normal configuración 2. Fuente: Propia

Como ya se ha comentado, los equipos de manutención pueden ser utilizados en ambas partes de la jornada laboral. Por tanto, estrictamente se requiere 2 carros recogepedidos, 1 transpaleta manual y 1 carretilla retráctil. Y para poder manejar todas las máquinas, será necesaria la mano de obra de 2 operarios.

6.4 Dimensionamiento del almacén

Una vez se tienen las dimensiones de todas las zonas que van a componer el almacén, se procede a realizar el diseño en planta del almacén. En la Tabla 62 se resumen todas las áreas necesarias que incluir y la superficie que ocuparán:

Septiembre	Superficie (m ²)
Picking	163,80
Recepción y expedición	2,4
Auxiliares (oficinas y aseos)	15
Mes normal	Superficie (m ²)
Picking	67,68
Recepción y expedición	2,4
Auxiliares (oficinas y aseos)	15

Tabla 63: Dimensiones de las áreas del almacén configuración 2. Fuente: Propia

Como ya se ha comentado se va a dimensionar el almacén para el mes de septiembre, se observa que durante los meses normales la ocupación de la zona de picking respecto al mes de septiembre será de un 41,32%.

No obstante, conocer las superficies de todas las zonas no implica haber obtenido la superficie total del almacén, ya que en los cálculos anteriores no se han tenido en cuenta el espacio que ocupan los pasillos, que dependen de los medios de manutención escogidos previamente y cuyas medidas necesarias son las que se indican en la Tabla 64:

Medio de manutención	Ancho pasillo (m)
Carro recogepedidos	1,5
Transpaleta manual	1,5
Carretilla retráctil	2,7

Tabla 64: Anchos de los pasillos según el medio de manutención configuración 2. Fuente: Propia

Tras definir las medidas de los pasillos, se procede a realizar la distribución en planta del almacén teniendo en cuenta todas las zonas mencionadas, las cuales cada una de ellas se representarán con colores diferentes para poder facilitar visualmente la distinción de cada área. Para esta segunda configuración se tiene:

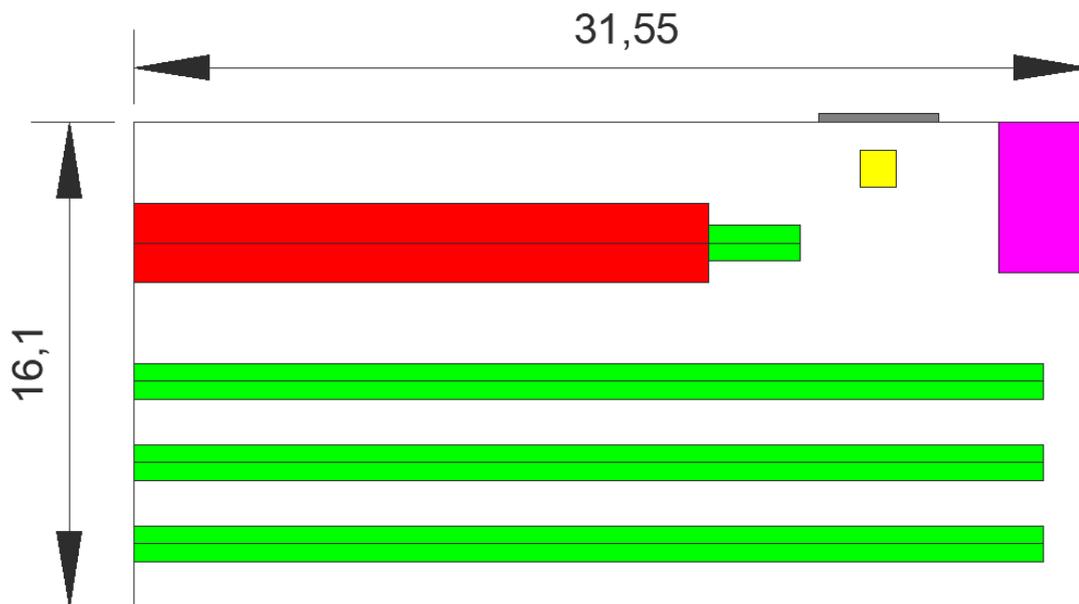


Ilustración 10: Diseño almacén configuración 2. Fuente: Propia

Zona	Color	Descripción
Picking	Verde	Estanterías convencionales para caja
	Rojo	Estanterías convencionales para paletas
Recepción y expedición	Amarillo	Zona para recibir mercancía y enviar pedidos
Auxiliar	Magenta	Oficinas y aseos
Muelles	Gris	Muelles para carga y descarga de camiones

Tabla 65: Zonas del almacén configuración 2. Fuente: Propia

Se pueden apreciar al ancho y largo total del almacén, con lo que finalmente conocemos su superficie final la cual es de 507,96 metros cuadrados, en los que se disponen la totalidad de estanterías, pasillos y espacios necesarios para la segunda configuración.

6.5 Análisis de coste e inversión

Una vez realizados todos los cálculos y la distribución en planta, se procede a calcular económicamente la inversión y los costes que suponen las instalaciones y los recursos que componen la configuración actual de diseño.

Como ya se sabe, las inversiones son estimadas para cada tipo de recurso y los costes anuales que estos suponen se calculan usando el DFC, el cual depende de la vida útil de cada medio. Con ello, resultan los costes que se muestran desglosados a continuación:

- Instalación, equipamientos y servicios.

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Superficie de la nave (m ²)	507,96	340,00	172.704,70	20,00	5,10	33.857,03

Servicios generales (m ²)	507,96	30,00	15.238,65	20,00	5,10	2.987,38
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	1,00	350.000,00	350.000,00	5,00	3,06	114.453,89

Tabla 66: Costes de instalación, equipamientos y servicios generales configuración 2. Fuente: Propia

- Medios de almacenamiento.

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Estanterías convencionales de cajas (m)	931,64	30,00	27.949,34	10,00	4,34	6.441,42
Estanterías convencionales de paletas	120	20,00	3.120,00	10,00	4,34	553,12

Tabla 67: Costes medios de almacenamiento configuración 2. Fuente: Propia

- Medios de manutención:

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Carro recogepedidos de mano	4	120	480	5	3,058	156,97
Carretilla retráctil	1	20.000	20.000	10	4,339	4.609,36
Transpaleta manual	1	300	300	10	4,339	69,14

Tabla 68 Costes medios de manutención configuración 2. Fuente: Propia

- Costes de personal:

Cargo	Unidades	Sueldo anual (€/persona)	Total (€)
Jefe almacén	1	30.000	30.000
Administrativo	1	20.000	20.000
Almacenero	2	18.000	36.000

Tabla 69: Costes de personal configuración 2. Fuente: Propia

Además, durante el mes de septiembre la plantilla de almaceneros aumenta en 3 operarios más que supone un coste adicional de 4.500 euros.

- Mantenimiento y energía:

Concepto	Precio (€)	Coste anual (€)
Equipamiento móvil	10% inversión	2.078,00
Edificios e instalaciones	1% inversión	1.879,43
Gasto energético	45 €/m ² de almacén	22.857,98

Tabla 70: Costes de mantenimiento y energía configuración 2. Fuente: Propia

A continuación, se muestra este cuadro en el cual se reflejan los costes anuales totales y la inversión realizada:

Coste total anual (€)	280.443,72
Inversión total (€)	589.072,69

Tabla 71: Costes e inversión total configuración 2. Fuente: Propia

Como se puede observar, los costes totales anuales ascienden a un total 280.443,72 € y la inversión total a realizar será de 589.072,69 €, estos datos nos servirán para poder comparar los costes de las próximas configuraciones de manera más global.

6.6 Análisis y propuestas de mejora

Se puede ver que los movimientos de material se han reducido y la superficie del almacén también. Aunque el uso de transpaleta y la carretilla retráctil es ineficiente ya que no hay mucho volumen de paletas en el almacén a manipular y no se utilizan durante mucho tiempo. Por ello, se buscará otro medio de manutención que permita hacer las operaciones de carga y descarga de mercancía y permita desplazar y elevar la mercancía hasta cierta altura.

7. TERCERA CONFIGURACIÓN

Antes de utilizar medios automatizados, se realizará otra configuración de almacén convencional para tratar de reducir el número de medios de manutención. Por ello, se ha decidido sustituir el uso de transpaleta y la carretilla retráctil por el uso del apilador eléctrico.

Además, en esta configuración la superficie y distribución del almacén será la misma que en la configuración dos y con ello, el perfil de inventario y los medios de almacenamiento también lo serán.

7.1 Medios de manutención

En esta tercera configuración se utilizarán medios convencionales y se va a sustituir el uso de transpaleta y la carretilla retráctil por el uso del apilador eléctrico que podrá elevar la mercancía hasta 4,5 metros.

- Recepción y descarga de camiones.

Esta operación se realiza durante la primera parte de la jornada laboral.

Septiembre

Durante el mes de septiembre se reciben 5,78m³ diarios, este volumen será la suma de paletas monoreferencia y paletas multireferencia. El volumen que se recibirá de cada formato logístico se ha calculado en la configuración 1 y es:

- Para los artículos monoreferencia: se reciben 2,98 m³/día, es decir, 4,96 paletas/día que equivalen a 5 paletas monoreferencia como máximo al día.

- Para los artículos multireferencia: y es de 2,80 m³/día, es decir, 4,67 paletas/día que equivalen a 5 paletas multireferencia como máximo al día.

Por tanto, llegan 10 paletas/día, es decir, harían falta 1 unidades de transpaleta manual. A continuación, se indica en la Tabla 72:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Apilador eléctrico	0,1 (1)	25	25	2,5

Tabla 72: Medio de manutención recepción y descarga septiembre configuración 2. Fuente: Propia

Mes normal

Durante el mes normal se reciben 0,69 m³ diarios, este volumen será la suma de paletas monoreferencia y paletas multireferencia. Para poder conocer el volumen que se recibirá de cada formato logístico se procede de la siguiente forma.

- Para los artículos monoreferencia: se reciben 0,26 m³/día, es decir, 0,44 paletas/día que equivalen a 1 paleta monoreferencia como máximo al día.
- Para los artículos multireferencia: se reciben 0,43 m³/día, es decir, 0,71 paletas/día que equivalen a 1 paletas multireferencia como máximo al día.

Por tanto, llegan 2 paletas/día, es decir, harían falta 1 unidades de apilador eléctrico. A continuación, se muestra en la Tabla 73:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Apilador eléctrico	0,02 (1)	25	25	0,50

Tabla 73: Medio de manutención recepción y descarga mes normal configuración 3. Fuente: Propia

- Ubicación de referencias en las estanterías.

Esta operación se realiza durante la primera parte de la jornada laboral.

Septiembre

Por una parte, todos los palets monoreferencia que se reciben que van directamente a picking y su cantidad es de 5 palets/día, y por tanto, 1,25 palets/hora. En este caso, se requiere de 0,05 unidades de apilador eléctrico, pero como en la tarea anterior “sobran 0,9 unidades”, suficientes para esta tarea, por lo que no hace falta adquirir ninguna nueva unidad.

Por otra parte, para los palets multireferencia, igual que la configuración 2.

A continuación, se muestra en la Tabla 74 los medios de manutención escogidos.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Apilador eléctrico	0,05 (1)	25	25	1,25
Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	3,63 (4)	80	320	290,28

Tabla 74: Medio de manutención ubicación de referencias en estanterías septiembre configuración 3.
Fuente: Propia

Por tanto, el apilador eléctrico se comparte con la descarga y la ubicación de palets en picking, con un total de 0,1 uds + 0,05 uds, luego hace falta 1 unidad. Y para ubicar las cajas/unidades en las estanterías para cajas necesitan 4 unidades de carro recogepedidos.

Mes normal

Por una parte, todos los palets monoreferencia que se reciben que van directamente a picking y su cantidad es de 1 palet/día, y por tanto, 0,25 palets/hora. En este caso, se requiere de 0,01 unidades de apilador eléctrico, pero como en la tarea anterior “sobran 0,98 unidades”, suficientes para esta tarea, por lo que no hace falta adquirir ninguna nueva unidad.

Por otra parte, para los palets multireferencia, igual que la configuración 2.

A continuación, se muestra en la Tabla 75 los medios de manutención escogidos:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Apilador eléctrico	0,01 (1)	25	25	0,25
Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	1,24 (2)	80	160	99,46

Tabla 75: Medio de manutención ubicación de referencias en estanterías mes normal configuración 3. Fuente: Propia

-Preparación de líneas de pedido.

Esta operación se realiza en la segunda parte de la jornada laboral.

Septiembre

Es igual que la configuración 2.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	0,23+3,63 (4)	80	320	309,01

Tabla 76: Medio de manutención preparación de pedidos mes septiembre configuración 3.

Fuente: Propia

Por último, hay que considerar el reabastecimiento de la primera altura de las estanterías para paletas desde la segunda o tercera altura, ya que el picking se hace desde la zona inferior. Como todo lo que sale entra, se tendrán que mover un máximo de 5 palets monoreferencias al día, es decir, 1,25 palets/h desde la segunda o tercera altura a la primera altura. Y esto supone el uso del medio de manutención apilador eléctrico.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Apilador eléctrico	0,05 (1)	25	25	1,25

Tabla 77: Medio de manutención movimiento paletas zonas superiores a zona inferior de picking septiembre configuración 3. Fuente: Propia

Normal

Es igual que la configuración 2.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	0,05+1,24 (2)	80	260	103,47

Tabla 78: Medio de manutención preparación de pedidos mes normal configuración 3. Fuente: Propia

-Expedición de pedidos:

Esta operación se realiza después de las tres operaciones comentadas anteriormente y consiste en la salida de las existencias del almacén. Para ello, se contratan los servicios de una empresa transportista de paquetes o Courier. Las líneas de pedido se agrupan en cajas por cliente y se envían en cajas. Las cajas se ponen sobre palet y se embalan para cargarlas en el vehículo de transporte de mercancías de la empresa Courier contratada.

Septiembre

Se reciben 10 paletas / día, luego se precisará de 1 unidades de apilador eléctrico.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (paletas/h.op)	Productividad total (paletas/h)	Producción necesaria (paletas/h)
Apilador eléctrico	0,1 (1)	25	25	2,5

Tabla 79: Medio de manutención expedición de pedidos septiembre configuración 3. Fuente: Propia

Normal

Se reciben 2 paletas/día, luego se precisará de 1 unidades de apilador eléctrico

Medio de manutención	Unidades	Productividad (paletas/h.op)	Productividad total (paletas/h)	Producción necesaria (paletas/h)
Apilador eléctrico	0,02 (1)	25	25	0,50

Tabla 80: Medio de manutención expedición de pedidos mes normal configuración 3. Fuente: Propia

A continuación, se va a mostrar una tabla resumen con todo lo requerido en cuanto a equipos de manutención. De este modo, se resuelve cuántas unidades de cada equipo serían suficiente para cubrir con todas las operaciones de todo el almacén durante toda una jornada laboral.

Septiembre

	Actividad	Medio de manutención	Unidades
Primera parte de la jornada (4h)	Recepción y descarga de camiones	Apilador eléctrico	1
	Ubicación de referencias a las estanterías	Apilador eléctrico	
		Carro recogepedidos	4
Segunda parte de la jornada (4h)	Preparación de líneas de pedido	Carro recogepedidos	4
	Reabastecimiento zona inferior estantería paletas	Apilador eléctrico	1
	Expedición de pedidos	Apilador eléctrico	

Tabla 81: Resumen medios de manutención según operaciones septiembre configuración 3. Fuente: Propia

Los equipos de manutención pueden ser utilizados en ambas partes de la jornada laboral de forma independiente. Por tanto, estrictamente hacen falta 4 carros recogepedidos y 1 apilador eléctrico. Y para poder manejar todas las máquinas, será necesaria la mano de obra de 5 operarios.

Normal

	Actividad	Medio de manutención	Unidades
Primera parte de la jornada (4h)	Recepción y descarga de camiones	Apilador eléctrico	1
	Ubicación de referencias a las estanterías	Apilador eléctrico	
		Carro recogepedidos	2
Segunda parte de la jornada (4h)	Preparación de líneas de pedido	Carro recogepedidos	2
	Expedición de pedidos	Apilador eléctrico	1

Tabla 82: Resumen medios de manutención según operaciones mes normal configuración 3. Fuente: Propia

Dado que los equipos de mantenimiento pueden ser utilizados en ambas partes de la jornada laboral de forma independiente. Por tanto, estrictamente hacen falta 2 carros recogepedidos y 1 apilador eléctrico. Y para poder manejar todas las máquinas, será necesaria la mano de obra de 2 operarios.

7.2 Dimensionamiento almacén

Las dimensiones son iguales a las de la configuración 2.

Septiembre	Superficie
Picking	163,80
Recepción y expedición	2,4
Auxiliares (oficinas y aseos)	15
Mes normal	Superficie
Picking	67,68
Recepción y expedición	2,4
Auxiliares (oficinas y aseos)	15

Tabla 83: Dimensiones de las áreas del almacén configuración 3. Fuente: Propia

Como se observa, durante los meses normales la ocupación de la zona de picking respecto al mes de septiembre será de un 41,31%.

No obstante, cálculos anteriores no se han tenido en cuenta el espacio que ocupan los pasillos, que dependen de los medios de mantenimiento escogidos previamente y cuyas medidas necesarias son las que se muestran en la Tabla 84:

Medio de manutención	Ancho pasillo (m)
Carro recogepedidos	1,5
Apilador eléctrico	2,7

Tabla 84: Anchos de los pasillos según el medio de manutención configuración 3. Fuente: Propia

Una vez definidas las medidas de los pasillos, se procede a realizar el diseño de la distribución en planta del almacén que es igual a la configuración 2. Otra vez, se representa cada tipo de medio de almacenamiento o zona con colores distintos.

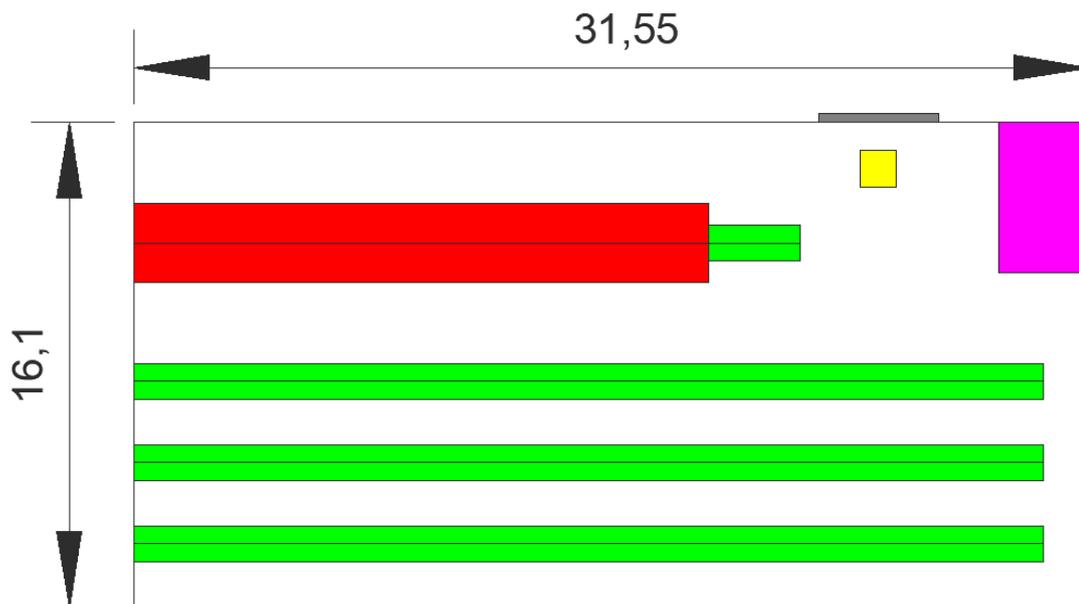


Ilustración 11 : Diseño almacén configuración 3. Fuente: Propia

Zona	Color	Descripción
Picking	Verde	Estanterías convencionales para cajas
	Rojo	Estanterías convencionales para paletas
Recepción y expedición	Amarillo	Zona para recibir mercancía y enviar pedidos
Auxiliar	Magenta	Oficinas y aseos
Muelles	Gris	Muelles para carga y descarga de camiones

Tabla 85: Zonas del almacén configuración 3. Fuente: Propia

Se pueden apreciar al ancho y largo total del almacén, con lo que finalmente conocemos su superficie final la cual es de 507,96 metros cuadrados, en los que se disponen la totalidad de estanterías, pasillos y espacios necesarios para la tercera configuración.

7.3 Análisis de coste e inversión

Una vez realizados todos los cálculos y la distribución en planta, se procede a calcular económicamente la inversión y los costes que suponen las instalaciones y los recursos que componen la configuración actual de diseño.

Como ya se sabe, las inversiones son estimadas para cada tipo de recurso y los costes anuales que estos suponen se calculan usando el DFC, el cual depende de la vida útil de cada medio. Con ello, resultan los costes que se muestran desglosados a continuación.

- Instalación, equipamientos y servicios.

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Superficie de la nave m ²	507,96	340,00	172.704,70	20,00	5,10	33.857,03

Servicios generales m ²	507,96	30,00	15.238,65	20,00	5,10	2.987,38
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	1,00	350.000,00	350.000,00	5,00	3,06	114.453,89

Tabla 86: Costes de instalación, equipamientos y servicios generales configuración 3. Fuente: Propia

- Medios de almacenamiento.

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Estanterías convencionales de cajas	931,64	30,00	27.949,34	10,00	4,34	6.441,42
Estanterías convencionales de paletas	120,00	20,00	3.120,00	10,00	4,34	553,12

Tabla 87: Costes medios de almacenamiento configuración 3. Fuente: Propia

- Medios de manutención:

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Carro recogepedidos de mano	4	120	480	5	3,06	156,97
Apilador	1	12.000	12.000	10	4,34	2.765,61

Tabla 88: Costes medios de manutención configuración 3. Fuente: Propia

- Costes de personal:

Cargo	Unidades	Sueldo anual (€/persona)	Total (€)
Jefe almacén	1	30.000	30.000
Administrativo	1	20.000	20.000
Almacenero	2	18.000	36.000

Tabla 89: Costes de personal configuración 3. Fuente: Propia

Además, durante el mes de septiembre la plantilla de almaceneros aumenta en 3 operarios más que supone un coste adicional de 4.500 euros.

- Mantenimiento y energía:

Concepto	Precio (€)	Coste anual (€)
Equipamiento móvil	10% inversión	1.248,00
Edificios e instalaciones	1% inversión	1.879,43
Gasto energético	45€/m ² de almacén	22.857,98

Tabla 90: Costes de mantenimiento y energía configuración 3. Fuente: Propia

A continuación, se muestra este cuadro en el cual se reflejan los costes anuales totales y la inversión realizada:

Coste total anual (€)	277.700,84
Inversión total (€)	580.772,69

Tabla 91: Costes e inversión total configuración 3. Fuente: Propia

Como se puede observar, los costes totales anuales ascienden a un total 277.700,84€ y la inversión total a realizar será de 580.772,69€, estos datos nos servirán para poder comparar los costes de las próximas configuraciones de manera más global.

7.4 Análisis y propuestas de mejora

Se puede ver que el uso del apilador eléctrico en vez del transpaleta manual y la carretilla retráctil permite reducir los costes totales y los de inversión. Pero el coste de la superficie y del personal continúan siendo los más elevados, así en la siguiente configuración se van a proponer medios automatizados.

8. CUARTA CONFIGURACIÓN

En esta cuarta configuración se va a buscar un método de automatización que permita reducir el sobrecoste del personal que ha supuesto la tercera iteración, así como una reducción de la superficie del almacén y de los medios de manutención respecto de la tercera iteración.

Se utilizará el miniload que es un sistema automatizado y está diseñado para productos pequeños, no paletizados, en cajas, bandejas, etc. Sigue el principio de que es el producto el que llega al operario, por lo que la preparación de pedidos es más rápida. Se caracteriza también por un elevado aprovechamiento del espacio, ya que proporciona una alta densidad de almacenaje tanto en longitud como en altura.

Las categorías de productos que se van a emplear para hacer el diseño son las siguientes: miniload y paletas. La categoría “miniload” se corresponde a aquellas referencias que llegan desde el proveedor en formato logístico multireferencia, es decir, con un volumen de almacenamiento inferior a 0,6 m³ y se gestionarán con medios automatizados. La categoría “paletas” se corresponde con las referencias que llegan con formato logístico paletas monoreferencia y se almacenaran en estanterías para paletas de tres alturas como en la configuración 3.

8.1 Perfil de inventario

El perfil de inventario es igual a la configuración 3.

Septiembre

Se tiene un stock mínimo de 60,49 m³, un stock máximo de 157,85 m³ y un stock medio de 109,17 m³.

Normal

Se tiene un stock mínimo de 7,29 m³, un stock máximo de 39,3 m³ y un stock medio de 23,29 m³.

8.2 Medios de almacenamiento

Por una parte, las paletas monoreferencia se van a almacenar en estanterías convencionales para paletas igual que en la configuración 3.

Por otra parte, los artículos que llegan en formato multireferencia desde el proveedor se almacenarán directamente en el miniload. La altura máxima del miniload no superará los 6 metros y se utilizará el método de gestión aleatoria para el cálculo de los huecos, ya que permite minimizar el número de huecos. Además, el picking se hará directamente desde el miniload.

Las referencias se albergarán dentro de los contenedores del miniload, en formato cajas o unidades y el miniload se ubicará cerca de la zona de recepción y expedición para minimizar el movimiento de material.

A continuación, se muestran las dimensiones de los contenedores y de su correspondiente hueco, como se indica en la Tabla 92:

Dimensiones	Hueco	Contenedor
Largo	0,65	0,6
Ancho	0,45	0,4
Alto	0,25	0,2
Volumen	0,073	0,048

Tabla 92: Dimensiones huecos y contenedor miniload configuración 4. Fuente: Propia

En resumen, se muestran los medios de almacenamiento a utilizar para esta cuarta configuración:

Mes	Zona	Medio almacenamiento	N.º ref.	Volumen máximo almacenaje (m ³)	Volumen medio almacenaje (m ³)
Septiembre	Picking	Estanterías convencionales para palets	26	90,77	60,27
		Estanterías convencionales para cajas/unidades	2.038	67,08	48,9
Normal	Picking	Estanterías convencionales para palets	17	18,97	10,80
		Estanterías convencionales para cajas/unidades	2.047	20,33	12,50

Tabla 93: Medios de almacenamiento configuración 4. Fuente: Propia

Septiembre

Por una parte, se tiene el miniload que albergará la mayoría de las referencias. Para obtener el número de huecos necesarios para albergar todas las referencias se ha utilizado el método de gestión aleatoria, con un coeficiente de seguridad para prevenir un aumento generalizado de stock del 10%. El número de huecos que se va a necesitar es de 2.701. Si aplicamos la regla del 85% se obtiene un total de 3.178 huecos. Cabe destacar que en cada contenedor habrá únicamente una referencia.

Miniload			
Nº alturas	22	Largo zona	16,25
Nº filas	6	Ancho zona	2,7
Nº columnas	25	Alto zona	5,5
Nº huecos	3.300	Superficie	43,88

Tabla 94: Dimensiones miniload septiembre configuración 4. Fuente: Propia

También se ha diseñado la cinta transportadora que se encargará tanto de alimentar el miniload de mercancía como de transportar las cajas al operario para hacer el picking.

En este caso, habrá que incluirlas en cada uno de los miniloads que hay y tratar que tengan un trayecto hasta la zona de expedición de pedidos, con la finalidad de no tener que incluir más medios de manutención que transporten los productos hasta dicha zona y así ahorrar lo máximo en costes. Luego el miniload se situará cerca de la zona de carga y de descarga.

Normal

Durante el mes normal se ocuparán 2.139 huecos del miniload.

8.3 Medios de manutención

- Recepción y descarga de camiones

Igual que en la configuración 3 tanto para el mes de septiembre como para el mes normal.

-Ubicación de referencias en estanterías

Septiembre

Por una parte, los palets monreferencia igual que en la configuración 3.

Por otra parte, el resto de palets multireferencia se desempaquetará y se depositarán en la cinta transportadora del miniload, y será el propio miniload el encargado de realizar las operaciones de almacenar las referencias que van llegando. El miniload, que es capaz de mover los contenedores los cuales contienen referencias en cajas o unidades, es decir, cada vez que el miniload extrae un contenedor se podrá preparar al menos una línea de pedido. Por tanto, a efectos prácticos, la productividad en ldp/h es igual a la productividad de cajas/h que es de 100 cajas/h.

Como todo lo que sale entra y se ha calculado anteriormente se tiene 1.161,11 ldp/d que provienen de palets multireferencia, es decir, 290,28 ldp/h se realiza desde miniload, se va a necesitar 3 miniloads.

Se precisará de dos operarios que irán dejando la mercancía sobre la cinta transportadora.

Normal

Por una parte, los palets monreferencia igual que en la configuración 3.

Por otra parte, el resto de palets multireferencia se procede igual que en septiembre y como ya se ha calculado anteriormente se tiene 397,85 ldp/d que provienen de paletas multireferencia, es decir, 99,46 ldp/h se realiza desde miniload, se va a necesitar 1 miniloads.

Se precisará de un operario que irá dejando la mercancía sobre la cinta transportadora.

-Preparación de líneas de pedido

Septiembre

Por una parte, se tendrá el picking desde paletas, con el carro recogepedidos, igual que en la configuración 3.

Como ya se ha calculado anteriormente se tiene 1.161,11 ldp/d que provienen de paletas multireferencia, es decir, 290,28 ldp/h se realiza desde miniload, se va a necesitar 3 miniloads. Se precisará de dos operarios que será el encargado de realizar la preparación de las cajas o unidades que se vayan depositando en la cinta transportadora de los miniloads.

Por último, hay que considerar el reabastecimiento de la primera altura de las estanterías para paletas desde la segunda o tercera altura, ya que el picking se hace desde la zona inferior, es igual que en la configuración 3.

Normal

Por una parte, se tendrá el picking desde paletas, con el carro recogepedidos, igual que en la configuración 3.

Como en la configuración anterior, se tiene 397,85 ldp/d que provienen de paletas multireferencia, es decir, 99,46 ldp/h se realiza desde miniload, se va a necesitar 1 miniloads. Se precisará de un operario que será el encargado de realizar la preparación de las cajas o unidades que se vayan depositando en la cinta transportadora.

-Expedición de pedidos

Igual que en la configuración 3.

A continuación, se va a mostrar una tabla resumen con todo lo requerido en cuanto a equipos de manutención.

Septiembre

	Actividad	Medio de manutención	Unidades
Primera parte de la jornada (4h)	Recepción y descarga de camiones	Apilador eléctrico	1
	Ubicación de referencias a las estanterías	Apilador eléctrico	
		Miniload	3
Segunda parte de la jornada (4h)	Preparación de líneas de pedido	Carro recogepedidos	1
		Miniload	3

	Reabastecimiento zona inferior estantería paletas	Apilador eléctrico	1
	Expedición de pedidos	Apilador eléctrico	

Tabla 95: Resumen medios de manutención según operaciones septiembre configuración 4. Fuente: Propia

Dado que los equipos de manutención pueden ser utilizados en ambas partes de la jornada laboral de forma independiente y con la finalidad de cubrir ambas partes de la jornada. Se requieren 3 miniloads, 1 carro recogepedidos y 1 apilador eléctrico. Y para poder manejar todas las máquinas, será necesaria la mano de obra de 3 operarios.

Normal

	Actividad	Medio de manutención	Unidades
Primera parte de la jornada (4h)	Recepción y descarga de camiones	Apilador eléctrico	1
	Ubicación de referencias a las estanterías	Apilador eléctrico	
		Miniload	1
Segunda parte de la jornada (4h)	Preparación de líneas de pedido	Carro recogepedidos	1
		Miniload	1
	Expedición de pedidos	Apilador eléctrico	1

Tabla 96: Resumen medios de manutención según operaciones mes normal configuración 4. Fuente: Propia

En este caso, hacen falta 1 miniload, 1 carro recogepedidos y un 1 apilador eléctrico. Y para poder manejar todas las máquinas, será necesaria la mano de obra de 2 operarios.

8.4 Dimensionamiento almacén

Una vez se tienen las dimensiones de todas las zonas que van a componer el almacén, se procede a realizar el diseño en planta del almacén. En la siguiente tabla se resume todas las áreas necesarias que incluir y la superficie que ocuparan.

Septiembre	Superficie
Picking	95,88
Recepción y expedición	2,4
Auxiliares (oficinas y aseos)	15
Mes normal	Superficie
Picking	49,60
Recepción y expedición	2,4
Auxiliares (oficinas y aseos)	15

Tabla 97: Dimensiones de las áreas del almacén configuración 4. Fuente: Propia

Como se observa, durante los meses normales la ocupación de la zona de picking respecto al mes de septiembre será de un 51,73%.

No obstante, en los cálculos anteriores no se han tenido en cuenta el espacio que ocupan los pasillos, que dependen de los medios de mantenimiento escogidos previamente y cuyas medidas necesarias son las que se muestran a continuación.

Medio de mantención	Ancho pasillo (m)
Apilador eléctrico	2,7
Carro recogepedidos	1,5
Miniload	0,8

Tabla 98: Anchos de los pasillos según el medio de mantención configuración 4. Fuente: Propia

Una vez definidas las medidas de los pasillos, se procede a realizar el diseño de la distribución en planta del almacén:

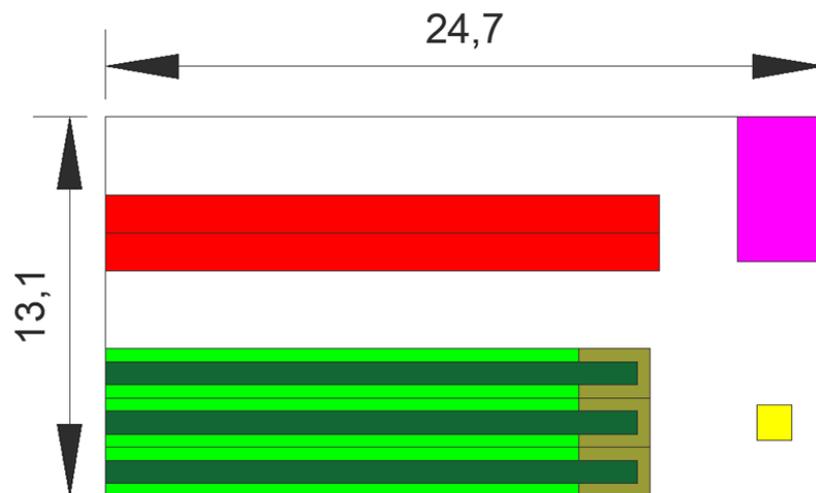


Tabla 99: Diseño almacén configuración 4. Fuente: Propia

Zona	Color	Descripción
Picking	Verde	Estanterías convencionales para cajas
	Rojo	Estanterías convencionales para paletas
	Oliváceo	Cinta transportadora
	Oscuro	Miniload
Recepción y expedición	Amarillo	Zona para recibir mercancía y enviar pedidos
Auxiliar	Magenta	Oficinas y aseos
Muelles	Gris	Muelles para carga y descarga de camiones

Tabla 100: Zonas del almacén configuración 4. Fuente: Propia

De esta manera disponemos de una configuración visual del almacén, en el que podemos distinguir las distintas zonas.

Se pueden apreciar al ancho y largo total del almacén, con lo que finalmente conocemos su superficie final la cual es de 323,57 metros cuadrados, en los que se disponen la totalidad de estanterías, pasillos y espacios necesarios para la tercera configuración.

8.5 Análisis de coste e inversión

Una vez realizados todos los cálculos y la distribución en planta, se procede a calcular económicamente la inversión y los costes que suponen las instalaciones y los recursos que componen la configuración actual de diseño.

Como ya se sabe, las inversiones son estimadas para cada tipo de recurso y los costes anuales que estos suponen se calculan usando el DFC, el cual depende de la vida útil de cada medio. Con ello, resultan los costes que se muestran desglosados a continuación

- Instalación, equipamientos y servicios.

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Superficie de la nave (m2)	323,57	340,00	110.013,80	20,00	5,10	21.567,10
Servicios generales (m2)	323,57	30,00	9.707,10	20,00	5,10	1.902,98
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	1,00	350.000,00	350.000,00	5,00	3,06	114.453,89

Tabla 101: Costes de instalación, equipamientos y servicios generales configuración 4. Fuente: Propia

- Medios de almacenamiento.

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Estanterías convencionales de paletas	120,00	20,00	2.400,00	10,00	4,34	553,12

Tabla 102: Costes medios de almacenamiento configuración 4. Fuente: Propia

- Medios de manutención.

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Carro recogepedidos de mano	1	120,00	120,00	5,00	3,06	39,24
Apilador	1	12.000,00	12.000,00	10,00	4,34	2.765,61
Miniload	3	150.000,00	450.000,00	10,00	4,34	103.710,53
Miniload ubicación	3.300	15,00	49.500,00	10,00	4,34	11.408,16
Miniload contenedor	3.300	10,00	33.000,00	10,00	4,34	7.605,44
Cinta transportadora cajas (m)	19,8	1.500,00	29.700,00	10,00	4,34	6.844,90

Tabla 103: Costes medios de manutención configuración 4. Fuente: Propia

- Costes de personal:

Cargo	Unidades	Sueldo anual (€/persona)	Total (€)
Jefe almacén	1	30.000	30.000
Administrativo	1	20.000	20.000
Almacenero	2	18.000	36.000

Tabla 104: Costes de personal configuración 4. Fuente: Propia

Además, durante el mes de septiembre la plantilla de almaceneros aumenta en 1 operarios más que supone un coste adicional de 1.500 euros.

- Mantenimiento y energía:

Concepto	Precio (€)	Coste anual (€)
Equipamiento móvil	10% inversión	57.432,00
Edificios e instalaciones	1% inversión	1.197,21
Gasto energético	45€/m ² de almacén	14.560,65

Tabla 105: Costes de mantenimiento y energía configuración 4. Fuente: Propia

A continuación, se muestra este cuadro en el cual se reflejan los costes anuales totales y la inversión realizada:

Coste total anual (€)	431.540,84
Inversión total (€)	1.046.440,90

Tabla 106: Costes e inversión total configuración 4. Fuente: Propia

Como se puede observar, los costes totales anuales ascienden a un total 431.540,84€ y la inversión total a realizar será de 1.046.440,90€, estos datos nos servirán para poder comparar los costes de las próximas configuraciones de manera más global.

8.6 Análisis y propuestas de mejora

En esta configuración se ha conseguido disminuir las dimensiones del almacén que es lo que se buscaba mejorar de la tercera iteración. Además, el uso del sistema automatizado miniload permite un correcto control de los niveles de inventario con un número reducido de operarios.

Sin embargo, el coste anual que se obtiene es superior al de la tercera iteración y la inversión total es mucho mayor respecto a las configuraciones anteriores, por lo que económicamente esta configuración no es rentable para la empresa. Luego en la siguiente iteración se va a intentar reducir la cantidad de medios automáticos intentando conseguir un almacén que no sea excesivamente grande.



9. QUINTA CONFIGURACIÓN

Tras haber realizado la cuarta configuración se ha comprobado que tener un almacén completamente automatizado supone una gran inversión que no es rentable frente a un almacén convencional. Por ello, en esta quinta configuración se va a realizar una solución que mezcle la eficiencia de la automatización con una solución convencional capaz de cumplir con los requisitos impuestos.

Luego como medio de automatización se volverá a utilizar el miniload y como medio convencional el apilador para los palets y el carro recogepedidos para las cajas de las estanterías de baldas.

9.1 Perfil de inventario

El perfil de inventario es igual al de la configuración 4. En esta configuración según el análisis ABC, los artículos con ventas "A" que lleguen del proveedor en formato multireferencia serán almacenados en el miniload mediante gestión aleatoria. El resto "B" y "C" según lleguen en formato monoreferencia o multireferencia en estanterías convencionales para paletas o cajas mediante gestión fija.

9.2 Medios de almacenamiento

Por una parte, las paletas monoreferencia se van a almacenar en estanterías convencionales para paletas igual que en la configuración 4.

Por otra parte, los artículos que llegan en formato multireferencia desde el proveedor se almacenarán en el miniload, artículos con ventas "A", o en estanterías convencionales para cajas, artículos con ventas "B" y "C". La altura máxima del miniload no superará los 5,5 metros y se utilizará el método de gestión aleatoria para el cálculo de los huecos, ya que permite minimizar el número de huecos y el picking se hará directamente desde el miniload. Las estanterías convencionales para cajas no superaran los 2 metros ya que se utilizará como medio de manutención el carro recogepedidos, luego el operario tiene que llegar a los artículos con su propio cuerpo

Las dimensiones del contenedor del miniload serán las mismas que en la configuración anterior. Las referencias se albergarán dentro de los contenedores del miniload, en formato cajas o unidades y este se ubicará cerca de la zona de recepción y expedición para minimizar el movimiento de material.

A continuación, se muestran los medios de almacenamiento a utilizar para esta quinta configuración:

Mes	Zona	Medio almacenamiento	Tipo	N.º ref.	Volumen máximo almacenaje (m³)	Volumen medio almacenaje (m³)
Septiembre	Picking	Estanterías convencionales para palets	B y C	26	90,77	60,27
		Estanterías convencionales para cajas/unidades	A	455	12,51	9,90
			B y C	1.583	54,57	39,00
Normal	Picking	Estanterías convencionales para palets	B y C	17	18,97	10,80
		Estanterías convencionales para cajas/unidades	A	455	3,16	2,15
			B y C	1.592	17,17	10,34

Tabla 107: Medios de almacenamiento configuración 5. Fuente: Propia

Septiembre

Por una parte, se tiene el miniload que albergará los artículos de ventas tipo “A”.

Para obtener el número de huecos necesarios para albergar todas las referencias se ha utilizado el método de gestión aleatoria, con un coeficiente de seguridad para prevenir un aumento generalizado de stock del 10%. El número de huecos que se va a necesitar es de 580. Si aplicamos la regla del 85% se obtienen 683 huecos. Cabe destacar que en cada contenedor habrá únicamente una referencia.

Miniload			
N.º alturas	22	Largo zona	5,2
N.º filas	4	Ancho zona	1,8
N.º columnas	8	Alto zona	5,5
N.º huecos	704	Superficie	9,36

Tabla 108: Dimensiones miniload septiembre configuración 5. Fuente: Propia

Por otra parte, se tienen las estanterías convencionales para cajas o unidades, que albergarán los artículos de ventas tipo “B” y “C”. Para el cálculo de los metros de baldas se procede igual que en la configuración 2 y se obtiene que se requiere 757,85 metros.

En resumen, esta zona tendrá las siguientes dimensiones:

Estantería convencional para cajas			
N.º alturas	5	Largo zona	25,26
N.º filas	6	Ancho zona	3,60
		Alto zona	2,00
		Superficie	90,94

Tabla 109. Dimensiones estantería para cajas septiembre configuración 5. Fuente: Propia

Finalmente, los artículos que llegan en formato monoreferencia se almacenan en estanterías convencionales para paletas igual que en la configuración 4.

Normal

Por una parte, se tiene el miniload que albergará los artículos de ventas tipo “A”, para el cálculo de los huecos se ha procedido de la misma manera que en el mes de septiembre

El número de huecos que se va a necesitar es de 475.

Por otra parte, se tienen las estanterías convencionales para cajas o unidades, que albergarán los artículos de ventas tipo “B” y “C”. Se requieren de 238,44 metros de balda.

En resumen, esta zona tendrá las siguientes dimensiones:

Estantería convencional para cajas			
N.º alturas	5	Largo zona	7,95
N.º filas	6	Ancho zona	3,60
		Alto zona	2,00
		Superficie	28,61

Tabla 110. Dimensiones estantería para cajas mes normal configuración 5. Fuente: Propia

Finalmente, los artículos que llegan en formato monoreferencia se almacenan en estanterías convencionales para paletas igual que en la configuración 4.

9.3 Medios de manutención

- Recepción y descarga de camiones

Igual que en la configuración 4 para el mes de septiembre y para el mes normal.

-Ubicación de referencias en estanterías

Septiembre

Por una parte, los palets monoreferencia igual que en la configuración 4.

Por otra parte, el resto de palets multireferencia se desembalarán y se clasifican en dos categorías, que son “miniload” y “estanterías para cajas”.

La categoría de artículos “miniload” son los que tienen unas ventas tipo “A”, y será el propio miniload el encargado de realizar las operaciones de almacenar las referencias que van llegando. Como se ha visto en el análisis ABC, el porcentaje de ventas que corresponde del total de referencias a productos “A” es del 79,62%. El número de líneas de pedido que se deben servir al día es de 1.236,026, por lo que las que corresponden a “A” serán 984,15 ldp/d. Estas 984,15 líneas de pedido deben ser servidas en 4 horas, es decir, 246,04 ldp/h y se sabe que la productividad del miniload es de 100 cajas/h. Luego, se requieren 3 miniloads.

Sin embargo, se ha decidió utilizar 2 miniloads, ya que durante los meses normales solo se requerirá de 1 miniload y al ser medios automáticos para cumplir con la productividad durante el mes de septiembre se ha decidido que trabaje durante 5 horas preparando pedidos, siendo capaces de realizar en ese tiempo 1.000 líneas de pedido y así con 2 miniloads será suficiente para cumplir con la productividad necesaria y se evita el sobrecoste que implicaría el uso de 3 miniloads.

También se ha diseñado la cinta transportadora que se encargará tanto de alimentar el miniload de mercancía como de transportar las cajas al operario para hacer el picking.

En este caso, habrá que incluirlas en cada uno de los miniloads que hay y tratar que tengan un trayecto hasta la zona de expedición de pedidos, con la finalidad de no tener que incluir más medios de manutención que transporten los productos hasta dicha zona y así ahorrar lo máximo en costes. Luego el miniload se situará cerca de la zona de cara y de descarga. Se precisará de dos operarios que irá dejando la mercancía sobre la cinta transportadora.

La categoría de artículos “estantería para cajas” son los que tienen unas ventas tipo “B” y “C”, y se depositaran en las estanterías convencionales para cajas o unidades, para ello se utilizaran carros recogepedidos, con una productividad de 80 ldp/h. Para calcular la productividad que se necesitará de estos medios se ha realizado la diferencia entre las líneas de pedido totales al día menos las que cubre el miniload y las que cubre el apilador eléctrico. Como todo lo que sale entra, se sabe que se tienen 176,96 ldp/d, es decir, 44,24 ldp/h. Luego se requiere 1 carro recogepedidos.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Apilador eléctrico	0,05 (1)	25	25	1,25
Medio de manutención	Unidades	Productividad (cajas/h.)	Productividad total (cajas/h)	Producción necesaria (cajas/h)
Miniload (5h)	1,97 (2)	100	200	196,83
Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	0,55 (1)	80	80	44,24

Tabla 111: Medio de manutención ubicación de referencias en estanterías septiembre configuración 5. Fuente: Propia

Normal

Por una parte, los palets monreferencia igual que en la configuración 3.

Por otra parte, el resto de palets multireferencia se desembalarán y se clasifican en dos categorías, que son “miniload” y “estanterías para cajas”.

La categoría de artículos “miniload” son los que tienen unas ventas tipo “A”, y se depositaran en la cinta transportadora del miniload, y será el propio miniload el encargado de realizar las operaciones de almacenar las referencias que van llegando. Como se ha visto en el análisis ABC, el porcentaje de ventas que corresponde del total de referencias a productos “A” es del 79,62%. El número de líneas de pedido que se deben servir al día es de 413,90, por lo que las que corresponden a “A” serán 329,56 ldp/d. Estas 329,56 líneas de pedido deben ser servidas en 4 horas, es decir, 82,39 ldp/h y se sabe que la productividad del miniload es de 100 cajas/h. Luego, se requerirá 1 miniload.

La categoría de artículos “estantería para cajas” son los que tienen unas ventas tipo “B” y “C”, y se depositaran en las estanterías convencionales para cajas o unidades, para ello se utilizaran carros recogepedidos, con una productividad de 80 ldp/h. Para calcular la productividad que se necesitará de estos medios se ha realizado la diferencia entre las líneas de pedido totales al día menos las que cubre el miniload y las que cubre el apilador eléctrico. Como todo lo que sale entra, se sabe que se tienen 68,3 ldp/d, es decir, 17,07 ldp/h. Luego se requiere 1 carro recogepedidos.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Apilador eléctrico	0,05 (1)	25	25	1,25
Medio de manutención	Unidades	Productividad (cajas/h.)	Productividad total (cajas/h)	Producción necesaria (cajas/h)
Miniload (4h)	0,82 (1)	100	100	82,39
Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	0,21 (1)	80	80	17,07

Tabla 112: Medio de manutención ubicación de referencias en estanterías mes normal configuración 5. Fuente: Propia

Se precisará de un operario que irá dejando la mercancía sobre la cinta transportadora.

-Preparación de líneas de pedido

Septiembre

Por una parte, se tendrá el picking desde paletas, con el carro recogepedidos, igual que en la configuración 4

Como ya se ha calculado anteriormente, las líneas de pedido que se deberán servir al día de tipo “A” serán 984,15. Estas 984,15 líneas de pedido deben ser servidas en 4 horas, es decir, 246,04 ldp/h y se sabe que la productividad del miniload es de 100 cajas/h. Luego, se requieren 3 miniloads. Pero se ha decidido utilizar 2 miniloads, ya que durante los meses normales solo se requerirá de 1 miniload y al ser medios automáticos para cumplir con la productividad durante el mes de septiembre se ha decidido que trabaje durante 5 horas preparando pedidos y así evitar el sobrecoste que implicaría el uso de 3 miniloads.

Se precisará de dos operarios que será el encargado de realizar la preparación de las cajas o unidades que se vayan depositando en la cinta transportadora de los miniloads.

Por otra parte, también se conocen las líneas de pedidos tipo “B” y “C” que se deben servir en un día y serán 176,96 ldp/d, es decir, 44,24 ldp/h. La productividad del carro recogepedidos desde cajas es de 80 ldp/h. Luego se requiere de 1 carro recogepedidos.

A continuación, se muestra en la Tabla 113 los medios de manutención escogidos:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (cajas/h.)	Productividad total (cajas/h)	Producción necesaria (cajas/h)
Miniload (5h)	1,97 (2)	100	200	196,83
Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	0,55 (1)	80	80	44,24

Tabla 113: Medio de manutención preparación de pedidos mes normal configuración 5. Fuente: Propia

Por último, hay que considerar el reabastecimiento de la primera altura de las estanterías para paletas desde la segunda o tercera altura, ya que el picking se hace desde la zona inferior, es igual que en la configuración 4.

Normal

Por una parte, se tendrá el picking desde paletas, con el carro recogepedidos, igual que en la configuración 4

Como ya se ha calculado anteriormente, las líneas de pedido que se deberán servir al día de tipo "A" serán 329,56. Estas 329,56 líneas de pedido deben ser servidas en 4 horas, es decir, 82,39 ldp/h y se sabe que la productividad del miniload es de 100 cajas/h. Luego, se requieren 1 miniloads.

Se precisará de un operario que será el encargado de realizar la preparación de las cajas o unidades que se vayan depositando en la cinta transportadora de los miniloads.

Por otra parte, también se conocen las líneas de pedidos tipo "B" y "C" que se deben servir en un día y serán 68,3 ldp/d, es decir, 17,07 ldp/h. La productividad del carro recogepedidos desde cajas es de 80 ldp/h. Luego se requiere de 1 carro recogepedidos.

A continuación, se muestra en la Tabla 114 los medios de manutención escogidos:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (cajas/h.)	Productividad total (cajas/h)	Producción necesaria (cajas/h)
Miniload (4h)	0,82 (1)	100	100	82,39
Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carro recogepedidos	0,21 (1)	80	80	17,07

Tabla 114: Medio de manutención preparación de pedidos mes normal configuración 5. Fuente: Propia

-Expedición de pedidos

Igual que en la configuración 4.

A continuación, se va a mostrar en la Tabla 115 un resumen con todo lo requerido en cuanto a equipos de manutención

Septiembre

	Actividad	Medio de manutención	Unidades
Primera parte de la jornada (4h)	Recepción y descarga de camiones	Apilador eléctrico	1
	Ubicación de referencias a las estanterías	Apilador eléctrico	
		Miniload	2
		Carro recogepedidos	1
Segunda parte de la jornada (4h)	Preparación de líneas de pedido	Carro recogepedidos	1
		Miniload	2
	Reabastecimiento zona inferior estantería paletas	Apilador eléctrico	1
	Expedición de pedidos	Apilador eléctrico	

Tabla 115: Resumen medios de manutención según operaciones septiembre configuración 5.

Fuente: Propia

Dado que los equipos de manutención pueden ser utilizados en ambas partes de la jornada laboral de forma independiente. En este caso, se requiere de 2 miniloads, 1 carro recogepedidos y 1 apilador eléctrico. Y para poder manejar todas las máquinas, será necesaria la mano de obra de 3 operarios.

Normal

	Actividad	Medio de manutención	Unidades
Primera parte de la jornada (4h)	Recepción y descarga de camiones	Apilador eléctrico	1
	Ubicación de referencias a las estanterías	Apilador eléctrico	
		Miniload	1
		Carro recogepedidos	1
Segunda parte de la jornada (4h)	Preparación de líneas de pedido	Carro recogepedidos	1
		Miniload	1
	Expedición de pedidos	Apilador eléctrico	1

Tabla 116: Resumen medios de manutención según operaciones mes normal configuración 5.

Fuente: Propia

Los equipos de manutención pueden ser utilizados en ambas partes de la jornada laboral de forma independiente. Luego, hacen falta 1 miniload, 1 carro recogepedidos y un 1 apilador eléctrico. Y para poder manejar todas las máquinas, será necesaria la mano de obra de 2 operarios.

9.1 Dimensionamiento almacén

Una vez se tienen las dimensiones de todas las zonas que van a componer el almacén, se procede a realizar el diseño en planta del almacén. En la siguiente tabla se resume todas las áreas necesarias que incluir y la superficie que ocuparan.

Septiembre	Superficie
Picking	152,30
Recepción y expedición	2,4
Auxiliares (oficinas y aseos)	15
Mes normal	Superficie
Picking	70,60
Recepción y expedición	2,4
Auxiliares (oficinas y aseos)	15

Tabla 117: Dimensiones de las áreas del almacén configuración 5. Fuente: Propia

No obstante, falta incluir los pasillos y así realizar la completa distribución en planta. Las anchuras de dichos pasillos en función de los medios de manutención utilizados se muestran en la Tabla 118:

Medio de manutención	Ancho pasillo (m)
Carro recogepedidos	1,5
Apilador eléctrico	2,7
Miniload	0,8

Tabla 118: Anchos de los pasillos según el medio de manutención configuración 5. Fuente

Una vez definidas las medidas de los pasillos, se procede a realizar el diseño de la distribución en planta del almacén. De nuevo, se representa cada tipo de medio de almacenamiento o zona con colores distintos y se obtiene lo siguiente:

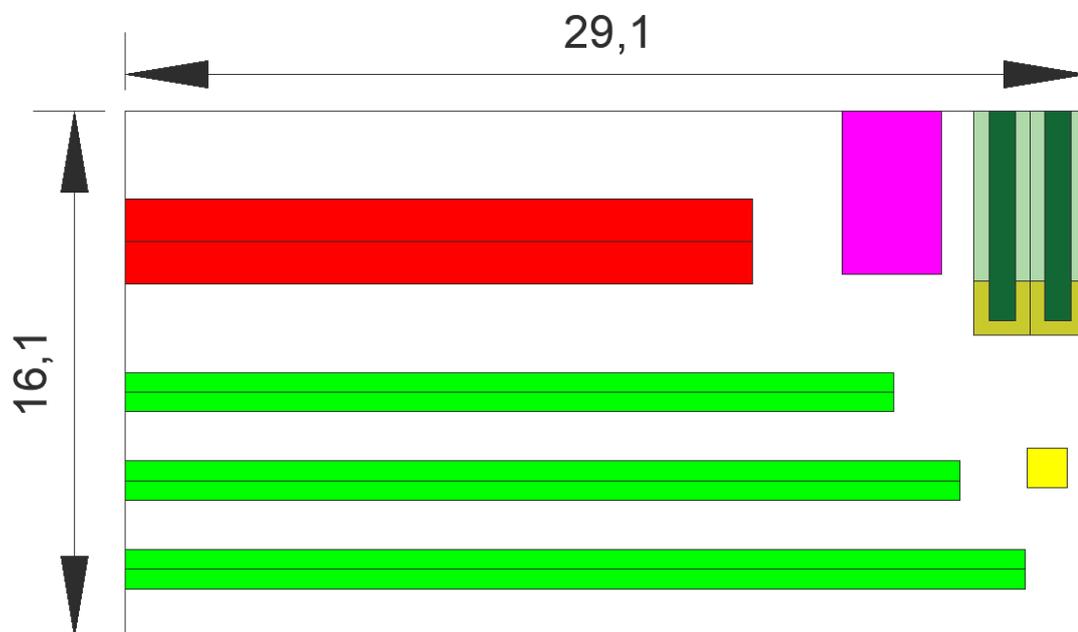


Tabla 119: Diseño almacén configuración 5. Fuente: Propia

Zona	Color	Descripción
Picking	Verde	Estanterías convencionales para cajas
	Rojo	Estanterías convencionales para paletas
	Amarillo	Cinta transportadora
	Verde oscuro	Miniload

Recepción y expedición		Zona para recibir mercancía y enviar pedidos
Auxiliar		Oficinas y aseos
Muelles		Muelles para carga y descarga de camiones

Tabla 120: Zonas del almacén configuración 5. Fuente: Propia

Se pueden apreciar el ancho y largo total del almacén, con lo que finalmente conocemos su superficie final la cual es de 468,51 metros cuadrados, en los que se disponen la totalidad de estanterías, pasillos y espacios necesarios para la quinta configuración.

9.2 Análisis de coste e inversión

Una vez realizados todos los cálculos y la distribución en planta, se procede a calcular económicamente la inversión y los costes que suponen las instalaciones y los recursos que componen la configuración actual de diseño.

Como ya se sabe, las inversiones son estimadas para cada tipo de recurso y los costes anuales que estos suponen se calculan usando el DFC, el cual depende de la vida útil de cada medio. Con ello, resultan los costes que se muestran desglosados a continuación.

- Instalación, equipamientos y servicios.

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Superficie de la nave (m ²)	468,51	340,00	159.293,40	20,00	5,10	31.227,88
Servicios generales (m ²)	468,51	30,00	14.055,30	20,00	5,10	2.755,40
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	1,00	350.000,00	350.000,00	5,00	3,06	114.453,89

Tabla 121: Costes de instalación, equipamientos y servicios generales configuración 5. Fuente: Propia

- Medios de almacenamiento.

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Estanterías convencionales de cajas	757,85	30,00	22.735,64	10,00	4,34	5.239,83
Estanterías convencionales de paletas	120,00	20,00	2.400,00	10,00	4,34	553,12

Tabla 122: Costes medios de almacenamiento configuración 5. Fuente: Propia

- Medios de manutención.

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Carro recogepedidos de mano	1	120,00	120,00	5,00	3,06	39,24
Apilador	1	12.000,00	12.000,00	10,00	4,34	2.765,61
Miniload	2	150.000,00	300.000,00	10,00	4,34	69.140,35
Miniload ubicación	704	15,00	10.560,00	10,00	4,34	2.433,74
Miniload contenedor	704	10,00	7.040,00	10,00	4,34	1.622,49
Cintra transportadora cajas(m)	10	1.500,00	15.000,00	10,00	4,34	3.457,02

Tabla 123: Costes medios de manutención configuración 5. Fuente: Propia

- Costes de personal:

Cargo	Unidades	Sueldo anual (€/persona)	Total (€)
Jefe almacén	1	30.000	30.000
Administrativo	1	20.000	20.000
Almacenero	2	18.000	36.000

Tabla 124: Costes de personal configuración 5. Fuente: Propia

Para el mes de septiembre la plantilla de almaceneros aumenta en 1 operario más que supone un coste adicional de 1.500 euros.

- Mantenimiento y energía:

Concepto	Precio (€)	Coste anual (€)
Equipamiento móvil	10% inversión	34.472,00
Edificios e instalaciones	1% inversión	1.733,49
Gasto energético	45€/m ² de almacén	21.082,95

Tabla 125: Costes de mantenimiento y energía configuración 5. Fuente: Propia

A continuación, se muestra este cuadro en el cual se reflejan los costes anuales totales y la inversión realizada:

Coste total anual (€)	376.977,03
Inversión total (€)	894.704,34

Tabla 126: Costes e inversión total configuración 5. Fuente: Propia

Como se puede observar, los costes totales anuales ascienden a un total 376.977,03€ y la inversión total a realizar será de 894.704,34€, estos datos nos servirán para poder comparar los costes de las próximas configuraciones de manera más global.

9.3 Análisis y propuestas de mejora

En esta configuración se ha conseguido reducir la inversión y los costes anuales respecto a la configuración 4 haciendo uso de una solución automática y convencional.

Sin embargo, el coste anual y la inversión que se obtiene es superior al de la tercera iteración por lo que económicamente esta configuración no es rentable para la empresa. El sobrecoste principal de esta solución han sido el uso del miniload. Así que se va a proponer una solución convencional, con medios de manutención más sofisticados que permitan tener almacenados los artículos en estanterías que superen los 2 metros de altura.

10. SEXTA CONFIGURACIÓN

En esta sexta configuración se van a utilizar medios de almacenamiento convencionales y medios de manutención más sofisticados que permitan almacenar los artículos en estanterías que superen los 2 metros de altura. Por ello, se va a utilizar como medio de manutención la carretilla recogepedidos en vez del carro recogepedidos, que permitirá elevar la mercancía hasta los 5,6 metros y así reducir las dimensiones del almacén.

10.1 Perfil de inventario

El perfil de inventario es el mismo que en la configuración 3.

10.2 Medios de almacenamiento

Para los artículos que llegan en palets multireferencia se desembalan y se almacenan en estanterías convencionales para cajas, y los artículos que llegan en palets monoreferencia se almacenan en estanterías convencionales para palets. Se calcula igual que en la configuración 3.

A continuación, se muestran los medios de almacenamiento a utilizar para esta quinta configuración:

Mes	Zona	Medio almacenamiento	N.º ref.	Volumen máximo almacenaje (m ³)
Septiembre	Picking	Estanterías convencionales para palets	26	90,77
		Estanterías convencionales para cajas/unidades	2.038	67,08
Normal	Picking	Estanterías convencionales para palets	17	18,97
		Estanterías convencionales para cajas/unidades	2.047	20,33

Tabla 127: Medios de almacenamiento configuración 6. Fuente: Propia

Septiembre

Tras la realización de los cálculos se obtiene que se necesitan 931,64 metros de balda.

En resumen, esta zona tendrá las siguientes dimensiones:

Estantería convencional para cajas			
Nº alturas	14	Largo zona	11,09
Nº filas	6	Ancho zona	3,60
		Alto zona	5,60
		Superficie	39,93

Tabla 128. Dimensiones estantería para cajas zona de picking septiembre configuración 6. Fuente: Propia

Las estanterías convencionales para paletas serán igual que en la configuración 3.

Normal

Se necesitan 282,30 metros de balda.

Estantería convencional para cajas			
Nº alturas	14	Largo zona	3,36
Nº filas	6	Ancho zona	3,60
		Alto zona	5,60
		Superficie	12,10

Tabla 129: Dimensiones estantería para cajas zona de picking mes normal configuración 6. Fuente: Propia

Las estanterías convencionales para paletas serán igual que en la configuración 3.

10.3 Medios de manutención

En esta tercera configuración se utilizarán medios convencionales y se va a utilizar apilador eléctrico y carretilla recogepedidos

- Recepción y descarga de camiones

Estas operaciones se realizan durante la primera parte de la jornada laboral y el formato logístico en el cual los proveedores suministran la mercancía es el palet.

Septiembre

Durante el mes de septiembre se reciben 5,78 m³ diarios, este volumen será la suma de paletas monoreferencia y paletas multireferencia. El volumen que se recibirá de cada formato logístico se ha calculado en la configuración 1.

Por tanto, llegan 10 paletas/día, es decir, harían falta 1 unidades de transpaleta manual. En la Tabla 130 se muestra un resumen.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Apilador eléctrico	0,1 (1)	25	25	2,5

Tabla 130: Medio de manutención recepción y descarga septiembre configuración 6. Fuente: Propia

Mes normal

Durante el mes normal se reciben 0,69 m³ diarios, este volumen será la suma de paletas monoreferencia y paletas multireferencia.

Por tanto, llegan 2 paletas/día, es decir, harían falta 1 unidades de apilador eléctrico. En la Tabla 131 se muestra un resumen.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Apilador eléctrico	0,02 (1)	25	25	0,50

Tabla 131: Medio de manutención recepción y descarga mes normal configuración 6. Fuente: Propia

- Ubicación de referencias en las estanterías:

Esta operación se realiza en la primera parte de la jornada laboral.

Septiembre

Por una parte, todos los palets monoreferencia que se reciben que van directamente a picking y su cantidad es de 5 palets/día, y por tanto, 1,25 palets/hora. En este caso, se requiere de 0,05 unidades de apilador eléctrico, pero como en la tarea anterior “sobran 0,9 unidades”, suficientes para esta tarea, por lo que no hace falta adquirir ninguna nueva unidad.

Por otra parte, para los palets multireferencia, se van a utilizar carretillas recogepedidos con elevación hasta 6 metros. Como ya se ha calculado anteriormente, se tiene que la producción diaria necesaria para cumplir en un plazo de servicio de 2 días es de 1161,11 ldp/día, es decir, 290,28 ldp/h. Si la productividad de la carretilla recogepedidos desde paleta es de 80 ldp/h, haría falta 4 unidades de este.

A continuación, se muestra en Tabla 132 los medios de manutención escogidos:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Apilador eléctrico	0,05 (1)	25	25	1,25
Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carretilla recogepedidos	3,63 (4)	80	320	290,28

Tabla 132: Medio de manutención ubicación de referencias en estanterías septiembre configuración 6.

Fuente: Propia

Por tanto, el apilador eléctrico se comparte con la descarga y la ubicación de palets en picking, con un total de 0,1 uds + 0,05 uds, luego hace falta 1 unidad. Y para ubicar las cajas/unidades en las estanterías para cajas necesitan 4 unidades de carretilla recogepedidos.

Mes normal

Por una parte, todos los palets monoreferencia que se reciben que van directamente a picking y su cantidad es de 1 palet/día, y por tanto, 0,25 palets/hora. En este caso, se requiere de 0,01 unidades de apilador eléctrico, pero como en la tarea anterior “sobran 0,98 unidades”, suficientes para esta tarea, por lo que no hace falta adquirir ninguna nueva unidad.

Por otra parte, para los palets multireferencia, como ya se ha calculado anteriormente, se tiene que la producción diaria necesaria para cumplir en un plazo de servicio de 2 días es de 397,85 ldp/día, es decir, 99,46 ldp/h. Si la productividad de la carretilla recogepedidos es de 80 ldp/h, haría falta 1,24 unidades de carro recogepedidos.

A continuación, se muestra en la Tabla 133 los medios de manutención escogidos:

Medio de manutención	Unidades	Productividad (palets/h.op)	Productividad total (palets/h)	Producción necesaria (palets/h)
Apilador eléctrico	0,01 (1)	25	25	0,25
Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carretilla recogepedidos	1,24 (2)	80	160	99,46

Tabla 133: Medio de manutención ubicación de referencias en estanterías mes normal configuración 6. Fuente: Propia

-Preparación de líneas de pedido

Esta operación se realiza en la segunda parte de la jornada laboral.

Septiembre

Como ya se ha comentado y calculado, se tiene una producción diaria de 1236,03 ldp/día para que el 95% de los pedidos lleguen en 2 días, y el formato será cajas o unidades y se ha supuesto que el tiempo de preparación es el mismo para ambos.

Como la actividad se realiza durante 4 horas, esto equivale 309,01 líneas de pedido por hora. El medio de manutención escogido para el picking desde las estanterías de palets y de cajas es la carretilla recogepedidos, que tiene una productividad de 80ldp/h.

Además, como ya se ha calculado, se sabe que 74,92 ldp/d, es decir, 18,73 ldp/h se realiza el picking sobre paletas situada en la primera altura de las estanterías para paletas, que con una producción de 80ldp/h se requiere 0,23 unidades de carretilla recogepedidos. También se conoce que 1.161,11 ldp/d, es decir, 290,28 ldp/h se realiza desde las estanterías para cajas, que con una producción de 80 ldp/h se requiere de 3,63 unidades de carro recogepedidos.

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carretilla recogepedidos	0,23+3,63 (4)	80	320	309,01

Tabla 134: Medio de manutención preparación de pedidos mes septiembre configuración 6.

Fuente: Propia

Por último, hay que considerar el reabastecimiento de la primera altura de las estanterías para paletas desde la segunda o tercera altura, ya que el picking se hace desde la zona inferior, es igual que en la configuración 5.

Normal

Como ya se ha comentado y calculado, se tiene una producción diaria de 413,90 ldp/día para que el 95% de los pedidos lleguen en 2 días, y el formato será cajas o unidades y se ha supuesto que el tiempo de preparación es el mismo para ambos.

Como la actividad se realiza durante 4 horas, esto equivale 103,47 líneas de pedido por hora. El medio de manutención escogido para el picking desde las estanterías de palets y de cajas es la carretilla recogepedidos, que tiene una productividad de 80 ldp/h.

Además, como ya se ha calculado, se sabe que 16,05 ldp/d, es decir, 4,01 ldp/h se realiza el picking sobre paletas situada en la primera altura de las estanterías para paletas, que con una producción de 80 ldp/h se requiere 0,05 unidades de carretilla recogepedidos. También se conoce que 397,85 ldp/d, es decir, 99,46 ldp/h se realiza desde las estanterías para cajas, que con una producción de 80 ldp/h se requiere de 1,24 unidades de carretilla recogepedidos

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/h.op)	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carretilla recogepedidos	0,05+1,24 (2)	80	260	103,47

Tabla 135: Medio de manutención preparación de pedidos mes normal configuración 6. Fuente:

Propia

-Expedición de pedidos:

Igual que la configuración 3,4 y 5.

De nuevo, se muestra una tabla resumen con todos los medios de manutención necesarios para el correcto funcionamiento de la actividad del almacén:

Septiembre

	Actividad	Medio de manutención	Unidades
Primera parte de la jornada (4h)	Recepción y descarga de camiones	Apilador eléctrico	1
	Ubicación de referencias a las estanterías	Apilador eléctrico	
		Carretilla recogepedidos	4

Segunda parte de la jornada (4h)	Preparación de líneas de pedido	Carretilla recogepedidos	4
	Reabastecimiento zona inferior estantería paletas	Apilador eléctrico	1
	Expedición de pedidos	Apilador eléctrico	

Tabla 136: Resumen medios de manutención según operaciones septiembre configuración 6.

Fuente: Propia

Como los equipos de manutención pueden ser utilizados en ambas partes de la jornada laboral de forma independiente. Por tanto, estrictamente se requiere 4 carretillas recogepedidos y 1 apilador eléctrico. Y para poder manejar todas las máquinas, será necesaria la mano de obra de 5 operarios.

Normal

	Actividad	Medio de manutención	Unidades
Primera parte de la jornada (4h)	Recepción y descarga de camiones	Apilador eléctrico	1
	Ubicación de referencias a las estanterías	Apilador eléctrico	
		Carretilla recogepedidos	2
Segunda parte de la jornada (4h)	Preparación de líneas de pedido	Carretilla recogepedidos	2
	Expedición de pedidos	Apilador eléctrico	1

Tabla 137: Resumen medios de manutención según operaciones mes normal configuración 6.

Fuente: Propia

Como ya se ha comentado, los equipos de manutención son utilizados en ambas partes de la jornada, siendo estos usados en momentos diferentes del día, por lo que pueden ser compartidos. Por tanto, estrictamente se requiere de 2 carretillas recogepedidos y 1 apilador eléctrico. Y para poder manejar todas las máquinas, será necesaria la mano de obra de 2 operarios.

10.4 Dimensionamiento almacén

Una vez se tienen las dimensiones de todas las zonas que van a componer el almacén, se procede a realizar el diseño en planta del almacén. En la siguiente tabla se resume todas las áreas necesarias que incluir y la superficie que ocuparan:

Septiembre	Superficie
Picking	91,93
Recepción y expedición	2,4
Auxiliares (oficinas y aseos)	15
Mes normal	Superficie
Picking	45,90
Recepción y expedición	2,4
Auxiliares (oficinas y aseos)	15

Tabla 138: Dimensiones de las áreas del almacén configuración 6. Fuente: Propia

Como ya se observa que durante los meses normales la ocupación de la zona de picking respecto el mes de septiembre será de un 36,77%.

No obstante, falta incluir los pasillos y así realizar la completa distribución en planta. Las anchuras de dichos pasillos en función de los medios de manutención utilizados se muestran en la Tabla 139:

Medio de manutención	Ancho pasillo (m)
Carretilla recoge pedidos	1,8
Apilador eléctrico	2,7

Tabla 139: Anchos de los pasillos según el medio de manutención configuración 6. Fuente: Propia

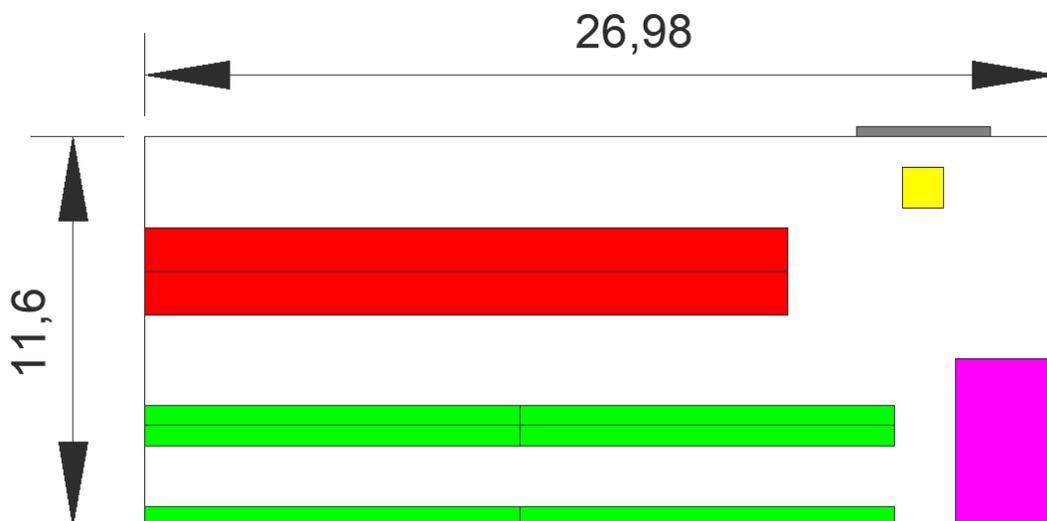


Tabla 140: Diseño almacén configuración 6. Fuente: Propia

Zona	Color	Descripción
Picking	Verde	Estanterías convencionales para cajas
	Rojo	Estanterías convencionales para paletas
Recepción y expedición	Amarillo	Zona para recibir mercancía y enviar pedidos
Auxiliar	Magenta	Oficinas y aseos
Muelles	Gris	Muelles para carga y descarga de camiones

Tabla 141: Zonas del almacén configuración 6. Fuente: Propia

De esta manera disponemos de una configuración visual del almacén, en el que podemos distinguir las distintas zonas, indicadas en la leyenda.

Se pueden apreciar al ancho y largo total del almacén, con lo que finalmente conocemos su superficie final la cual es de 312,97 metros cuadrados, en los que se disponen la totalidad de estanterías, pasillos y espacios necesarios para la sexta configuración.

10.5 Análisis de coste e inversión

Una vez realizados todos los cálculos y la distribución en planta, se procede a calcular económicamente la inversión y los costes que suponen las instalaciones y los recursos que componen la configuración actual de diseño.

Como ya se sabe, las inversiones son estimadas para cada tipo de recurso y los costes anuales que estos suponen se calculan usando el DFC, el cual depende de la vida útil de cada medio. Con ello, resultan los costes que se muestran desglosados a continuación.

- Instalación, equipamientos y servicios

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Superficie de la nave (m ²)	312,968	340	106409,12	20	5,101	20.860,44
Servicios generales (m ²)	312,968	30	9389,04	20	5,101	1.840,63
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	1,00	350.000,00	350.000,00	5,00	3,06	114.453,89

Tabla 142: Costes de instalación, equipamientos y servicios generales configuración 6. Fuente: Propia

- Medios de almacenamiento

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Estanterías convencionales de cajas	931,64	30	27.949,34	10	4,339	6.441,42
Estanterías convencionales de paletas	120,00	20,00	2.400,00	10,00	4,34	553,12

Tabla 143: Costes medios de almacenamiento configuración 6. Fuente: Propia

- Medios de manutención:

Concepto	Uds.	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Carretilla recogepedidos	4	40000,00	160000	10	4,34	36.874,86
Apilador	1	12.000,00	12.000,00	10,00	4,34	2.765,61

Tabla 144: Costes medios de manutención configuración 6. Fuente: Propia

- Costes de personal:

Cargo	Unidades	Sueldo anual (€/persona)	Total (€)
Jefe almacén	1	30.000	30.000

Administrativo	1	20.000	20.000
Almacenero	2	18.000	36.000

Tabla 145: Costes de personal configuración 6. Fuente: Propia

Tanto para el mes de septiembre como el normal se requieren 3 operarios más que suponen un coste de 4.500 euros.

- Mantenimiento y energía:

Concepto	Precio (€)	Coste anual (€)
Equipamiento móvil	10% inversión	17.200,00
Edificios e instalaciones	1% inversión	1.157,98
Gasto energético	45€/m ² de almacén	14.083,56

Tabla 146: Costes de mantenimiento y energía configuración 6. Fuente: Propia

A continuación, se muestra este cuadro en el cual se reflejan los costes anuales totales y la inversión realizada:

Coste total anual (€)	306.731,52
Inversión total (€)	668.147,50

Tabla 147: Costes e inversión total configuración 6. Fuente: Propia

Como se puede observar, los costes totales anuales ascienden a un total 306.731,52€ y la inversión total a realizar será de 668.147,50€.

11. ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO

Tras la realización de las distintas configuraciones de diseño del almacén, en las que se ha hecho una selección de los medios de almacenamiento y de manutención, englobando en cada una de ellas su modelo de funcionamiento correspondiente del almacén, se procede al análisis económico-financiero de todas ellas para escoger la que más convenga, optando por la que mayores beneficios de forma económica aporte a la empresa.

A continuación, en la Tabla 148 se muestran los resultados de costes e inversión obtenidos anteriormente en cada configuración:

Configuración	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	Seis
Costes anuales (€)	286.153,92	280.443,72	277.700,84	431.540,84	376.977,03	306.731,52
Inversión (€)	605.964,60	589.072,69	580.772,69	1.046.440,90	894.704,34	668.147,50

Tabla 148: Costes anuales e inversión de las 6 configuraciones. Fuente: propia

También, con los mismos datos, se ha creado un gráfico en el que se puede interpretar visualmente y realizar una comparativa mejor entre las seis opciones distintas.

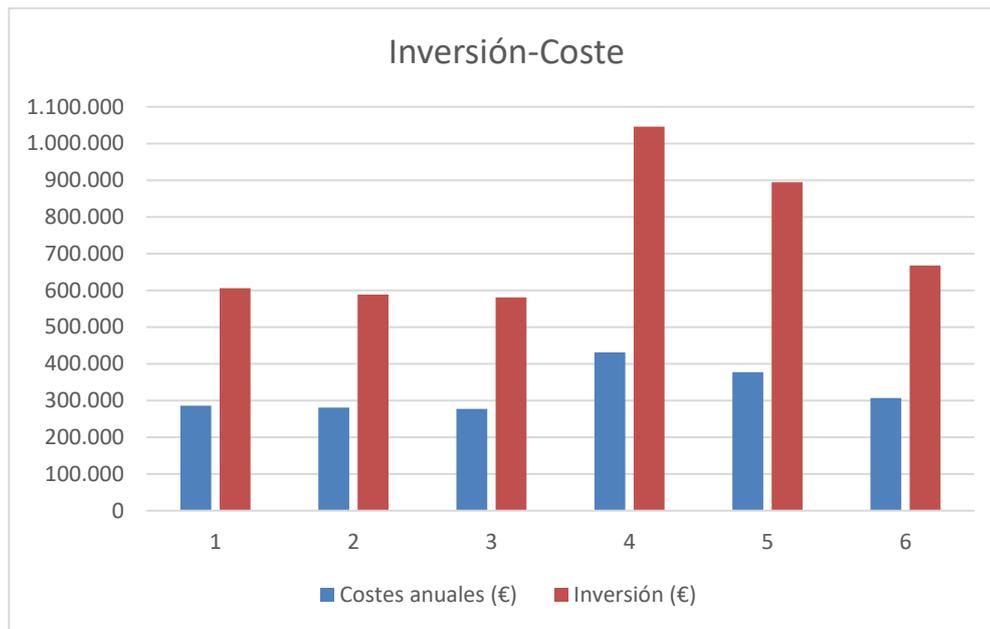


Ilustración 12: Comparativa entre las 6 configuraciones. Fuente: Propia

En la primera iteración se realizó un diseño lo más convencional posible, pero el almacén obtenido era poco funcional ya que había movimientos de mercancía innecesarios. En la segunda iteración se utilizaron también medios convencionales, pero intentando mejorar la funcionalidad del almacén y se consiguió reducir la inversión y el coste respecto la primera configuración. En la tercera configuración también se utilizaron medios convencionales que se adaptaran más a las necesidades del almacén y se consiguió reducir aún más la inversión y el coste.

Tras estas soluciones convencionales, en las iteraciones cuatro y cinco se utilizan medios automatizados junto con medios convencionales, pero estos exigen unas inversiones a realizar muy elevadas para la empresa, por lo que se descartan estas opciones, ya que en estas se utilizan medios automatizados y para el tipo de actividad del almacén que se tiene no es conveniente el uso de estos.

Finalmente, en la última iteración se buscó utilizar medios convencionales más sofisticados para poder elevar la mercancía y hacer el picking desde una altura mayor, pero el resultado es una inversión y costes mayores que la configuración tres. Luego, la mejor opción es la tercera, que utiliza medios convencionales, pero con medios de manutención que permiten elevar paletas y hacer el picking desde una altura no superior a 2 metros.



12. PROCEDIMIENTOS PRINCIPALES DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Tras elegir el diseño definitivo, se procede a describir las actividades que se realizan en almacén de forma ordenada, es decir, de principio a fin de su actividad en un día. Como se lleva comentando durante todo el diseño, la jornada laboral se divide en dos partes diferenciadas, que tienen una duración de 4 horas cada una. Cada parte se va a describir de forma independiente.

Durante la primera parte de la jornada, se realizan las siguientes operaciones:

1. Cuando el camión llega al muelle de descarga, un operario va con el apilador eléctrico y realiza la descarga de la mercancía que viene en el formato logístico de palets.
2. La mercancía se deja en la zona de recepción/expedición y se comprueba que los productos que han llegado son los que se han pedido y están todo en perfectas condiciones. Por el contrario, se contacta con el proveedor para notificar la incidencia y solucionarla.
3. Si está todo correcto, se diferencia entre los palets monoreferencia y los multireferencia. En el primer caso, con el apilador eléctrico se procede a la ubicación de los palets en la estantería convencional para palets. En el segundo caso, se desembalan los palets multireferencia para depositar las cajas o unidades en la estantería convencional para cajas.
4. Se comprueba si es necesario reponer los palets desde las alturas superiores de las estanterías a la altura inferior de estas. En caso afirmativo, con el apilador eléctrico se colocan en la fila inferior de la estantería.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo, representando todos los procesos mencionados.

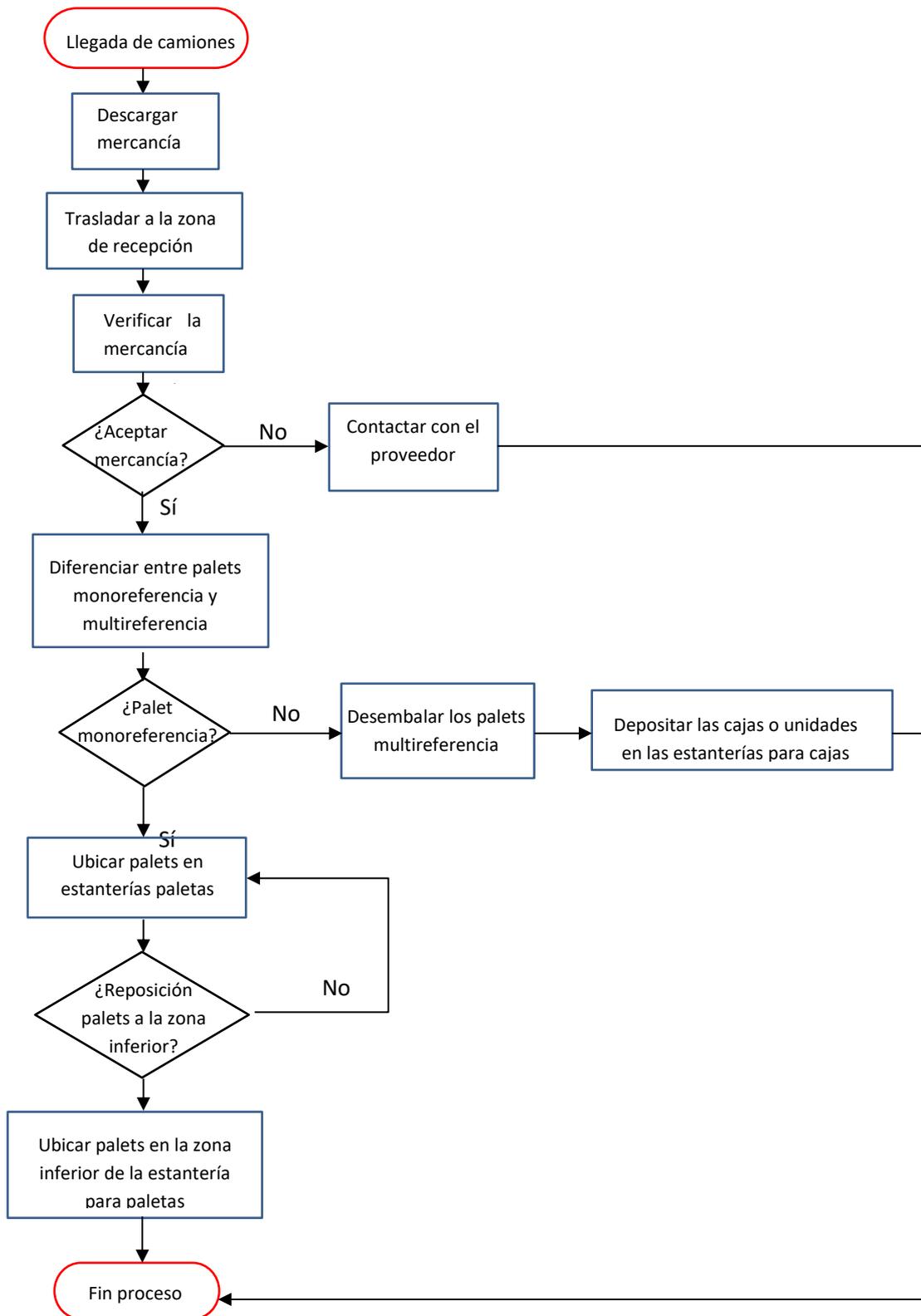


Ilustración 13: Diagrama de flujo para los procesos de la primera parte de la jornada. Fuente: Propia



Una vez finalizada la primera parte de la jornada, ya se tiene todo el stock depositado en las estanterías correspondientes. Con ello, se continúa con la segunda parte de la jornada, que consta de las siguientes actividades.

1. Se realiza la preparación de pedidos con la ayuda de los carros recogepedidos. Esta actividad consiste en la documentación de los pedidos, la localización, identificación, conteo y recogida de los productos.
2. Los artículos recogidos se depositan en la zona de recepción/expedición. Se agrupan las líneas de pedido y, una vez se ha completado un pedido, se embalan los pedidos y se forman los palets que se llevará a las instalaciones de la empresa de transporte correspondiente.
3. Tras tener los palets formados, se procede a la carga de las furgonetas mediante el apilador eléctrico. Mientras no se realice la carga de las furgonetas, se van realizando cualquiera de las tareas anteriores.
4. Por último, cuando se llena una furgoneta, estas van a las correspondientes instalaciones de las empresas de reparto.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo, representando todos los procesos mencionados.

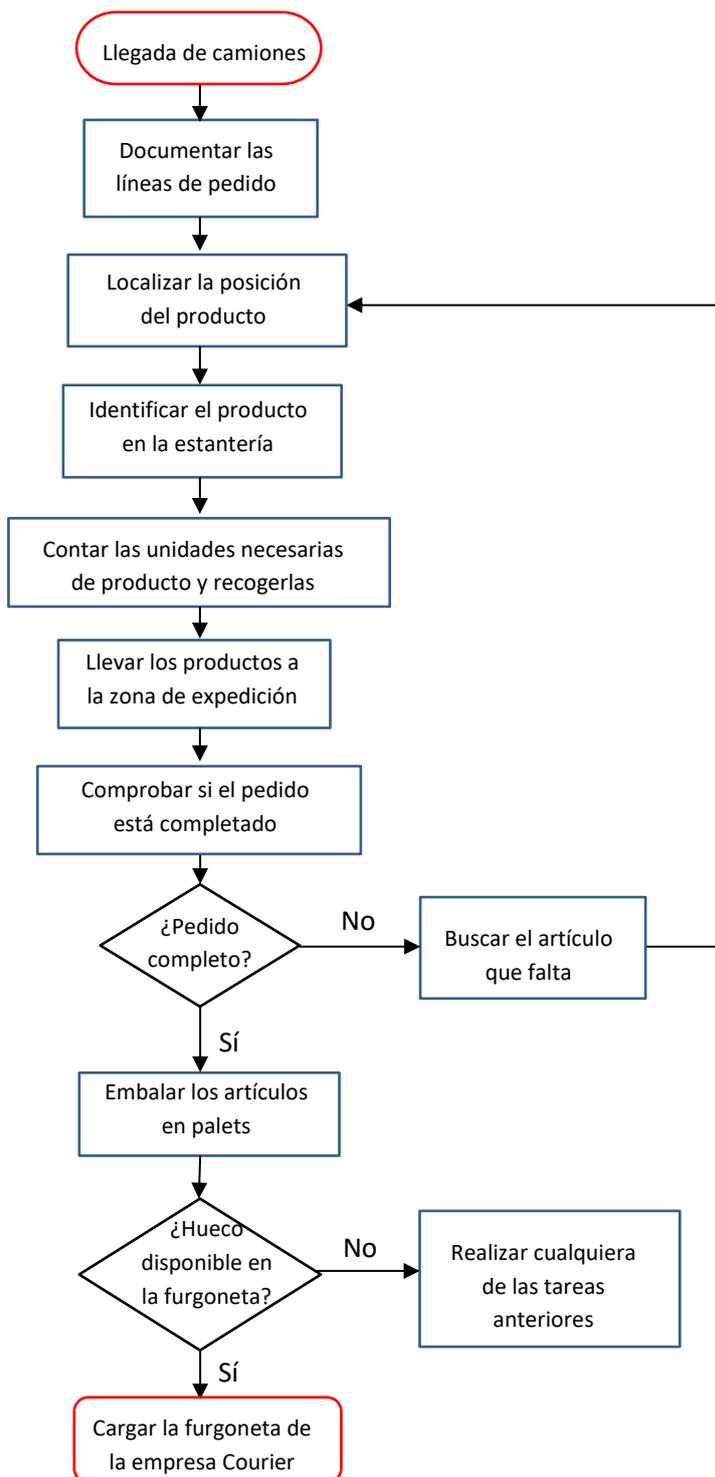


Ilustración 14: Diagrama de flujo para los procesos de la primera parte de la jornada. Fuente: Propia



13. CONCLUSIONES

Finalmente, se procede a realizar una breve recopilación de las partes más importantes del diseño del almacén.

Para obtener una solución adecuada se ha seguido una metodología iterativa, se ha determinado una serie de configuraciones alternando los medios de almacenamiento, los medios de manutención, distinta ubicación de los elementos, etc, con la finalidad de obtener varias alternativas para posteriormente elegir aquel diseño que resultase más rentable para la empresa y que cumpla con los requisitos. En total, se han realizado 6 configuraciones.

En la primera configuración, se ha realizado un diseño lo más convencional posible para llegar a una solución muy simple, pero con un resultado aceptable en comparación a otras configuraciones.

En la segunda configuración, también se han utilizado medios convencionales no tan simples, lo que ofrece un ahorro considerable en la superficie de la nave. La tercera configuración difiere únicamente de la segunda configuración en los medios de manutención utilizados, y se consigue una pequeña reducción de los costes y de la inversión, esta es la configuración elegida.

En la cuarta configuración, se utilizan medios de almacenamiento automáticos para almacenar toda la mercancía que llega en formato palet multireferencia. Con esto se consigue una reducción de la superficie del almacén y de costes de personal. Sin embargo, la automatización requiere de una inversión muy elevada.

En la quinta configuración, se intenta reducir el número de medios de almacenamiento automáticos, junto con el uso de medios convencionales. Con ello, la inversión es menor a la configuración cuatro, pero continúa siendo elevada respecto a las otras.

Por último, en la sexta configuración se usan medios convencionales más sofisticados que permiten elevar los artículos a más de 2 metros para poder hacer el picking. Con esta configuración se reduce la superficie respecto la configuración tres, pero la inversión y los costes son mayores.

Como bien se ha comentado antes, la opción escogida es la tercera. Los medios de almacenamiento son estanterías convencionales de paletas y de cajas y los medios de manutención son el apilador eléctrico para trabajar con los palets y el carro recogepedidos para trabajar con las cajas o unidades.

Mi valoración personal sobre la realización del presente Trabajo Fin de Máster ha resultado positiva por todos los conocimientos que he ido adquiriendo durante su desarrollo, ya que se trata de un proyecto que elegí porqué me parecía interesante y quería relacionarlo de alguna forma en el ámbito donde trabajo. Sinceramente, al principio me costó bastante situarme y entender de forma global el trabajo. No obstante, poco a poco y con los consejos de mi tutor he ido conociendo las metodologías a seguir hasta realizar los seis diseños.

Por último, cabe mencionar que se han logrado plenamente los objetivos establecidos al comienzo del trabajo. De esta manera, se ha logrado el objetivo principal del trabajo que



consistía en generar diversas opciones de diseño y aplicar varias metodologías de desarrollo y evaluación aprendidas durante el estudio de la especialidad de organización.

En cuanto a posibles líneas de trabajo futuro, se considera relevante estudiar la eliminación de los costes de envío que muchas empresas Courier imponen a sus clientes. Actualmente, estos cargos son necesarios para que los pedidos sean rentables debido a los altos costos operativos. Sin embargo, muchos clientes consideran este coste como un inconveniente que afecta su consumo. Por lo tanto, resultaría interesante investigar si la disminución de los costes de mano de obra y el aumento de la productividad del sistema permitirían ofrecer envíos gratuitos sin importar el monto de la compra, y al mismo tiempo ser rentables.

14. BIBLIOGRAFÍA

- Cardós Carboneras, M., 2022. *1 Conceptos basicos de gestion de existencias*. [En línea]
Available at:
https://poliformat.upv.es/access/lessonbuilder/item/7814021/group/ESP_0_2874/Almacenes/Varios/1%20Conceptos%20basicos%20de%20gestion%20de%20existencias.pdf
- Cardós Carboneras, M., 2022. *2 Articulos con demanda constante*. [En línea]
Available at:
https://poliformat.upv.es/access/lessonbuilder/item/7814022/group/ESP_0_2874/Almacenes/Varios/2%20articulos%20con%20demanda%20constante.pdf
- Cardós Carboneras, M., 2022. *3. Artículos con demanda variable*. [En línea]
Available at:
https://poliformat.upv.es/access/content/group/ESP_0_2874/Almacenes/Varios/3%20articulo%20con%20demanda%20variable.pdf
- Cardós Carboneras, M., 2022. *Cap 1 Introduccion*. [En línea]
Available at:
https://poliformat.upv.es/access/lessonbuilder/item/7813938/group/ESP_0_2874/Almacenes/Transparencias/Cap%201%20Introduccion.pdf
- Cardós Carboneras, M., 2022. *Cap 4 Medios de Almacenamiento*. [En línea]
Available at:
https://poliformat.upv.es/access/lessonbuilder/item/7813965/group/ESP_0_2874/Almacenes/Transparencias/Cap%204%20Medios%20de%20Almacenamiento.pdf
- Cardós Carboneras, M., 2022. *Cap 6 Modelo de Funcionamiento*. [En línea]
Available at:
https://poliformat.upv.es/access/lessonbuilder/item/7813980/group/ESP_0_2874/Almacenes/Transparencias/Cap%206%20Modelo%20de%20Funcionamiento.pdf
- Cardós Carboneras, M. C., 2022. *Cap 5 Medios de Manutencion*. [En línea]
Available at:
https://poliformat.upv.es/access/lessonbuilder/item/7813976/group/ESP_0_2874/Almacenes/Transparencias/Cap%205%20Medios%20de%20Manutencion.pdf
- Chaffey, D., 2014. *Marketing digital: estrategia, implementacion y practica*. s.l.:Pearson.
- CNMC, 2022. *El comercio electrónico supera en España los 15.600 millones de euros en el primer trimestre de 2022, un 25,3% más que el año anterior*. [En línea]
Available at: <https://www.cnmc.es/prensa/ecommerce-i-trimestre-2022-cnmc-20221007>
- García Sabater, J. P., 2020. *Diseño de sistemas de almacén*, s.l.: ROGLE.
- Martín, P., 2018. *Teletrabajo y comercio electrónico*. s.l.:Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Mecalux, 2022. *Gestión de almacenes*. [En línea]
Available at: <https://www.mecalux.es/manual-almacen/almacen/gestion-de-almacenes>



OMC, 2022. *Un informe de la OMC examina el papel del comercio electrónico durante la pandemia de COVID-19.* [En línea]

Available at: https://www.wto.org/spanish/news_s/news20_s/rese_04may20_s.htm

ONTSI, 2022. *Indicadores de Comercio Electronico.* [En línea]

Available at: <https://www.ontsi.es/es/indicadores/Empresas/Comercio-Electronico>

PWC, 2021. *Global Consumer Insights Pulse Survey.* [En línea]

Available at: <https://www.pwc.es/es/retail-consumo/assets/global-consumer-insighs-survey-spain-pwc.pdf>

SimpliRoute, 2022. *SimpliRoute.* [En línea]

Available at: <https://simpliroute.com/es/blog/courier-que-es-y-como-elegir-el-mejor-para-tu-empresa>

Somalo Peciña, I., 2017. *El comercio electrónico: Una guía completa para gestionar la venta online.* s.l.:ESIC Editorial.