

Treball de Fi de Màster

## **Màster universitari en Enginyeria Industrial**

**Anàlisi de la situació actual d'una empresa amb  
lliurament directe de proveïdor a client i disseny i  
avaluació d'un nou escenari amb magatzems propis**

### **MEMÒRIA**

**Autora:** Laia Martínez Sánchez  
**Directora:** Amaia Lusa Garcia  
**Convocatòria:** Gener 2022



**Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Industrial de Barcelona**





## Resum

Les empreses tenen molta dependència sobre la cadena de subministrament, de manera que és indispensable que aquesta estigui correctament dissenyada en funció de les necessitats, per tal d'assegurar un bon comportament i eficàcia en els lliuraments.

El treball es centra en una empresa productora i distribuïdora principalment d'adhesius que actualment treballa amb un conjunt de proveïdors. Per aquest estudi només es tindrà en compte aquells que fan lliuraments directes als clients en la major part del seu volum. Aquest tipus d'entrega causa problemes que deriven d'errors logístics o d'etiquetatge per part del proveïdor, que no estan a l'abast ni al control de la pròpia empresa, de manera que cal actuar per millorar aquest aspecte.

L'estudi planteja l'anàlisi de l'estratègia actual que té l'empresa amb aquests i el lliurament a client, per tal d'avaluar la situació actual i entendre el seu funcionament. D'aquesta manera, es vol plantejar, configurar i avaluar un nou escenari amb lliurament als clients mitjançant magatzems propis, en els que els proveïdors lliurarien el producte abans de passar a mans del client.

Al llarg del treball, el nom de l'empresa no serà citat per mantenir la confidencialitat de l'estudi. A més a més, no es compartirà el nom dels proveïdors i clients, així com algunes de les dades extretes de la base de dades, ja que són confidencials i cal mantenir el compromís amb l'empresa.



## Agraïments

M'agradaria primer de tot expressar el meu agraïment a Amaia Lusa, directora d'aquest treball de fi de màster. Agrair tota l'ajuda rebuda i l'orientació donada al transcurs d'aquesta etapa per a poder realitzar aquest projecte.

Donar també les gràcies a familiars i amics pel suport rebut durant aquest període, gràcies als quals he pogut tirar endavant i superar alguns moments difícils. També agrair l'ajuda rebuda per part de companys de l'escola en dubtes que m'han sorgit del treball, sobre conceptes i eines utilitzades.

Finalment, agrair a l'empresa l'oportunitat de poder analitzar una situació real a partir de dades extretes de la mateixa, de manera que m'ha permès aplicar els coneixements adquirits al llarg dels estudis.



# Sumari

<b>RESUM</b>	<b>3</b>
<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>5</b>
<b>SUMARI</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDIX DE FIGURES</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDIX DE TAULES</b>	<b>10</b>
<b>1. GLOSSARI</b>	<b>13</b>
<b>2. PREFACI</b>	<b>14</b>
2.1. Origen del projecte.....	14
2.2. Motivació.....	14
2.3. Requeriments previs.....	15
<b>3. INTRODUCCIÓ</b>	<b>16</b>
3.1. Objectius del projecte.....	16
3.2. Metodologia.....	16
3.3. Abast del projecte.....	16
<b>4. ESTAT DE L'ART</b>	<b>18</b>
4.1. Història de l'empresa.....	18
4.1.1. El seu objectiu.....	19
4.1.2. Els seus valors.....	19
4.2. Anàlisi DAFO de l'empresa.....	20
4.3. Dimensió de l'empresa.....	22
4.4. Cadena de subministrament.....	23
4.4.1. Principals parts involucrades.....	24
4.4.2. Planificació de la demanda.....	25
4.4.3. Distribució del producte.....	25
4.4.4. Lliurament del producte.....	27
4.4.5. Els Incoterms.....	29
<b>5. ANÀLISI DE LA SITUACIÓ INICIAL</b>	<b>31</b>
5.1. Els proveïdors i el tipus de lliurament.....	31
5.2. Els clients que cal satisfer.....	33
5.3. Nivell dels indicadors de l'empresa.....	36
<b>6. PROPOSTA D'UNA SOLUCIÓ</b>	<b>39</b>
<b>7. DISSENY I ANÀLISI D'UN NOU ESCENARI</b>	<b>42</b>

7.1.	Eines d'ajuda a la presa de decisions.....	42
7.2.	Definició del problema i objectiu .....	43
7.3.	Plantejament del programa matemàtic .....	43
7.3.1.	Índex .....	43
7.3.2.	Dades.....	44
7.3.3.	Variables .....	44
7.3.4.	Funció objectiu: .....	44
7.3.5.	Restriccions:.....	45
7.4.	Implementació del model IBM CPLEX.....	46
7.4.1.	Dades d'entrada del model .....	47
7.4.2.	Detalls del model.....	54
7.4.3.	Dades de sortida del model.....	56
7.5.	Anàlisi de la solució del model .....	58
7.5.1.	Anàlisi de l'escenari.....	58
7.5.2.	Anàlisi dels costos.....	60
7.5.3.	Comparativa respecte a la situació inicial.....	61
7.6.	Anàlisi de sensibilitat.....	63
7.6.1.	Escenaris amb variació de la demanda .....	64
7.6.2.	Escenaris amb variació del cost del terreny .....	65
7.6.3.	Escenaris amb variació del nombre de clients .....	66
7.6.4.	Conclusions .....	67
<b>8.</b>	<b>IMPACTE AMBIENTAL .....</b>	<b>68</b>
8.1.	Implementació dels magatzems .....	68
8.2.	Emissions de CO <sub>2</sub> .....	69
8.2.1.	Comparativa segons la capacitat del camió utilitzat .....	70
8.2.2.	Comparativa amb la situació inicial .....	71
<b>9.</b>	<b>PROPOSTA FINAL I PROCÉS D'IMPLEMENTACIÓ .....</b>	<b>72</b>
<b>10.</b>	<b>PLANIFICACIÓ .....</b>	<b>75</b>
<b>11.</b>	<b>COST ASSOCIAT A L'ELABORACIÓ DEL TREBALL .....</b>	<b>77</b>
	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>79</b>
	<b>REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES .....</b>	<b>81</b>



## Índex de figures

Figura 1. Distribució dels magatzems actuals de l'empresa (Font: Elaboració pròpia)....	22
Figura 2. Esquema dels participants de la cadena (Font: Elaboració pròpia).....	24
Figura 3. Esquema dels tipus de distribució (Font: Elaboració pròpia).....	26
Figura 4. Termes bàsics dels Incoterms 2020 (Font: [5]).....	30
Figura 5. Mapa de la ubicació actual dels proveïdors (Font: Elaboració pròpia).....	32
Figura 6. Mapa de la ubicació actual dels clients (Font: Elaboració pròpia).....	34
Figura 7. Mapa ampliat de la ubicació actual dels clients (Font: Elaboració pròpia).....	35
Figura 8. Gràfic dels resultats de l'any 2021 (Font: Interna).....	37
Figura 9. Flux del producte situació inicial (Font: Elaboració pròpia).....	39
Figura 10. Flux del producte nou escenari (Font: Elaboració pròpia).....	41
Figura 11. Estructura bàsica del flux de la implementació (Font: Elaboració pròpia).....	46
Figura 12. Demanda dels clients en els últims tres anys (Font: Elaboració pròpia).....	47
Figura 13. Distribució del magatzem (Font: [12]).....	50
Figura 14. Implementació del model arxiu .dat (Font: Elaboració pròpia).....	54
Figura 15. Implementació del model arxiu .mod (Font: Elaboració pròpia).....	55
Figura 16. Implementació del model arxiu .ops (Font: Elaboració pròpia).....	56
Figura 17. Mapa amb els magatzems i la distribució (Font: Elaboració pròpia).....	59
Figura 18. Beneficis segons la importància i la finalitat (Font: Extret de [17]).....	63
Figura 19. Emissions a Catalunya per sector (Font: [20]).....	69
Figura 20. Distribució de la demanda de cada magatzem (Font: Elaboració pròpia).....	72
Figura 21. Diagrama de Gantt del projecte (Font: Elaboració pròpia).....	76

## Índex de taules

Taula 1. Comparativa dels dos tipus de lliurament (Font: Elaboració pròpia) .....	28
Taula 2. Distribució dels productes segons proveïdor (Font: Elaboració pròpia) .....	32
Taula 3. Distribució del nombre de clients segons localització (Font: Elaboració pròpia) .....	35
Taula 4. Distribució del nombre de clients segons la demanda (Font: Elaboració pròpia) .....	36
Taula 5. Valor objectiu dels KPI (Font: Elaboració pròpia).....	36
Taula 6. Previsió de la demanda per als clients (Font: Elaboració pròpia) .....	48
Taula 7. Distribució dels clients segons la demanda (Font: Elaboració pròpia) .....	48
Taula 8. Demanda i àrea de cada client (Font: Elaboració pròpia) .....	49
Taula 9. Possibles ubicacions de magatzems (Font: Elaboració pròpia).....	49
Taula 10. Costos d'ocupació de terrenys segons la ubicació (Font: Elaboració pròpia) ..	50
Taula 11. Superfície d'ocupació de cada client (Font: Elaboració pròpia) .....	51
Taula 12. Nombre màxim de magatzems i capacitats (Font: Elaboració pròpia).....	52
Taula 13. Matriu de distàncies entre client i magatzem (Font: Elaboració pròpia).....	52
Taula 14. Característiques dels primers 10 clients (Font: Elaboració pròpia).....	53
Taula 15. Solució de la variable $X_{ck}$ (Font: Elaboració pròpia).....	57
Taula 16. Solució de la variable $Y_k$ (Font: Elaboració pròpia) .....	57
Taula 17. Selecció del magatzem per als clients (Font: Elaboració pròpia).....	58
Taula 18. Solució òptima d'obertura de magatzems (Font: Elaboració pròpia).....	59
Taula 19. Costos dels magatzems (Font: Elaboració pròpia) .....	60
Taula 20. Costos del transport (Font: Elaboració pròpia) .....	60
Taula 21. Costos de la solució òptima (Font: Elaboració pròpia).....	61
Taula 22. Comparativa de les diferents solucions (Font: Elaboració pròpia) .....	61

---

Taula 23. Comparativa de costos dos escenaris (Font: Elaboració pròpia).....	62
Taula 24. Comparativa de costos dos escenaris (Font: Elaboració pròpia).....	62
Taula 25. Comparativa dels escenaris 1-4 amb el cas base (Font: Elaboració pròpia) ...	64
Taula 26. Comparativa dels escenaris 5-6 amb el cas base (Font: Elaboració pròpia) ...	65
Taula 27. Comparativa dels escenaris 7-8 amb el cas base (Font: Elaboració pròpia) ...	67
Taula 28. Conversió dels km per CO2 emès (Font: Adaptació de [21]).....	70
Taula 29. Emissions segons el tipus de camió (Font: Elaboració pròpia).....	70
Taula 30. Emissions de CO2 dels dos escenaris (Font: Elaboració pròpia) .....	71
Taula 31. Resum de les característiques del nou escenari (Font: Elaboració pròpia) .....	73
Taula 32. Descripció de les diferents fases del projecte (Font: Elaboració pròpia).....	75
Taula 33. Cost associat a les hores de dedicació (Font: Elaboració pròpia).....	77
Taula 34. Cost associat a les llicències (Font: Elaboració pròpia) .....	78
Taula 35. Cost d'amortització de l'ordinador (Font: Elaboració pròpia).....	78
Taula 36. Cost associat al projecte (Font: Elaboració pròpia).....	78



# 1. Glossari

**DAFO** (*Debilitats, Amenaces, Fortaleses i Oportunitats*): Eina d'estudi que es fa servir per les empreses en situacions de canvis o reestructuracions.

**ECSL** (*End Customer Service Level*): Nivell de servei al client final. Indicador que s'utilitza per a mostrar si un producte s'ha lliurat en el termini establert amb el client.

**Incoterm**: Regla que té com a objectiu establir un criteri sobre la distribució de mercaderies per totes les parts involucrades.

**KPI** (*Key Performance Indicator*): Indicador clau de rendiment. Mostra el progrés d'un procés, per tal de quantificar el grau de compliment d'aquest. Així doncs, és una mesura de l'eficiència i el rendiment de l'empresa.

**Lead Time**: Temps d'entrega. Fa referència al temps que hi ha des que es genera una ordre de comanda i l'entrega del producte al client.

**MTO** (*Make To Order*): Fabricació sota comanda. Sistema de fabricació on es produeix un article sota comanda de client.

**MTS** (*Make To Stock*): Fabricació per estoc. Sistema de fabricació on es produeix un article segons la demanda esperada.

**PA** (*Product Availability*): Disponibilitat del producte. Indicador que s'utilitza per mostrar si un producte estava disponible en el magatzem per ser enviat al client.

**Safety Stock**: Estoc de seguretat. Inventari extra que una empresa ha de tenir al magatzem per tal de fer front a imprevistos relacionats amb variacions de demanda o retards en les entregues del proveïdor.

**Supply Chain**: Cadena de subministrament. Sistema d'activitats on es desenvolupen processos de flux de matèria i d'informació per fer arribar un producte o servei a un consumidor final.

**Target**: Objectiu. Valor d'un paràmetre que cal assolir per tal d'obtenir l'eficiència i el rendiment esperat.

## 2. Prefaci

### 2.1. Origen del projecte

Avui en dia la cadena de subministrament té un pes molt important sobre l'eficiència de moltes empreses quant a la distribució dels seus productes. A més a més, amb la Indústria 4.0 són moltes les empreses que busquen una digitalització i optimització dels processos, de manera que és necessari l'adaptació en alguns aspectes. Així doncs, existeix la possibilitat de millorar el flux de comunicació i la qualitat d'aquesta, per tal de millorar les diferents etapes i aconseguir una bona gestió dels processos.

Aquest projecte es realitza amb les dades i la situació actual d'una empresa, de manera que es vol millorar la distribució d'alguns productes i guanyar control en aquest procés.

En els darrers mesos, cal destacar la poca intervenció en el procés d'entrega d'alguns productes per part de l'empresa, a causa del lliurament per part dels proveïdors a clients de l'empresa, el qual provoca una incertesa sobre errors i detalls que poden sorgir al llarg del procés. Al tractar-se d'una empresa manufacturera gran, es planteja treballar amb uns proveïdors que entreguin prèviament a un magatzem propi, per tal de poder evitar possibles errors en els lliuraments a clients.

És per això, que pel correcte desenvolupament d'aquest projecte, es considera que es treballa per la pròpia empresa del sector de la indústria manufacturera que opera amb diferents proveïdors, alguns dels quals efectuen lliurament directe als clients. D'aquesta manera, cal elaborar una anàlisi detallada, per tal de fer un projecte vàlid per una futura implementació de l'escenari proposat.

### 2.2. Motivació

A l'escollir aquest projecte, es buscava un tema que estigués relacionat amb l'especialitat d'organització, ja que al final és l'àmbit escollit per créixer tant personalment com professionalment.

En un principi, la intenció era buscar un tema dins dels proposats pel Departament d'Organització d'Empreses de l'ETSEIB, que estigués relacionat amb la cadena de subministrament, per tal de profunditzar els coneixements en aquest sector en concret.

Tot i això, va sorgir l'oportunitat de fer el treball sobre un tema de l'empresa on s'ha realitzat les pràctiques, de manera que es va pensar que aquesta opció tindria més lligam i motivació personal, al formar part directament sobre el que s'està vivint dia a dia a l'empresa.

Concretament, es treballa en el departament de *Supply Chain*, on s'està en constant contacte amb tot el que contempla la cadena de subministrament, de manera que es va pensar en un projecte que pogués suposar una millora d'alguns dels processos amb els quals es treballava.

Així doncs, el projecte escollit és l'anàlisi de la situació actual de l'empresa pel que fa al lliurament directe de proveïdor a client, per un posterior disseny i avaluació d'un escenari amb magatzems propis.

### **2.3. Requeriments previs**

Aquest treball consta de diversos conceptes que s'han tractat en les assignatures del Departament d'Organització d'Empreses de la universitat. A més a més de la base teòrica, en aquest cas s'aplica les eines estudiades a l'assignatura de Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial, ja que gràcies a aquesta es té el coneixement previ sobre l'aplicació de models d'optimització a la presa de decisions.

Addicionalment, el fet de treballar a la pròpia empresa d'on s'ha extret l'escenari i el problema plantejat, fa que es tingui una visió realista i detallada de la situació, i de les possibles millores que pot haver-hi.

## **3. Introducció**

### **3.1. Objectius del projecte**

El principal objectiu d'aquest projecte és proposar el disseny d'un nou escenari per a una empresa que actualment fa entrega directa de proveïdor a client en una sèrie de productes, per tal de millorar aquesta distribució.

Amb aquest escenari, es busca una millora en l'indicador de rendiment que fa referència al nivell de servei al client, per tal que aquest assoleixi els propòsits marcats per l'empresa. D'aquesta manera, es vol assegurar en els majors casos possibles, que el client rebi la comanda en el termini establert i desitjat.

### **3.2. Metodologia**

Primer de tot, és necessari valorar la importància de la cadena de subministrament i les diferents parts i processos que la configuren, per tal de conèixer quines opcions hi ha i quina encaixa més amb la situació desitjada.

D'aquesta manera, cal fer prèviament un estudi de la situació actual amb els diferents proveïdors que entreguen directament a client, per tal de poder analitzar i estudiar la dinàmica d'aquestes entregues.

Un cop estudiada la situació, es valora un nou escenari a partir de l'ús de magatzems propis de l'empresa, per tal de rebre prèviament el material abans de ser entregat a client, podent passar així un procés d'anàlisi i assegurar una bona gestió i control.

Per implementar el nou escenari es dissenya un model matemàtic que s'executarà a través de la implementació del software IBM ILOG OPL CPLEX, que permetrà trobar la solució òptima del model.

Amb aquesta solució es fa una anàlisi del nou escenari obtingut i es valora l'impacte ambiental que aquest pugui tenir, ja que aquest ha de ser el mínim possible o intentar reduir-lo al màxim.

### **3.3. Abast del projecte**

El projecte es centra en l'anàlisi de proveïdors externs, que efectuen lliuraments directes als clients en la categoria dels adhesius, els quals a més a més, també realitzen lliuraments a magatzems propis.



Concretament, l'estudi es realitza sobre un grup de proveïdors que proporcionen peces modelades, productes que provenen de l'ompliment d'un motlle amb un material líquid que s'endureix adaptant la seva forma. Aquestes peces són adquirides majoritàriament per clients que es troben en el sector de l'automoció, de manera que un retard en el lliurament, podria arribar a provocar una parada en la producció de les plantes.

Es vol optimitzar la situació inicial quant als lliuraments directes a clients, a través de l'anàlisi de la situació actual i la implementació d'un escenari enfocat a cinc anys. D'aquesta manera, es considera una previsió de la demanda per d'aquí a cinc anys, a partir de la demanda que s'ha tingut durant els últims tres anys en els productes estudiats.

Els productes que provenen dels proveïdors estudiats són enviats arreu del món, però s'estudia aquells clients que tenen una major demanda, situats a Europa.

D'aquesta manera, el projecte no té en compte el procés productiu per part dels proveïdors, ni tampoc els clients de poca demanda. A més a més, es fa una proposta d'un nou escenari, juntament amb els passos per implementar-lo, però no es posa en pràctica aquest escenari ni s'aprofundeix en la seva implementació real.

## 4. Estat de l'art

### 4.1. Història de l'empresa

L'empresa a estudiar és una de les empreses manufactureres de productes químics, comercials i industrials més grans, amb cobertura a diferents mercats a escala internacional. Aquesta empresa consta de tres grans categories de productes, però concretament el treball es centra en una d'elles, els adhesius, que representa aproximadament el 50% de les vendes de l'empresa.

La seva història comença quan un empresari va fundar l'empresa i va desenvolupar el seu primer i innovador producte, i va ser a partir de llavors que va anar ampliant la seva llista de productes i comercialització d'aquests.

No va ser fins uns anys després quan l'empresa es va iniciar en el negoci dels adhesius, ja que va veure la necessitat de produir aquesta gama de productes per al seu propi consum i posteriorment, també va començar a comercialitzar aquests productes.

Part de l'èxit de l'empresa es considera gràcies a les estratègies ben definides i unificades a nivell global. Existeixen moltes seus i diferents productes de la marca, però el que caracteritza a l'empresa és aquesta unió tot i la diversitat que hi ha, de manera que els valors compartits prenen una gran importància.

Es tracta d'una empresa que fa segmentació de consumidors, ja que no només dirigeix els seus productes al gran consum, sinó que una part del seu volum va dirigit al sector industrial. Fent referència més contretament a la categoria dels adhesius, es dirigeix principalment a la indústria i no tant al consumidor final.

Pel seu creixement intern, ha estat necessària la inversió en I+D, per aconseguir així el llançament de nous productes. El centre d'innovació més important es situa a Alemanya, però a Barcelona cal destacar un laboratori de tecnologies avançades i un centre de I+D que es dedica a la tecnologia dels adhesius.

Pel que fa al creixement extern, l'empresa va començar a realitzar moltes adquisicions per tal d'enfortir el negoci i els productes industrials, situant-se actualment amb fàbriques als 5 continents i amb més de 50.000 treballadors en tot el món.

Com ja s'ha comentat anteriorment, la producció de productes innovadors és una de les parts essencials de l'estratègia de l'empresa, i és per això que els proveïdors tenen un paper important. Aquestes col·laboracions externes són aquelles que permeten la cerca de noves idees i poder així portar-les fins a l'èxit, mirant més enllà dels límits de la pròpia empresa.

Actualment, l'empresa té col·laboracions situades en més de 120 països, mantenint sempre el compromís amb l'ètica i els valors corporatius de l'empresa. La col·laboració amb els proveïdors és de manera directa, tenint en compte sempre que es vol la màxima qualitat.

És important mantenir un equilibri entre la qualitat i la rendibilitat dels productes, per tal d'assegurar que s'ofereixen els millors productes als clients.

#### **4.1.1. El seu objectiu**

Per entendre millor l'empresa i el seu funcionament, és important conèixer el seu propòsit: crear valor sostenible. En tot moment es fa ressò a aquest gran propòsit amb l'objectiu d'aconseguir-ho mitjançant una posició de lideratge en tots els aspectes que l'empresa tingui en el seu abast, com serien el disseny, la tecnologia i la innovació de tots els productes i les seves marques. És necessari adaptar tota la gamma de productes, sempre tenint en compte que s'ha d'oferir un servei de màxima qualitat i de forma sostenible.

Així doncs, es podria definir l'empresa com una companyia que té com a objectiu ser la primera opció dels consumidors, aconseguint així ser líder del mercat, a través d'oferir productes a base d'un treball en equip amb valors comuns.

#### **4.1.2. Els seus valors**

Així doncs, també és important destacar els valors que té l'empresa, ja que són els que orienten les accions i decisions que es prenen en tot moment, de manera que guien el comportament per tal d'assolir els objectius.

Els valors que destaquen són els següents:

- Tenir al client com a centre.
- Valorar a les persones que formen part d'aquesta comunitat.
- Lluitar per uns resultats sostenibles.
- Construir el futur partint del negoci familiar.

L'empresa està formada per gent de diferents cultures i experiències, de manera que s'operen a mercats diversos, sent aquests valors la unió entre tots els membres d'aquesta. Per aconseguir l'èxit, és important compartir, entendre i viure amb base a aquests valors.

## 4.2. Anàlisi DAFO de l'empresa

Per conèixer la situació actual de l'empresa, primer de tot es fa una anàlisi DAFO [1] a mode de diagnòstic, per tal d'estudiar els punts claus en relació amb els lliuraments de l'empresa. Aquest exercici permet veure d'una manera sincera i transparent quina és la situació de l'empresa, tenint una millor visió del present i poder mirar cap a un futur, ja que per mirar al futur primer s'ha de conèixer el present.

Abans d'entrar en els punts claus de l'anàlisi, cal diferenciar entre els dos tipus de factors que es descriuran, els factors interns i els externs.

Quan es parla de factors interns que afecten l'empresa, es fa referència a aquells factors que es troben dins l'empresa i que són imprescindibles pel seu bon funcionament. Així doncs, dins de factors interns es trobarien les fortaleeses i les debilitats, ja que són punts que impacten d'una manera positiva o negativa a la gestió interna de l'empresa, i que permeten veure el seu funcionament i on s'està fallant. En les fortaleeses es troben aquells factors que estableixen la fortalesa del negoci, els punts forts o seguretats que destaquen, mentre que les debilitats serien les limitacions que s'haurien de millorar per permetre un millor creixement.

Per altra banda, els factors externs són aquells que afecten l'empresa, però ho fan des de fora, és a dir, que no depenen de la mateixa sinó d'altres factors, de manera que el seu control és més complicat. D'aquesta manera, com a factors externs hi ha les oportunitats i les amenaces. Quan es parla d'oportunitats es fa ressò a algun factor extern que es troba a l'abast de l'empresa i que permetria un creixement d'aquesta. Pel que fa a les amenaces, es refereix a tot allò que pot impedir un bon desenvolupament dels plans de negoci o que posa en perill el creixement de l'empresa.

### Debilitats:

- Al tractar-se d'una empresa que treballa des de diferents seus repartides per tot EIMEA (Europa, Índia, Orient Mitjà i Àfrica), no hi ha connexió directa entre totes les parts i tot es realitza per via telemàtica. D'aquesta manera la relació amb els proveïdors i els clients no és estreta.
- Limitació en les entregues realitzades mitjançant camions, a causa de la relació càrrega-volum dels productes, ja que els camions tenen unes capacitats màximes de transport.
- Dependre d'altres empreses petites o mitjanes, ja que es tenen proveïdors o transportistes que tenen un paper important pel que fa a la distribució dels productes, però sense tenir constància ni control de com treballen exactament.

- Poca efectivitat pel que fa a l'entrega del proveïdor, ja que al tractar-se d'un mètode d'entrega de proveïdor a client, l'empresa actualment no controla l'estat del producte ni la forma d'entrega.

#### Oportunitats:

- Oportunitat significativa de creixement empresarial en el sector dels adhesius.
- Potencial per desenvolupar i implementar noves eines d'entrega estratègica amb una estabilitat general millorada.
- Integració digital de proveïdors, creant una major transparència sobre la demanda i les capacitats. En molts casos el proveïdor no vol compartir informació sobre les seves capacitats, de manera que es fa difícil anticipar-se a situacions crítiques.

#### Amenaces:

- És una empresa amb una barrera d'entrada molt dèbil, ja que hi ha diverses empreses competidores.
- Competència pel que fa a una mà d'obra de menor cost, que suposa una reducció en els costos del producte.
- Dificil diferenciació entre empreses del mateix sector, ja que al final totes elles ofereixen productes similars.
- Actualment, a causa de la COVID-19, existeix una forta amenaça que afecta els processos industrials i també al treball d'oficina.

#### Fortaleses:

- Les habilitats i l'experiència dels seus treballadors, juntament amb la formació de futures generacions, permeten un exitós creixement de l'empresa. Molts treballadors s'han unit a l'empresa des d'edats molt joves, vivint tot el negoci des de dins i podent així aportar els seus coneixements en les diverses àrees de l'empresa.
- Empresa consolidada sòlida, amb bona relació amb els clients, a causa de la seva experiència i bona posició dins del sector.
- Disposició de diferents equips per a la logística, com el de 3PM i l'enginyeria, per gestionar totes les operacions subcontractades.

### 4.3. Dimensió de l'empresa

La dimensió de l'empresa indica la capacitat productiva de l'empresa, que fa referència a la capacitat de produir en un període determinat de temps. En funció de la demanda prevista i els objectius en satisfer la producció en tot moment, es decideix la dimensió òptima d'una empresa.

L'empresa opera per tot el món amb diverses marques i tecnologies, de manera que fa front a una demanda molt elevada, és per això que l'empresa consta de diversos magatzems situats arreu del món.

Si es fa una anàlisi de la situació actual de l'empresa, tal com s'observa a la Figura 1, es veu que el país on hi ha més magatzems és Alemanya, amb un total de 27. En aquest rang, es pot observar com Espanya es troba en la 5a posició, amb un total de 7 magatzems o centres productius, dels quals dos es troben a Catalunya.

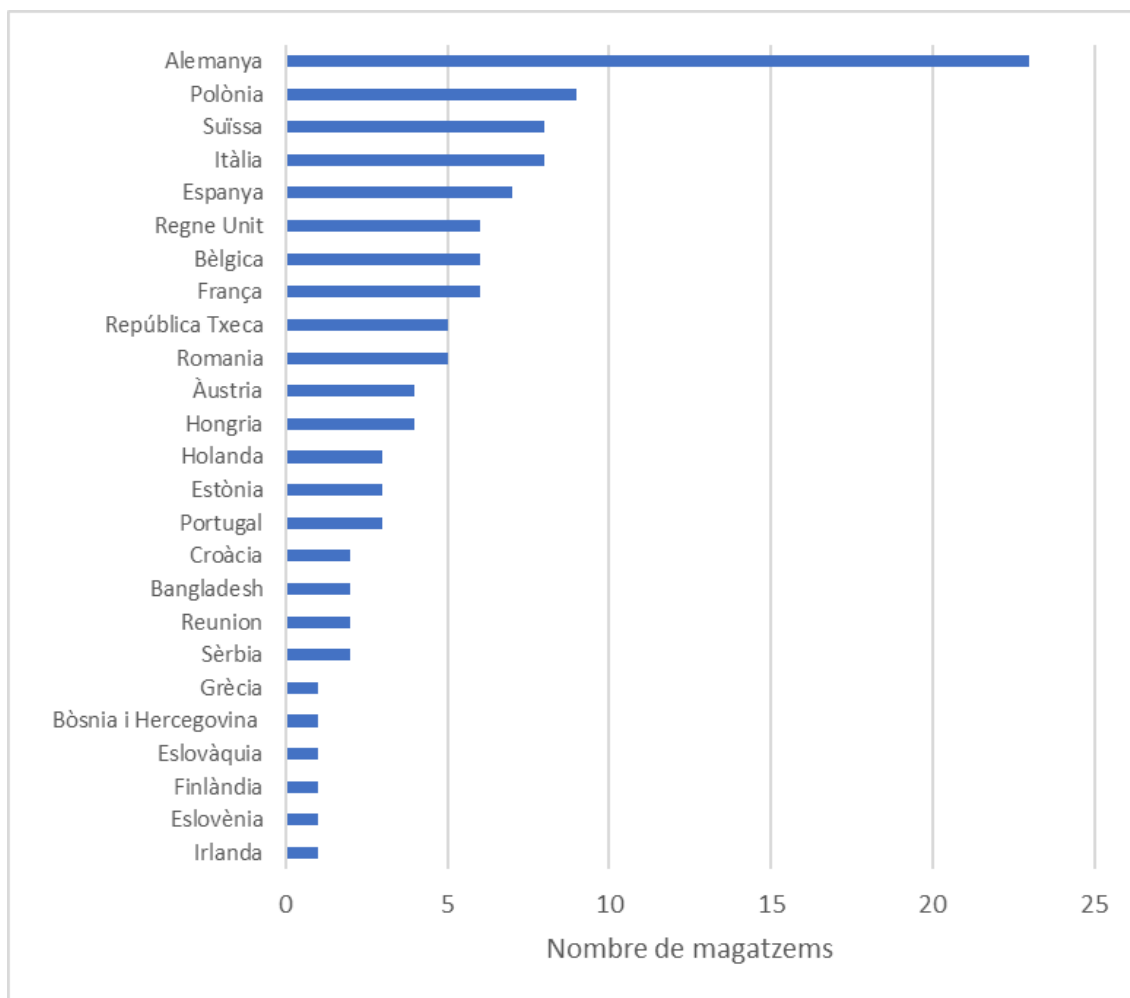


Figura 1. Distribució dels magatzems actuals de l'empresa (Font: Elaboració pròpia)

A més a més, cal destacar que l'empresa té projectes que destaquen per la innovació logística i la sostenibilitat, posant en marxa nous magatzems i centres logístics automatitzats per tot el món.

D'aquesta manera, l'empresa consta de diferents centres estructurats i planificats, tant per portar a terme funcions d'emmagatzematge com de fabricació, de manera que hi ha una regulació del flux d'existències.

Per entendre-ho millor, cal destacar quines són les activitats o funcions principals que es realitzen en un magatzem [2]:

- La recepció de productes, que és el procés que consisteix en l'entrada del producte, on es comprova si el producte arriba en bones condicions i consta de les especificacions necessàries, tenint en compte si coincideix amb la informació que hi ha en l'albarà d'entrega.
- L'emmagatzematge, que és on s'ubica el producte en zones determinades i idònies depenent de producte del qual es tracti, de manera que es pugui accedir a aquests punts i que sigui fàcilment localitzable.
- El manteniment necessari per tenir el producte emmagatzemat durant un cert període de temps, per tal que aquest es conservi en perfecte estat i compleixi amb la legislació quant a higiene i salut en el magatzem.
- La gestió i el control de les existències, una de les funcions clau, ja que consisteix a controlar la quantitat de cada un dels productes que hi ha en el magatzem, per saber quan és necessari fer una nova comanda i la quantitat adient.
- L'expedició del producte com a etapa final, en el moment que s'ha d'enviar el producte i comença el procés de recollida i transport, per a poder fer la seva distribució al consumidor final.

#### **4.4. Cadena de subministrament**

La cadena de subministrament s'enfoca en el procés que va des del moment que el client realitza una comanda, el producte és entregat i cobrat per part de l'empresa, fins al procés de reciclatge o reutilització d'aquest. És per això que es podria dir que aquest procés inclou les etapes de planificació, execució i control de totes les activitats que es duen a terme al llarg del flux del producte.

Així doncs, contempla tots els passos relacionats amb el producte, incloent-hi així els diferents proveïdors i empreses que estan involucrades per a poder fer arribar el producte al consumidor final.

#### 4.4.1. Principals parts involucrades

La cadena de subministrament consta de diferents parts involucrades que intervenen al llarg del procés per tal de poder servir el producte al seu consumidor final. D'aquesta manera, cal destacar els principals actors amb les seves principals funcions:

- El proveïdor és l'element inicial de la cadena de subministrament, ja que és qui abasteix de productes o serveis primers, que són necessaris per a l'obtenció del producte final.
- El fabricant és qui elabora el producte final a partir de la matèria obtinguda per part del proveïdor.
- El distribuïdor és l'entitat encarregada de la distribució del producte final als diferents punts de venda.
- El minorista o també conegut com a detallista, és el comerciant que disposa dels punts de venda que ofereixen el seu producte final al consumidor, de manera que és l'empresa que ven el producte.
- El consumidor és qui adquireix el producte final, de manera que és l'últim actor de la cadena de subministrament.

D'aquesta manera, l'esquema dels principals involucrats en la cadena de subministrament seria el que s'observa a la Figura 2:



Figura 2. Esquema dels participants de la cadena (Font: Elaboració pròpia)

Totes cinc parts formen el procés d'elaboració d'un producte final a partir de les matèries primers, amb el fi de distribuir-lo per diferents canals al consumidor final. Tot i això, cada producte té la seva cadena de subministrament, ja que aquesta en realitat és una xarxa, i és per això que cal adaptar-la a cada necessitat. Així doncs, no cal que tots els actors anomenats formin sempre part, i a més a més, poden existir parts involucrades addicionals.



#### 4.4.2. Planificació de la demanda

Al llarg de la cadena de subministrament hi ha una sèrie d'activitats que són necessàries per al bon funcionament del procés. Tot i això, de la mateixa manera que les parts involucrades poden variar, les activitats també ho poden fer, obtenint així escenaris diferents.

Les principals activitats que cal considerar són la planificació, la gestió de les existències, el processament de les ordres de compra i la distribució dels productes. Es podria dir que la planificació és una de les que més repercussió té sobre l'eficiència de la cadena de subministrament, ja que totes les parts involucrades cal que realitzin una planificació de les activitats, per tal d'assegurar que els diferents processos es realitzin dins d'un termini establert. D'aquesta manera, és important una bona comunicació i planificació entre totes les parts, per tal de poder programar les diferents activitats.

Així doncs, és necessari fer una bona estimació i de la forma més precisa possible de la previsió de la demanda dels clients, per tal de poder organitzar tota la cadena de subministrament en funció del producte que sol·licitarà el client. Aquesta previsió de les vendes que es pugui arribar a tenir, és la tasca del minorista, que ha de preveure el consum que hi haurà en els diferents punts de venda, per tal d'estimar les quantitats de producte necessàries que cal fabricar.

Tot i això, existeix l'estoc de seguretat, que és l'inventari extra que té una empresa en el seu magatzem per tal de poder fer front a possibles imprevistos. Aquests poden estar relacionats amb canvis en la demanda dels clients o en retards en l'entrega del proveïdor, amb l'objectiu d'evitar crear una ruptura d'estoc.

Hi ha un altre factor important a tenir en compte dins del lliurament del producte, el *lead time* o temps d'espera per proveir un producte. Així doncs, s'ha de tenir en compte que com major sigui aquest temps d'espera, més crítica serà la previsió de la demanda, ja que s'haurà de predir amb suficient temps per no quedar-se sense existències.

#### 4.4.3. Distribució del producte

Segons l'estratègia d'assignació de les existències, es diferencia entre la distribució directa, que és aquella que prescindeix de distribuïdors i minoristes, on el propi fabricant és qui distribueix el producte al client final, i la distribució indirecta, que consta d'un o més distribuïdors per fer arribar els productes al consumidor.

Pel que fa a la distribució directa, al ser el fabricant qui entrega el producte al consumidor final, és aquest el que s'ha d'adaptar a les seves necessitats, de manera que coneix millor al seu consumidor al tenir un tracte directe amb ell. A més a més, al tenir en control sobre la majoria dels aspectes de la distribució, el fabricant té coneix l'entrega del producte i en

quins terminis es fa, de manera que és més eficient en la distribució del producte. Així doncs, aquest tipus de distribució s'enfoca directament al consumidor.

Per altra banda, la distribució indirecta és aquella on el fabricant és l'encarregat de distribuir el producte mitjançant intermediaris que porten el producte al consumidor final, o el cas d'una empresa que rep els productes d'un proveïdor. En aquest cas, això pot suposar un augment del cost pel consumidor o possibles retards en les entregues, ja que en haver més parts involucrades, no hi ha tant control. Així doncs, els productes tenen un major abast, ja que amb tercers que actuen com intermediaris entre el fabricant i el consumidor, aquests poden centrar-se més en les seves tasques.

De distribució indirecta hi ha dos tipus de processos disponibles, en funció de quin intermediari entre fabricant i consumidor hi ha. Aquesta pot incloure tant l'entrega del fabricant directament al minorista i aquest al consumidor final, o inclouent també el distribuïdor en el procés. [3]

A continuació es representen els diferents tipus de distribució tal com s'observa a la Figura 3, marcant amb color les diferents parts involucrades, i fletxes que indiquen el flux.

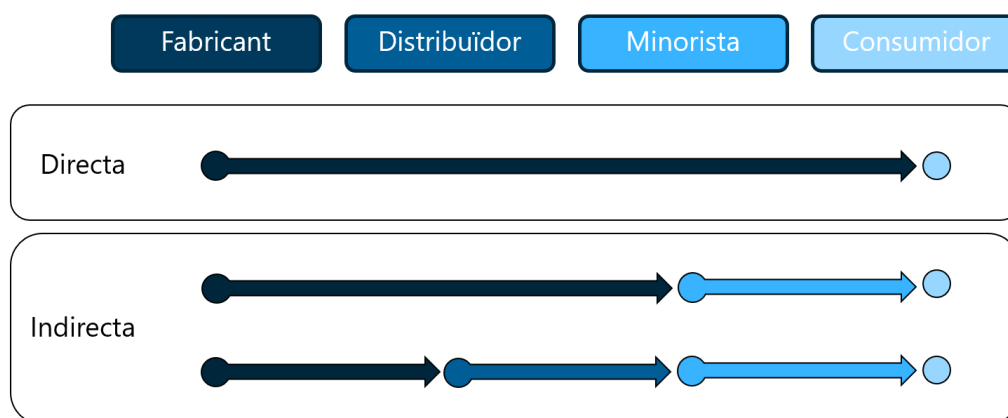


Figura 3. Esquema dels tipus de distribució (Font: Elaboració pròpia)

D'aquesta manera, si l'empresa utilitza una distribució directa, necessita el seu propi personal dedicat a la logística i al transport, establir zones d'emmagatzematge, i disposar de vehicles i personal per a poder fer la distribució dels productes. Aquest canal està organitzat i gestionat pel propi fabricant, de manera que és més curt i permet una millor gestió directament amb els seus consumidors.

Per altra banda, els canals de distribució indirecta han d'establir relacions amb tercers, ja que depèn d'intermediaris per a realitzar la major part de la distribució. D'aquesta manera, mentre l'empresa es centra en el seu negoci principal, es confia parts del procés a altres actors, com ara subcontractar la distribució a un expert.

#### 4.4.4. Lliurament del producte

El lliurament del producte al client és un aspecte important a tenir en compte, ja que és on hi haurà contacte directe amb aquest. És per això que cal conèixer dos tipus de lliurament, el lliurament des de l'empresa a client i el de proveïdor a client.

##### Lliurament des de l'empresa

El lliurament de l'empresa és el cas dels productes que lliura l'empresa des dels seus magatzems propis, de manera que inclou tant els productes fabricats per l'empresa, com els que provenen d'un proveïdor, però l'empresa és l'encarregada del seu emmagatzematge i entrega a client.

En aquest cas de venda directa, l'empresa té una visió més propera del client, ja que és ella qui està en contacte amb el consumidor, i al mateix temps qui entrega el producte a la seva destinació final. A l'empresa hi ha les persones encarregades de la comunicació amb els clients, de manera que en tot moment hi ha flux d'informació i demanda que pot afavorir al bon funcionament de la cadena de subministrament.

A més a més, el fet de tenir els productes en magatzems propis de l'empresa, permet tenir un control en tot moment de les entrades i les sortides de mercaderia. Existeix un control sobre la quantitat d'estoc que hi ha en cada moment, que permet conèixer quines són les necessitats i mancances de cada un dels productes.

L'empresa no només coneix quina és la quantitat d'estoc que té, sinó que també sap quan s'espera rebre noves comandes o tenir enllestits els productes, de manera que també pot donar una visió més propera de la realitat de la producció i la disponibilitat dels productes.

És necessària una bona comunicació entre empresa i client, ja que l'empresa fabrica o fa una comanda dels productes segons la previsió i la demanda. Així doncs, és important determinar l'estoc necessari per no quedar-se sense subministrament, de manera que la constant comunicació entre totes dues parts és necessària, per produir segons el que s'espera i fer-ho de manera òptima.

Pel que fa al transport del producte, en aquest tipus de lliurament destaquen dos trams on aquest es du a terme, el de primer nivell, de proveïdor a magatzem, i el de segon nivell, de magatzem a client. Així doncs, en aquest tipus d'entrega hi hauria dos agents distribuïdors del producte.

##### Lliurament del proveïdor

El lliurament directe del proveïdor al client, com el propi nom indica, fa referència a aquells productes que el fabricant entrega directament al client sense passar per mans de l'empresa, de manera que només hi ha un transport, de proveïdor a client.

Pel bon funcionament de la xarxa, és important que hi hagi un equip ben format al darrere, ja que la informació entre client-empresa-proveïdor ha d'estar constantment fluïnt entre les parts. És fonamental saber què necessita el client, per tal de comunicar-ho al proveïdor, tenint en compte que el client confia en l'empresa. És per això que és important realitzar un estudi per tal de prendre la decisió correcta sobre en quins proveïdors confiar, per tal d'assegurar que el client rep la imatge de l'empresa que es vol transmetre.

A més a més, també suposa uns temps de resposta més elevat, ja que el flux d'informació és més complex, la informació del client primer ha de ser processada per l'empresa, i posteriorment transferida al proveïdor, de manera que la cadena és més llarga.

Addicionalment, al ser un lliurament des de proveïdor, l'empresa no disposa d'un estoc de seguretat en cas d'imprevistos, de manera que en alguns casos el temps d'entrega pot arribar a augmentar considerablement. A més, els proveïdors no acostumen a donar informació sobre les capacitats o estocs que tenen en els seus magatzems, de manera que és difícil preveure aquestes situacions.

En aquest tipus de lliurament, es podria dir que hi ha un menor cost d'emmagatzematge, ja que no va a càrrec de l'empresa guardar els productes, tot i que això es veurà reflectit en uns preus més elevats d'aquests.

### Comparativa dels lliuraments

Un cop s'ha caracteritzat aquests dos tipus de lliurament de producte, per entendre les diferències, s'ha destacat en la Taula 1 els punts més rellevants de cada una d'elles, dividint-los entre avantatges i inconvenients.

<b>Entrega des de l'empresa</b>	<b>Entrega del proveïdor</b>
<p><b>Avantatges:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Contacte directe amb el client</li> <li>+ Major control de les entregues</li> <li>+ Major rendibilitat en eliminar comissions</li> <li>+ Unificar procés de manipulació i entrega</li> <li>+ Productes més econòmics</li> </ul>	<p><b>Avantatges:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Menor cost d'emmagatzematge</li> <li>+ Reducció de costos d'entrega fixos</li> </ul>
<p><b>Inconvenients:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran inversió en el temps de planificació</li> <li>- Augmenta els costos d'emmagatzematge</li> </ul>	<p><b>Inconvenients:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor control de les entregues</li> <li>- Majors temps de resposta</li> <li>- Productes amb preu més elevat</li> </ul>

*Taula 1. Comparativa dels dos tipus de lliurament (Font: Elaboració pròpia)*

#### 4.4.5. Els Incoterms

Els Incoterms són les normes utilitzades de forma voluntària en la compravenda de productes, per definir les obligacions i responsabilitats en una operació. És per això que és necessari precisar quin Incoterm s'està utilitzant en el contracte que hi hagi entre l'empresa i el proveïdor. Contretament, existeixen 11 incoterms [4], que determinen quatre aspectes importants en una operació d'exportació o importació:

- Lloc precís on es produeix el lliurament del producte
- Qui tramita els documents associats durant la cadena de subministrament
- En quin moment es tramita el risc del proveïdor al comprador.
- Els costos de la cadena logística que paga el proveïdor i els que paga el comprador.

Per tal de triar quin és l'Incoterm més adequat en cada cas, és important conèixer bé les característiques de cada un d'ells, i també tenir un coneixement mutu entre les dues parts, per tal de conèixer el grau de confiança i el risc que pugui haver-hi en el compliment dels Incoterms.

A continuació es mostren els diferents tipus d'Incoterms que hi ha, on es pot diferenciar el tipus segons la primera lletra del seu nom:

- Grup E: Enviament on el proveïdor entrega el producte al comprador, però sense ser responsable del transport.
  - EXW (Ex Works): El proveïdor acaba l'entrega quan el producte està llest per ser recollit pel transportista.
- Grup F: El proveïdor no s'encarrega del transport, de manera que posa el producte a disposició d'un transportista que li entrega al comprador.
  - FCA (Free Carrier): El proveïdor acaba l'entrega quan el transportista recull el producte.
  - FAS (Free Alongside Ship): El proveïdor acaba l'entrega quan el producte està llest per embarcar, en cas de lliurament per mar.
  - FOB (Free on Board): El proveïdor acaba l'entrega quan el producte ja està embarcat, en cas de lliurament per mar.
- Grup C: El proveïdor paga el transport i és l'encarregat de fer arribar el producte al comprador, sense assumir el risc de pèrdua o danys en el procés.

- CFR (Cost and Freight): El proveïdor acaba l'entrega quan el producte ja és embarcat, en cas de lliurament per mar.
- CIF (Cost Insurance and Freight): El proveïdor acaba l'entrega quan proporciona una assegurança a favor del comprador.
- CPT (Carriage Paid To): El proveïdor acaba l'entrega quan lliura el producte al transportista i paga els costos del transport.
- CIP (Carriage and Insurance Paid to): El proveïdor acaba l'entrega quan lliura el producte al transportista i paga els costos del transport i de risc.
- Grup D: El proveïdor assumeix tots els costos i riscos del procés d'entrega.
  - DAT (Delivered at Terminal): El proveïdor acaba l'entrega del producte quan aquest està a disposició del comprador.
  - DAP (Delivered at Place): El proveïdor acaba l'entrega del producte quan aquest està a disposició de descàrrega al lloc del comprador.
  - DDP (Delivered Duty Paid): El proveïdor acaba l'entrega del producte quan aquest està descarregat al lloc del comprador.

En la Figura 4, es veuen els diferents Incoterms representant les obligacions per part del proveïdor, en color taronja, i per part del comprador, en color blau.

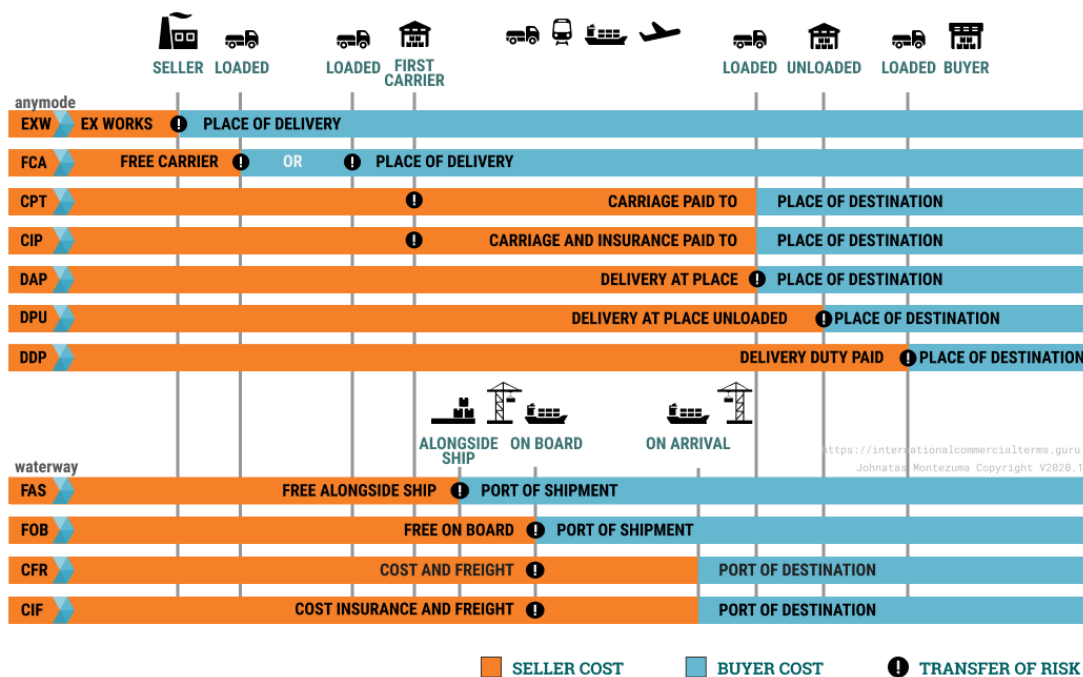


Figura 4. Termes bàsics dels Incoterms 2020 (Font: [5])

## 5. Anàlisi de la situació inicial

Un cop analitzada i situada l'empresa, és important veure i estudiar en quin punt es troba l'empresa en la situació inicial.

Cal conèixer amb exactitud quina és la situació de l'empresa amb els proveïdors, per tal de poder analitzar-la, saber com es gestiona la relació i coordinació amb ells, així com conèixer directament els diferents proveïdors que hi ha. És imprescindible que existeixi una bona relació entre l'empresa i el proveïdor, ja que al tractar-se d'entregues directes, el producte va directament de la mà del client, i és ell qui avalua el servei rebut.

A més a més, és necessari estudiar quins productes ofereix cada proveïdor, així com els temps d'entrega que tenen, per tal de poder determinar el temps necessari de gestió de comandes segons les necessitats i demandes dels clients. A aquest temps d'entrega, també se li ha de tenir en compte el temps de transport, que segons la localització del proveïdor i el client anirà variant.

Per últim, s'ha de conèixer el ventall de clients als quals s'està oferint aquest servei d'entrega directa, per valorar i estudiar el servei rebut per part de l'empresa, ja que aquesta és qui s'encarrega d'assolir el que el client demana. Tot i això, com no és qui efectua l'entrega i la producció, s'ha de tenir en compte que aquí el proveïdor juga un paper important, de manera que cal que hi hagi un control elevat.

### 5.1. Els proveïdors i el tipus de lliurament

Com s'ha comentat anteriorment, el proveïdor és qui que abasteix a altres amb les seves existències, per la posterior venda directa o després de transformar la matèria. En aquest cas, l'empresa estudiada treballa amb una sèrie de proveïdors que proporcionen els productes a l'empresa per tal de vendre'ls després als clients.

És molt important la bona tria dels proveïdors per l'èxit del negoci, ja que intervenen en una bona part del negoci en assegurar que l'empresa funciona a través del flux dels béns. És vital gestionar de manera apropiada els proveïdors, per tal d'assegurar que el negoci funciona correctament i protegir el risc financer que pugui haver-hi.

L'empresa treballa amb diferents productes, algun d'ells són de fabricació pròpia i altres són de proveïdors externs, però en aquest cas es tindrà en compte aquells que provenen de proveïdors i que efectuen entregues directes en la categoria dels adhesius.

Per tenir una primera visió de quins proveïdors treballen amb entrega directa a l'empresa, s'ha situat els 11 proveïdors en un mapa, segons la seva localització.



Figura 5. Mapa de la ubicació actual dels proveïdors (Font: Elaboració pròpia)

En la Figura 5 es pot veure la ubicació actual dels diferents proveïdors que hi ha, on es pot veure que estan repartits majoritàriament a Alemanya.

Si es fa una anàlisi tenint en compte la quantitat de productes que aporta cada proveïdor a l'empresa, es pot dividir en aquells productes que el proveïdor lliura de forma directa i aquells que ho fa a un magatzem propi de l'empresa.

Proveïdor	Ubicació	Nº de productes amb entrega directa	Nº de productes amb entrega a magatzem propi
Allais	Alemanya	70	1
Conkey	Alemanya	25	0
Killy	Alemanya	219	184
Maier	França	18	9
Ochoa	Alemanya	32	0
Sailer	Alemanya	4	0
Schneider	França	35	30
Stenmark	Alemanya	146	13
Thovex	Hongria	42	0
Tomba	República Txeca	155	87
Vonn	Portugal	26	0
<b>Total</b>		<b>772</b>	<b>324</b>

Taula 2. Distribució dels productes segons proveïdor (Font: Elaboració pròpia)



Com es pot observar a la Taula 2, hi ha 5 proveïdors que entreguen exclusivament de forma directa, mentre que la resta alternen l'entrega directa i l'entrega a magatzem segons el producte del qual es tracti. Per a aquest treball, caldrà centrar-se en aquests 772 productes que tenen entrega directa de proveïdor a client, per estudiar la viabilitat de deixar de fer aquest tipus d'entrega.

La tria del tipus d'entrega que fa el proveïdor, pot anar en funció de diversos factors. Pel que fa als proveïdors que s'ha estudiat, hi ha casos on s'ha escollit entregar els productes a un magatzem de l'empresa, perquè es tracta de productes d'alta demanda i dels quals s'esperava un creixement. Així doncs, hi ha productes dels quals es vol controlar l'estoc disponible, de manera que es prefereix tenir estoc en el magatzem, per tal d'evitar ruptures no controlades. Un altre factor que cal destacar, és que hi ha clients que no volen una entrega directa, sinó que volen que el material passi abans per un magatzem de l'empresa, per així tenir una constant informació sobre la disponibilitat i tenir dates de lliurament fiables.

Per altra banda, pel que fa al lliurament des de proveïdor a client, aquest acostuma a anar de la mà de productes que són *MTO*, és a dir, el cas on es demana el producte a proveïdor sota una comanda de client. A més a més, també hi ha productes que s'inicien en el negoci de l'empresa a partir de nous projectes, que poden partir d'una entrega directa de proveïdor a client, de manera que aquest tipus d'entrega, tot i ser més comuna en articles *MTO*, també es pot trobar en productes *MTS*. Aquest segon tipus de sistema de fabricació fa referència a productes que es produeixen segons la demanda esperada. Concretament, en els productes estudiats d'entrega des de proveïdor, el 72 % d'aquests tenen el *MTO* com a sistema de fabricació, mentre la resta són *MTS*.

Com ja s'ha comentat anteriorment, el lliurament dels productes d'una empresa és una decisió clau en el desenvolupament de la xarxa de distribució [6]. En aquest cas, el que es vol estudiar és si l'entrega directa d'alguns productes de proveïdor a client es podria optimitzar amb la implementació d'un nou escenari, amb l'objectiu de millorar el nivell de servei que s'ofereix als clients.

## 5.2. Els clients que cal satisfer

L'empresa vol ser la primera opció dels consumidors, i per això és necessari oferir un producte de qualitat i així satisfer les necessitats del client, per tal que aquest repeteixi la compra i pugui fer una recomanació a tercers. A més a més, com s'ha comentat anteriorment, un dels valors de l'empresa és tenir al client com a centre, de manera que es veu la importància que té aquest en l'empresa.

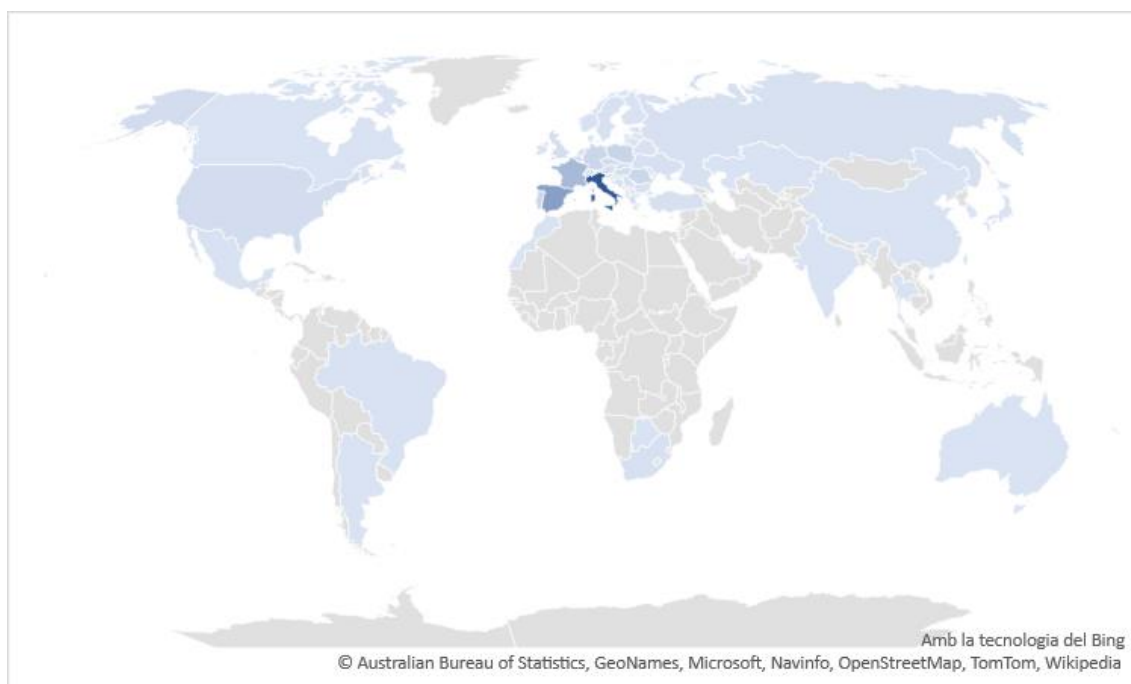
Amb això, no només és important satisfer al client amb les necessitats i expectatives que tingui, sinó treballar dia a dia per mirar de millorar la forma i el grau en què es cobreixen

aquestes necessitats. Així doncs, és important conèixer l'opinió que té el client del producte i de tot el servei que se li ofereix, per tal de poder determinar si tot el procés s'està fent de la millor manera possible.

A partir de la base de dades de l'empresa, per a cada producte es pot obtenir tots els clients que compren o han comprat alguna vegada el material en els últims tres anys. Aquesta informació és accessible, ja que cada client té associat un codi intern vinculat al seu propi nom, amb el que es detallen les seves característiques relatives com el país i l'adreça on el client vol rebre el producte.

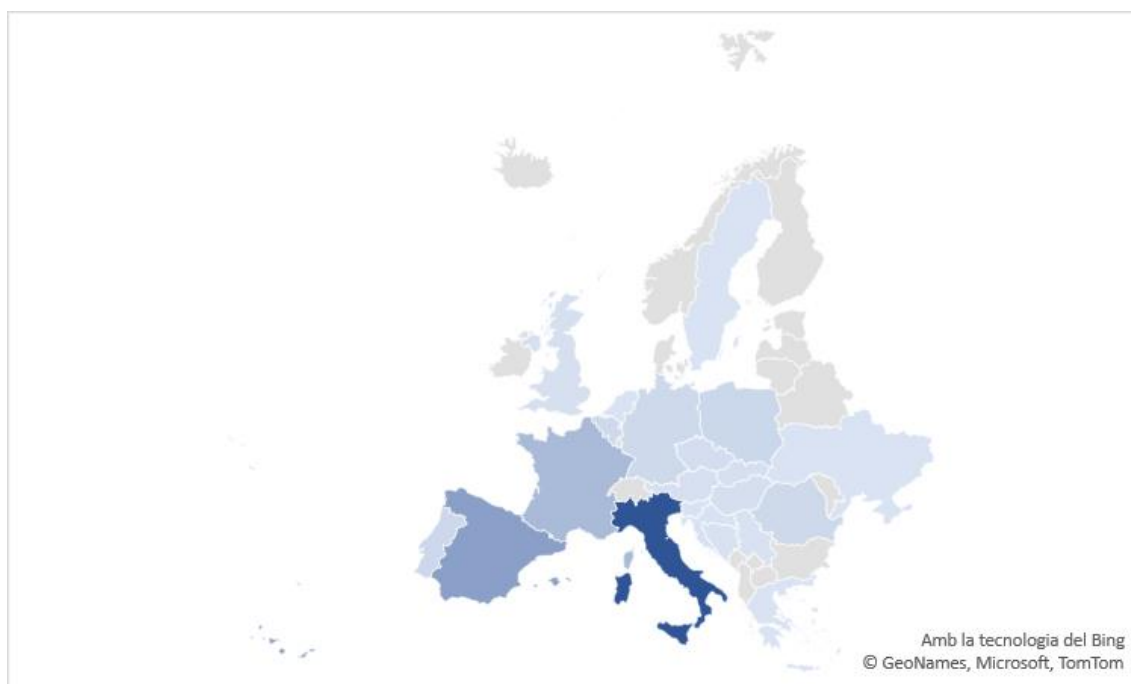
Amb la informació extreta per a tots els clients que reben productes de forma directa, s'ha obtingut un total de 4.407 clients, distribuïts a nivell mundial. S'ha expressat la informació en un mapa, el qual es mostra a la Figura 6, implementat amb la tecnologia *Bing* [7] del full de càlcul *Excel*.

Pel que fa a la representació, la tonalitat del color blau fa referència al nombre de clients que té un país, de manera que com més fort és el to, major és el nombre de clients que hi ha en aquest.



*Figura 6. Mapa de la ubicació actual dels clients (Font: Elaboració pròpia)*

Si es fa una ampliació del mapa a la zona on hi ha un major nombre de clients, tal com es mostra a la Figura 7, es pot observar com Itàlia, Espanya i França són els països amb major volum, representant tots tres països gairebé el 65 % de tota la clientela de l'empresa quant a aquest tipus d'entrega directa.



*Figura 7. Mapa ampli de la ubicació actual dels clients (Font: Elaboració pròpia)*

Per tal d'observar numèricament els valors amb els quals s'ha fet els mapes anteriors, a continuació es mostra la Taula 3 amb els deu països on hi ha un major nombre de clients, amb el percentatge que correspon respecte al total. (Veure A.1 la taula completa)

<b>País</b>	<b>Nº de clients amb entrega directa</b>	<b>Percentatge respecte del total</b>
Itàlia	1601	36,3 %
Espanya	766	17,4 %
França	465	10,6 %
Polònia	162	3,7 %
Portugal	144	3,3 %
Bèlgica	137	3,1 %
Romania	137	3,1 %
Alemanya	136	3,1 %
República Txeca	82	1,9 %
Hongria	72	1,6 %

*Taula 3. Distribució del nombre de clients segons localització (Font: Elaboració pròpia)*

Aquesta distribució és important tenir-la en compte per a una futura redistribució de la xarxa, ja que tenir un punt d'emmagatzematge òptim és vital de cara a perfeccionar les diferents entregues als clients, i així reduir els temps d'entrega o els costos.

Tot i això, per a una correcta distribució, no és tan important el nombre de clients sinó que la demanda que cada client ha de rebre de l'empresa. Així doncs, en la Taula 4 es considera la demanda total que té cada país, seleccionant tots els clients que es troben en ell. (Veure A.3 la taula completa)

País	Demanda a rebre pels clients (kg)	Percentatge respecte del total
Itàlia	13.346	18,1 %
Regne Unit	8.929	12,1 %
Espanya	8.228	11,2 %
França	6.446	8,7 %
República Txeca	5.490	7,5 %
Alemanya	5.129	7,0 %
Sèrbia	4.591	6,2 %
Romania	4.569	6,2 %
Hongria	3.075	4,2 %
Portugal	2.263	3,1 %
Polònia	2.109	2,9 %

Taula 4. Distribució del nombre de clients segons la demanda (Font: Elaboració pròpia)

### 5.3. Nivell dels indicadors de l'empresa

Per tal d'analitzar la situació inicial, s'utilitza com a recurs dos indicadors de l'empresa, per mesurar el rendiment i l'eficiència dels proveïdors pel que fa als lliuraments que aquests fan a client.

Els principals *KPI* per a poder estudiar la situació són, la *PA* o Disponibilitat del Producte, i l'*ECSL* o Nivell de Servei a Client Final. Aquests dos indicadors tenen uns valor fixats per part de l'empresa, valors que varien anualment en funció de la situació i dels resultats que s'obtingui l'any anterior, que indiquen el *target* o objectiu que cal assolir. Pel que fa als valors del passat 2021, han estat els que es mostren a la Taula 5.

<b><i>KPI</i></b>	<b><i>Target</i></b>
<i>PA</i> ( <i>Product Availability</i> )	97,0 %
<i>ECSL</i> ( <i>End Customer Service Level</i> )	95,9 %

Taula 5. Valor objectiu dels *KPI* (Font: Elaboració pròpia)

El primer indicador és la que fa referència a si un producte està disponible segons la planificació feta pel sector de la Supply Chain de l'empresa, de manera que aquest mostra l'eficiència quant a la disponibilitat de les ordres dels clients. D'aquesta manera, com major és aquest indicador, més nombre d'ordres s'ha pogut entregar pel que fa a la disponibilitat del producte.

$$PA(\%) = 1 - \frac{\text{Comandes fallades per Supply Chain}}{\text{Total de comandes}} \quad \text{Eq. 1}$$

Per altra banda, l'indicador de servei a client final, fa referència al total d'ordres fallades, ja sigui per temes logístics, de planificació, de capacitat o d'inspecció. Així doncs, indica el nombre de comandes que no han estat lliurades en la data requerida al client. D'aquesta manera, aquest segon indicador inclou el que analitza el primer indicador, de manera que aquest sempre serà menor que el PA.

$$ECSL(\%) = 1 - \frac{\text{Total de comandes fallades}}{\text{Total de comandes}} \quad \text{Eq. 2}$$

Per representar els resultats obtinguts durant l'any 2021, s'utilitza un gràfic que mostra l'evolució d'aquests dos indicadors, juntament amb el target que s'hauria de superar. A més a més, també es representa el nombre de comandes totals i el nombre de comandes fallades, amb una barra blava i grisa, respectivament.

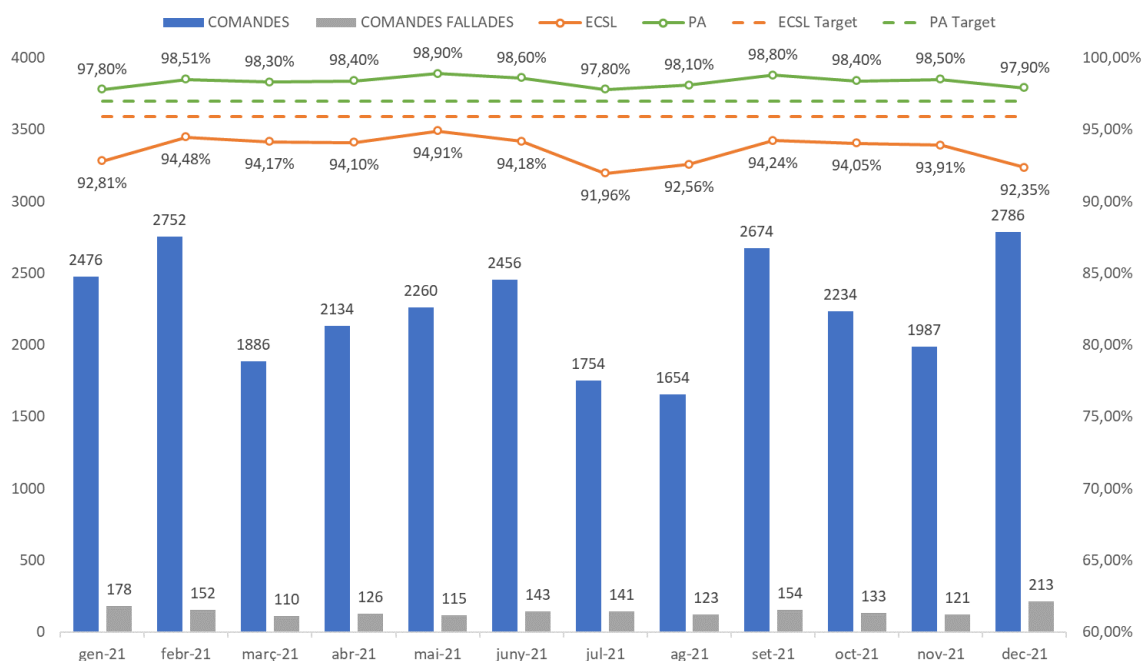


Figura 8. Gràfic dels resultats de l'any 2021 (Font: Interna)

Com es pot observar en la Figura 8, l'any 2021 es van obtenir un resultat molt positiu pel que fa a la disponibilitat del producte, ja que es va superar l'objectiu de la *PA* cada mes, obtenint una mitjana de 98,33 % productes disponibles dins del termini establert.

Per altra banda, pel que fa al nivell de servei a client final, aquest no va arribar al *target* en cap dels mesos, assolint una mitjana de 93,66 %. D'aquesta manera, els clients no van rebre les comandes en el moment esperat en el 6,34 % dels casos, provocant retards inesperats.

Així doncs, es pot observar que la major part dels errors que fa que les comandes no siguin entregades al client dins del termini, és per motius externs a la planificació de l'empresa, de manera que el nivell de servei es deu a causes relacionades amb els diferents proveïdors. Aquestes causes no estan a l'abast de l'empresa, de manera que aquesta no pot conèixer en exactitud el motiu del retard. Així doncs, no es pot prendre accions directes per part de l'empresa per tal de millorar la situació i el nivell de servei.

L'empresa no té un control sobre els estocs, ja que els proveïdors van produint els productes i ho tenen disponible en el seu magatzem, però l'empresa no sap el que tenen. A més a més, es reben queixes per parts dels clients per no rebre el producte en el termini establert, de manera que el proveïdor entrega tard.

Com s'ha comentat a l'inici del projecte, l'objectiu és poder assolir els nivells dels indicadors requerits, de manera que s'hauria d'obtenir valors que superessin el *target* establert per l'empresa.

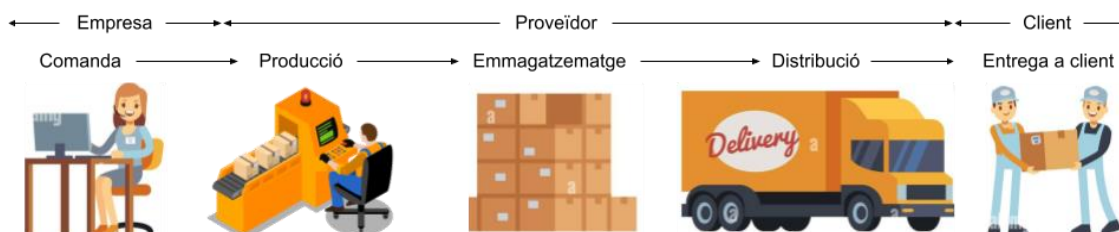
## 6. Proposta d'una solució

Un cop estudiada la situació inicial de l'empresa, es pot valorar i analitzar quin és el principal problema de l'actual cadena de subministrament dels productes amb entrega directa de proveïdor a client, per tal de proposar una possible solució.

Tenint en compte tot el que s'ha comentat anteriorment, actualment la xarxa de distribució té les següents característiques:

- 11 proveïdors
- 4407 punts d'entrega o clients.
- Costos del producte influenciats per la distribució, emmagatzematge i manipulació dels mateixos per part dels proveïdors.
- Lliurament directe de proveïdor a client.
- Nivell de l'indicador ECSL per sota del *target*

Com s'ha pogut detallar en els apartats anteriors, hi ha 11 proveïdors que efectuen lliuraments directes d'una sèrie de productes a uns 4.400 clients. Aquestes entregues es realitzen directament des del seu punt de fabricació o emmagatzematge, de manera que el flux seria el següent.



*Figura 9. Flux del producte situació inicial (Font: Elaboració pròpia)*

Com es pot observar a la Figura 9, l'empresa és qui, segons les necessitats i demanda del client, fa una comanda al proveïdor, però és a partir de llavors quan es podria dir que perd d'alguna manera el seguiment del producte.

Actualment, existeix un contacte diari entre l'empresa i el client, on a més a més, mensualment es comparteixen les previsions de demanda que aquest tindrà per tal que l'empresa pugui tenir el seu pla de producció. És gràcies a això, que l'empresa pot preveure quina serà la demanda a servir en els següents mesos i així anticipar-se a la situació i a la possible falta d'estoc.

Un cop s'inicia la producció per part del proveïdor, aquest és l'encarregat d'emmagatzemar el producte, i un transportista és qui entrega directament el producte al client, sense passar per un magatzem propi de l'empresa. D'aquesta manera, l'empresa no entrega el producte i no el té a la seva disposició abans de la seva entrega, de manera que no hi ha un contacte directe entre totes dues parts.

D'aquesta manera, durant gran part del flux del producte, l'empresa queda en un segon pla, de manera que no té un paper molt visible en com es fa l'emmagatzematge, en quines condicions es fa o si l'entrega a client es fa en les millors condicions.

Aquest escenari no permet una visió completa de tot el procés de la cadena de subministrament, de manera que no assegura el seu bon funcionament. És per això que cal analitzar una possible proposta de solució, per tal d'optimitzar el procés del qual consta la cadena de subministrament.

Per resoldre la desvinculació en alguns punts de la xarxa de distribució de l'empresa, es proposen els següents punts:

- Ús de magatzems propis de l'empresa.
- Lliurament dels productes del proveïdor al magatzem.
- Emmagatzematge propi.
- Lliurament dels productes des dels magatzems al client.
- Implantació de l'Incoterm CPT que afecta directament als costos de transport.

Amb l'objectiu de millorar el flux del producte amb el qual treballa l'empresa actualment amb certs materials, es proposa un nou flux que permeti millorar les mancances de l'actual escenari.

Aquesta proposta parteix del mateix inici del flux de producte que el de la situació inicial, des de la realització de la comanda, fins que el proveïdor distribueix el producte. La diferència es troba a partir d'aquesta distribució, on en comptes de lliurar el producte al client, aquest es rebria en un magatzem propi de l'empresa, on s'emmagatzemaria el producte per ser posteriorment distribuït al client, sota demanda.

A més a més, els proveïdors amb els quals s'està treballant de manera directa no són experts en la planificació i la logística, ja que la seva feina principal és la tasca de fabricar el producte. Actualment, l'empresa és l'encarregada de planificar i intervenir en aquelles mancances que el proveïdor té quant a la planificació, de manera que entregant a magatzem, seria la pròpia empresa la que faria la planificació i la distribució a client.



A continuació es pot veure la representació d'aquesta proposta a la Figura 10, on l'empresa té un major pes i visibilitat.

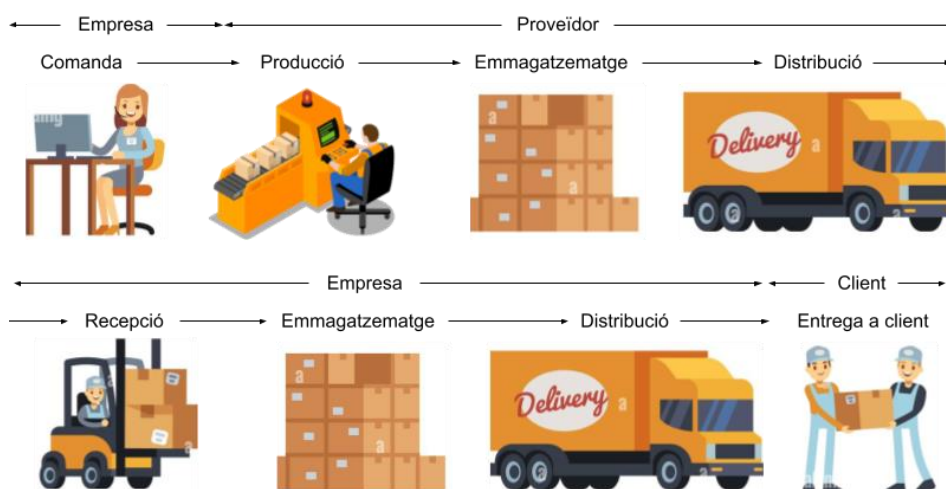


Figura 10. Flux del producte nou escenari (Font: Elaboració pròpia)

La creació d'una nova xarxa logística és molt important i cal estudiar-la bé, ja que influeix en diferents punts, on destacarien els següents:

- Millorar del nivell de servei, en tenir punts d'emmagatzematge situats de manera òptima i control en els estocs, per tal d'agilitzar la resposta a la demanda del client.
- Canvi en els sistemes de distribució i en els costos de transport associats.
- Variació en els costos del producte, ja que en aquest cas el proveïdor seria l'encarregat de produir i lliurar el producte a l'empresa, i no hi hauria un cost d'emmagatzematge llarg en el seu magatzem.
- Increment dels costos d'emmagatzematge.

D'aquesta manera, cal tenir en compte que interessa tenir els magatzems situats a prop dels clients però, per altra banda també cal considerar una bona ubicació que representi un estalvi en els costos de transport. També és important determinar quants magatzems són necessaris, segons el volum de productes que hi hagi i la quantitat de clients que sigui necessari abastir.

A més a més, s'ha de tenir en compte que en aquest cas, el proveïdor en comptes de distribuir el producte al client, ho faria en un dels magatzems propis de l'empresa, amb el tipus d'Incoterm CPT, de manera que el càrrec del transport a magatzem passaria a ser responsabilitat del proveïdor.

## 7. Disseny i anàlisi d'un nou escenari

En aquest apartat es té en compte l'optimització i proposta d'una nova xarxa de distribució amb el flux del producte establert en l'apartat anterior, de manera que és necessari crear un model tenint en compte aquestes característiques.

### 7.1. Eines d'ajuda a la presa de decisions

La dificultat per a la presa de decisions, i en conseqüència per a resoldre problemes, pot venir de la pròpia situació o de les limitacions que es tingui. És per això, que en aquest apartat es parlarà de l'ús de models d'optimització, una eina que pot servir per definir les solucions.

Concretament, l'ús de la programació matemàtica, una tècnica molt potent dins de l'optimització utilitzada en diferents processos de presa de decisions de moltes empreses, concretament serveix per determinar certes decisions que permeten una optimització del sistema.

El disseny d'un model d'optimització aplicant la programació matemàtica consta de tres processos principals:

- Identificació de les possibles decisions que es poden prendre en el sistema per resoldre el problema. Aquestes possibles decisions es representen en forma de variables de decisió, de caràcter quantitatiu, que poden ser reals, contínues o binàries.
- Especificació dels límits i de les relacions entre les variables de decisió mitjançant l'ús de restriccions que aquestes han de complir per a ser admissibles.
- Desenvolupament d'un model de cost del sistema a través de la determinació dels costos associats a cada una de les variables. Aquest punt suposa la creació i tria d'una funció objectiu, que assigna coeficients a les variables de decisió en funció del cost.

Així doncs, aquestes tres etapes juntament amb el conjunt de dades del model, formen el model d'optimització per a la presa de decisions. Mitjançant la definició d'un conjunt de dades i variables, es tracta de formular una funció objectiu i una sèrie de restriccions que cal tenir en compte, per tal de trobar una solució.

De totes les eines disponibles, gràcies a la seva flexibilitat, la programació matemàtica lineal acostuma a ser l'alternativa més utilitzada.

## 7.2. Definició del problema i objectiu

Així doncs, es planteja un problema que es resoldrà mitjançant la programació matemàtica, amb l'objectiu de dissenyar un nou escenari amb lliurament als clients mitjançant magatzems propis de l'empresa.

Per al disseny del nou escenari cal tenir en compte els següents factors:

- Es parteix d'un nombre de clients acotat, dels quals es coneix la demanda i la localització.
- Es coneix la ubicació dels magatzems on es pot emmagatzemar i distribuir demanda, però l'ús d'aquests és limitat.
- Un client només pot rebre material d'un únic magatzem.
- Es disposa de camions per a poder fer la distribució dels productes, de manera que es coneix les distàncies entre els possibles magatzems i els clients.
- Es vol minimitzar el cost del nou escenari.

## 7.3. Plantejament del programa matemàtic

Per a la implementació del programa matemàtic, és necessari definir una sèrie de paràmetres i establir unes restriccions que venen generades pels factors presentats anteriorment.

Definir una notació permet formular models de forma general, de manera que aquests resulten més compactes i intel·ligibles. A més a més, permet separar les dades del model, de manera que es pot emprar un mateix model amb diferents jocs de dades o sota diferents escenaris, sense haver de modificar el model.

### 7.3.1. Índex

Primer de tot, es defineixen dos índexs, que permeten la generalització del model abans esmentada.

- $K \quad k=1 \dots K$  Centre de distribució en referència a cada centre  $k$  ( $k=1, \dots, K$ ) possible
- $C \quad c=1 \dots C$  Client en referència a cada client  $c$  ( $c=1, \dots, C$ ) que l'empresa serveix actualment de forma directa des dels proveïdors

### 7.3.2. Dades

A més a més, cal definir les dades, que representen la informació que s'utilitza en el model. Els noms d'aquestes s'han indexat per tenir-les generalitzades i així indicar quin índex influeix sobre cada una d'elles.

$D_c$	[kg]	Demanda del client $c$ ( $c=1, \dots, C$ )
$O_c$	[tant per 1]	Nombre necessari de camions per transportar la demanda del client $c$ ( $c=1, \dots, C$ )
$S_c$	[m <sup>2</sup> ]	Superfície que ocupa en un magatzem la demanda del client $c$ ( $c=1, \dots, C$ ) que equival a cinc mesos.
$Co_k$	[€/m <sup>2</sup> ]	Cost d'ocupació del terreny segons la localització del magatzem $k$ ( $k=1, \dots, K$ )
$Ct_{ck}$	[€/viatge]	Cost per viatge tenint en compte la distància entre el client $c$ ( $c=1, \dots, C$ ) i el magatzem $k$ ( $k=1, \dots, K$ )
$CM_{\max}$	[kg]	Capacitat màxima dels centres per tal de limitar la demanda que pot cobrir cada magatzem
$CM_{\min}$	[kg]	Capacitat mínima dels centres per tal de limitar la demanda que pot cobrir cada magatzem
$NM$	[magatzems]	Màxim nombre de magatzems que serviran demanda

### 7.3.3. Variables

En aquest cas s'ha definit dues variables booleanes de decisió, que indiquen que el valor pot ser 1 o 0, i determinen les incògnites del problema que es planteja. Aquestes variables donaran la solució sobre quins magatzems són seleccionats per servir demanda, i a quins clients,

$$X_{ck} \in \{0,1\} \quad 1 \text{ si el centre } k \text{ (} k=1, \dots, K \text{) serveix al client } c \text{ (} c=1, \dots, C \text{)}$$

$$Y_k \in \{0,1\} \quad 1 \text{ si el magatzem } k \text{ (} k=1, \dots, K \text{) serveix demanda}$$

### 7.3.4. Funció objectiu:

El que es busca en un model és minimitzar o maximitzar el resultat. En aquest cas es vol minimitzar el cost de distribució dels productes des dels diferents centres de distribució als clients, tenint en compte el cost d'ocupació de la demanda en els magatzems i el cost de lliurament a client, de manera que hi ha dos termes diferenciats:

$$[min] \sum_{k=1}^K \sum_{c=1}^C Co_k \cdot S_c \cdot X_{ck} + \sum_{k=1}^K \sum_{c=1}^C Ct_{ck} \cdot O_c \cdot X_{ck} \quad Eq. 3$$

D'aquesta manera cal tenir en compte el cost de tenir material en un magatzem, on s'ha considerat el cost d'ocupació de terreny segons la localització de cada magatzem i la superfície que ocupa la demanda de cada client. Aquestes dues dades cal multiplicar-les per la variable booleana que relaciona cada client amb cada magatzem, de manera que només es comptabilitza el cost d'aquells magatzems que serveixen demanda.

El segon terme representa el cost del transport de tota la demanda de cada client des d'un magatzem, així que es tindrà en compte el cost per viatge considerant la distància entre client i magatzem, i el nombre equivalent de camions que cal per servir la totalitat de la demanda. En aquest cas, també es fa el producte per la primera variable booleana, per només considera els transports entre cada parella de client i magatzem.

En aquest segon terme, només s'ha tingut en compte el transport des de magatzem a client, ja que com s'ha comentat anteriorment, l'Incoterm escollit en aquest nou escenari seria el CPT. D'aquesta manera el propi proveïdor s'encarregaria del cost de transport al magatzem, deixant així a càrrec de l'empresa només el cost del transport del lliurament de magatzem a client.

### 7.3.5. Restriccions:

El model a dissenyar ha d'anar lligat a un seguit de restriccions per tal d'assolir la funció objectiu de manera òptima, ja que aquestes es defineixen com a condicions per satisfer la solució. Així doncs, cal analitzar el problema plantejat i veure quines restriccions són necessàries.

Primer de tot, es considera que no tots els centres han de servir demanda, ja que no es vol tenir un centre a cada localitat, de manera que es limita que la solució òptima contempla un màxim de magatzems a servir. Així doncs, es defineix la suma de les variables booleanes que fan referència als magatzems no pot ser major que el nombre màxim de magatzems que es vol considerar.

$$\sum_{k=1}^K Y_k \leq NM \quad \text{Eq. 4}$$

A més a més, cal limitar la demanda que es serveix des de cada un dels magatzems, de manera que aquesta no ha de sobrepassar els límits tant inferior com superior de la capacitat establerta. D'aquesta manera, la variable  $y_k$  fa que la demanda que surt de cada magatzem sigui, o bé nul·la, o estigui entre els límits especificats.

$$\sum_{c=1}^C D_c \cdot X_{ck} \leq CMax \cdot Y_k \quad \text{per tot } k = 1, \dots, K \quad \text{Eq. 5}$$

$$\sum_{c=1}^C D_c \cdot X_{ck} \geq CMin \cdot Y_k \quad \text{per tot } k = 1, \dots, K \quad \text{Eq. 6}$$

Per últim, cal considerar una restricció per tenir en compte que la demanda de cada un dels clients ha de ser satisfeta des del magatzem seleccionat, de manera que un client només pot rebre productes des d'un únic magatzem.

$$\sum_{k=1}^K x_{ck} = 1 \quad \text{per tot } c = 1, \dots, C \quad \text{Eq. 7}$$

## 7.4. Implementació del model IBM CPLEX

S'ha utilitzat l'eina de *IBM © ILOG © CPLEX © Optimization Studio* [8] per tal d'implementar el model d'optimització. Aquesta eina consta d'un sistema de suport analític per tal de poder prendre decisions a partir d'una anàlisi del model establert, que permet un ràpid desenvolupament i implementació del model d'optimització, utilitzant la programació matemàtica. El programa combina un llenguatge potent *OPL* i els motors d'alt rendiment *ILOG CPLEX*, que permeten la resolució del model. (Veure B.1 detall del software) A més a més, permet llegir les dades i poder escriure els valors de les variables en un full de càlcul *Microsoft Excel*.

Així doncs, cal implementar el model a partir d'unes entrades, per tal de buscar una solució, optimitzant la funció objectiu i tenint en compte les restriccions indicades en tot moment, per tal d'obtenir uns resultats adients. D'aquesta manera, el diagrama de flux de la informació en el model és el que es mostra a la Figura 11.

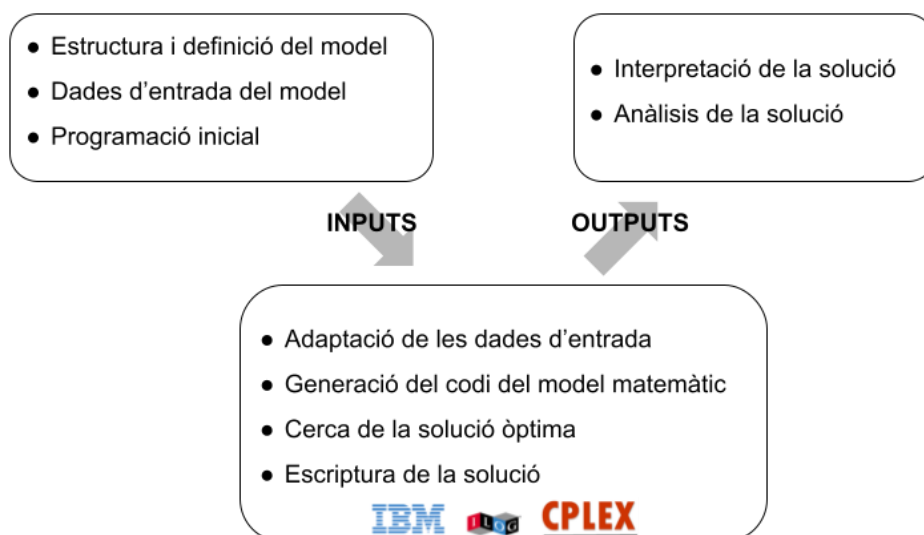


Figura 11. Estructura bàsica del flux de la implementació (Font: Elaboració pròpia)

### 7.4.1. Dades d'entrada del model

Per a poder simular el model, primer de tot s'ha de tenir en compte totes les dades i variables necessàries per crear un arxiu de càlcul amb tota aquesta informació. S'ha de considerar les dades que s'ha extret de l'empresa i a més a més, altres dades que s'explicaran i detallaran a continuació.

S'ha centralitzat tota aquesta informació en un full de càlcul per tal de relacionar la ubicació de les dades i variables en la implementació del model. Així doncs, el programa extreu les dades del full de càlcul, i retorna la solució en el mateix full de càlcul.

#### Previsió de la demanda

Primer de tot, s'ha de considerar la previsió de la demanda, que en aquest cas s'ha fet per d'aquí cinc anys, tenint en compte la demanda dels últims tres anys. Així doncs, s'ha fet un model de previsió basat en sèries temporals, ja que com es pot observar en la Figura 12, la demanda dels clients s'aproxima a una recta, de manera que s'ha fet aproximació mitjançant regressió lineal. S'ha decidit així, ja que aquest projecte és l'inici d'un estudi per canviar d'escenari, de manera que el nou escenari no és immediat i porta el seu temps implementar-lo correctament.

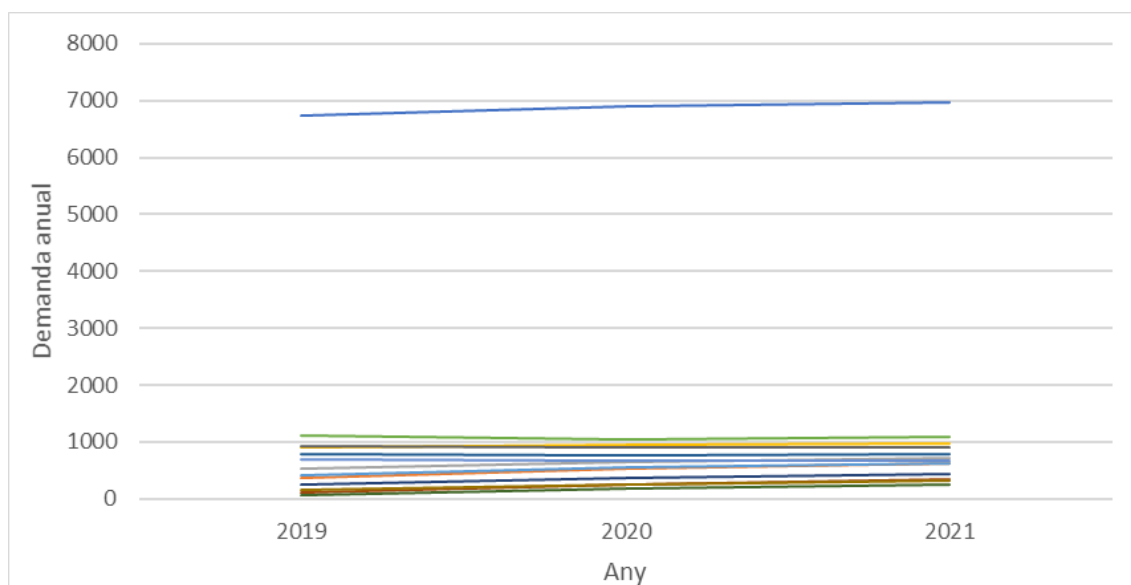


Figura 12. Demanda dels clients en els últims tres anys (Font: Elaboració pròpia)

De la mateixa que s'ha fet en la figura anterior, al llarg de la memòria es mostrarà només les dades dels deu primers clients, els que tenen una major demanda, ja que si no les taules serien molt extenses. Tot i això, les taules completes es troben a l'Annex.

Així doncs, a la Taula 6 es pot veure una mostra d'aquest càlcul de previsió per als 10 clients amb major demanda, que a partir de la demanda coneguda dels últims anys, es fa

una regressió lineal per tal d'estimar quina serà la demanda prevista el 2026. (Veure A.2 taula completa)

Client	Ubicació	Demanda (kg)			Previsió de la demanda (kg)				
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1	GB	6734	6890	6968	7098	7215	7332	7449	7566
2	DE	371	534	616	752	875	997	1120	1242
3	SK	529	658	723	831	928	1025	1122	1219
4	IT	899	950	976	1019	1058	1096	1135	1173
5	CZ	425	550	613	718	812	906	1000	1094
6	IT	1115	1055	1085	1055	1040	1025	1010	995
7	ES	243	378	446	559	661	762	864	965
8	SK	108	262	339	468	583	699	814	930
9	AT	923	897	910	897	891	884	878	871
10	DE	149	259	314	406	489	571	654	736

Taula 6. Previsió de la demanda per als clients (Font: Elaboració pròpia)

A més a més, s'ha dividit els productes en quatre categories, segons el pes de la seva demanda respecte a la total, per considerar només aquells productes que tinguin un pes major sobre la disposició dels magatzems.

Categories	Proporció de demanda (kg)	Nombre de clients
A	1,00 – 12,00 %	10
B	0,50 – 0,99 %	21
C	0,25 – 0,49 %	28
D	0,01 – 0,24 %	4349
<b>Total general</b>	100 %	4407

Taula 7. Distribució dels clients segons la demanda (Font: Elaboració pròpia)

D'aquesta manera, es pot veure a la Taula 7 com hi ha deu clients que tenen un major pes sobre la demanda total, però per fer un model més extens, s'ha tingut en compte tots els clients de les tres primeres categories, un total de 59, que representen un 77 % respecte a la demanda total.

Així doncs, es considera com a dades del model la previsió de la demanda anual que hi haurà l'any 2026 i l'àrea que aquesta ocupa. Aquests valors es treuen a partir de les dades de la xarxa de l'empresa de cada un dels materials, de manera que per a cada client, s'ha fet la suma per a tota la seva demanda, independentment dels productes. (Veure B.2 taula completa)



Client	Demanda	Àrea
c=1...C on C=59	D_c [kg]	[m <sup>2</sup> ]
1	7566	2570,02
2	1242	402,01
3	1219	414,07
4	1173	379,68
5	1094	371,61
6	995	322,06
7	965	327,79
8	930	301,02
9	871	295,86
10	736	238,23

Taula 8. Demanda i àrea de cada client (Font: Elaboració pròpia)

### Ubicació dels magatzems

Primer de tot, és necessari establir la localització de cada magatzem, per tal de determinar les opcions que es vol tenir en el model. Així doncs, s'ha analitzat tots els clients tenint en compte el país on es troben situats, i s'ha trobat que estan repartits en 14 països diferents.

D'aquesta manera, s'ha seleccionat aquests països com a possible ubicació dels magatzems que serveixen a clients, els quals es mostren a la Taula 9.

1	Regne Unit	6	Espanya	11	Portugal
2	Alemanya	7	Àustria	12	Sèrbia
3	Eslovàquia	8	Hongria	13	Holanda
4	Itàlia	9	França	14	Polònia
5	República Txeca	10	Romania		

Taula 9. Possibles ubicacions de magatzems (Font: Elaboració pròpia)

L'estudi es realitza amb les dades d'una empresa que com s'ha comentat té presència per tot Europa, de manera que en els països anteriorment citats ja hi ha actualment diferents magatzems. D'aquesta manera no cal construir nous magatzems per servir la demanda dels clients estudiats, sinó que es considera per a cada cas el magatzem més proper a la capital, ja que acostuma a ser el que té una major capacitat.

Així doncs, és necessari tenir en compte un cost en funció de la localitat de cada un dels magatzems, ja que no és el mateix considerar un magatzem a un país que a un altre. Es considera el preu mitjà del metre quadrat del sol [9][10], i tenint en compte la demanda que hagi de servir cada magatzem, el programa determina la superfície nova ocupada. Al

tractar-se de magatzems ja existents, la resta de departaments ja es troben en funcionament, és per això que s'ha decidit no tenir en compte altres costos associats.

Magatzem	Ubicació	Cost ocupació terreny
k=1...K on K=14	-	Co_k [€/m <sup>2</sup> ]
1	GB	146,32
2	DE	233,49
3	SK	134,17
4	IT	188,94
5	CZ	128,43
6	ES	136,40
7	AT	224,79
8	HU	133,42
9	FR	211,86
10	RO	64,66
11	PT	160,40
12	RS	115,23
13	NL	192,42
14	PL	132,31

Taula 10. Costos d'ocupació de terrenys segons la ubicació (Font: Elaboració pròpia)

Pel que fa a la distribució de la zona d'emmagatzematge, es considera com a la Figura 13, distribució molt comuna en els magatzems de l'empresa, on hi ha estanteries de 6 pisos, i tenint en compte l'alçada de les caixes on van els materials, es considera que a cada alçada hi caben 6 productes. Així doncs, la dada de la superfície ocupada per la demanda de cada client, tindrà en compte aquesta distribució, per tal de saber quan ocupa la demanda per m<sup>2</sup> de magatzem. [11]



Figura 13. Distribució del magatzem (Font: [12])

Coneguda la distribució que tenen els magatzems, es pot determinar quina és la superfície d'ocupació de la demanda de cada un dels clients al magatzem. Aquesta aproximació es fa a partir de la seva àrea i tenint en compte la distribució esmentada anteriorment.

Aquesta àrea no és la que equival a la demanda total, sinó que es té en compte la demanda màxima que pot haver-hi al magatzem en un instant determinat, ja que no es considera que tota la demanda està emmagatzemada al mateix temps. Per a determinar aquesta demanda, es considera que el *Safety Stock* dels materials d'aquest tipus acostuma a ser de tres mesos, i que no hi ha una devaluació en l'estoc si aquest no està més de cinc mesos sense moviment, de manera que es considera que al magatzem hi pot haver un estoc màxim equivalent a cinc mesos de demanda.

Així doncs, coneixent l'àrea de la demanda total, i les consideracions prèviament citades, s'obté l'ocupació de l'estoc equivalent a cinc mesos.

$$S_c = \frac{\text{Àrea total de la demanda} \cdot \frac{5 \text{ mesos}}{12 \text{ mesos}}}{6 \text{ pisos} \cdot 6 \text{ estanteries}} \quad \text{Eq. 8}$$

Aplicant aquest quocient, s'obté la superfície d'ocupació per client, tal com s'observa a la Taula 11, dada que cal saber per tal de considerar el cost que suposa dedicar una part del magatzem a la seva demanda. (Veure B.2 taula completa)

Client	Àrea demanda	Superfície d'ocupació
c=1...C on C=59	A_c [m <sup>2</sup> ]	S_c [m <sup>2</sup> ]
1	1542,01	53,54
2	241,21	8,38
3	248,44	8,63
4	227,81	7,91
5	222,97	7,74
6	193,24	6,71
7	196,67	6,83
8	180,61	6,27
9	177,52	6,16
10	142,94	4,96

Taula 11. Superfície d'ocupació de cada client (Font: Elaboració pròpia)

A més a més, el model consta de les dades de capacitat mínima i màxima dels magatzems, de manera que també cal considerar aquests dos valors, per tal de tenir en compte les quantitats d'estoc que pot contenir un magatzem.

Concretament, pel que fa a la capacitat mínima, s'ha considerat que ha de compensar posar en marxa la distribució des d'un magatzem, ja que no s'involucrarà un magatzem per acabar distribuint molt poca demanda. D'aquesta manera, tenint en compte que hi ha 14 possibles magatzems, es considera que la capacitat mínima és l'equivalent a tenir la demanda repartida de forma homogènia entre tots ells.

Per altra banda, com els magatzems de l'empresa tenen capacitat suficient per fer front a aquestes demandes, la capacitat màxima s'ha fixat igual al valor de demanda total dels clients.

<b>Cmax</b>	34010,00 kg
<b>Cmin</b>	2429,29 kg

Taula 12. Nombre màxim de magatzems i capacitats (Font: Elaboració pròpia)

A més a més, cal tenir en compte que es resol el model per diferents valors de NM, nombre màxim de magatzems que serveixen demanda, per tal d'obtenir el cost total de cada un i que l'empresa pugui valorar entre diferents opcions.

### Cost del transport

Pel que fa al transport de material, es considera el cost per viatge, segons la distància entre la ciutat on es troba el client c, i el país on es troba el magatzem k. Per trobar aquest cost, s'ha creat un llistat de totes les ciutats on es localitzen els diferents clients, i s'ha buscat la distància a cada un dels possibles centres.

Pel que fa als magatzems, s'ha considerat la ubicació cèntrica de cada país, ja que com s'ha comentat, a la perifèria de la capital és on s'ubiquen els magatzems actuals amb major capacitat. (Veure B.3 taula completa)

	k	GB	DE	SK	IT	CZ	ES	AT	HU	FR	RO	PT	RS	NL	PL
c	km	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Gaydon	1	443	1005	1978	2015	1499	1871	1536	1924	988	2516	2204	2381	810	1650
Stuttgart	2	1472	347	976	1085	592	1760	565	922	751	1514	2093	1309	576	984
Bratislava	3	2115	748	273	1170	252	2490	288	251	1454	843	967	707	1173	620
MELFI	4	2634	748	1661	318	1575	2259	1162	1493	1541	2084	2680	1646	1857	1947
Praha	5	1812	421	602	1306	106	2214	375	575	1205	1167	2645	1031	846	502
Atessa	6	2453	1441	1480	259	1393	2160	980	1311	1359	1903	1724	1465	1675	1766
V. Cerrato	7	2119	1910	2750	1902	2168	242	2149	2507	853	3099	495	2660	1596	2567
Prešov	8	2448	1009	176	1544	552	2843	685	343	1851	650	3265	800	1434	545
Graz	9	2026	774	533	942	447	2241	98	396	1349	988	973	713	1102	819
Rastatt	10	1378	371	1057	1091	655	1676	646	1003	667	1595	2009	1391	531	1048

Taula 13. Matriu de distàncies entre client i magatzem (Font: Elaboració pròpia)

Un cop es tenen totes les distàncies, veure Taula 13, cal tenir en compte el cost que suposa cada desplaçament, de manera que es farà el producte del cost per viatge, per la distància entre cada parella de client i magatzem. En aquest cas, es considera un cost per terra d'1,09 €/km [13] i un cost per aire o mar de 5,45 €/km [14], ja que aquests mitjans de

transport poden costar fins a cinc vegades més que el cost d'entregar-ho per terra. D'aquesta manera, tot trajecte entre client i magatzem on un dels dos sigui del Regne Unit, serà calculat amb la segona tarifa.

Per a aquest càlcul del cost, es considera que la demanda es transporta mitjançant camions tràiler, ja que és un dels més habituals en el sector de transport per carretera. Així doncs, es té en compte el volum d'aquests camions és de 90 m<sup>3</sup>, considerant camions de capacitat de càrrega útil de 30 tones [15].

D'aquesta manera, és necessari tenir una dada que expressi el nombre de camions utilitzats per al transport de tota la demanda d'un client, tenint en compte el volum de cada demanda i el volum d'un camió. Així doncs, el nombre de camions necessaris equival al nombre de viatges per a transportar tota la demanda d'un client, considerant que s'aprofita el viatge per distribuir altres productes.

$$O_c = \frac{\text{Volum demanda}}{\text{Volum camió}} \text{ on Volum camió} = 90 \text{ m}^3 \quad \text{Eq. 9}$$

A partir del volum de la demanda de cada client, es coneix l'ocupació, és a dir, el nombre de camions necessaris per a la seva distribució, tenint només en compte la distribució de magatzem a client. S'expressa amb decimals per no sobreestimar els costos, ja que s'assumeix que part de la capacitat del camió es farà servir per distribuir altres productes i, per tant, la resta del cost es comptarà per altra banda. (Veure B.2 taula completa)

Clients	Volum	Ocupació camió
c=1...C on C=59	[m <sup>3</sup> ]	O_c
1	321,25	3,57
2	50,25	0,56
3	51,76	0,58
4	47,46	0,53
5	46,45	0,52
6	40,26	0,45
7	40,97	0,46
8	37,63	0,42
9	36,98	0,41
10	29,78	0,33

Taula 14. Característiques dels primers 10 clients (Font: Elaboració pròpia)

A partir de les dades obtingudes en la Taula 14, si es fa el producte del cost per viatge pel nombre de camions necessaris, s'obté el cost del transport de la demanda de cada un dels clients, en funció de la distància i de la demanda que es transporta.

## 7.4.2. Detalls del model

Per a la correcta implementació del model, cal tenir en compte les tres parts diferenciades que es tenen en el programa. S'han de definir bé, per tal de poder configurar el model i obtenir el resultat desitjat a partir d'aquest. Les parts es diferencien principalment per la seva funció, però una altra característica que destaca és l'extensió de l'arxiu.

- El model (.mod)
- Les dades (.dat)
- La configuració (.ops)

### Adaptació de les dades d'entrada

Correspon a l'arxiu .dat del programa. Serveix per relacionar el model amb les dades d'entrada recopilades en el full de càlcul i al mateix temps poder retornar la solució en el mateix. D'aquesta manera, en aquest arxiu s'indica la localització exacta dels diferents paràmetres del model en el full de càlcul.

Primer de tot, s'importa la connexió amb l'Excel per tal de tenir la connexió per poder extreure les dades i retornar el resultat, de manera que s'indica el nom de l'arxiu que s'ha de trobar en la mateixa carpeta que el model.

A continuació s'importen els índexs i les dades, indicant la ubicació de les cel·les del full de càlculs corresponents. A més a més, també cal exportar les variables, per tal de tenir la solució en el mateix full de càlcul per poder fer una anàlisi, com es mostra a la Figura 14.

```
// Importar connexió amb l'excel
SheetConnection excel("TFM_ProgramaIBM5.xlsx");

//Importar índex de l'excel

K from SheetRead(excel,"Dades!E1");
C from SheetRead(excel,"Dades!E2");
//Importar dades de l'excel

D_c from SheetRead(excel,"Dades!C7:C65");
A_c from SheetRead(excel,"Dades!D7:D65");
O_c from SheetRead(excel,"Dades!F7:F65");
S_c from SheetRead(excel,"Dades!G7:G65");
Ct_ck from SheetRead(excel,"Dades!M7:Z65");
Co_k from SheetRead(excel,"Dades!J7:J20");
CMax from SheetRead(excel,"Dades!B2");
CMin from SheetRead(excel,"Dades!B3");
NM from SheetRead(excel,"Dades!B1");

//Exportar variables
X_ck to SheetWrite(excel,"Resultats!C4:P62");
Y_k to SheetWrite(excel,"Resultats!T4:T17");
```

Figura 14. Implementació del model arxiu .dat (Font: Elaboració pròpia)

## Generació del model matemàtic

Es troba en l'arxiu *.mod* on es troba el codi amb el model matemàtic. En aquest arxiu es defineixen els diferents paràmetres, la funció objectiu i les restriccions que relacionen les dades i variables. Finalment, l'última part del codi *.dat* correspon a exportar la solució obtinguda en el full de càlcul.

Així doncs, primer de tot cal definir els índexs i les dades, tenint en compte si els paràmetres són nombres reals *float()* o si per contra són nombres enters *int()* i no poden contenir decimals. Després cal definir també les variables, que en aquest cas són variables de decisió booleanes *dvar boolean()*, de manera que prenen valors de 0 o 1.

A continuació es troba el cos del model a la Figura 15, on primer s'indica que el que es vol és minimitzar la funció objectiu i a continuació s'indica quina és la funció de minimitzar els costos. Un cop descrita, cal indicar totes les restriccions que cal complir per tal d'obtenir un bon resultat, relacionant les dades i variables entre elles.

```
//Definir els index
int K=...;
int C=...;

//Definir les dades
float D_c[1..C]=...;
float A_c[1..C]=...;
float O_c[1..C]=...;
float S_c[1..C]=...;
float Ct_ck[1..C][1..K]=...;
float Co_k[1..K]=...;
float CMax=...;
float CMin=...;
int NM=...;

//Definir les variables
dvar boolean X_ck[1..C][1..K];
dvar boolean Y_k[1..K];

//Funció objectiu
minimize
sum(k in 1..K)sum(c in 1..C)Co_k[k]*S_c[c]*X_ck[c][k]
+sum(k in 1..K)sum(c in 1..C)((Ct_ck[c][k]*O_c[c])*X_ck[c][k]);

subject to
{
sum(k in 1..K)(Y_k[k])<=NM; //Restricció 1

forall(k in 1..K)
{
sum(c in 1..C)(D_c[c]*X_ck[c][k])<=CMax*Y_k[k]; //Restricció 2
sum(c in 1..C)(D_c[c]*X_ck[c][k])>=CMin*Y_k[k]; //Restricció 3
}
forall(c in 1..C)
{
sum(k in 1..K)(X_ck[c][k])=1; //Restricció 4
}
}
```

Figura 15. Implementació del model arxiu *.mod* (Font: Elaboració pròpia)

### Cerca de la solució òptima

En l'arxiu `.ops` es troben els paràmetres de la resolució, on principalment s'escull la metodologia usada per tal de resoldre el problema d'optimització, que en aquest cas, s'ha optat per deixar l'algoritme amb el valor per defecte, automàtic. A més a més, es pot configurar el límit de temps i la memòria utilitzada durant les simulacions, però en aquest cas no cal definir un límit, ja que en menys de 30 segons troba la solució òptima.

També hi ha la informació relacionada amb el paquet del programa que es té, on indica la memòria ocupada o altres característiques relacionades, tal com es pot observar a la Figura 16.

Advanced start switch	Standard advanced start	▼
Computation time reporting	Wall clock time	▼
CPU binding mask	auto	
<b>Algorithm for continuous problems</b>	Network simplex	▼
Algorithm for continuous quadratic optimization	Automatic	▼
Global default thread count	0	
Global time limit	1.0E75	
Deterministic time limit	1.0E75	
Directory for working files	.	Browse...
Memory available for working storage	2048.0	

*Figura 16. Implementació del model arxiu `.ops` (Font: Elaboració pròpia)*

### 7.4.3. Dades de sortida del model

Amb el model ja implementat i totes les dades i variables definides, només queda executar el programa per tal d'obtenir el resultat. Aquest resultat es veurà reflectit en el full de càlcul, de manera que es podrà analitzar de manera detallada a partir de la solució de les dues variables booleanes.

El resultat va relacionat amb la funció objectiu de minimitzar el cost, de manera que el programa donarà com a solució aquells magatzems que cal utilitzar de manera òptima i a quins clients entreguen material.

Pel que fa a la variable  $X_{ck}$ , és la que fa referència a si un magatzem  $k$  ( $k=1, \dots, K$ ) serveix demanda a un client  $c$  ( $c=1, \dots, C$ ). Així doncs, observant la Taula 15, es pot determinar que per exemple, el client número 1 rep la demanda del magatzem número 1, mentre que el segon client la rep del magatzem número 5.



c\k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1													
2					1									
3										1				
4										1				
5					1									
6										1				
7						1								
8										1				
9										1				
10					1									

Taula 15. Solució de la variable  $X_{ck}$  (Font: Elaboració pròpia)

Per altra banda, la variable  $Y_k$  dona informació sobre quin magatzem  $k$  ( $k=1, \dots, K$ ) serveix demanda a client, de manera que els magatzems seleccionats són l'1, 5, 6 i 10. Com es pot observar a la Taula 16, la solució òptima és utilitzar 4 magatzems per a emmagatzemar i servir la demanda als clients.

k	$Y_k$
1	1
2	
3	
4	
5	1
6	1
7	
8	
9	
10	1
11	
12	
13	
14	

Taula 16. Solució de la variable  $Y_k$  (Font: Elaboració pròpia)

D'aquesta manera, gràcies a les dades de sortida, es pot conèixer quin és el nou escenari i a partir d'aquestes, es pot analitzar els costos que suposa, comparar amb diferents alternatives possibles i determinar si el model és susceptible a possibles alteracions en l'escenari.

## 7.5. Anàlisi de la solució del model

Un cop executat el programa amb el model correctament implementat, s'obté la solució òptima del model. Aquest resultat ve expressat en les variables booleans que s'ha mostrat en el punt anterior, on s'ha tractat els clients i magatzems com un número, per tal de simplificar i generalitzar el model.

### 7.5.1. Anàlisi de l'escenari

Un cop obtingut el resultat, per una millor comprensió, s'ha fet una anàlisi per expressar d'una forma clara el que s'ha extret com a nou escenari. La solució quant a la selecció del magatzem òptim per servir a cada client es mostra a la Taula 17, tenint en compte el país on es troben els clients, tot i que com es pot observar, no tots els clients d'un mateix país reben del mateix magatzem.

Ubicació dels clients	Ubicació del magatzem	Quantitat de demanda (kg)
Àustria	Romania	871
República Txeca	República Txeca	3181
Alemanya	República Txeca	3590
Espanya	Espanya	3446
França	República Txeca	1413
	Espanya	653
Regne Unit	Regne Unit	8054
Hongria	Romania	1947
Itàlia	República Txeca	211
	Romania	3280
Holanda	República Txeca	438
Polònia	República Txeca	187
	Romania	211
Portugal	Espanya	740
Romania	Romania	1602
Sèrbia	Romania	658
Eslovàquia	Romania	3528
<b>Total</b>		<b>34010</b>

Taula 17. Selecció del magatzem per als clients (Font: Elaboració pròpia)

Així doncs, pel que fa als magatzems, la solució obtinguda és considerar 4 magatzems, tenint en compte el nombre de clients als quals serveix i la quantitat total de demanda que ha de distribuir, com es pot veure a la Taula 18.

Magatzem	Clients als quals serveix	Demanda que serveix (kg)
Regne Unit	2	8054
República Txeca	22	9020
Espanya	11	4839
Romania	24	12097
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>34010</b>

Taula 18. Solució òptima d'obertura de magatzems (Font: Elaboració pròpia)

A continuació es pot veure un mapa on es mostra la ubicació dels magatzems, els cercles, i la ciutat on entrega material, els triangles, és a dir allà on el magatzem entrega demanda a client. S'ha diferenciat entre els diferents magatzems variant el color de cada una de les opcions, per així veure d'una manera clara els diferents grups.

El mapa s'ha realitzat mitjançant l'eina Microsoft 3D Maps per a Excel [16]. Aquesta aplicació permet graficar i visualitzar dades que es troben a una taula i que contenen ubicacions reals. (Veure B.4 representació de la solució)

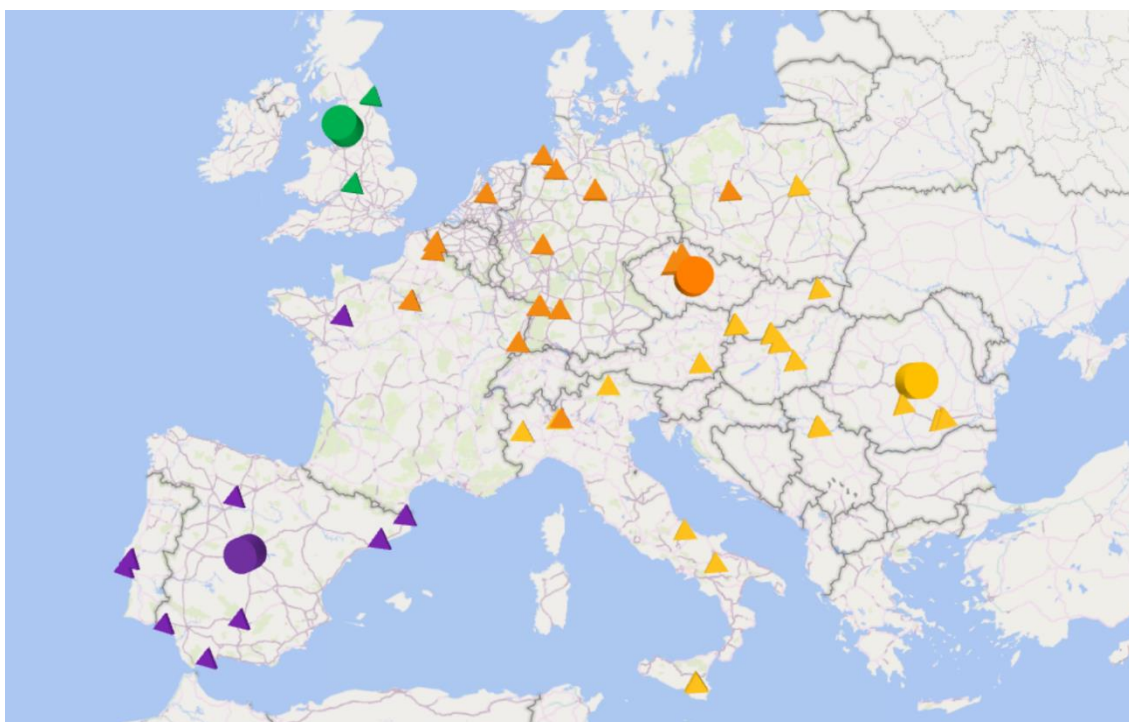


Figura 17. Mapa amb els magatzems i la distribució (Font: Elaboració pròpia)

Com es pot observar a la Figura 17, el magatzem del Regne Unit serveix a dos únics clients, que es troben en el mateix país, de manera que tots els trajectes es podran fer per via terrestre, suposant un menor cost del viatge. Per altra banda, des del magatzem d'Espanya es serveix a clients del mateix país però també a clients de Portugal i alguns del nord de França, ja que la ruta fins a aquest magatzem, tenint en compte la distància i la demanda,

és més econòmica que servir des d'un altre magatzem. Pel que fa al magatzem de República Txeca, aquest serveix a tots els clients del mateix país, Alemanya i Holanda, i també serveix alguns clients del nord de França, el nord d'Itàlia i Polònia. Finalment, des del magatzem situat a Romania es serveix demanda a clients d'Àustria, Hongria, Polònia, Sèrbia i Eslovàquia, a més a més dels clients propis que té el país.

### 7.5.2. Anàlisi dels costos

Pel que fa als costos, primer de tot s'ha analitzat el cost associat a cada un dels magatzems, a la Taula 19, tenint en compte el que ocupa la demanda que ha de servir i el cost d'ocupació del terreny segons la ubicació.

Magatzem	Demanda (kg)	Àrea d'ocupació (m <sup>2</sup> )	Cost del terreny (€/m <sup>2</sup> )	Cost del magatzem (€)
Regne Unit	8054	681,99	146,32	8315,97
República Txeca	9020	746,61	128,43	7990,68
Espanya	4839	404,40	136,40	4596,72
Romania	12097	1002,53	64,66	5401,78
<b>Total</b>	<b>34010</b>	<b>2835,53</b>	<b>146,32</b>	<b>26305,16</b>

Taula 19. Costos dels magatzems (Font: Elaboració pròpia)

Per altra banda, cal determinar el cost del transport, associat a fer tots els viatges necessaris de magatzem a client, per tal de servir tota la demanda assignada a cada un d'ells. Per a aquest càlcul, s'ha agrupat els costos considerant tots els trajectes que parteixen d'un mateix magatzem, de manera que s'obté els costos de transport des de cada magatzem a la Taula 20.

Magatzem	Distància recorreguda equivalent (km)	Cost del transport (€)
Regne Unit	1643,36	8956,32
República Txeca	2060,21	2245,63
Espanya	1192,58	1299,91
Romania	5531,37	6029,19
<b>Total</b>	<b>10427,52</b>	<b>18531,05</b>

Taula 20. Costos del transport (Font: Elaboració pròpia)

D'aquesta manera, el cost associat a la solució obtinguda és de 44.836,20 €, com s'observa a la Taula 21, tenint en compte el cost dels magatzems i el cost de transportar la demanda, tant pel que fa a la quantitat, com per la distància recorreguda.

Magatzem	Cost del magatzem (€)	Cost del transport de la demanda (€)	Cost total (€)
Regne Unit	8315,97	8956,32	17272,29
República Txeca	7990,68	2245,63	10236,31
Espanya	4596,72	1299,91	5896,63
Romania	5401,78	6029,19	11430,97
<b>Total</b>	<b>26305,16</b>	<b>18531,05</b>	<b>44836,20</b>

Taula 21. Costos de la solució òptima (Font: Elaboració pròpia)

Amb el programa s'ha obtingut la solució òptima d'utilitzar 4 magatzems, però per tal de veure com variaria el cost si es limités més el nombre de clients, es compara amb altres possibles solucions. Concretament, s'analitza la solució òptima de diferents casos, en funció del nombre de magatzems, considerant d'1 a 4, ja que per un nombre màxim major, la solució òptima segueix sent utilitzar 4 magatzems.

A continuació es presenten els resultats obtinguts en la simulació dels diferents casos, a la Taula 22, on es poden observar els costos i la ubicació dels magatzems.

NM	Cost de magatzem (€)	Cost de transport (€)	Cost total (€)	Ubicació dels magatzems
<b>&lt;=4</b>	<b>26305,16</b>	<b>18531,05</b>	<b>44836,20</b>	<b>ES, GB, RO, CZ</b>
3	22337,32	23205,88	45543,20	ES, GB, RO
2	24077,58	29586,60	53664,19	GB, RO
1	15278,32	58144,32	73422,64	RO

Taula 22. Comparativa de les diferents solucions (Font: Elaboració pròpia)

Com es pot veure en la taula anterior, la solució òptima és la d'obrir 4 nous magatzems a Espanya, Regne unit, República Txeca i Hongria. Cal observar, que a menors magatzems utilitzats, menor cost de magatzem respecte al cas base, però el cost de transport augmenta considerablement, ja que augmenta la distància total entre magatzems i clients.

A més a més, la ubicació dels magatzems té relació en funció del nombre escollit, obtenint solucions on es tenen en compte els mateixos. Així doncs, es pot veure que els diferents casos mantenen una mateixa orientació pel que fa a la ubicació dels magatzems.

### 7.5.3. Comparativa respecte a la situació inicial

Per a realitzar una comparativa pel que fa als costos de transport de la situació inicial, es pot determinar el cost de distribuir els productes de cada proveïdor als clients, ja que es coneix la demanda total i de quin proveïdor reben els productes. D'aquesta manera, considerant els mateixos costos que s'ha considerat en la implementació del model del nou

escenari pel que fa als viatges, s'obté un cost de transport de 32.725,74 €.

Per altra banda, amb el model s'ha assolit un cost del nou escenari de 18.531,05 €, en referència a la distribució de la demanda de magatzem a client. A més a més, el nou escenari també ha de contemplar el transport de proveïdor a magatzem, però com ja s'ha comentat anteriorment, aquest va a càrrec del proveïdor, ja que es fixarà l'Incoterm CPT. Tot i això, s'ha calculat aquest cost equivalent a distribuir els productes dels proveïdors actuals als magatzems, obtenint així un cost de primer nivell de 29.960,82 €.

D'aquesta manera, si es compara el nou escenari amb l'actual, pel que fa als costos totals de transport, aquests són un 32 % majors. Tot i això, cal considerar que els costos del nou escenari no van tots a càrrec de l'empresa, sinó que només es consideren directament els associats al transport entre magatzem i client. Pel que fa als costos de proveïdor a client, que van a càrrec del proveïdor, aquests es veuran reflectits en un increment del cost d'adquisició del producte, en el qual també caldrà tenir en compte una reducció pel que fa als costos d'emmagatzematge, ja que aquests passen a càrrec de l'empresa i no s'han de considerar en el cost de compra del producte al proveïdor.

Per altra banda, si es té en compte el cost de magatzem de la situació actual, considerant la ubicació on es troben els diferents proveïdors i la demanda, s'obté el que es mostra a la Taula 23. En aquesta taula s'imputen tots els costos associats al magatzem i al transport, independentment de si aquest va a càrrec del proveïdor o de l'empresa, per valorar el cost total dels dos escenaris.

Escenari	Cost de magatzem (€)	Cost de transport (€)	Cost total (€)
Situació actual	47752,06	32725,74	80477,80
Nou escenari	26305,16	48826,77	75131,93

Taula 23. Comparativa de costos dos escenaris (Font: Elaboració pròpia)

A continuació, es desglossen els costos segons el que va a càrrec de l'empresa i del proveïdor, tal com es pot veure a la Taula 24, per tenir més clar com variarien al nou escenari respecte a la situació inicial. Cal tenir en compte que en aquest projecte no es consideren els costos del producte, que es veurien afectats en aquest nou escenari.

Escenari	A càrrec de	Cost de magatzem (€)	Cost de transport (€)	Cost total (€)
Situació actual	Proveïdor	47752,06	-	47752,06
	Empresa	-	32725,74	32725,74
Nou escenari	Proveïdor	-	30295,72	30295,72
	Empresa	26305,16	18531,05	44836,21

Taula 24. Comparativa de costos dos escenaris (Font: Elaboració pròpia)

Tot i això, cal considerar que el principal objectiu d'aquest treball és dissenyar un nou escenari per tal de millorar el nivell de servei al client. D'aquesta manera, la reducció dels costos respecte la situació inicial no és un punt que s'hagi tingut en compte, ja que s'ha prioritzat altres aspectes per tal d'assolir el nivell *target* de l'indicador.

En la Figura 18, es pot observar els beneficis que s'obtenen segons la importància i la finalitat que consideri l'empresa en alguns factors.

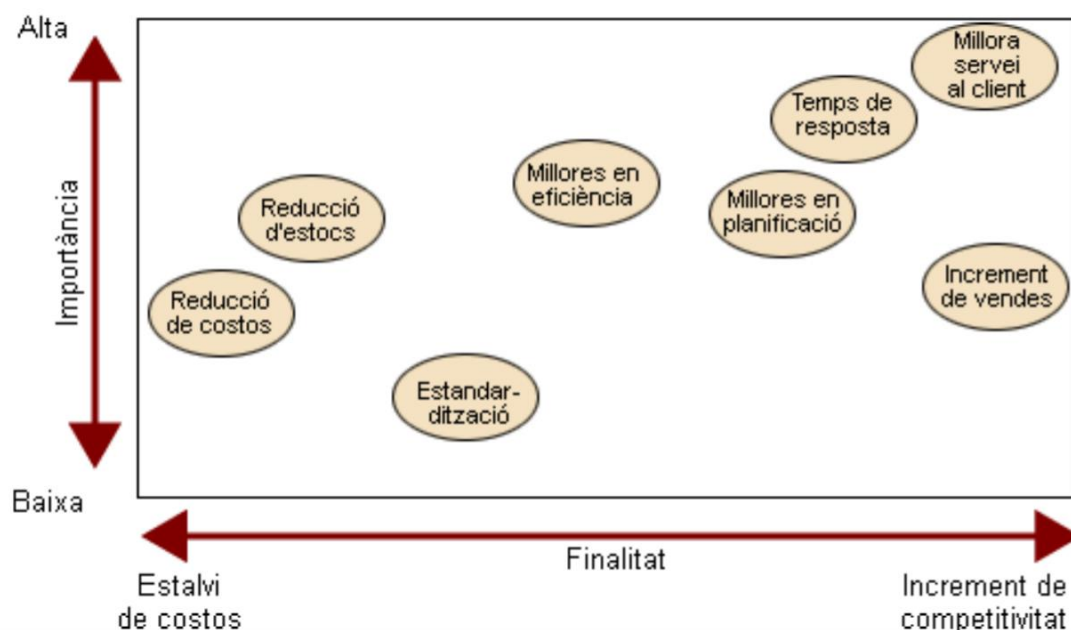


Figura 18. Beneficis segons la importància i la finalitat (Font: Extret de [17])

Així doncs, es podria dir que aquest projecte s'ha centrat, a més a més d'assolir una millora del servei a client, a una millora en la planificació, juntament amb un augment de l'eficiència i una reducció del temps de resposta, de manera que la finalitat ha estat enfocada en un increment de competitivitat, no en un estalvi de costos.

## 7.6. Anàlisi de sensibilitat

Un cop trobada la solució del model, s'ha decidit fer una anàlisi de la sensibilitat per estudiar diferents canvis respecte al model base, i poder preveure si la solució obtinguda varia segons diferents possibles escenaris. Així doncs, aquest mètode d'anàlisi s'utilitza per veure com afecten els valors d'entrada als resultats del model matemàtic.

Els escenaris que s'ha tingut en compte de cara a aquest estudi són els següents:

- Escenaris amb variació de la demanda

- Escenaris amb variació del cost del terreny
- Escenaris amb variació del nombre de clients

D'aquesta manera, cal adaptar el model i les dades, per tal de considerar diferents escenaris i valorar la fiabilitat de la solució obtinguda. Així doncs, es podrà valorar si les localitzacions dels magatzems escollits són una opció sòlida o no.

### 7.6.1. Escenaris amb variació de la demanda

Primer de tot, es farà una anàlisi tenint en compte diferents escenaris relacionats amb una variació de la demanda dels clients, sigui un augment o una disminució, adaptant les dades del model al canvi i tornant a executar el programa per obtenir les diferents solucions.

Dins d'aquesta variació del model, s'ha considerat quatre escenaris diferents:

1. Augment d'un 25 % de la demanda dels 10 clients amb major demanda.
2. Disminució d'un 25 % de la demanda dels 10 clients amb major demanda.
3. Augment d'un 25 % de la demanda tots els clients.
4. Disminució d'un 25 % de la demanda de tots els clients.

Així doncs, com es pot observar s'ha decidit variar la demanda un 25% tant en augment com en disminució en quatre situacions diferents, canviant la demanda dels clients amb més demanda o tots ells.

Per tal d'adaptar el model a aquests escenaris, el que ha sigut necessari és modificar la demanda dels clients, modificant tots els paràmetres en els quals la demanda hagi intervingut en el seu càlcul. La resta d'informació i característiques del model es mantenen igual que en el cas de la solució òptima trobada.

D'aquesta manera, les solucions obtingudes en els diferents casos, amb els canvis efectuats, són les que es mostren a la Taula 25.

Escenari	Cost de magatzem (€)	Cost de transport (€)	Cost total (€)	Ubicació dels magatzems
<b>Cas base</b>	<b>26305,16</b>	<b>18531,05</b>	<b>44836,20</b>	<b>ES, GB, RO, CZ</b>
1	29590,89	21668,76	51259,65	ES, GB, RO, CZ
2	22860,06	15334,28	38194,34	ES, GB, RO, CZ
3	32881,44	23163,81	56045,25	ES, GB, RO, CZ
4	19728,87	13898,28	33627,15	ES, GB, RO, CZ

Taula 25. Comparativa dels escenaris 1-4 amb el cas base (Font: Elaboració pròpia)



Com es pot observar, tot i canviar les demandes d'alguns clients, la ubicació dels magatzems de la solució obtinguda en tots els escenaris és la mateixa que el cas base. Així doncs, es pot veure que el model es comporta de la mateixa manera, escollint les localitzacions dels magatzems com a la solució del cas estudiat, ja que en part és perquè la capacitat màxima és molt gran i, per tant, en aquest sentit un increment de demanda no té cap impacte.

Pel que fa als costos, al canviar les demandes hi ha canvis quant a les quantitats tant d'emmagatzemar com de transportar, és per això que els costos de magatzem i transport varien. Concretament, es pot observar que quan s'augmenta la demanda els costos pugen, i quan es disminueix la demanda els costos baixen, ja que tots els costos van en funció de la demanda que s'hagi de servir a cada client.

### 7.6.2. Escenaris amb variació del cost del terreny

La segona anàlisi que es vol dur a terme és variant el cost del terreny, per tal de veure si amb una variació d'aquest, els magatzems escollits també mantenen la mateixa ubicació, o si la solució opta per altres localitzacions. És per això, que s'analitza dos escenaris on es varia un 25 % el cost del terreny de les localitats obtingudes en la solució òptima on un 50 % el del magatzem de Regne Unit.

5. Augment d'un 25 % el cost del terreny de les 4 localitzacions òptimes.

6. Augment d'un 50 % el cost del magatzem de Regne Unit.

Aquests dos escenaris tenen com a objectiu valorar possibles fluctuacions en el cost del terreny amb el pas del temps o per l'encariment de les parcel·les. És per això que només es canvien els costos dels magatzems del resultat, per valorar si amb un canvi del seu cost s'opta per altres localitzacions.

D'aquesta manera, la Taula 26 és la comparativa d'aquests dos escenaris amb el cas base.

Escenari	Cost de magatzem (€)	Cost de transport (€)	Cost total (€)	Ubicació dels magatzems
<b>Cas base</b>	<b>26305,16</b>	<b>18531,05</b>	<b>44836,20</b>	<b>ES, GB, RO, CZ</b>
5	32881,44	18531,05	51412,49	ES, GB, RO, CZ
6	30463,14	18531,05	48994,19	ES, GB, RO, CZ

Taula 26. Comparativa dels escenaris 5-6 amb el cas base (Font: Elaboració pròpia)

Així doncs, com es pot observar, tot i un augment del cost del terreny de les diferents localitzacions, la ubicació obtinguda com a solució òptima no varia, obtenint els mateixos magatzems que en el cas base. D'aquesta manera, tot i haver-hi opcions amb un cost de

magatzem menor, la distància entre client i magatzem augmenta significativament, i en conjunt s'obtidria una pitjor solució.

Pel que fa als costos, com es pot observar el cost del magatzem varia en relació amb el canvi de cost del terreny, com era d'esperar. Per altra banda, com només s'ha canviat aquest cost i la resta de dades s'ha mantingut, el cost del transport es manté en tots els casos, ja que són els mateixos magatzems els escollits i les mateixes demandes les que s'ha de transportar.

Pel que fa a l'augment del cost del Regne Unit, com aquest consta d'uns costos de viatge elevats, provoca que un augment en el cost de magatzem sigui més econòmic que utilitzar un altre magatzem, ja que en aquest cas els clients d'allà haurien de rebre la demanda per aire o mar, suposant uns costos de transport majors.

### **7.6.3. Escenaris amb variació del nombre de clients**

Per últim, s'ha volgut estudiar unes variacions més complexes, ja que un canvi en el nombre de clients suposa una adaptació del programa, de manera que cal canviar i adaptar la programació del model i les dades, segons el nombre de clients que es consideri.

A més a més, també cal determinar les dades en el cas d'ampliar el nombre, ja que s'ha de determinar la quantitat de demanda de cada un d'ells i les dades relacionades amb aquesta.

Per tal d'analitzar aquest canvi en el nombre dels clients, s'analitzen dos escenaris:

7. Eliminar els 10 clients amb major demanda.
8. Afegir un client a cada un dels 14 països amb opció a tenir magatzem.

El primer fa referència a eliminar els deu primers clients, que corresponen als de la categoria A, de manera que el model consta de 49 clients en aquest cas, igual que en el cas base.

Per altra banda, l'altre escenari és més complex, ja que s'ha decidit afegir un client a cada una de les possibles localitzacions dels magatzems, obtenint un total de 73 clients per a aquesta variant. Aquests 14 nous clients, s'ha decidit que consten d'una demanda de 6.000 kg cada un, per escollir una demanda considerable tenint en compte les demandes del cas base, i així tenir nous clients potencials.

Així doncs, els resultats obtinguts en l'execució del model amb els següents canvis són els que es mostren a la taula 27.

Escenari	Cost de magatzem (€)	Cost de transport (€)	Cost total (€)	Ubicació dels magatzems
<b>Cas base</b>	<b>26305,16</b>	<b>18531,05</b>	<b>44836,20</b>	<b>ES, GB, RO, CZ</b>
7	26387,74	5998,84	32386,58	ES, RO, CZ, NL
8	117291,07	524897,38	642188,45	ES, GB, RO, CZ

*Taula 27. Comparativa dels escenaris 7-8 amb el cas base (Font: Elaboració pròpia)*

Com es pot observar, aquests escenaris influeixen més en la solució obtinguda, de manera que cal fer una anàlisi més concreta quant al resultat.

Pel que fa al primer escenari, cal destacar que Regne Unit és un país amb només dos clients, i un d'ells és el client amb major demanda, concretament una demanda que representa més del 10 % respecte a la demanda total. Així doncs, com s'elimina el client més fort del país, aquest passa a no formar part de la solució, a causa dels seus alts costos de transport, sent substituït per Holanda. Pel que fa a la resta de països, els escollits són els mateixos que al cas base, de manera que només hi ha un canvi en comparació amb els magatzems que configuren la solució.

L'escenari d'afegir nous clients a totes les localitzacions no afecta el resultat d'ubicació dels magatzems, de manera que s'obté la mateixa solució que en el cas estudiat, ubicant els magatzems en els mateixos punts estratègics.

En referència al transport, és normal que el seu cost variï, ja que varien les demandes i així la quantitat a enviar des de cada magatzem als clients. D'aquesta manera, com s'ha comentat anteriorment, un augment o disminució de demanda va directament lligat amb un augment o disminució dels costos.

#### **7.6.4. Conclusions**

Analitzant diferents escenaris per a estudiar la sensibilitat del model matemàtic establert, s'ha pogut comprovar que tot i petites alteracions, el model no mostra canvis considerables i es manté molt proper a la solució del cas base.

S'ha pogut comprovar com la influència d'alguns factors afecten la variació de la resposta, com un canvi en la demanda afecta directament a un augment o disminució del cost i que tot i algunes alteracions, la selecció de magatzems es manté constant.

Així doncs, es pot concloure que aquest model no és sensible a canvis, ja que tot i realitzar alteracions en les dades de partida, el model no s'allunya de la solució del cas base, i en la majoria dels casos la manté. D'aquesta manera, com el resultat de l'estudi no canvia significativament, es considera que es té un model sòlid.

## 8. Impacte ambiental

L'avaluació de l'impacte ambiental és un aspecte que cal tenir en compte en tot projecte que es realitza, ja que s'ha de considerar l'impacte que aquest pugui tenir sobre el medi ambient i intentar que sigui el mínim possible. S'ha d'assegurar el major respecte a factors ambientals i humans en la creació de nous projectes, en aquest cas en el disseny d'un nou escenari amb nous magatzems.

Així doncs, cal tenir en compte els efectes directes i indirectes que es tenen pel fet d'utilitzar magatzems i transportar els materials des dels diferents proveïdors als magatzems i després al client.

Cada vegada són més els clients que sol·liciten una logística ecològica, per tal d'impulsar la reducció d'emissions de CO<sub>2</sub> en el transport de la seva demanda. És per això que l'empresa amb la qual es treballa té en compte aquest fet i el considera com un factor estratègic dins del negoci.

### 8.1. Implementació dels magatzems

Amb l'ús de magatzems, s'ha de tenir en compte que hi ha un impacte ambiental negatiu sobre el medi ambient. Tot i ser magatzems ja existents, es farà una anàlisi del que suposa la seva construcció per tal d'estudiar els punts importants.

Pel que fa a l'impacte del material de construcció, cal optar per materials renovables o reciclats de la biosfera, com ara la fusta per a la construcció, i pintures naturals que tinguin un baix nivell de processat industrial [18]. D'aquesta manera es reduiria el consum d'energies i això provocaria una reducció considerable de les emissions associades, que reduiria l'impacte ambiental considerablement.

A més a més, hi ha un impacte sobre la vegetació, tant per l'extracció de material per a la construcció com per l'ocupació del terreny. També cal destacar una alteració a l'hàbitat de la zona i a tots els organismes vius que pugui haver, que s'ha de minimitzar al màxim.

Concretament a Espanya es considera que entre un 30-40 % de l'energia consumida és del sector de la construcció [19], per a ús d'habitatges o per obra, de manera que es generen moltes emissions de gasos contaminants a l'aire que afecten directament al medi ambient.

D'aquesta manera, per compensar les emissions emeses, es podria pensar en magatzems d'autoconsum, amb la ubicació de plaques fotovoltaïques al sostre. D'aquesta manera es tindria energia renovable i respectuosa amb el medi ambient, col·locant les plaques de forma que no tinguin un impacte negatiu.

Així doncs, es podria concloure que un edifici sostenible ha de mantenir un equilibri entre la producció de materials, el consum i l'ús de recursos naturals, per tal de minimitzar l'impacte que aquest pugui tenir.

## 8.2. Emissions de CO<sub>2</sub>

El transport causa un impacte clar sobre el medi ambient i la salut humana, amb la contaminació acústica i l'emissió d'agents contaminants i gasos d'efecte hivernacle. En la majoria dels casos, aquests factors són desfavorables o poden tenir possibles millores per tal de minimitzar l'impacte.

Segons l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic, el sector industrial i el transport van suposar més de la meitat de les emissions de gasos d'efecte hivernacle a Catalunya l'any 2019, amb un 31 i 29% respecte a les emissions totals, tal com es pot observar a la Figura 19. Aquest projecte entra dins dels dos grans pilars pel que fa a les emissions, de manera que és important tenir-ho en compte, per tal d'aconseguir una reducció.

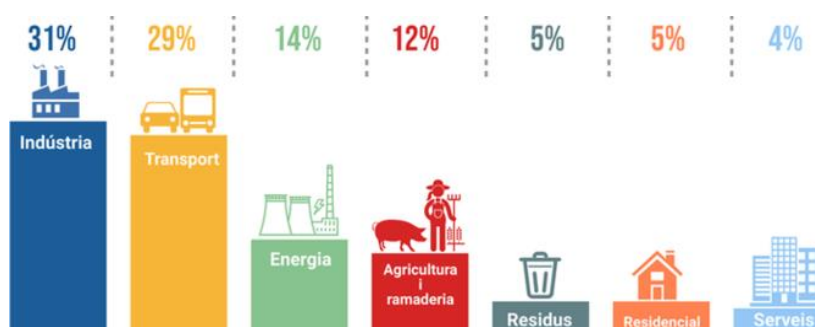


Figura 19. Emissions a Catalunya per sector (Font: [20])

En aquest apartat es determinen les emissions en kg de CO<sub>2</sub> emeses al medi ambient a causa del transport entre els magatzems i els clients.

Hi ha diferents maneres de calcular les emissions en funció de la informació que es tingui, en aquest cas com es disposa de la distància, es realitzarà el càlcul a partir dels kilòmetres recorreguts. D'aquesta manera, es tindrà en compte la distància recorreguda pels camions per a servir tota la demanda.

Per tal d'efectuar el càlcul, es disposa de la Taula 28 de conversió del ministeri de la indústria, que permet calcular les emissions que s'emeten a partir d'un factor que indica les emissions per cada kilòmetre recorregut. Aquesta taula també va en funció del camió que s'utilitzi, que en aquest cas s'ha considerat un camió de 30 tones.

Aquesta taula de conversió va en funció del factor de càrrega dels camions, que indica el nivell de càrrega transportada en funció de la càrrega total del vehicle, de manera que té

en compte el nivell d'ocupació d'aquest. En aquest cas es tindrà en compte un factor de càrrega del 80%, per simplificar el problema i considerar que majoritàriament els camions aniran plens, però que també pot haver-hi casos on l'ocupació no sigui màxima.

Factor de càrrega	CO <sub>2</sub> (kg / km)		
	Camió rígid 3,5 – 7,5 t	Camió rígid 7,5 – 17 t	Camió articulat 17 – 33 t
10 %	0,537	0,690	0,727
20 %	0,546	0,710	0,761
30 %	0,555	0,729	0,796
40 %	0,564	0,748	0,831
50 %	0,574	0,767	0,865
60 %	0,583	0,786	0,900
70 %	0,592	0,806	0,934
80 %	0,601	0,825	<b>0,969</b>
90 %	0,610	0,844	1,004
100 %	0,619	0,863	1,038

Taula 28. Conversió dels km per CO<sub>2</sub> emès (Font: Adaptació de [21])

### 8.2.1. Comparativa segons la capacitat del camió utilitzat

Com s'ha comentat anteriorment, es considera que es treballa amb camions tràiler d'una capacitat útil de 30 tones, amb unes dimensions de 13,62 m x 2,46 m. A més a més, cal tenir en compte el resultat obtingut en la resolució del model, un total de 104,28 km equivalents per a repartir tota la demanda.

$$kg\ CO_2\ emesos = \text{Factor d'emissió} \cdot km\ recorreguts \quad \text{Eq. 10}$$

$$kg\ CO_2\ emesos = 0,969 \cdot 10427,52\ km = 10104,26\ kg\ CO_2$$

En el càlcul anterior s'ha fet un estudi per als camions de capacitat màxima de 30 tones, però per avaluar si són els camions òptims respecte al medi ambient, s'ha calculat també les emissions per a camions de 7 i 15 tones, tenint en compte les mesures d'aquests i els factors d'emissió corresponents. Per l'obtenció de la distància recorreguda, ha estat necessari tornar a fer córrer el programa amb els canvis de camió.

Tipus de camió	km recorreguts	kg CO <sub>2</sub> emesos	Diferència
Camió articulat de 30 t	10427,52	10104,26	-
Camió rígid de 15 t	13265,34	10943,91	8,31 %
Camió rígid de 7 t	27852,12	16739,12	65,66 %

Taula 29. Emissions segons el tipus de camió (Font: Elaboració pròpia)

Com es pot observar a la Taula 29, l'opció que emet menys kg de CO<sub>2</sub> al medi ambient és l'estudiada en un principi, que correspon als camions de 30 tones, ja que al tenir major capacitat fa menys kilòmetres. D'aquesta manera, augmenten les emissions al reduir la càrrega dels camions, ja que es recorren més kilòmetres, i tot i reduir-se el factor d'emissions, aquest ho fa en un grau menor que l'augment de la distància.

Aquesta reducció de les emissions en utilitzar camions de major capacitat ve derivada d'una millor ocupació d'aquests, aconseguint així que es redueixi el nombre de camions a utilitzar i en conseqüència els kilòmetres recorreguts per entregar la demanda.

D'aquesta manera, es pot concloure que l'opció seleccionada és la més eficient pel que fa a les emissions de CO<sub>2</sub>. Tot i això, també s'ha de tenir en compte que hi ha altres estratègies que s'ha de considerar, com els camions amb el que es fa el transport o la forma de conducció d'aquests, ja que això també influeix sobre la logística mediambiental.

### 8.2.2. Comparativa amb la situació inicial

Per altra banda, si es fa la comparativa entre les emissions de CO<sub>2</sub> entre la situació actual i el nou escenari, com ja s'ha comentat anteriorment els costos de transport augmenten a causa d'un augment en la distància a recórrer, ja que es passa d'una etapa de transport a dues.

D'aquesta manera, si es fa el càlcul de les emissions de CO<sub>2</sub> tenint en compte els dos escenaris, es pot observar com aquestes augmenten, tot i que de la nova situació, només el 40 % fa referència als kilòmetres que van a càrrec de l'empresa.

Concepte		Km recorreguts	kg CO <sub>2</sub> emesos	
Situació inicial	Proveïdor - client	15674,34	15188,44	15188,44
Nou escenari	Proveïdor - magatzem	14797,88	14339,15	24443,41
	Magatzem - client	10427,52	10104,26	

Taula 30. Emissions de CO<sub>2</sub> dels dos escenaris (Font: Elaboració pròpia)

D'aquesta manera, s'ha de considerar una manera de compensar i ajudar a combatre el canvi climàtic, per tal d'afavorir a un escenari més sostenible, ja que el diòxid de carboni, a part de ser un agent que contribueix en l'escalfament global, també és un dels nutrients principals de la vegetació.

El problema es troba en el fet que els nivells de CO<sub>2</sub> que hi ha a l'atmosfera són superiors als que la vegetació és capaç d'absorbir. D'aquesta manera, hi ha iniciatives que permeten restaurar boscos mitjançant la reforestació, de manera que una empresa pot considerar les emissions que produeix, i contrarestar aquests gasos aportant un pressupost per kg de CO<sub>2</sub> emès.

## 9. Proposta final i procés d'implementació

Amb l'objectiu de tenir una visió global dels resultats obtinguts en l'anàlisi i de la proposta del nou escenari, s'ha volgut consolidar la informació de la proposta final en aquest apartat, per tal de veure que s'ha obtingut amb l'estudi realitzat.

Aquest estudi ha constatat del disseny d'una nova xarxa de distribució de l'empresa, tenint en compte una optimització dels costos d'emmagatzematge i de transport, on canvia el model d'entrega dels productes. Així doncs, una sèrie de productes passen de tenir entrega directa de proveïdor a client, a tenir una entrega directa d'empresa a client.

Amb l'eina IBM ILOG CPLEX s'ha pogut concloure que l'opció òptima és obrir quatre magatzems al Regne Unit, República Txeca, Espanya i Romania, per servir als 59 clients que s'estudia.

Així doncs, aquests quatre magatzems són els que serveixen la totalitat de la demanda. A continuació es pot veure la Figura 20, on s'ha agrupat els diversos clients segons el país on es troben per tal de graficar la quantitat de demanda que cada magatzem ha d'entregar a cada un d'ells.

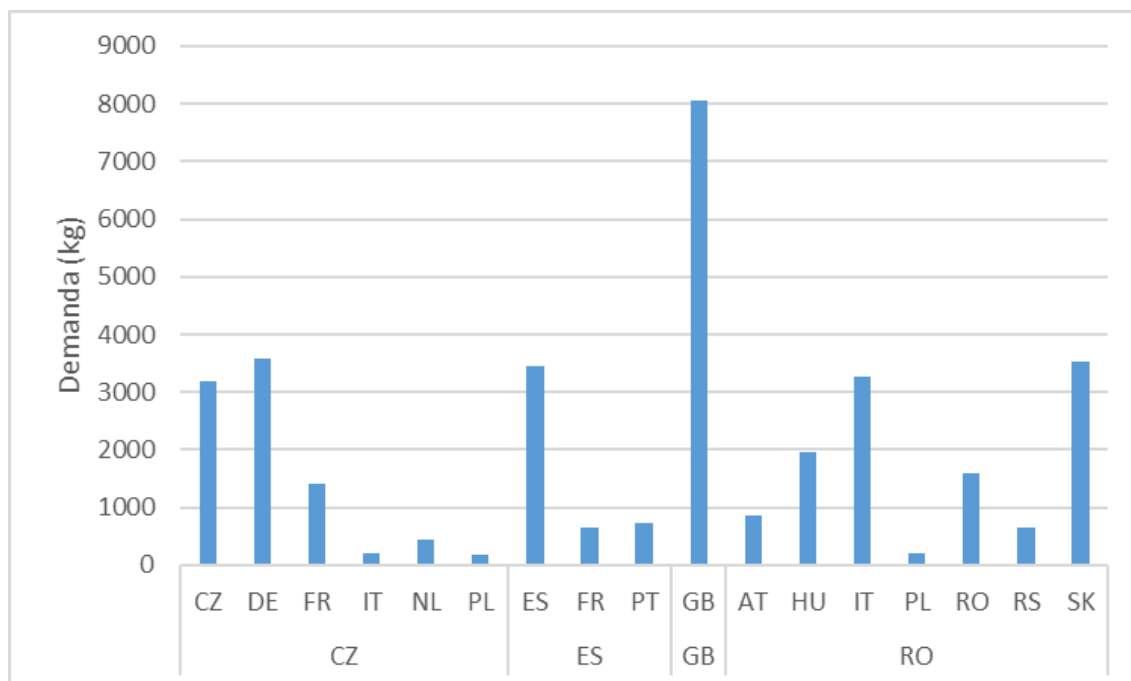


Figura 20. Distribució de la demanda de cada magatzem (Font: Elaboració pròpia)

Aquesta opció és la que suposa un estalvi major tenint en compte tant el cost d'emmagatzematge com el de transport, de manera que s'ha optimitzat tots dos costos al mateix temps. El programa ha permès escollir diferents ubicacions per a la localització dels



magatzems en funció del seu cost i de la demanda de cada client.

A més a més, els camions utilitzats són els de 30 tones, ja que suposen unes menors emissions de CO<sub>2</sub> al medi ambient.

D'aquesta manera, es presenta la Taula 31 a mode de recopilació de les característiques principals del model.

<b>Característica</b>	<b>Informació</b>
Nombre de magatzems utilitzats	4 magatzems
Ubicació dels magatzems	Regne Unit, República Txeca, Espanya i Romania
Cost de magatzem	26305,16 €
Cost de transport	18531,05 €
Cost total	44836,20 €
Camió per al transport	Capacitat de 30t
Emissions de CO <sub>2</sub> emeses	10104,26 kg CO <sub>2</sub> emesos

*Taula 31. Resum de les característiques del nou escenari (Font: Elaboració pròpia)*

Per a la implementació del nou escenari, és necessari que l'empresa tingui en compte els diferents processos que intervenen en l'adaptació i canvi de la cadena de subministrament. És per això, que cal considerar diferents punts a tenir en compte:

- Desenvolupar un nou Pla de Negoci que inclogui els aspectes del nou escenari i el treball conjunt amb els altres actors que formen part de la cadena.
- Comunicar i explicar amb detall els canvis que es duren a terme a tota l'organització, per tal que aquests coneguin les responsabilitats assignades i com es durà a terme la implementació.
- Redissenyar els processos clau del negoci que s'ha tractat en l'estudi del nou escenari.
- Involucrar als proveïdors en la nova distribució, per tal de satisfer al consumidor final.
- Ajustar els costos d'adquisició dels productes, tenint en compte el canvi d'Incoterm i la nova situació amb l'emmagatzematge als magatzems de l'empresa.
- Ajustar els nivells d'inventari i els nous temps d'entrega, per rebre les ordres de proveïdor en el moment desitjat, per tal d'evitar la ruptura d'estoc i assegurar una entrega a client dins del termini.

- Involucrar als responsables dels magatzems per tal d'organitzar el nou emmagatzematge i gestionar la distribució dels productes.
- Fer un seguiment dels indicadors, per tal de comprovar i assegurar que s'assoleixen els objectius.
- Implementar la millora continua mitjançant el treball en equip amb tots els actors que formen part de la cadena de subministrament, buscant l'èxit en conjunt per una relació de mutu benefici.

## 10. Planificació

Per a poder fer un bon seguiment del projecte d'una manera el més eficient possible, és important planificar quina és la feina que es farà al llarg de tot el transcurs del treball. Així doncs, es planteja un model del desenvolupament de les diferents etapes o parts de les quals consta el projecte.

Cal preveure el temps necessari per a dur cada una de les fases, per tal de centrar l'esforç en les fases que necessitin una major dedicació. A més a més, servirà per assegurar la fi de tots els passos amb el temps que es disposa, per tal d'assolir el termini d'entrega del projecte.

En total el projecte consta de diferents etapes que es desenvolupen des de mitjans de setembre del 2021 fins al 25 de gener del 2022 amb el dipòsit digital de l'informe. Les etapes que s'ha seguit per al correcte desenvolupament del projecte han estat les que es mostren a la Taula 32.

Activitat	Descripció	Durada (dies)
A	Planificació	15
B	Objectiu i abast del projecte	7
C	Recol·lecció de dades	14
D	Recol·lecció d'informació sobre els sistemes de distribució	27
E	Anàlisi de la situació actual	21
F	Selecció i definició del problema	7
G	Disseny del nou escenari	14
H	Implementació del model	22
I	Estudi de l'impacte de la nova proposta	11
J	Redacció memòria	56

*Taula 32. Descripció de les diferents fases del projecte (Font: Elaboració pròpia)*

Amb totes les fases ordenades temporalment, es fa ús del diagrama de Gantt per a poder representar la planificació d'una manera més visual, indicant l'inici i el final de cada etapa, tal com s'observa a la Figura 21.

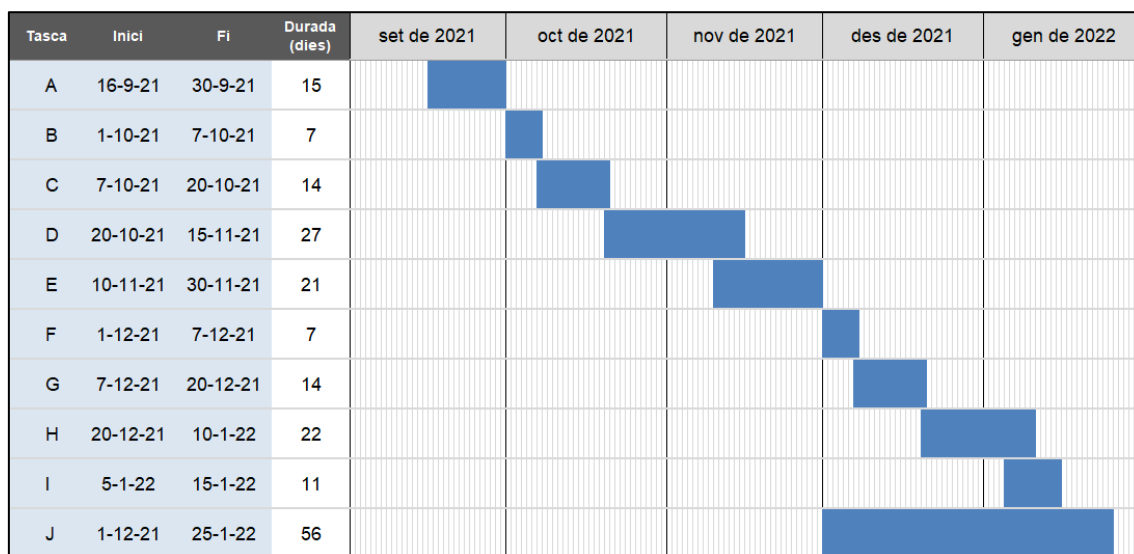


Figura 21. Diagrama de Gantt del projecte (Font: Elaboració pròpia)

## 11. Cost associat a l'elaboració del treball

Tot projecte té un cost associat al darrere, de manera que en aquest apartat es farà una estimació d'aquest per tenir una visió sobre el que podria costar.

Primer de tot, cal considerar que per aquest projecte es necessita una persona amb qualificació d'enginyera per poder presentar el projecte i aplicar les eines utilitzades per obtenir una solució.

Aquest projecte de fi de màster consta de 12 crèdits ECTS, que equival a 300 hores dividides en diferents etapes i tasques del projecte, com s'han citat en l'apartat anterior.

Així doncs, cada tasca segons la seva dedicació ha suposat un temps i un cost associat, que varia segons la dificultat d'aquesta i els coneixements implementats.

Activitat	Temps dedicat (h)	Cost per hora (€/h)	Cost (€)
<b>A</b>	10	20	200
<b>B</b>	5	20	100
<b>C</b>	30	20	600
<b>D</b>	20	20	400
<b>E</b>	40	35	1400
<b>F</b>	20	35	700
<b>G</b>	20	35	700
<b>H</b>	100	70	7000
<b>I</b>	5	35	175
<b>J</b>	50	20	1000
<b>Total</b>	300	-	12275

*Taula 33. Cost associat a les hores de dedicació (Font: Elaboració pròpia)*

Així doncs, tal com s'observa a la Taula 33, tenint en compte les diferents activitats i el cost que aquestes suposen, s'assoleix un cost de 12.275 € per la realització d'aquestes.

Pel que fa als programes que s'ha fet servir, s'ha consultat el cost de les llicències, ja que aquestes són necessàries per al seu ús. Les tasques d'anàlisi i recopilació de dades s'han realitzat amb l'*Excel* i tota la redacció de la memòria del treball s'ha fet amb *Microsoft Word*, de manera que és necessari el paquet de *Microsoft Office*. A més a més, el model s'ha implementat a través del software *IBM ILOG CPLEX*, així que el seu cost també s'ha de considerar.

Pel que fa als costos, s'ha consultat el cost de la llicència anual, i s'ha fet l'equivalent al cost horari tenint en compte una jornada de feina de 4 hores diàries. Amb aquesta

equivalència i el temps dedicat a cada programa, s'ha pogut calcular el cost equivalent a l'elaboració del treball, tal com es mostra a la Taula 34.

Concepte	Cost dedicat (h)	Cost anual (€/any)	Cost per hora (€/h)	Cost (€)
Microsoft Office [22]	105	150	0,10	10,79
IBM ILOG CPLEX [23]	33	8.900	6,10	201,16

Taula 34. Cost associat a les llicències (Font: Elaboració pròpia)

A més a més, cal considerar que per a la realització del projecte es necessita un ordinador amb altes prestacions que permeti la instal·lació dels programes i la correcta implementació del model. És per això que s'ha considerat l'obtenció d'un ordinador de 900 € amb una vida útil de 5 anys, considerant que el projecte té una durada de 5 mesos, tal com es detalla a la Taula 35.

Cost ordinador	900 €	
Vida útil	5 anys	
Cost d'amortització	<u>180 €/any</u>	15 €/mes

Taula 35. Cost d'amortització de l'ordinador (Font: Elaboració pròpia)

Així doncs, com es pot observar a la Taula 36, el cost total associat a l'elaboració del treball de 22.295 €, tenint en compte els costos associats a les hores de dedicació, a les llicències necessàries i a la depreciació de l'ordinador.

	<u>Cost</u>
<u>Hores de dedicació</u>	
Enginyeria	12.275 €
<u>Llicències</u>	
Microsoft Office	10,79 €
IBM ILOG CPLEX	201,16 €
<u>Depreciació</u>	
Amortització Ordinador	75 €
<b>Total</b>	<u>12.275,95 €</u>

Taula 36. Cost associat al projecte (Font: Elaboració pròpia)

## Conclusions

Tenir una xarxa de distribució optimitzada és un factor clau per a les empreses, ja que és un problema real i present en molts escenaris, on es detecta la importància de la gestió efectiva de la distribució.

En aquest treball s'ha pogut analitzar la situació actual de l'empresa pel que fa a alguns proveïdors que entreguen el producte directament a client. Per optimitzar la distribució, s'ha formulat i implementat un model matemàtic que es centra en la utilització de magatzems propis de l'empresa per a rebre els productes del proveïdor, per posteriorment entregar-ho directament a client.

A més a més, s'ha comprovat com enfront de diferents escenaris i alteracions en les dades d'entrada, el model presenta una solidesa, de manera que el resultat obtingut no varia significativament tot i possibles canvis que de manera realista es podrien donar.

Així doncs, s'ha aconseguit complir amb els objectius que s'havia establert en un inici, ja que s'ha proposat un escenari amb una xarxa de distribució amb magatzems propis de l'empresa, des dels quals s'entrega al client. D'aquesta manera, s'ha dissenyat un nou escenari a partir de l'estudi de la situació actual, i la presentació i aplicació d'una metodologia, per tal d'assolir un millor nivell dels indicadors de rendiment, de manera que aquests compleixin els *targets* marcats per l'empresa.

D'aquesta manera, es passa d'una situació on hi ha un únic transport de proveïdor a client, a un nou escenari on hi ha, un primer transport de proveïdor a magatzem, un emmagatzematge dels productes, i una última distribució de magatzem a client. Així doncs, s'aconsegueix un escenari on existeix un control sobre el nivell de productes per part de l'empresa, assegurant així una millora en el servei a client, en el temps de resposta i en la planificació.

A més a més, pel que fa als costos de magatzem i transport, sense tenir en compte a qui van a càrrec, el nou escenari presenta una reducció del 7 % respecte a la proposta actual, que tot i no ser la finalitat del projecte, és important determinar l'evolució en els costos que hi haurà.

Finalment, es conclou que l'opció adequada és l'ús de quatre magatzems situats al Regne Unit, República Txeca, Espanya i Romania, per servir als diferents clients que actualment treballen amb productes que tenen entrega directa de proveïdor.

Com a futures línies de treball, cal destacar que tot projecte pot presentar millores i noves tasques a realitzar, de manera que aquest estudi podria constar d'una fase addicional dedicada a analitzar de forma detallada la implementació d'aquest nou escenari. La

utilització de magatzems per a la distribució de productes necessita un seguiment per a cada un dels productes, ja que és una tasca complexa i molt rellevant en el procés de la cadena de subministrament. D'aquesta manera, es valora la necessitat de determinar l'estoc de seguretat o la cerca alternativa de proveïdors que puguin oferir un menor cost del producte.

Finalment, comentar que la realització d'aquest projecte ha servit per adquirir nous coneixements, ja que el que suposava un repte en un primer moment, ha acabat formant part de la base d'un nou aprenentatge. Així doncs, s'ha pogut aplicar els coneixements apresos durant els estudis i profunditzar en la gestió de la cadena de subministrament.



## Referències bibliogràfiques

- [1] Dafo.ipyme.org. DAFO [online] Disponible a: <<https://dafo.ipyme.org/Home>>. [Consulta: 15/10/2021]
- [2] Noega Systems. Funciones de un almacén: actividades, planificación y ubicación. [online] Disponible a: <<https://www.noegasystems.com/blog/logistica/almacen-funciones-actividades-planificacion-ubicacion>>. [Consulta: 15/10/2021]
- [3] Como vender mi producto? Distribución en función del Marketing para hacer llegar el producto a los clientes. [online] Disponible a: <<https://peru21.pe/opinion/vendo-mi-producto-102467-noticia/>>. [Consulta: 15/10/2021]
- [4] Blog de empresa: Términos básicos de los Incoterms 2021 - Blog de empresa: Dirección de empresa, marketing, logística, Recursos Humanos, comercio y finanzas. [online] Disponible a: <<https://www.masterlogistica.es/terminos-basicos-de-los-incoterms-2021/>>. [Consulta: 26/10/2021]
- [5] exportar, I., 2022. Incoterms: ¿cómo elegir para importar y exportar? - Logisber. [online] Disponible a: <<https://logisber.com/blog/incoterms-como-elegir>>. [Consulta: 26/12/2021]
- [6] I. Ribas, A. Lusa & A. Corominas (2019) A framework for designing a supply chain distribution network, International Journal of Production Research, 57:7, 2104-2116, DOI: 10.1080/00207543.2018.1530477
- [7] Bing Maps. [online] Disponible a: <<https://appssource.microsoft.com/es-es/product/office/wa102957661?tab=overviewhttps://appssource.microsoft.com/es-es/product/office/wa102957661?tab=overview>>. [Consulta: 08/01/2022]
- [8] IBM ILOG CPLEX. [online] Disponible a: <<http://www.ibm.com/software>>. [Consulta: 20/11/2021]
- [9] (MTMA), P. PRECIO MEDIO DEL METRO CUADRADO DE SUELO URBANO (MTMA). [online] Tematicas.org. Disponible a: <<https://tematicas.org/sintesis-economica/precios-y-costes/precio-medio-del-metro-cuadrado-de-suelo-urbano-mfom/>>. [Consulta: 28/11/2021]

- [10] Living, C., Country, P. and Price, P. Prices by Country of Price per Square Meter to Buy Apartment in City Centre (Buy Apartment Price). [online] Disponible a: <[https://www.numbeo.com/cost-of-living/prices\\_by\\_country.jsp](https://www.numbeo.com/cost-of-living/prices_by_country.jsp)>. [Consulta: 28/11/2021]
- [11] Noega Systems. Zonas de almacenaje [online] Disponible a: <<https://www.noegasystems.com/blog/logistica/zonas-de-almacenaje-almacenamiento-en-el-suelo-o-almacenamiento-en-estanterias>>. [Consulta: 05/12/2021]
- [12] 123RF. 3d ilustración de filas de estanterías con cajas en almacén moderno. [online] Disponible a: <[https://es.123rf.com/photo\\_40553537\\_3d-ilustraci%C3%B3n-de-filas-de-estanter%C3%ADas-con-cajas-en-almac%C3%A9n-moderno.html](https://es.123rf.com/photo_40553537_3d-ilustraci%C3%B3n-de-filas-de-estanter%C3%ADas-con-cajas-en-almac%C3%A9n-moderno.html)>. [Consulta: 05/12/2021]
- [13] Toptruck.es. Costes, precios y actividad del transporte terrestre: los datos del sector hasta marzo de 2021 | [online] Disponible a: <<https://www.toptruck.es>>. [Consulta: 10/12/2021]
- [14] Retos en Supply Chain | Blog sobre Supply Chain de EAE Business School. Diferencias entre contenedores aéreos y marítimos | EAE. [online] Disponible a: <<https://retos-operaciones-logistica.eae.es/diferencias-contenedores-aereos-maritimos/>>. [Consulta: 15/12/2021]
- [15] soluciones, N., transporte, M., carretera, T., Camión Tráiler Box o camión furgón [online] Disponible a: <<https://www.dsv.com/es-es/nuestras-soluciones/modos-de-transporte/transporte-por-carretera/medidas-camion-trailer/camion-trailer-box-o-camion-furgon>>. [Consulta: 15/12/2021]
- [16] Support.microsoft.com. 2022. Introducción a Mapas 3D. [online] Disponible a: <<https://support.microsoft.com/es-es/office/introducci%C3%B3n-a-mapas-3d-6b56a50d-3c3e-4a9e-a527-eea62a387030>>. [Consulta: 28/12/2021]
- [17] López Parada, José (2019) Gestió de la cadena de subministrament, Uuniversitat Oberta de Catalunya. CC-BY-NC-ND · PID\_00186468
- [18] Itec.cat. Impacte ambiental al sector de la construcció. Articles i sostenibilitat [online] Disponible a: <<https://itec.cat/infoitec/sostenibilitat/impacte-ambiental-al-sector-de-la-construccio/>>. [Consulta: 12/01/2022]

[19] Blog.structuralia.com. El impacto medioambiental de la edificación española. [online] Disponible a: <<https://blog.structuralia.com/impacto-medioambiental-edificacion-espanola>>. [Consulta: 12/01/2022]

[20] CCMA. 2022. Les emissions de gasos d'efecte hivernacle s'estabilitzen a Catalunya. [online] Disponible a: <<https://www.ccma.cat/el-temps/les-emissions-de-gasos-amb-efecte-dhivernacle-sestabilitzen-a-catalunya/noticia/3019995/>>. [Consulta: 28/12/2021]

[21] Minetur.gob.es. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo - Bienvenido al Portal de Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. [online] Disponible a: <<http://www.minetur.gob.es/>>. [Consulta: 28/12/2021]

[22] Ibm.com. 2022. ILOG CPLEX Optimization Studio - Precios. [online] Disponible a: <<https://www.ibm.com/es-es/products/ilog-cplex-optimization-studio/pricing>>. [Consulta: 08/01/2022]

[23] Mora, A., 2022. Office 2021 llega para Windows. [online] PCWorld. Disponible a: <<https://www.pcworld.es/articulos/software/office-2021-3801960/>>. [Consulta: 08/01/2022]