

Treball de Fi de Grau

Enginyeria Química

**OPTIMITZACIÓ DE LES QUALITATS DELS EMBALATGES
D'UNA INDÚSTRIA ALIMENTÀRIA**

MEMÒRIA

Autor: Aleix Moreno Moragas
Director: Jordi Bou Serra
Convocatòria: Tardor 2017



RESUM

El present projecte desenvolupa l'optimització de les qualitats dels embalatges en una indústria alimentària per, posteriorment calcular l'estalvi econòmic que tindria aquest canvi, amb l'objectiu d'aconseguir un major rendiment econòmic.

Actualment, el càlcul per la qualitat dels embalatges no considera la participació de l'embalatge primari pel que fa a la resistència a la compressió, i és aquí on neix la necessitat d'aquest estudi. S'estudiaran alguns dels formats de major producció en una de les fàbriques d'una empresa multinacional per a posteriorment realitzar l'estudi.

La realització experimental d'aquest projecte consisteix a avaluar quins són els productes aptes per a l'optimització de la qualitat dels embalatges. Es realitzarà una recerca prèvia i uns assajos per comprovar quins formats són aptes pel treball. Més en profunditat, es realitzaran assajos de compressió estàtica per avaluar la resistència aportada per l'agrupació d'embalatges primaris dins l'embalatge secundari i d'aquesta manera proposar una qualitat d'embalatge optimitzada.

La intenció de l'estudi, a part de quantificar una nova resistència, és la de formular un model que permeti preveure la reducció de la qualitat sense la necessitat de realitzar proves al laboratori i que depengui només del tipus d'embalatge primari que s'hagi d'estudiar

Finalment, els resultats teòrics i experimentals obtinguts es tracten i avaluen per tal de determinar la repercussió econòmica que tindria un canvi d'aquesta magnitud, i si seria interessant realitzar aquest estudi amb tots els formats possibles involucrats per tenir una optimització més global, i per tant, un major rendiment econòmic.

SUMARI

RESUM	2
SUMARI	3
1. GLOSSARI	7
2. INTRODUCCIÓ	9
2.1. Origen i motivació del projecte	9
2.2. Abast de l'estudi	10
3. OBJECTIUS	13
3.1. Objectiu general	13
3.2. Objectius particulars	13
4. APARTAT TEÒRIC	14
4.1. Adam Foods, qui som i com treballem?	14
4.1.1. Una mica d'història	14
4.1.2. Introducció a l'empresa	15
4.1.3. Visió i missió de grup	17
4.2. Evolució històrica de l'embalatge alimentari	18
4.3. Màrqueting en l'embalatge alimentari	22
4.3.1. Embalatges en el Màrqueting	23
4.3.1.1. Capsa de cartró americana tipus B1:	23
4.3.1.2. Capsa Ready to Seal (RTS):	24
4.3.1.3. Capsa americana B0 amb safata 4 punts	25
4.3.2. Tipus d'impressió en embalatges	26
4.3.2.1. Tècnica d'impressió Offset	26
4.3.2.2. Tècnica d'impressió Flexografia	28
4.3.2.3. Tècnica d'impressió "Huecograbado"	31
4.3.2.4. Taula comparativa de tècniques d'impressió	33
4.4. Comportament físic - mecànic del cartró	34
4.4.1. La resistència a la compressió vertical d'un embalatge	35
4.4.1.1. L'equació de McKee	36

4.4.1.2.	Altres equacions pel càlcul del BCT	38
4.4.1.2.1	Fórmula basada en condicions de transport	38
4.4.1.2.2	Fórmula general simplificada	41
4.5.	Coneixements sobre el cartró	43
4.5.1.	Introducció	43
4.5.2.	Cartró ondulat (cartró corrugat)	45
4.5.2.1.	Introducció	45
4.5.2.2.	Procés de fabricació	46
4.5.2.3.	Procés de “troquelatge”	48
4.5.2.3.1	Tipus de “troquels”	49
4.5.2.4.	Característiques i classificació	50
4.5.2.4.1	Tipus de papers.	50
4.5.2.4.2	Tipus de cartrons	51
4.5.2.4.3	Tipus de canals	52
4.5.2.5.	Paper i cartró en la indústria alimentaria	55
4.6.	I+D: utilització de materials biodegradables en la indústria alimentaria	56
4.6.1.	Classificació de materials	57
4.6.2.	Bioplàstics, una opció per un futur més sostenible	60
4.6.2.1.	Tipologia de bioplàstics	60
4.6.2.2.	Biopackaging o ecopackaging	61
4.6.2.2.1	Àcid polilàctic (PLA)	63
4.6.2.2.2	Midó termoplàstic (TPS)	64
4.6.2.2.3	Bioplàstics a partir de bacteris	64
4.6.3.	Materials biodegradables pel sector alimentari	65
5.	MATERIALS I EQUIPS	67
5.1.	Equipament industrial	67
5.2.	Materials d'anàlisi	70
5.3.	Registre de dades	72
6.	RESULTATS	73
6.1.	Problemàtica	73
6.2.	Abast de l'estudi	74
6.2.1.	Abast industrial	74
6.2.2.	Abast tècnic	75

6.3. Metodologia	77
6.3.1. Preparació de proves	77
6.3.2. Procés experimental	81
6.4. Propostes i tractament de resultats	83
6.4.1. Línia 8: Napolitanas	83
6.4.1.1. <i>Napolitanas</i> 500 grams * 10 unitats	84
6.4.1.2. <i>Napolitanas</i> 500 grams * 16 unitats	90
6.4.2. Línia 17: Tosta Rica	93
6.4.2.1. <i>Tosta Rica</i> 570 grams * 8 unitats en B1	93
6.4.2.2. <i>Tosta Rica</i> 570 grams * 8 unitats en B0+4p	96
6.4.2.3. <i>Tosta Rica</i> 570 grams * 12 unitats en B0+4p	97
6.4.2.4. <i>Tosta Rica</i> 860 grams * 9 unitats en B1	98
6.4.3. Resum línia 8: Napolitanas	101
6.4.4. Resum línia 17: Tosta Rica	102
6.5. Estalvi econòmic	103
6.5.1. Estalvi econòmic línia 8: Napolitanas	104
6.5.2. Estalvi econòmic línia 17: Tosta Rica	105
7. ESTUDI ECONÒMIC DEL PROJECTE	106
7.1. Recursos humans	106
7.2. Estança i desplaçament	107
7.3. Materials	108
7.4. Despeses totals del projecte	110
8. PLANIFICACIÓ DEL PROJECTE	111
9. ESTUDI AMBIENTAL	113
9.1. Tractament de residus	113
9.2. Despesa ambiental	115
9.2.1. Línia 8: Napolitanas	115
9.2.2. Per línia 17: Tosta Rica	117
9.3. Implicacions ecològiques	119
10. CONCLUSIONS	120

11. AGRAÏMENTS	122
12. BIBLIOGRAFIA	123

1. GLOSSARI

Acabat	Tractament que s'aplica a la superfície de paper o cartró per conferir-lo de determinades característiques
Amplada de tall	Dimensió de la planxa de cartró ondulat en el sentit dels canals
Anilox	El rodet Anilox es una part fonamental de la maquinària per impressió flexogràfica
BCT	<i>Box Compression Test</i> , avaluació de la resistència a la compressió vertical d'un embalatge.
Canal	Cada una de les ondulacions del paper. Definida segons l'espessor i l'alçada del cartró.
Cape Pack	<i>Software</i> destinat a l'optimització de la distribució d'un palet amb unes mides d'emalatge a determinat
Cartró corrugat	Cartró constituït per una o més fulles de paper ondulat encolades entre elles.
Cel·lulosa	Polisacàrid estructural en les plantes. Constitueix la matèria primera del paper.
ECT	Edge Crush Test. Assaig de la compressió de les cantonades
Embalatge	Producte fabricat destinat a contenir temporalment envasos de venda.
Embalatge primari	Unitat de cartró mínima, en el cas de l'estudi, l'estoig
Embalatge secundari	Capsa logística utilitzada en l'estudi
Fibra	Element estructural bàsic del paper, d'origen vegetal.
Gramatge	Unitat de mesura que permet expressar el pes d'una superfície de paper.

GEI	Gasos d'efecte hivernacle
Midó complex	Compost polisacàrid complex que s'extreu de vegetals com el blat de moro o la patata
Ona	Cada una de les ondulacions del paper.
Palet	Estructura d'agrupació de càrrega fabricada generalment en fusta. De forma rectangular o quadrada.
Paletització	Conjunt d'operacions que es realitzen per la preparació de les càrregues en els palets de cara al seu emmagatzematge i transport.
Paper	Material laminar constituït de fibres cel·lulòsiques d'origen natural
Paper kraft	Paper fabricat especialment pel seu ús com a material de cobertura en la producció d'embalatges
Remuntabilitat	Capacitat de col·locar un palet sobre ell mateix.
Safata	Capsa de poca alçada sense tapa per transportar productes.
SAP	Companyia de software d'Europa líder en aplicacions de gestions empresarials en entorns de client/servidor
Solapes	Aletes retallades sobre la planxa de cartró que formen el fons o la tapa de la capsa
“Troquel”	Encuny. Element per realitzar talls amb formes no possibles per guillotina
UMB	Unitat de Mesura Bàsica. En el cas de l'estudi, un estoig

2. INTRODUCCIÓ

2.1. Origen i motivació del projecte

El present projecte té el seu origen en el departament de Packaging en l'empresa Adam Foods (Barcelona).

Actualment aquesta empresa es dedica al sector alimentari i més concretament la majoria dels productes que comercialitza són galetes. Les agrupacions de galetes, usualment utilitzen materials plàstics i cartrons en gran quantitat per a desenvolupar l'embalatge que permetrà el transport i l'emmagatzematge del producte tan en grans superfícies com en els domicilis dels consumidors finals.

Avui en dia, les empreses compren a proveïdors els embalatges de cartrons ja desenvolupats, és a dir, aquestes empreses dedicades al sector alimentari no desenvolupen l'embalatge des de la matèria primera sinó que compren els embalatges ja processats amb la matèria primera a altres empreses especialitzades en aquest àmbit, definint característiques com mides, qualitats, etc.

Aquest projecte es fonamenta en la necessitat de re-dissenyar embalatges alimentaris que utilitzin el cartró com a material. Es realitzarà un estudi que permeti optimitzar la resistència a la compressió vertical dinàmica i estàtica de les caixes amb la finalitat de reduir la qualitat dels papers utilitzats per la confecció de la capsa i per tan el seu preu i tenir un rendiment econòmic superior.

La intenció d'aquest projecte, a part d'optimitzar les qualitats actuals, és de crear i definir un nou mètode capaç de dissenyar embalatges amb les qualitats ja optimitzades per a futurs llançaments de nous productes.

En el present projecte es farà un estudi a escala teòric de la possible introducció de materials biodegradables en la indústria alimentària, la seva repercussió i com podria afectar a l'impacte econòmic de l'embalatge i de l'empresa

2.2. Abast de l'estudi

Aquest projecte d'investigació es durà a terme en dues etapes. Una primera etapa teòrica desenvolupada a les oficines centrals ubicades a Barcelona, i una segona etapa pràctica amb la realització de proves físiques i reals al laboratori de qualitat de la fàbrica de Cuétara ubicada a Villarejo de Salvanes (Madrid). Les fases teòriques i pràctiques estaran entrelligades perquè a mesura que es vagin extraient conclusions teòriques de les proves pràctiques s'aniran realitzant més proves a Madrid per a verificar aquestes conclusions i extreure'n de noves.

Per una banda, l'etapa teòrica del projecte consisteix a estudiar tots els formats fabricats a la fàbrica de Villarejo de Salvanes. En una primera fase d'exploració, s'han d'agrupar els diferents formats de caixes on en el seu interior tenen estoigs. La base d'aquest estudi és de reduir la qualitat de la capsa tenint en compte la resistència aportada pels estoigs de l'interior de la capsa. Per aquest estudi s'exclouran els formats on en el seu interior tenim bosses, flowpacks o rollpacks. Un cop coneguts els formats on el producte final està en estoig, cal conèixer dades de volums de fabricació anuals per poder centrar-nos primerament en els productes que tenen un major volum de producció i que per tan una reducció de la qualitat tindria un impacte econòmic major. En aquesta etapa teòrica es formularan hipòtesis de com poden afectar la disposició i la forma de l'estoig dintre de l'embalatge.

Per altra banda, les proves realitzades al laboratori de qualitat situat a Madrid, on utilitzant una màquina de compressió vertical es verificarà la resistència que aporten els estoigs fora del seu embalatge i es corroboraran les hipòtesis formulades en l'etapa teòrica. Un cop recollides totes les dades de resistència, s'agruparan els resultats, s'analitzaran i es formularà un procediment comú i genèric per a tots els productes per a la reducció de la qualitat de l'embalatge.

Finalment, amb les dades de la nova proposta de qualitat de l'embalatge, del volum de producció anual i de la diferència de preu entre l'embalatge actual i proposat s'analitzarà l'impacte econòmic que suposaria aquesta modificació i el risc que podria comportar.

Aquest estudi s'ha enfocat únicament als productes fabricats a la fàbrica de Villarejo de Salvanes i no a la resta de fàbriques de l'empresa Adam Foods a casa de la gran quantitat de productes que es troben en aquesta fàbrica i a ser un projecte experimental de la qual no es

coneix la viabilitat d'aplicar aquest canvi.

3. OBJECTIUS

3.1. Objectiu general

En el present projecte podem definir dos tipus d'objectius; podem trobar un objectiu general, la raó de ser del projecte en si mateix, i podem trobar uns objectius secundaris, objectius importants en el desenvolupament del projecte o en la formació de l'autor però que no són la raó principal de l'origen del projecte.

L' objectiu general del present projecte és de realitzar un estudi econòmic en l'estalvi per la reducció de les qualitats actuals dels embalatges de cartró a les noves qualitats proposades .

3.2. Objectius particulars

Com a objectius particulars, es poden trobar objectius que contemplen aspectes del mateix estudi com de la formació de l'estudiant:

- Estudi dels formats amb més repercussió en la possible reducció de les qualitats del cartró, sigui per volum de producció o per percentatge de reducció de la qualitat
- Recerca i proposta de nous materials diferents del cartró per a la confecció d' embalatges. Els nous materials han de complir propietats com la impermeabilitat, transparència, econòmics, etc.
- Recerca en la innovació de nous materials biodegradables aptes per a embalatges alimentaris
- Coneixements sobre requeriments en el transport i emmagatzematge de productes alimentaris
- Proposició d'un mètode genèric per al càlcul d'embalatges amb les qualitats optimitzades per a formats no existents actualment
- Ampliar coneixements respecte els paràmetres de resistència dels embalatges. Quins paràmetres afecten i com en l'estudi de la reducció de qualitats de materials

4. APARTAT TEÒRIC

4.1. Adam Foods, qui som i com treballem?

4.1.1. Una mica d'història

Per començar a parlar sobre l'empresa en la qual he realitzat el meu projecte final de carrera, cal conèixer tota la història que ha esdevingut l'inici d'aquesta empresa creada recentment en el 2015.

A continuació en els següents punts podem veure alguns dels fets històrics més importants en la història de l'empresa antecessora d' Adam Foods: [1]

- 1940 Fundació de Nutrexpa S.A. per José Ignacio Ferrero Cabanch i Josep M^a Ventura Mallofré
- 1946 Es registra i es dona el llançament de *Cola Cao*, el producte estrella
- 1957 Posada en marxa de la factoria al carrer Lepanto (Barcelona)
- 1964 Adquisició de *Phoscao*, fabricant de cacau soluble
- 1970 Adquisició de l'empresa *Galletas Paja*, a Riudarenes (Girona)
- 1972 Olimpíades Munich'72, *Cola Cao* com a aliment olímpic
- 1979 Es construeix una nova fàbrica a Parets del Vallès
- 1985 Adquisició de l'empresa *Dulces Unzue*, a Pamplona
- 1986 Adquisició de Central *Lechera Palentina Celpa*, a Palència
- 1988 Adquisició de l'empresa *La Piara*, a Manlleu
- 1989 Inici de la producció de *Cola Cao* a Xina

1990	Adquisició de l'empresa <i>Jamones Aneto</i>
1992	<i>Cola Cao</i> és aliment olímpic a les olimpíades de Barcelona'92
2002	Adquisició de <i>Nocilla y Mesura</i>
2009	Adquisició de <i>Cuétara</i>
2012	Adquisició d' <i>Artiach</i>
2015	El grup Nutrexpa es divideix en dos: Adam Foods i Idilia Foods

4.1.2. Introducció a l'empresa

Adam Foods és una empresa del sector alimentari fundada el 2015 per la ruptura del grup Nutrexpa., amb més de 75 anys d'història. Empresa amb el 100% del seu capital nacional i amb la seu central ubicada al centre de Barcelona i amb una plantilla global formada per més de 1200 treballadors repartits per tota la península Ibèrica.

Aquesta nova empresa, Adam Foods, amb 2 anys d'història, està formada per un conjunt d'empreses molt més conegudes i de gran renom en el sector alimentari i líders del mercat espanyol en diferents productes.

Les empreses que componen Adam Foods i els productes que les caracteritzen són: Cuétara i Galletas Artiach (galletes), Granja San Francisco (mel i infusions), La Piara (patés), Panrico (pa de motlle), Phoskitos (patisseria) i Aneto (caldos)



Figura 1: Marques associades a Adam Foods

Posseeix 7 fàbriques i 1 delegació comercial a Espanya més una filial a Portugal. Cada fàbrica està destinada a treballar sobre el sector d'una marca i a fabricar la gran varietat de diferents productes de la marca.

A continuació es pot observar un mapa de la península ibèrica on s'ubiquen les diferents fàbriques.

Pel que fa a volum de producció, les dues fàbriques més importants i representatives d' Adam Foods són la fàbrica de Villarejo (Madrid), on es fan la gran majoria de productes de la marca Cuétara, i la fàbrica situada a Orozko (País basc), on es fabriquen tots els productes de la marca Artiach.

En la imatge podem apreciar 3 fàbriques al territori català. La fàbrica de Riudarenes, està destinada a tots els productes de la mel de la marca Granja San Francisco i a la producció de productes de pastisseria. La fàbrica de Manlleu treballa sota la marca La Piara i la d'Artés és on es produeix i s'envasa tot el caldo d'Aneto.

En la resta de territori espanyol, a part de les ja esmentades fàbriques ubicades a Villarejo i Orozco, es troba la fàbrica de Reinoso (Cantabria) on es produeixen un petit volum de productes de la marca Cuétara degut a les seves dimensions tan petites i perquè les instal·lacions són molt antigues i tenen poc marge de maniobra en els processos de producció. També s'observa la fàbrica situada a les illes Canàries que s'està condicionant per a la producció de pa de motlle sota la marca Panrico.

Pel que fa al territori Portuguès, podem observar dues fàbriques. La fàbrica de Pombal i Gulpilhaes. En la primera es treballa fonamentalment en productes MDD i en la segona, la fàbrica de Gulpilhaes on es fabrica també pa de motlle per a la marca *Panrico*.^[1]



Figura 2: Localització de les fàbriques

4.1.3. Visió i missió de grup

Pel que fa a la visió del grup, Adam Foods és una empresa amb la intenció de satisfer les necessitats dels consumidors, utilitzant marques amb clara vocació de lideratge, amb productes alimentaris de qualitat, tan a Espanya com a mercats exteriors.

La missió de grup, Adam Foods intenta construir, mitjançant la permanent recerca de l'excel·lència, marques rellevants.

Un clar compromís de qualitat i seguretat amb productes d'elevat nivell de confiança capaços de construir una referència al mercat.

Créixer i liderar, e les categories i mercats seleccionats, mitjançant una eficaç estratègia d'Innovació, comunicació i relació amb el consumidor.

Aconseguir la rendibilitat sostenible amb un alt nivell de competitivitat i excel·lència en cada element de la cadena de valor i un rellevant nivell d'internacionalització. [2]

4.2. Evolució històrica de l'embalatge alimentari

Primerament es començarà descrivint que és coneix per embalatge i quina és la seva definició i principals característiques:

L' embalatge o empaquetament (Packaging) és la ciència, l'art i la tecnologia d'incloure i protegir productes per a la distribució, emmagatzematge, venda i manipulació.

De l'anterior definició es plantegen sis atributs connectats entre ells que han de ser avaluats simultàniament en el procés de desenvolupament de qualsevol tipus d'embalatge

- **CONTENIR:** evitant que el producte es perdi, sigui per permeabilitat o per una via de sortida. Ha d'aïllar el producte del medi on l'embalatge es troba.
- **PROTEGIR:** el producte de contaminació evitant la degradació o la ruptura del producte. Ha de permetre mantenir unes condicions físiques i químiques òptimes així com preservar propietats com el sabor, olor, color del producte durant la vida útil d'aquest.
- **SUBMINISTRAR:** el producte al consumidor final, ajudant en el transport i l'emmagatzematge d'aquest.
- **COMUNICAR:** les característiques del producte, facilitant així la identificació del seu contingut, informant de valors nutricionals i quantitat, tipus i modes d'ús, etc..
- **DIFERENCIAR:** poder identificar al fabricant, la seva marca i la qualitat.
- **COMPETITIU:** l'aspecte econòmic és de vital importància.

Una característica de vital importància és l'aspecte econòmic. Avui en dia en la indústria es treballa amb una gran quantitat d'embalatges i és per això que el preu és un dels factors més importants de cara a les empreses i les indústries. [3][4]

Per a tenir coneixements i poder interconnectar l'embalatge amb el Packaging, es descriurà el significat de l'expressió Packaging.

L'expressió Packaging té un significat molt més ampli i complex que el relacionat amb envasos i/o embalatge. La paraula Packaging té una connotació dinàmica que no té traducció equivalent en català ni castellà perquè fa referència a la relació interna amb altres etapes de comercialització del producte que conté l'embalatge. És un terme que té en compte molts altres aspectes diferents inter-relacionats entre ells sota la paraula Packaging. El Packaging inclou àmbits de treball relacionats amb la distribució i comercialització, la publicitat i el Màrqueting, coneixements de materials, etc.

Un cop introduït el concepte actual d'embalatge, es recorre a l'evolució històrica que ha anat patint el Packaging.

Des de l'antiguitat sempre va existir la necessitat de conservació i preservació dels productes. La història de l'ésser humà i els envasos sempre han anat a la par, evolucionant l'home i consegüentment el desenvolupament dels envasos per a ajustar-se a les necessitats.

En la prehistòria, l'ésser humà estava envoltat de Packaging, embalatges naturals que protegia la fruita o altres classes d'aliments. D'aquesta manera es pot apreciar que l'embalatge és un procés natural i es pot pensar en fruites que utilitzen materials per conservar i protegir el seu producte interior. Així a primer cop d'ull es pot pensar en els plàtans que tenen una cobertura per protegir l'aliment intern, les castanyes, els cocos, etc.

En el paleolític, l'home consumia els productes tal i com els trobava en la natura i utilitzava envasos naturals tals com; troncs d'arbres, roques amb esclatxes, petxines, etc.. Posteriorment, amb la modernització es van anar millorant i polint aquests embalatges fins a utilitzar productes provinents d'animals tals com pells, pèls, bufetes animals, veient les seves utilitats, l'home en la seva essència de progrés va decidir imitar-les i millorar-les, adaptant-les a les seves necessitats.

En el mesolític, s'emmagatzemaven aliments en recipients similars a cistelles i en l'any 8000 a.C es troben els primers intents formats per herbes entrelligades i recipients de fang sense coure.

Més endavant, en el neolític, s'utilitzaven recipients metàl·lics i de ceràmica (recipients de fang cuit). En aquesta època es van reproduir una gran quantitat de pots de fang o d'argila de diverses formes i mides en funció del que es volgués embalar.

Grecs i romans, van desenvolupar bótes de teles i barrils de fusta, així com ampolles i urnes de fang cuites. Es considera que l'element que va determinar l'ús dels primers *packagings* en la història va ser el vi. En aquesta època, la comercialització i l'exportació del vi estava a l'ordre del dia i va ser així com va néixer "la capsula de cartó del món antic", l'àmfora d'argila. El vidre no va ser desenvolupat fins a l'any 1500 a.C.. Aquesta tecnologia durant molts anys no va ser utilitzada degut a la fragilitat i s'optava per utilitzar les àmfores comentades anteriorment per a transportar i emmagatzemar grans quantitats de líquids i sòlids

Des dels grecs i romans fins al 1600 va haver-hi una transició en la qual no es van desenvolupar embalatges innovadors i va ser en aquests anys on es va començar a envasar el cava en fortes ampolles i ajustats taps de suro per a conservar totes les seves propietats.

El 1800 es ven la primera melmelada en pot ample de vidre i s'utilitzen embalatges de llaunes soldades a mà per a aliments secs.

Al 1885, la marca de sabons Sunlight de William Lever va començar a comercialitzar el seus productes utilitzant un packaging totalment diferent dels que es podien trobar al mercat, aconseguint diferenciar-se dels competidors de l'època donant-li una personalitat innovadora tot i vendre el mateix producte. Anys més tard, es convertirien en la coneguda marca Unilever, amb productes d'alimentació, neteja domèstica i cosmètica.



Figura 3: Packaging desenvolupat per Sunlight[34]

Cinc anys més tard, el 1890, es va inventar la primera capsula de cartró ondulat. L'ús del cartró es remuntava al segle XVI a l'antiga Xina, però no va ser fins aquest any quan Robert Gair va desenvolupar la primera capsula de cartró.

En plena època de la industrialització, 1920, era molt comú trobar packagings en gairebé tots els establiments, però no va ser fins els anys 30 on es van començar a estampar il·lustracions i logotips en els envasos i embalatges per a utilitzar el packaging com a canal de comunicació.

La indústria de l'envàs i de l'embalatge modern, es va desenvolupar principalment per a les necessitats de la segona guerra mundial. Es pot imaginar que en condicions de guerra, els embalatges eficients que poguessin emmagatzemar, transportar i conservar les propietats dels productes alimentaris durant mesos eren molt importants a causa de les condicions de les guerres.

És per això que aquest fet mundial va transformar tota la indústria de l'embalatge i actualment aquest camp compta amb un nombre de persones empleades o indirectament involucrades en el camp, que supera gairebé els 100 milions. És així com ha anat desenvolupant-se el món dels embalatges i cada cop hi hagi noves maneres de formar-los i crear-los amb diversos materials segons sigui la necessitat.

El Packaging, actualment és un sector molt competitiu. Els envasos adquireixen una major importància i en qualsevol empresa o negoci s'estan convertint en una de les millors eines pel Màrqueting. En un mercat tant ferotge i competitiu és vital marcar les diferències i innovar en les formes i els dissenys per a desmarcar-se dels competidors.

El futur que li espera a aquest sector és brillant, arriben bons temps per la indústria del Packaging. Els envasos i embalatges seguiran evolucionant per a fer-nos la vida diària més senzilla, combinant qualitat, disseny i innovació.

Actualment s'estan desenvolupant envasos coneguts com a Smart Packaging (envasos intel·ligents). Són un nou tipus d'embalatges de productes farmacèutics, begudes, aliments i altres tipus de productes desenvolupats en laboratoris d'enginyeria i oficines d'investigació que es comunicant amb el consumidor indicant-li la frescor del producte, quan hauríem de prendre certs medicaments, millorar la qualitat del producte o senzillament captar l'atenció dels possibles consumidors.

Com es pot apreciar, el món del Packaging és un món desconegut i que passa desapercbut per la immensa majoria degut a la seva freqüència, però és un sector tan antic com el mateix ésser

humà i que s'ha anat desenvolupant durant els anys per a cobrir les nostres necessitats. [5][6][7]

4.3. Màrqueting en l'embalatge alimentari

El Màrqueting és un concepte anglès que es tracta de la disciplina dedica a l'anàlisi del comportament dels mercats i dels consumidors. El Màrqueting analitza la gestió comercial de les empreses amb l'objectiu de captar, retenir i fidelitzar als clients a través de la satisfacció de les seves necessitats

En mercats cada cop més globalitzats, amb productes de característiques i qualitat molt similars, és la diferenciació de l'element la clau que ajuda a les empreses a superar la competència.

Per norma general, els departaments de *Màrqueting*, en col·laboració amb altres àrees, és l'encarregat de donar amb la fórmula per a que el consumidor acabi escollint un determinant producte en comptes d'un altre, però, pot el Packaging ajudar a aconseguir-ho?

La resposta és sí. El Packaging es posiciona com la millor eina de Màrqueting i a conseqüència de l'evolució i la innovació fan adquirir al *Packaging* d'una vital importància per aconseguir que un determinat producte tingui èxit dins d'un mercat cada dia més competitiu. La immensa quantitat de productes que competeixen en un mateix mercat obliga a les marques i companyies a desenvolupar contínuament processos que aportin als seus productes la fórmula visual que marqui la diferència. La major part dels productes que consumim venen en un envàs i tot i que generalment l'envàs té una vida efímera, és de vital importància. Més enllà de les funcions bàsiques dels embalatges, el Packaging aborda diferents qüestions relacionades amb el propi disseny on són estudiats altres components com materials, formes, estructures, gràfiques, dissenys, il·lustracions, etc.

A continuació es detallaran els diferents tipus d'embalatges i les principals tècniques d'impressió sobre el cartró perquè són les dues propostes més treballades entre els departaments de Packaging i Màrqueting en la seva finalitat de persuadir i captar l'atenció del consumidor. [8][9]

4.3.1. Embalatges en el Màrqueting

Com bé s'ha vist anteriorment, el Packaging té unes característiques determinades, però des de el punt de vista del Màrqueting, podem tenir diferents formes d'embalatges que proporcionen unes característiques al producte interior de l'embalatge.

A continuació, s'especifiquen els tres tipus diferents de caixes que es poden utilitzar en l'embalatge.

4.3.1.1. Capsa de cartró americana tipus B1:

Embalatge de quatre cares laterals que es tanca tan per la seva part superior com per la seva part inferior mitjançant quatre solapes. Aquesta capsa aporta una gran versatilitat i facilitat de producció en maquinària.

Estructuralment, la capsa de solapes és una construcció tancada, coberta per quatre solapes extrems de la mateixa estructura. Les solapes solen tenir una alçada uniforme per optimitzar la superfície de la planxa.

La canal es col·loca en direcció vertical per conferir a l'embalatge la màxima resistència. La canal, es la direcció del paper corrugat i quan aquesta es troba en posició vertical ofereix una major resistència a la compressió.

Usualment aquesta capsa tipus B1 utilitza un material i una impressió senzilla perquè està destinada a utilitzar-se pel transport i no com a expositor en el punt de venda.



Figura 4: Capsa americana tipus B1

4.3.1.2. Capsa Ready to Seal (RTS):

Embalatge format per una capsa americana tipus B0 amb una tapa en forma de U.

La capsa americana tipus B0 és un embalatge format d'una peça amb unió grapada o enganxada. Únicament es tanca per la part superior o interior segons la necessitat, utilitzant les solapes. d'una part i quedant al descobert la part contrària. És a dir, la capsa B0 és com una capsa B1 però només té solapes a una banda.

Generalment aquest tipus de capsa va acompanyada amb una tapa per a protegir el producte interior i conformar una capsa B1 però amb dos components. En aquest cas, a la coberta se la coneix com a "tapa en forma de U" per la forma que adopta, es pot veure aquest component en la següent imatge (figura 5)

Aquest tipus de caixes s'utilitza quan en el punt de venda es vol utilitzar la capsa B0, generalment amb una impressió exterior i un bon acabat, com a expositor, és a dir, en el punt de venda l'embalatge no serà retirat i enviat a reciclar, sinó que s'extraurà la tapa U, generalment sense cap impressió i una qualitat inferior per estalviar en costos, i es quedarà la capsa B0 en el punt de venda.

A continuació en la imatge es pot veure una capsa B0 amb la seva tapa U i com quedaria posteriorment en el punt de venda.



Figura 5: Capsa RTS

4.3.1.3. Capsa americana B0 amb safata 4 punts

Embalatge format novament per una capsa americana B0 amb una safata anomenada safata de 4 punts perquè al formar-se la safata, aquesta està encolada per quatre punts de cola.

Aquest embalatge té una estructura semblant a la capsa RTS, però, el component de l'embalatge que es quedarà al punt de venda és la safata de 4 punts. En aquest cas, la capsa B0 seria la que utilitzaria un pitjor acabat i una qualitat d'impressió inferior perquè en el punt de venda no es veuria, i la safata 4 punts utilitzaria millors acabats per a dotar de major presència i qualitat el producte en el punt de venda.

De la mateixa manera, es pot observar una capsa d'aquestes característiques en la següent imatge (figura 6).



Figura 6: Capsa americana B0 amb safata

4.3.2. Tipus d'impressió en embalatges

En el Màrqueting, la impressió en els embalatges és molt important perquè és on hi ha espai per comunicar i transmetre tota la informació necessària del producte. Es per això que les qualitats d'impressió són molt importants en el Màrqueting i ajuden a transmetre missatges com un producte més sofisticat, més rústic o en consonància amb el medi ambient, etc.

A continuació, es detallen els diferents tipus d'impressió que es poden aplicar sobre un embalatge i es comentarà el tipus d'acabat i qualitat que ofereixen, així com el seu procés.

Primer de tot, per entendre els tipus d'impressió es pot definir de manera breu i concisa que és i en què consisteix la tipografia.

La tipografia, és la tècnica d'imprimir textos o dibuixos, a part de tipus o motlles amb o sense relleu, que entintat, s'apliquen sobre el paper.

4.3.2.1. Tècnica d'impressió Offset

La impressió en offset (impressió indirecta) és un mètode de reproducció de documents i imatges sobre el paper o materials similars, que consisteix a aplicar una tinta, generalment oliosa, sobre una planxa metàl·lica composta generalment d'un aliatge d'alumini.

El principi de funcionament consisteix en una primera planxa que es mulla amb aigua o amb una solució polar perquè repel·leixi la tinta en les zones on hi ha imatge (zona hidròfila), d'aquesta manera, la resta de la planxa adquireixi tinta en les zones on es troben compostos hidrofòbics o apolars amb la forma a imprimir, prèviament gravat a la planxa.

Sigui mitjançant mètodes manuals o per fotograt, la imatge o el text es transfereix a la superfície a imprimir de forma no directa, sinó mitjançant un cilindre cobert a la seva superfície per un material flexible, generalment cautxú o silicona, que rep la imatge per transferir-la, mitjançant pressió, a la superfície impresa que generalment és el paper.

És precisament, aquesta característica la que confereix una qualitat excepcional en aquest tipus d'impressió perquè el recobriment de cautxú en el rodet d'impressió és capaç d'impregnar

superfícies amb textures irregulars o rugoses. Tot això és degut a les propietats elàstiques del cautxú i propietat que no presenten els rodets metàl·lics

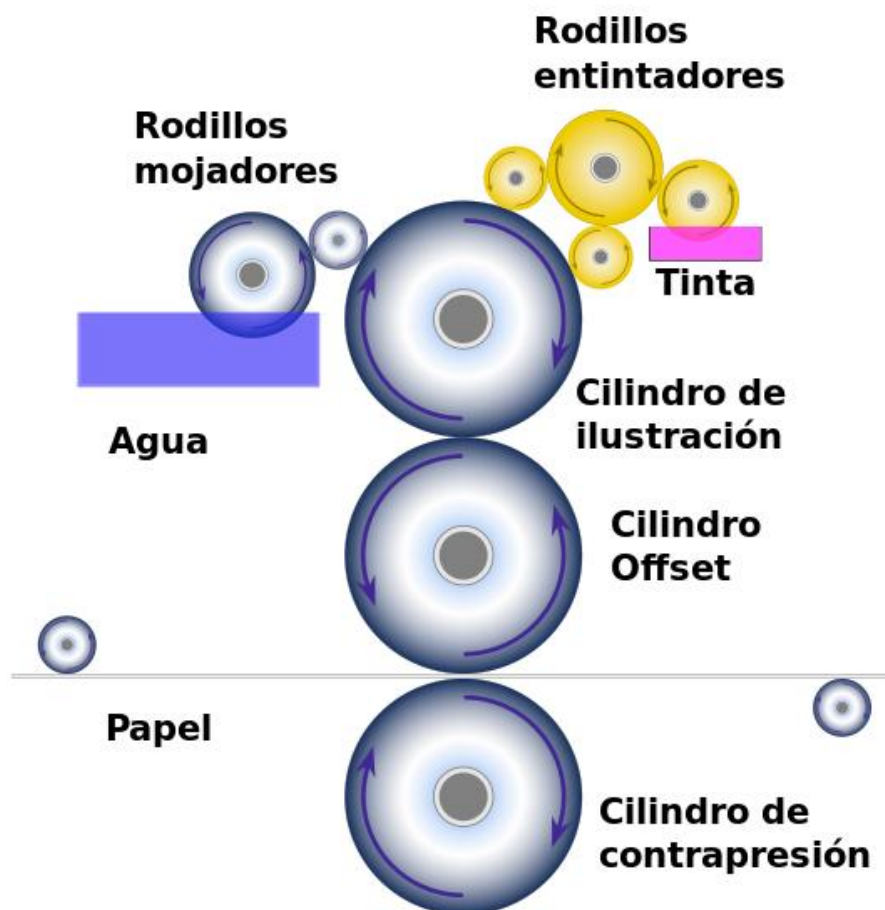


Figura 7: Procés d'impressió en Offset[35]

A continuació s'aprofundirà sobre el mètode d'impressió, les seves variants i els fonaments tècnics que permeten la realització d'aquest tipus d'impressió

El mètode d'impressió offset és coneguda per aquest nom, ja que el substrat (habitualment paper) no té contacte amb la planxa de matriu a traspasar la imatge. La tinta es transfereix de la placa d'alumini al cilindre portacautxú per després passar al paper, exercint pressió entre el cilindre de portacautxú i el cilindre de contrapressió.

La impressió offset es realitza mitjançant planxes monocromàtiques de manera que ha de crear-ne una planxa per cada color a imprimir. En el cas de la fotocromia, per cada un dels quatre

colors del model de colors CMYK (cian, magenta, groc i negre) al que s'afegeix la intervenció en el procés d'un cinquè color, el blanc del paper. Utilitzant quantitats diferents dels cinc colors, pot reproduir-se gairebé qualsevol color amb l'excepció de color com el daurat o platejat o colors fosforescents que es troben fora del rang del model CYMK.

Totes les imatges, siguin en color o escala de grisos, poden reproduir-se litogràficament mitjançant la utilització per difusió en semitons. Actualment es digitalitza la pel·lícula fotogràfica mitjançant un escàner d'alta resolució o s'obté la imatge mitjançant fotografia digital en el procés de pre-premsa on es separen els colors creant una imatge diferent representativa de cada canal de color.

A partir de la imatge separada, es crea un fotolit, el qual es projecta amb llum ultraviolada sobre una emulsió sensible liofílica que després es revela. Un altre mètode de creació de la planxa és la impressió sobre una planxa plàstica utilitzant una impressora làser, o la transferència directa de la imatge digital amb un làser.

Perquè la planxa s'impregni de tinta únicament en aquelles zones amb imatge, prèviament, es sotmet a un tractament fotoquímic de manera que les parts tractades atrauen la tinta. D'aquesta manera, la planxa passa per un primer rodet mullador, impregnant-la d'aigua i seguidament per un rodet entintador. La forma de la impressora és plana, sense relleu, dura però flexible. Com la tinta és un compost greixós, és repel·lida per l'aigua i es diposita exclusivament en les parts tractades.

Aquest tipus d'impressió és el més utilitzat en les grans tirades de volum, degut als seus avantatges evidents de qualitat, rapidesa i costos, el que permet treballs de grans volums d'impressió a preus molt reduïts. [10]

4.3.2.2. Tècnica d'impressió Flexografia

La flexografia és la tècnica d'impressió més utilitzada a l'hora d'imprimir sobre embalatge i cartró ondulat degut a la seva versatilitat, que permet una infinitat d'acabats i a que és una tècnica molt econòmica.

De manera breu i resumida, és pot dir que la flexografia es un sistema d'impressió en alt relleu,

és a dir, que les zones de la planxa que imprimeixen estan a més altura que aquelles que no han d'imprimir. De la mateixa manera que en Offset, la tinta es diposita sobre la planxa, que a la vegada pressiona directament el substrat imprimible, deixant una taca allà on ha tocat la superfície a imprimir.

En el següent esquema es pot veure de manera molt simplificada com funciona una rotativa flexogràfica.

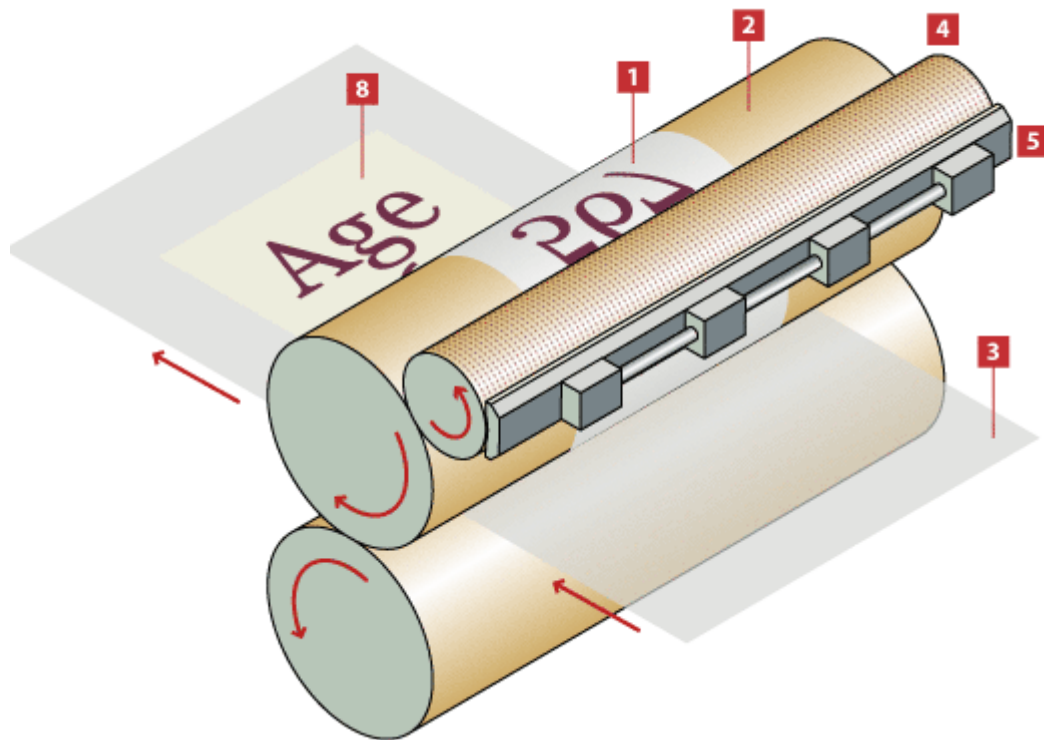


Figura 8: Procés d'impressió flexogràfica[36]

1. Es prepara la planxa amb un material flexible i esponjós, en aquest pas la imatge impresa ha d'estar en forma invertida com si fos un mirall. Com bé s'ha comentat anteriorment, l'ona que imprimeix té un relleu respecte a les zones no imprimibles.
2. La planxa s'ajusta al cilindre porta-forma
3. S'enganxa el substrat, en aquest cas seria el cartró corrugat o paper.
4. Un cilindre de ceràmica o d'acer, conegut amb el nom de cilindre anilox, cobert de

milers d'espais es on es disposa la tinta. Un cop iniciat el procés, una cavitat tancada proporciona la tinta al cilindre anilox i al mateix temps que el cilindre va girant, la raqueta (6) extremadament precisa, va eliminant la tinta sobrant del cilindre i impedeix que la tinta pugui escapar de la càmera.

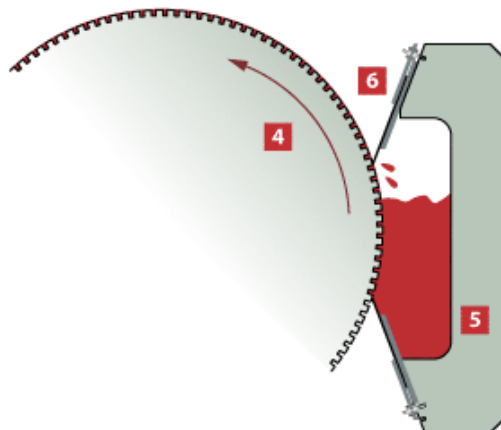


Figura 9: Detall de la cavitat amb tinta[36]

5. El cilindre anilox entra en contacte directe amb la planxa, situada en el cilindre porta-forma i li proporciona tinta en les zones de relleu, de manera que les zones amb menys alçada queden seques. L'ús del cilindre es essencial per distribuir la tinta de manera uniforme i continuada sobre la planxa.
6. La planxa ja entintada segueix girant i entrant en un suau contacte directe amb el cartró
7. El cilindre rep la imatge de la tinta de la planxa i surt imprès assecant-se de forma molt ràpida

El procés descrit és capaç d'imprimir en un sol color, cada sistema de cilindres, planxes, mullat i entintat és un cos rotatiu capaç d'imprimir un color, és a dir, si volguéssim imprimir 4 tipus de colors diferents farien falta quatre rotatives.

Les tintes en la tècnica de la flexografia són tintes no grasses, la seva base és alcohòlica o aquosa, el que les caracteritza per tenir una baixa viscositat i un assecat molt ràpid, el que dota a aquest procés d'agilitat. Les tintes són translúcides, aquest fet és important perquè quan

imprimim una tinta sobre d'un altre, els colors es sumen, no es tapen, i d'aquesta manera es pot aconseguir un vendall molt ampli de colors amb la combinació d'ells.[10]

4.3.2.3. Tècnica d'impressió "Huecograbado"

El procés denominat habitualment "huecograbado", s'utilitza en la fabricació tant d'embalatge alimentari com de no alimentari, així com per etiquetes, papers pintats i impressió de transferència.

La tècnica de "huecograbado" té com a particularitat que la forma impressora es una forma en baix relleu.

La matriu impressora típica del "huecograbado" és el cilindre d'impressió que consta bàsicament d'un cilindre de ferro, una capa de coure sobre la que es grava la imatge a ser impresa, i una capa de crom que permet una major resistència o duresa durant el procés d'impressió perquè la capa de coure es molt fràgil i es trencaria amb facilitat durant el procés.

D'aquesta manera, es pot afirmar que el "huecograbado" és l'antítesi de la flexografia. El "huecograbado" com bé s'ha comentat, es caracteritza per una planxa que no està en relleu, si no enfonsat sobre la superfície o la planxa portadora de tinta.

1. Es prepara la planxa, que té cavitats buides de diferents mides o profunditats, depenent del sistema de gravat de la planxa. Aquestes cavitats seran les que s'omplir de tinta líquida.
2. La planxa es col·loca sobre el cilindre porta-forma que està en contacte directe amb la tinta que es troba en un dipòsit.
3. S'enganxa la bobina de paper sense imprimir al sistema de rodets
4. Un cop en marxa la rotativa, les cavitats de la planxa s'omplen de tinta. La planxa gira fins a entrar en contacte amb una rasqueta anomenada doctor Blade que serveix per retirar l'excés de tinta. D'aquesta manera només queda tinta dins les cavitats de la planxa, la qual segueix girant i entra en contacte directe amb el paper que es pressionat en sentit contrari pel cilindre d'impressió.

5. El cartró, que es mou a gran velocitat, rep la imatge de tinta de la planxa i surt imprès

El gravat de les planxes es un procés molt car tan en material com en maquinària, això fa que l'“huecograbado” no sigui el procés més òptim per a tiratges petits. Aquestes planxes estan dissenyades per grans tirades, ja que les suporten sense patir un deteriorament important. És per aquest motiu que l'economia d'escala fa més rendible aquest sistema d'impressió, assegurant al mateix temps una gran qualitat [10]

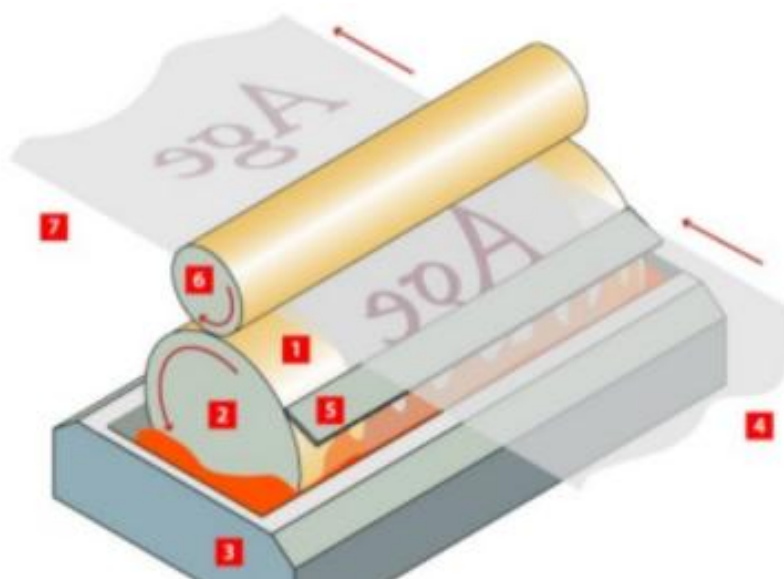


Figura 10: Procés d'impressió "huecograbado"[37]

4.3.2.4. Taula comparativa de tècniques d'impressió

Mètode	Avantatges	Inconvenients	Procés
Offset	<p>Reproducció fidel de la imatge</p> <p>Procés de preparació ràpid i senzill</p> <p>Sistema d'impressió molt econòmic</p>	<p>Poden haver-hi excessos de tintes</p> <p>El vernís pot traspasar el plec del paper</p>	
Flexografia	<p>Versatilitat d'impressió sobre substrats</p> <p>Utilitza tintes d' assecat ràpid</p> <p>Utilitza planxes de cautxú que poden imprimir milions de metres</p> <p>Els cilindres de planxa poden ser substituïts per altres de manera que aquests ja han estat testats prèviament</p>	<p>En cas de transicions suaus, el rang tonal es incomplet</p> <p>Poden aparèixer zones amb colors desiguals durant la impressió</p> <p>Les mides mínimes són més limitades respecte altres tècniques</p> <p>Les planxes són més costoses que les d' Offset</p>	
"Huecograbado"	<p>Qualitat fotogràfica molt superior</p> <p>Alta linealitat, que augmenta els detalls</p> <p>Mecanisme senzill d'impressió</p> <p>Gran velocitat d'impressió</p>	<p>Cost molt elevat</p> <p>La complicitat del procés de gravat i utilitzar materials com coure fan molt costosa l'obtenció dels cilindres</p>	

Taula 1: Comparativa de tècniques d'impressió

4.4. Comportament físic - mecànic del cartró

Hi ha molts assajos que permeten estudiar les característiques físiques dels sistemes envàs i embalatge. La identificació i la quantificació del comportament físic -mecànic dels envasos i embalatges es realitza mitjançant l'execució d' assajos que es poden centrar únicament en el sistema d'envàs i embalatge o bé en el sistema de producte - embalatge.

Assajos sistema d'envàs i embalatge

- Assaig de compressió: estudi del comportament dels materials davant la compressió. Aquest assaig és especialment útil pels materials de productes que es puguin embalar com autoportants.
- Assaig de tracció: permet conèixer la resistència mecànica a la tracció dels materials. Aquest assaig és important per cartrons corrugats
- Corbes d'amortiment: permet conèixer les característiques dels materials d'amortiment, mitjançant l'aplicació de mètodes normalitzats

Assajos per sistemes producte – embalatge

- Compressió estàtica: permet conèixer la quantitat de càrrega que pot suportar un objecte sobre si mateix. Aquest assaig és especialment important per conèixer la quantitat de càrrega que es pot acumular en condicions estàtiques sobre un producte o sobre l'embalatge que el protegeix
- Assaig de *creep* assaig que permet conèixer l'evolució en el temps d'un material que suporta càrrega sobre si mateix en condicions estàtiques.
- Assaig de fragilitat: permet conèixer la resistència del producte. Aquest assaig s'utilitza especialment quan el producte a protegir es molt car o fràgil o fàcil de trencar-se sense que l'embalatge pateixi deformacions.

- Assaig de simulació de transport: es tracta d'un conjunt d'assajos que reproduïxen els fenòmens que pateix un objecte durant el transport.

En aquest treball s'aprofundirà sobre l'assaig a la compressió perquè l'estudi es fonamentarà en aquest assaig.

4.4.1. La resistència a la compressió vertical d'un embalatge

La resistència a la compressió vertical d'un embalatge és la resistència del conjunt de forces que s'apliquen a la part superior de l'embalatge. És tracta de la característica més important d'un embalatge perquè d'ella depèn que aguantí càrregues de remuntabilitat durant les operacions de transport i emmagatzematge.

El BCT (Box Compression Test) és el test més habitual realitzat a un embalatge per avaluar la seva resistència a l'apilament. L'assaig consisteix a determinar el punt de ruptura de l'embalatge comprimint-lo en una premsa que avança a velocitat constant. El test es realitza sobre la capsa en buit (sense producte en el seu interior) tot i que la carrega del seu interior afecta la resistència i al comportament de l'embalatge.

En determinades circumstàncies, aquest assaig es realitza sobre un conjunt de caixes situades sobre un pallet, el que permet comprendre millor el seu comportament en condicions reals.

Les pèrdues de resistència d'una capsa es produeixen en tot el procés de producció i subministrament: paletitzat, transport, emmagatzematge, etc. Hi ha paràmetres que influeixen directament sobre aquesta pèrdua de resistència:

- La resistència a la flexió del cartró
- L'espessor del cartró, relacionat amb el canal del cartró que es veurà més endavant
- El procés de fabricació del cartró lligat a l'ondulat, el "troquelat", la impressió, etc.
- Les condicions d'utilització; mecanització, naturalesa del producte, etc.
- El ECT del cartró

L'ECT (Edge Crush Test) del cartró és l'assaig de compressió de cantonades . S'utilitza per mesurar la força màxima que una capsa pot suportar per la compressió en la longitud de l'eix del canal del cartró. La resistència està directament relacionada a la resistència de compressió vertical . Aquesta resistència s'expressa en Lb-f/pulg. [11]

4.4.1.1. L'equació de McKee

Existeixen procediments estàndards i teòrics per a determinar el valor del BCT sense la necessitat de realitzar assajos. Aquests procediments es fonamenten en funció del pes, el número d'estibes i factors ambientals com; el temps sota la carrega, el tipus d'apilament, la humitat sota la carga, etc.

L'equació de McKee permet calcular el valor del BCT de manera teòrica d'una capsa de cartró corrugat regular ranurada a partir del coneixement de:

1. La resistència a partir del test de compressió de cantonades (ECT) en
2. La rigidesa a la flexió del cartró en la màquina i les direccions transversals a la màquina del cartró $S_{B,MD}$ i $S_{B,CD}$ en N·m
3. La perifèria de la capsa en metres.

En general, la denominada fórmula de McKee indica:

$$BCT = k_1 \cdot (ECT^b)^{0.75} \cdot (S_B^b)^{1-x} \cdot Z^{2x-1}$$

Equació 1

La fórmula pot adaptar-se pel cartró corrugat a la següent:

$$BCT = k_1 \cdot (ECT^b)^{0.75} \cdot (S_B^b)^{0.25} \cdot Z^{0,5}$$

Equació 2

On S_B^b és la rigidesa geomètrica mesurada per:

$$S_B^b = \sqrt{S_{B,MD}^b \cdot S_{B,CD}^b}$$

Equació 3

La fórmula de McKee és vàlida només si la relació de profunditat/perifèria és $>1/7$

La constant k_1 és una constant arbitrària escollida de manera que el producte indiqui la resistència BCT en N.

Com que l'equació descrita per McKee és una equació molt complexa i complicada d'interpretar, actualment existeix una fórmula vàlida deduïda a partir de l'equació de McKee que permet calcular el valor del BCT a partir del ECT

$$BCT = 5,87 \cdot ECT \cdot \sqrt{\text{Perímetre caixa} \cdot \text{gruix cartró}}$$

Equació 4

On tan el perímetre de la capsa com el gruix del cartró han de ser expressats en unitats angleses

La base teòrica indica la rigidesa a la flexió del cartró corrugat està influenciada en gran manera a la distància entre la línia central del fentit i els centres de la superfície, és a dir, aproximadament l'espessor (canal) del cartró.

S'observa que l'equació simplificada no té en consideració, òbviament, el valor real de la rigidesa a la flexió, que alhora depèn de la rigidesa a la tracció de les capes i en CD (direcció transversal), per tant, aquesta equació no és vàlida per a calcular els valors de la resistència BCT per comparació quan s'utilitzin diferents graus de papers.

La raó de fons per l'equació simplificada en la que s'exclouen variacions en la rigidesa a la flexió del cartró corrugat, es que quan McKee va desenvolupar les equacions, no existien bons instruments de mesura per a la determinació precisa de la rigidesa a la flexió. Per això no hi ha

raó per no utilitzar l'equació completa de McKee en la que s'inclou tan la resistència a la compressió com la rigidesa a la flexió.

És evident a partir de l'equació de McKee que existeix una forta relació entre la resistència a la compressió i la rigidesa a la flexió del cartró. Un valor alt de resistència a la compressió implica un valor de BCT elevat. Que es requereixi un valor elevat de rigidesa a la flexió és aparent si s'observa la forma en què es produeix el col·lapse per compressió durant la càrrega

Sota càrregues baixes, la càrrega es distribueix uniformement al voltant de la perifèria de la capsa. Si s'incrementa la càrrega, s'assoleix un nivell de càrrega crítica en el que les parets de la capsa s'esbomben mentre que les cantonades verticals romanen rectes. La distribució de càrrega al voltant de la perifèria e la capsa es concentra en les cantonades. Si la càrrega s'incrementa encara més, el col·lapse primer té lloc en les zones de les cantonades properes a on convergeixen les cantonades verticals i horitzontals. [13]

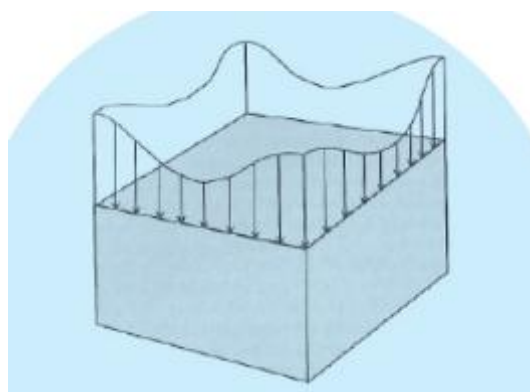


Figura 11: Distribució de les forces en un embalatge[12]

4.4.1.2. **Altres equacions pel càlcul del BCT**

4.4.1.2.1 **Fórmula basada en condicions de transport**

Com es pot observar, l'equació de McKee és molt complicada i complexa d'utilitzar. En el dia a dia en una indústria alimentària es dissenyen molts embalatges nous i conseqüentment es calculen teòricament molts BCT per a les caixes de cartró corrugat.

Considerant la dificultat d'aplicar la fórmula de McKee unit amb la necessitat de calcular

diàriament diferents BCT, hi ha altres fórmules que també permeten el càlcul d'aquest assaig.

En el present capítol es descriuran dues fórmules utilitzades comunament en el càlcul del BCT.

La primera equació presentada utilitza els pesos de l'embalatge i diferents coeficients que tenen en compte les condicions de transport així com també utilitza la disposició de l'embalatge en el paletitzat.

$$BCT = \text{Pes unitat secundària} \cdot (n^{\text{e}} \text{ capas} - 1) \cdot GDF \cdot CF$$

Equació 5

Pes unitat secundari = el pes brut de l'embalatge expressa en kilograms

(Nº capas-1) = en el paletitzat, el nombre de capes que hi ha.

On:

$$GDF = k \cdot Fh \cdot Fp \cdot Fhp$$

Equació 6

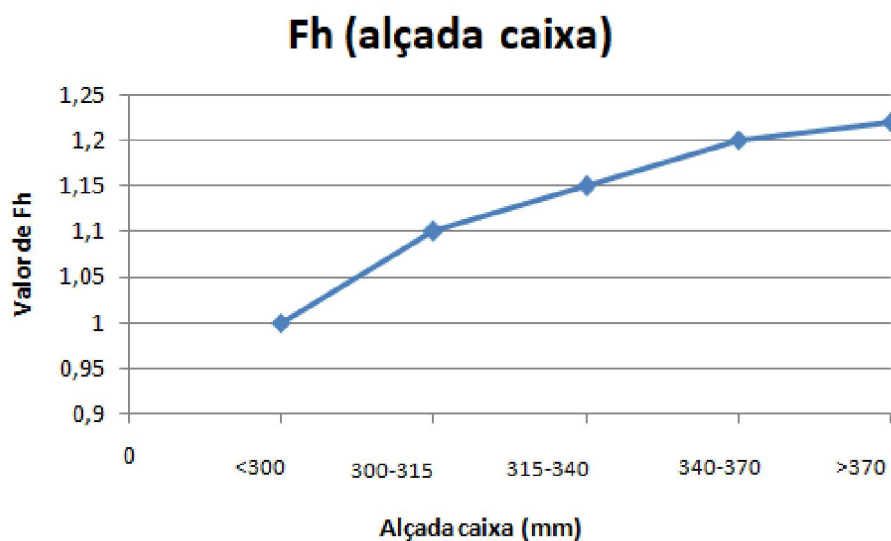
K= coeficient dinàmic

El valor del coeficient dinàmic va en funció de si el producte és o no és autoportant. Un producte autoportant és aquell que és capaç de suportar tot el pes d'apilament sense patir deformacions.

El valor de k=1 si és autoportant i k=4 si no és autoportant

Fh= factor per alçada capsa

El valor de Fh ve influenciat per la següent gràfica, on es grafica el valor de Fh en funció de l'alçada de la capsa en mil·límetres. Si l'alçada de la capsa fos inferior a 300 mil·límetres, el valor de Fh seria 1.



Gràfic 1: Factor per alçada capsas[12]

Fp= Factor per posició embalatge en la capa

Fp pot prendre tres valors diferents en funció de la posició de l'embalatge en la capa del paletitzat

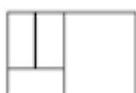
- Fp= 1,22 si la longitud està en el costat llarg del palet (costat de 1200 mm)



- Fp= 1 si la longitud està al costat curt del palet (costat de 800 mm)

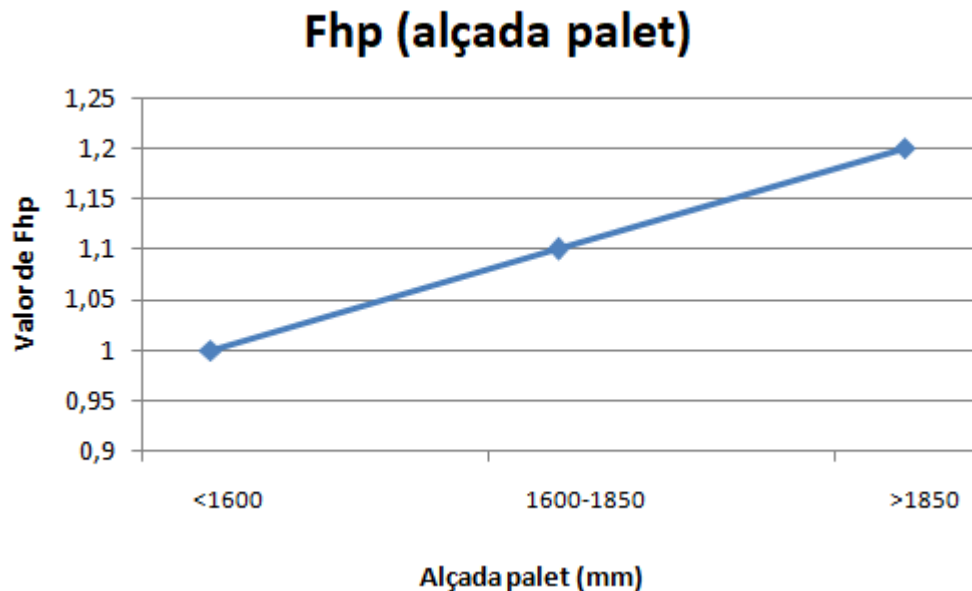


- Fp=1,3 si el la disposició de la capsa és entrecreuada



Fhp= factor per alçada del palet

El factor per alçada del palet ve determinat per la gràfica següent on s'especifica el valor de Fhp en funció de l'alçada del palet, en el cas que es remunti, l'alçada seria la total



Gràfic 2: Factor per alçada palet[12]

CF= coeficient climàtic

En el cas que no hi hagi condicions extremes, el valor del coeficient climàtic serà sempre 1. Cal considerar que en el cas dels embalatges que es tractaran, no hi haurà mai condicions extremes i que per tan aquest valor serà sempre 1. [12]

4.4.1.2.2 Fórmula general simplificada

Per finalitzar amb les equacions utilitzades pel càlcul teòric del BCT, es pot utilitzar l'equació simplificada. Aquesta equació és de les més utilitzades degut la seva simplicitat de càlcul i a la seva fiabilitat.

L'equació simplificada pren la següent expressió.

$$BCT = \left[\text{Pes brut un.sec.} \cdot (n^{\text{a}} \text{ capes} \cdot n^{\text{a}} \text{ estibes} - 1) + (n^{\text{a}} \text{ estibes} - 1) \cdot \frac{25 \text{ kg}}{n^{\text{a}} \text{ un.sec. per capa}} \right] \cdot FS$$

Equació 7

On:

Pes brut un. sec. = el pes brut de l'embalatge expressat en kilograms

nº capes = al nombre de capes de l'embalatge en el paletitzat

nº estibes= prendrà el valor de 1 si el palet no és remuntable o prendrà el valor de 2 si el palet és remuntable

Nº un. sec. per capa = nombre d'embalatges que hi ha en una mateixa capa

FS = factor de seguretat. Aquest valor pot oscil·lar entre 3 i 5 i és el valor que té en compte les condicions de transport.

El valor de 25 kilograms és pel fet que el pes d'un palet Euroblue 1200x800 estandarditzat és de 25 kg. El pes del palet només es té en consideració si el nombre d'estibes és igual a 2.



Figura 12: Palet Euroblue [38]

Amb aquesta equació simplificada el que es pretén és definir quin és el pes que hauria de suportar la capsa que està sotmesa a més força, és a dir, la capsa de la primera capa tenint en compte si el palet és remuntat o no.[14]

A continuació, es pot veure un exemple en la utilització de l'equació simplificada.

Fixant-se en la imatge, es pot observar que tenim 5 capes de caixes (5 alçades) i que a cada alçada hi ha 10 caixes. En aquest cas, el palet és remuntable i que el pes brut de cada capsa és de 5 kilograms

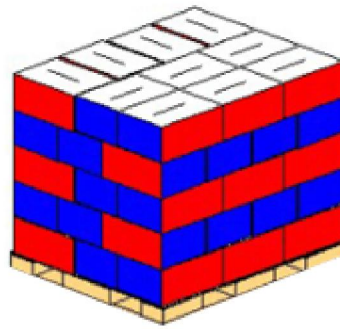


Figura 13: Paletitzat model

D'aquesta manera, l'equació simplificada prendria la següent forma.

$$BCT = \left[5 \text{ kg} \cdot (5 \cdot 2 - 1) + (2 - 1) \cdot \frac{25 \text{ kg}}{10} \right] \cdot 4 = 190 \text{ kg}$$

Amb aquest resultat, es pot veure que el BCT mínim que hem d'aportar a l'embalatge perquè no pateixi deformacions, ha de ser de 190 kilograms.

4.5. Coneixements sobre el cartró

4.5.1. Introducció

Els embalatges abasten un rang molt ampli de diferents tipus de materials com el paper, cartró, fusta, metall, plàstics, vidre. Per a triar el material adequat en funció de les característiques dels productes a envasar, és necessari conèixer les diferents característiques bàsiques dels materials esmentats anteriorment.

En la següent taula es resumeixen els avantatges i inconvenients dels diferents tipus de materials disponibles.

Material	Avantatges	Desavantatges
Vidre	Transparència Eliminació fàcil i reciclable Propietat barrera a gasos i vapors d'aigua	Fragilitat Pesat i voluminós
Metal	Solidesa i resistència Lleugeresa Opacitat a la llum i radicacions Conductivitat tèrmica Reutilització Propietat barrera a gasos i vapors d'aigua	Elevat cost Fàcil de corroir Eliminació difícil Molt pesat
Cartró i paper	Cost poc elevat Fàcil gestió Lleuger Reciclable i biodegradable Versatilitat de formes	Es degrada ràpidament Ofereix poques propietats barrera
Fusta	Resistència Versatilitat Reciclable i biodegradable	Vulnerabilitat Molt variable
Plàstic	Impermeabilitat Gran diversitat Reutilitzable Lleugeresa i flexibilitat	Eliminació molt difícil Inflamable

Taula 2: Comparativa de materials

Un cop vistes les diferents propietats dels materials, en aquest projecte s'aprofundirà sobre el cartró i paper perquè en la indústria alimentària i en l'estudi d'aquest projecte serà el material més mencionat i el més utilitzat.[17]

4.5.2. Cartró ondulat (cartró corrugat)

4.5.2.1. Introducció

El paper com a definició és una làmina plana constituïda essencialment per fibres cel·lulòsiques d'origen vegetal, reticulades irregularment però adherides entre sí. La cel·lulosa és un polímer natural basat principalment amb unitats de glucosa.

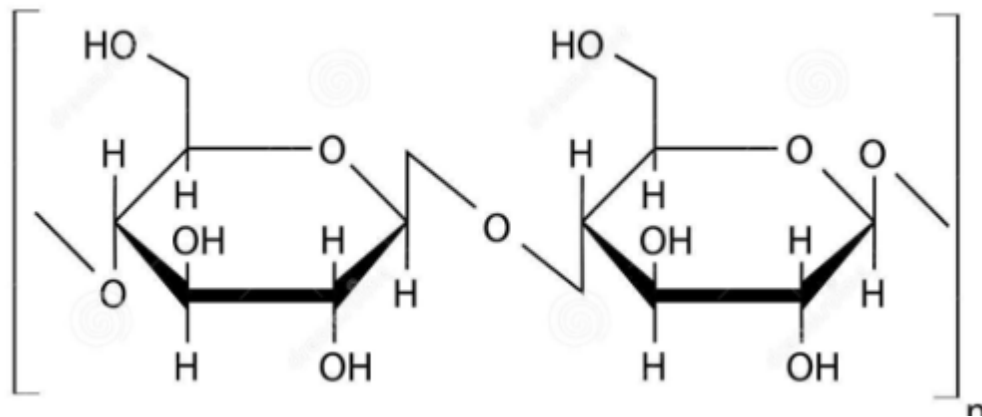


Figura 14: La cel·lulosa

El cartró, per altra banda, és una variant del paper compost per diverses capes de paper que superposades i combinades entre si són capaces d'oferir rigidesa.

El cartró ondulat es defineix com una estructura mecànica formada per la unió de diversos papers i fulles llises, unides equidistantment per un o diversos papers ondulats. Més endavant es farà menció sobre el diferents tipus d'unió equidistant i com es coneixen comunament.

Els materials utilitzats en combinació de cartrons i papers són materials laminats, és a dir, materials amb una base de paper o cartró laminades amb capes d'altres materials com plàstics amb l'objectiu de millor les característiques pròpies del cartró com poden ser propietats fonamentals com la duresa, impermeabilitat, etc.

Independentment de la composició del cartó, el material final que ha de mantenir-se en contacte amb els aliments, haurà de complir unes condicions i legislacions de no transmetre a l'aliment substàncies que alterin l'aliment o puguin ser una font de risc per la salut dels

consumidors.

4.5.2.2. Procés de fabricació

El cartró com bé s'ha comentat anteriorment, es fabrica a partir de fibres naturals de cel·lulosa, tan blanquejada com sense blanquejar i provinent tan de fonts primàries com de fonts de material reciclat. Cal afegir que el cartró pot contenir additius funcionals i fibres sintètiques i lligant polimèrics per a pigments orgànics i inorgànics.

Les dues principals operacions en la fabricació de materials i objectes de cartró per a la indústria alimentària són usualment la fabricació del paper i la seva transformació.

La fabricació del paper pateix una separació agrupació de les fibres de la cel·lulosa en el processament de la polpa.

En el següent esquema (figura 15) es simplifica el procés de fabricació.

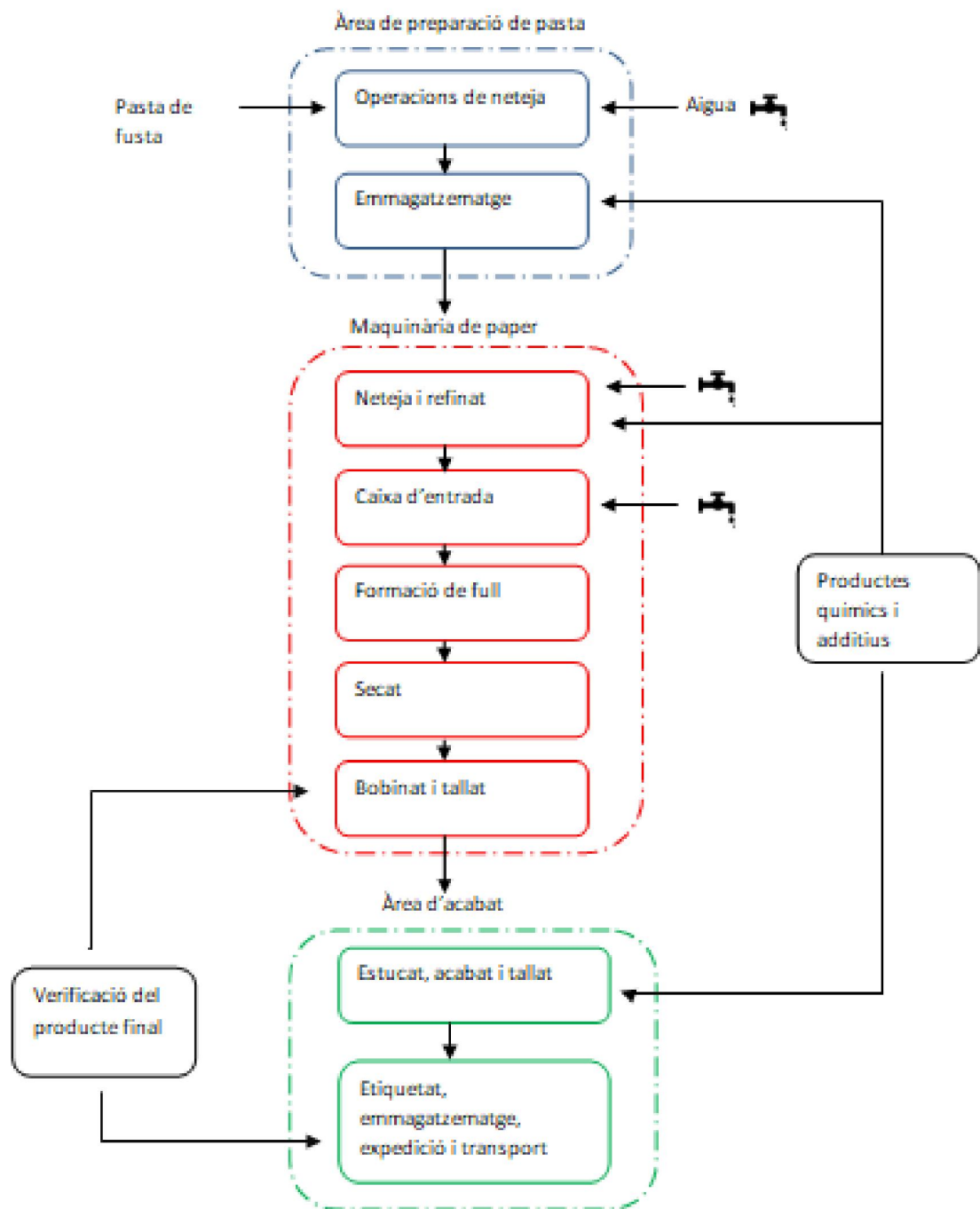


Figura 15: Procés de fabricació del cartró

Un cop vist el procés de fabricació del cartró, un altre dels aspectes importants del cartró és la seva capacitat de reutilització.

En el següent esquema es pot veure el cicle de vida del cartró. On s'esquemmatitza que a partir

del paper recuperat per la col·laboració ciutadana i amb la utilització dels recursos naturals, es pot anar reciclant el cartró ja utilitzat i posteriorment creant nous embalatges.[15] [21]



Figura 16: Cicle de vida del cartró[39]

4.5.2.3. Procés de “troquelatge”

El procés de “troquelatge” es defineix al conjunt d’operacions amb les quals sotmetem una lamina plana a certes transformacions amb la finalitat d’obtenir una planxa de forma geomètrica pròpia

Aquest treball es realitza amb “troquels” en màquines denominades premses, generalment amb un moviment rectilini alternatiu.

Per definir un cicle de “troquelat” es necessari:

1. Definir la forma de la peça que imposa un cert nombre d’operacions, en concordança amb la seva complexitat
2. Determinar les dimensions
3. Conèixer el material del que es farà la peça, la seva elasticitat i plasticitat
4. La possibilitat d’extreure fàcilment la peça de la matriu

Per entrar en profunditat en el procés, hem de conèixer que és un “troquel”. Un “troquel” és un instrument o una màquina de vores tallants que és útil per retallar o estampar, per pressió, planxes, cartrons, papers, etc. El “troquelat” és per exemple, una de les principals operacions en el procés de fabricació en embalatges de cartró.

Un “troquel” consisteix en una base d'una matriu amb major resistència o duresa que les fulles tallants o les estampes d'elaboració de la peça.

Les parts tallants o fendidores són les encarregades de tallar per perfilar les siluetes exteriors, tan per fabricar finestres o altres orificis interiors. Marcar el cartró per facilitar els plects. Perforar amb la finalitat de crear un pre-tall que permeti un fàcil i àgil tall sense dificultats.

L'operació coneguda com a “troquelatge” consisteix en muntar el “troquel” (l'eina) en una premsa que permeti realitzar una sèrie d'operacions diverses com:

- **Cisallat:** operació de tall d'una làmina de metall en la longitud d'una línia reca entre dos vores de tall. S'utilitza per a reduir grans làmines a seccions més petites
- **Tall:** es realitza per l'acció d'una cisalla entre dos vores afilades de tall. La vora superior de tall, anomenada punxó, es mou cap a baix sobrepasant la vora inferior de tall (matriu) i tallant el material.
- **Punxonat:** implica el tall d'una lamina en la seva longitud. La part que es talla és el producte desitjat en l'operació.
- **Doblat:** efectuats per realitzar plects simples o compostes en la làmina. En el cartró és una operació que no s'utilitza mai.

D'operacions en “troquelatge” hi ha de molts més tipus, però aquestes quatre són les principals i més utilitzades en totes les indústries.[16]

4.5.2.3.1 Tipus de “troquels”

Podem distingir 3 tipus de “troquels”:

- **“Troquels” simples:** realitzen una única operació en cada cop de premsa i la seva alimentació és manual
- **“Troquels” compostos:** Poden realitzar diverses operacions en cada cop de premsa i s'alimenten amb bobines automàticament.
- **“Troquels” progressius:** “troquels” que consten de diferents etapes o passos on cada un d'ells modifica el material en una seqüència establerta pel dissenyador.

4.5.2.4. Característiques i classificació

Existeix una gamma molt ampla de papers i cartrons disponibles al mercat per satisfer les diferents necessitats i considerant l'elecció de les fibres, del tractament rebut i dels diferents additius introduïts per proporcions característiques essencials.

Es troben diferents característiques i propietats del paper i del cartró destinats a embalatges.

- Resistència a la ruptura per tracció, plegat i estripat
- Propietats òptiques com opacitat, blancor, efecte mate.
- Comportament respecte a la impressió en la superfície del cartró.
- Bona barrera de líquids i vapors. Tot i que els productes que es tractaran en aquest projecte, la seva majoria són sòlids, es important aconseguir una bona barrera mitjançant l'addició de productes laminats plàstics.[16]

4.5.2.4.1 Tipus de papers.

Els papers utilitzats en envasos es poden distingir entre els següents:

- **Paper encerat:** qualsevol tipus de paper recobert amb cera que proporciona una bona protecció de líquids i vapors. El seu principal ús és en la rebosteria.
- **Paper glassine:** molt dens i amb un alt grau de resistència als olis. Acostuma a ser translúcid.
- **Paper Kraft:** és un paper molt resistent i el més utilitzat en tot tipus d'envasos, inclòs com a base de complexos amb alumini, plàstics i altres materials. Pot ser blanquejat i es fabrica amb diferents pesos i espessors depenent de les característiques i la rigidesa de l'embalatge
- **Paper pergami vegetal:** paper amb una gran resistència a la humitat. És utilitzat per a productes alimentaris com la mantega, formatges, peixos i carns.
- **Paper tissue:** elaborat a partir de polpes mecàniques i químiques i en alguns casos amb papers reciclats. És utilitzat per a ús domèstic i sanitari degut al seu poc pes, la seva suavitat i la seva gran capacitat absorbent.

La combinació d'aquests diferents tipus de papers és molt variada i ajuda a millorar les condicions i característiques de l'embalatge.

A part del paper Kraft, els proveïdors de cartrons utilitzen altres tipus de papers com: Paper *testline*, paper *bico blanc*, papers semi-químics que combinats entre ells en diferents ratios i amb una densitat expressada en g/m^2 es combinen per a proporcionar una determinada rigidesa i resistència a la tracció. Aquest fet està molt lligat amb els BCT exigits als embalatges per assegurar la seva resistència durant l'emmagatzematge i el transport.[20]

4.5.2.4.2 Tipus de cartrons

Paral·lelament es poden distingir diferents tipus de Cartró utilitzats en embalatges.

- **Cartró sòlid blanquejat SBB (solid bleache board):** cartró fabricat a partir d'una pasta química blanquejada que s'utilitza generalment en les indústries farmacèutiques i cosmètiques
- **Cartró sòlid no blanquejat SUB (solid unbleached board):** cartró més resistent que la resta a la humitat. Degut a aquesta característica s'utilitza molt en l'envasat de productes líquids.
- **Cartró folding FBB (folding boxboard):** Fabricat amb diferents capes de pastes mecàniques intercalades amb capes de pastes químiques. Utilitzat en aliments congelats i refrigerats
- **Cartró de fibres reciclades WLC (white-lined chipboard)** es fabrica amb fibres recuperades i reciclades. Està format per capes de diferents tipus de fibres.

4.5.2.4.3 Tipus de canals

Dintre dels embalatges de cartró corrugats es pot distingir el gruix de l'embalatge depenent del tipus de canal seleccionat:

Podem distingir entre 3 tipus de capes que formen l'estructura ondulada del cartró:

- **Simple cara (single face – SF):** un mòdul elemental de tot cartró ondulat i està format per un full llis (una cara) i un ondulat, units entre sí mitjançant una cola
- **Doble cara:** mòdul elemental constituït per una simple cara amb l'addició d'una segona cara
- **Doble-doble (DD):** un mòdul constituït per una doble cara amb un segon mòdul simple-cara
- **Triple ondulat:** mòdul resultat de la combinació d'una doble-doble amb un tercer simple cara.

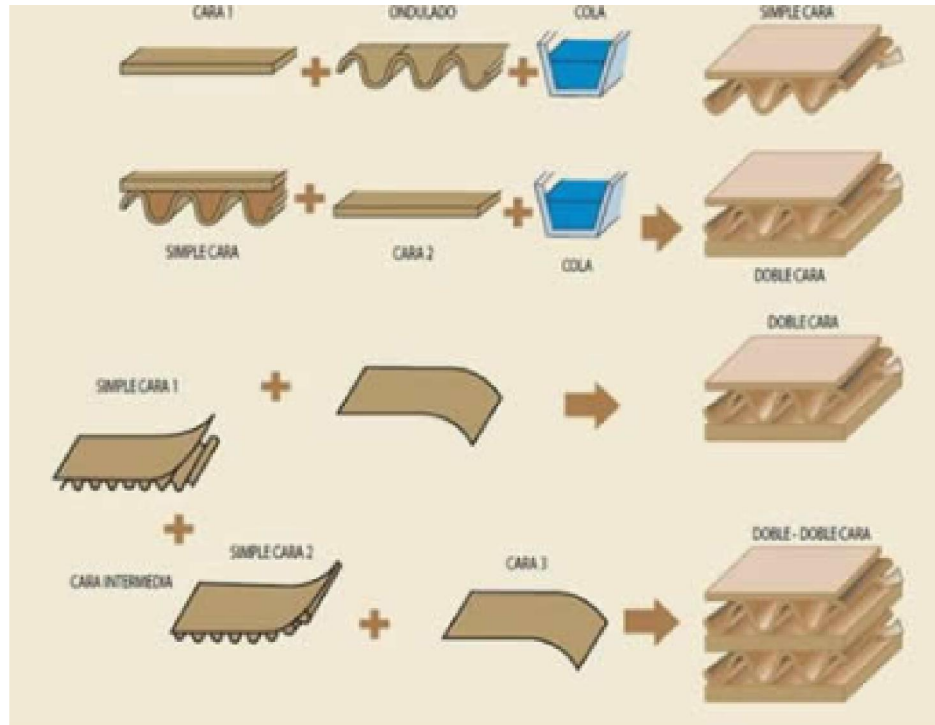


Figura 17: Formació dels tipus de canals[41]

El gramatge dels papers, així com l'altura de les ondes, determinen la seva consistència (ECT) i sobretot, la seva resistència a la compressió vertical (BCT). Aquest últim paràmetre es el més important, ja que indica el pes que pot suportar una capsota sotmesa a una càrrega per apilament.

A continuació, podem observar una imatge en la que apareixen tots els tipus de canals, on es detalla a la família a la que pertany, el nom comú que tenen, l'estructura i l'amplada en mil·límetre.[20]

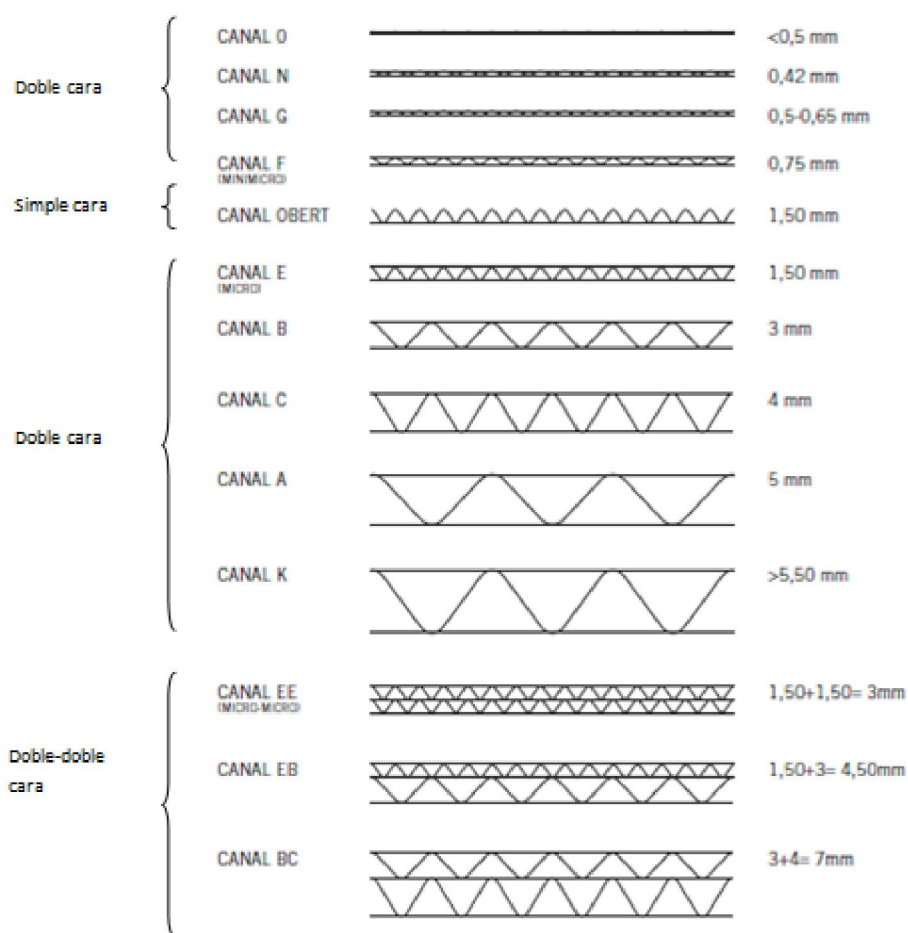


Figura 18: Tipus de canals

El procés de fabricació d'aquests canals consisteix en primer pas a col·locar les bobines a la màquina corrugadora. Per això, es desenrotlla el cartró i sota aquest es col·loca el segon rollo de cartró que serà utilitzat per formar el corrugat interior, en passar pels rodets que li donen l'ondulació característica. Posteriorment s'engoma i s'enganxa al primer rollo de cartró que està formant la cara. En el cas de necessitar-ne un doble corrugat, es continua a una segona etapa que engoma el corrugat pel costat lliure i s'encola a la segona cara

Posteriorment, el cartró passa per una secció de calor que assegura la unió correcta, per després ser transportat una secció de refredament.

Un cop refredat, el cartró corrugat és transportat a la secció de tall on depenent dels requeriments el cartró es talla en làmines de diferents mides.

Un cop acabades, les làmines de cartró són primerament impreses amb el disseny gràfic característic que tindrà la capsa per posteriorment ser tallades i marcades a la màquina “troqueladora” per formar diferents parts de la capsa

En el diagrama es pot observar aquest procés

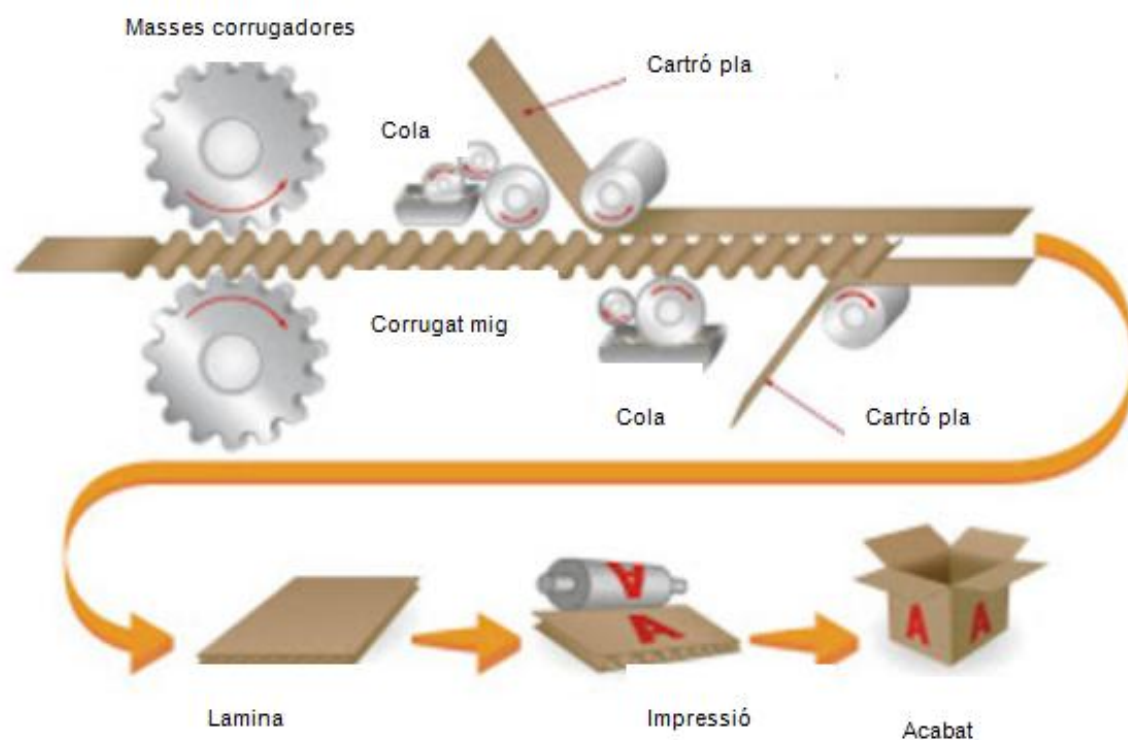


Figura 19: Procés de fabricació dels canals[41]

4.5.2.5. Paper i cartró en la indústria alimentària

El cartró durant aquest temps ha tingut uns èxits en l'història d'utilització en la indústria alimentària amb un ús molt divers entre els diferents productes alimentaris. Tot i que existeix una àmplia gamma d'aplicacions del cartró, en aquest projecte ens centrarem en el cartró com a embalatge del producte alimentari per al transport i emmagatzematge.

Cal mencionar que en la indústria alimentària a part del cartró, un dels materials més utilitzats a l'envasat en contacte amb els aliments és el plàstic, estimant-ne l'ús d'aquest en un 60% del

total de materials utilitzats per la indústria alimentària. Usualment el plàstic és el material que està en contacte directe amb l'aliment protegint-lo o simplement agrupant-lo, però és el cartró el que adopta la funció de capsa logística útil per l'emmagatzematge i pel transport degut a la seva rigidesa.

Els papers i cartrons no laminats i sense tractaments, no estan adequats per envasar productes líquids o productes frescos. En aquestes condicions el plàstic és el principal material utilitzat. Tanmateix, comunament s'utilitza paper o cartró laminat que en la majoria de casos està combinat amb una capa intermèdia de plàstic capaç d'adoptar la propietat impermeable als líquids.[18]

Generalment, les multicapes que contenen paper o cartró es poden desglossar en tres categories.

- **Multicapa:** on el cartró està en contacte directe amb l'aliment
- **Multicapa + plàstic:** on hi ha una pel·lícula de plàstic entre el cartró i l'aliment.
- **Multicapa + alumini:** on hi ha una capa d'alumini entre el cartró i l'aliment.

4.6. I+D: utilització de materials biodegradables en la indústria alimentària

En els últims 50 anys, l'ús de materials polimèrics ha anat en augment però amb el principal desavantatge que no són biodegradables i afectant negativament al medi ambient sent responsables d'una gran part dels residus contaminants que s'acumulen a la natura.

Degut l'assentat en tot el món occidental consum de productes utilitzats en la cultura de "usar i tirar" en les com el seu propi nom indica, els materials en aquests productes són utilitzats un sol cop i es llencen a deixalleries, la producció de residus de tot tipus ha seguit una línia ascendent

La inquietud d'aquest estudi neix de la demanda, sobretot en els últims anys, de l'aplicació de

productes biodegradables per resoldre problemes en el medi ambient, eliminant els residus.

Per començar a parlar sobre la utilització de materials biodegradables, primerament s'ha de saber que vol dir biodegradable i quins altres tipus de classificacions hi ha pels materials.

4.6.1. Classificació de materials

- **Biodegradable:**

Biodegradable implica que pot descompondre's en elements químics naturals per l'acció d'agents biològics, com el sòl, l'aigua, els bacteris, les plantes o els animals.

Quan un plàstic es biodegradable implica que aquest pot descompondre's en condicions que es donen en la naturalesa mitjançant l'acció d'enzims de microorganismes com bacteris, fongs, algues, transformant-se en nutrients, diòxid de carboni, aigua i biomassa. Usualment, les bosses de plàstic formades per polietilè no desenvolupen aquest procés, però si alguns bioplàstics fabricats a partir de recursos naturals renovables, com el midó de la patata o d'alguns polièsters sintètics. Els materials biodegradables poden tenir un percentatge de matèries renovables i un altre de derivats del petroli.

Com especifica AENOR, si una bossa assegura ser biodegradable ha de complir la norma UNE-EN 13432, que defineix la biodegradabilitat final com: *“Descomposició d'un compost químic orgànic per microorganismes en presència d'oxigen per donar diòxid de carboni, aigua, sals minerals en qualsevol element present (mineralització) i nova biomassa; o bé en absència d'oxigen per donar diòxid de carboni, metà, sals minerals i nova biomassa”*.

Tot i així, el terme biodegradable no pot aplicar-se rígidament perquè gairebé tots els materials són biodegradables amb el temps necessari. La ràpida biodegradabilitat dels residus urbans orgànics és utilitzada pel seu tractament a final de vida, tan en deixalleries com en centres de compostatge. Els mecanismes de degradació per a cada un és diferent.

- **Anaeròbica:** es produeix en absència d'oxigen i es generen com a productes secundaris, fibres de cel·lulosa i metà. El metà és 25 vegades més perjudicial per a la capa d'ozó que el diòxid de carboni, però amb unes instal·lacions

preparades, aquest hidrocarbur pot ser recollit per a generar energia.

- **Aeròbica/compostatge:** es produeix en presència d'oxigen i es genera diòxid de carboni i compost. A mesura que els residus es degraden s'eleva la temperatura, facilitant la descomposició accelerada i desinfecció.

- **Compostable:**

Que un plàstic sigui biodegradable no implica necessàriament que resulti compostable, és a dir, que serveixi pel compost (adob orgànic). La clau està en què s'escurcen els temps: perquè pugui considerar-se compostable, un material ha de biodegradar-se a la vegada que la resta de matèria orgànica que arriba a una planta de compostatge.

Si un procés és compostable, significa que el material es degrada biològicament produint diòxid de carboni, aigua, compostos inorgànics i biomassa a la mateixa velocitat que la matèria orgànica s'està descomponent, sense deixar residus tòxics visibles o distingibles.

A Espanya es confon sovint ambdós termes i tot i que existeix algun segell específic com a distintiu de garantia de qualitat ambiental de Catalunya als productes de materials compostable els principals certificadors de compostabilitat estan a Bèlgica i Alemanya.

Per exemple, un arbre és biodegradable però en el sentit estricte de la norma no és compostable. La biodegradabilitat es refereix a un procés químic habitual en la naturalesa, en canvi, la compostabilitat constitueix un paràmetre humà. Compostable suposa que ha de desintegrar-se en un determinat termini de dies sota les condicions d'una planta de compostatge (a temperatures de 55 a 60 °C). Philippe Dewolfs, responsable del Departament de Certificació de Vinçotte, adverteix que el PLA és un bioplàstic que pot ser compostable en una instal·lació industrial, però si es deixa al camp, en 20 anys seguirà estant al sòl.

- **Degradable:**

El concepte degradable implica que el material es descompon per mitjà d'un determinat agent.

Tot i la seva similitud amb el tecnicisme biodegradable, tenen un procés diferent i els plàstics degradables no compleixen amb els requisits de la norma UNE-EN 13432. Les bosses de plàstic

amb uns additius que acceleren la seva desintegració física. Com s'explica des d'AENOR, això implica que el plàstic es fragmenta en partícules diminutes, que no es veuen però que en una primera fase no poden ser assimilades per les plantes. Aquesta degradació pot ser induïda per la llum ultraviolada (fotodegradable) o per l'oxidació (oxo-degradable)

- **Foto-degradable:** materials que es degraden per l'acció de rajos ultraviolats de la radiació solar de manera que perden resistència i es fragmenten en partícules diminutes. Tots els plàstics d'ús comercial en envasat són fotodegradables en major o menor mesura. Aquest procés es fonamenta en que l'energia de la llum ultraviolada procedent del sol és major que l'energia d'unió d'enllaços covalents carboni amb carboni i carboni amb hidrogen i per tan es trenquen les cadenes moleculars reduint el pes molecular i les propietats.
- **Oxo-degradable:** materials que desenvolupen la descomposició mitjançant un procés d'etapes múltiples utilitzant additius químics per iniciar la degradació. La primera etapa pot ser iniciada per la llum ultraviolada de la radiació solar, calor i/o tensió mecànica que inicien el procés de degradació per oxidació. D'aquesta manera es redueix el pes molecular del polímer degut a la ruptura de les cadenes moleculars romanent amb un pes molecular suficientment baix que seria susceptible de desenvolupar un procés de biodegradació amb el temps
- **Reciclable**

El concepte reciclable implica un procés sobre el material per a que pugui tornar a utilitzar-se. El reciclatge implica donar una nova vida al material, el que ajuda a reduir el consum de recursos i la degradació del planeta.

Les bosses de plàstic de polietilè convencionals, fabricació la qual emetre molt CO₂ i que triguen prop de 100 anys en descompondre's en la naturalesa. Aquestes bosses poden ser reciclades, actualment a Espanya hi ha plantes on es transforma aquest granulat plàstic en que serveix per fabricar altres productes. Per a que aquest procés tingui lloc, les bosses han de ser dipositades en el contenidor de deixalles groc per a envasos.

- **Hidrosoluble**

Un plàstic és hidrosoluble quan té la capacitat de dissoldre's en l'aigua sense causar toxicitat. La majoria dels plàstics no ho són. Un exemple de plàstics hidrosolubles són les barreges de PVA/PVOH (poli(alcohol vinílic)).[23]

4.6.2. Bioplàstics, una opció per un futur més sostenible

No es pot negar que cada cop en major mesura, la societat està augmentant la conscienciació sobre el medi ambient. Degut a aquesta preocupació dels consumidors, existeix una tendència mundial cap al desenvolupament de productes mediambientalment més sostenibles. La base de la innovació de la indústria del Packaging radica per una part en el desenvolupament de nous materials amb propietats millorades, més sostenibles i econòmicament viable i que alhora segueixin complint amb els requeriments bàsics i necessaris per realitzar la funció bàsica de l'embalatge; contenir, protegir, subministrar, comunicar i diferenciar. És precisament aquí on s'emmarquen els denominats bioplàstics.

Generalment, la gent associa bioplàstic a plàstic biodegradable tot i que això no és del tot cert. Tots els plàstics biodegradables es consideren bioplàstics però n'hi ha que no són biodegradables. S'ha de tenir en compte que el terme bioplàstic engloba un conjunt de materials plàstics que es diferencien dels convencionals (derivats del petroli), sigui pel seu origen total o parcial de fonts renovables, la seva biodegradabilitat o per ambdós aspectes alhora

4.6.2.1. Tipologia de bioplàstics

Els bioplàstics es poden dividir en 3 categories principals en funció del seu origen i la seva biodegradabilitat

- **Procedent de fonts no renovables:** derivats del petroli i són biodegradables, com per exemple, policaprolactona (PCL), poli (butilen succinat) (PBS), poli (butilen adipat tereftalat) (PBAT)
- **Procedents de fonts renovables total o parcialment i no són biodegradables:** com per exemple els coneguts com a biobasat polietilè (PE), poliamida (PA), polipropilè (PP) o

polietilè tereftalat (PET)

- **Procedents de fonts renovables i que són biodegradables:** com per exemple l'àcid polilàctic (PLA), polihidroxicanoats (PHA) o termoplàstics de midó (TPS)[23][25]

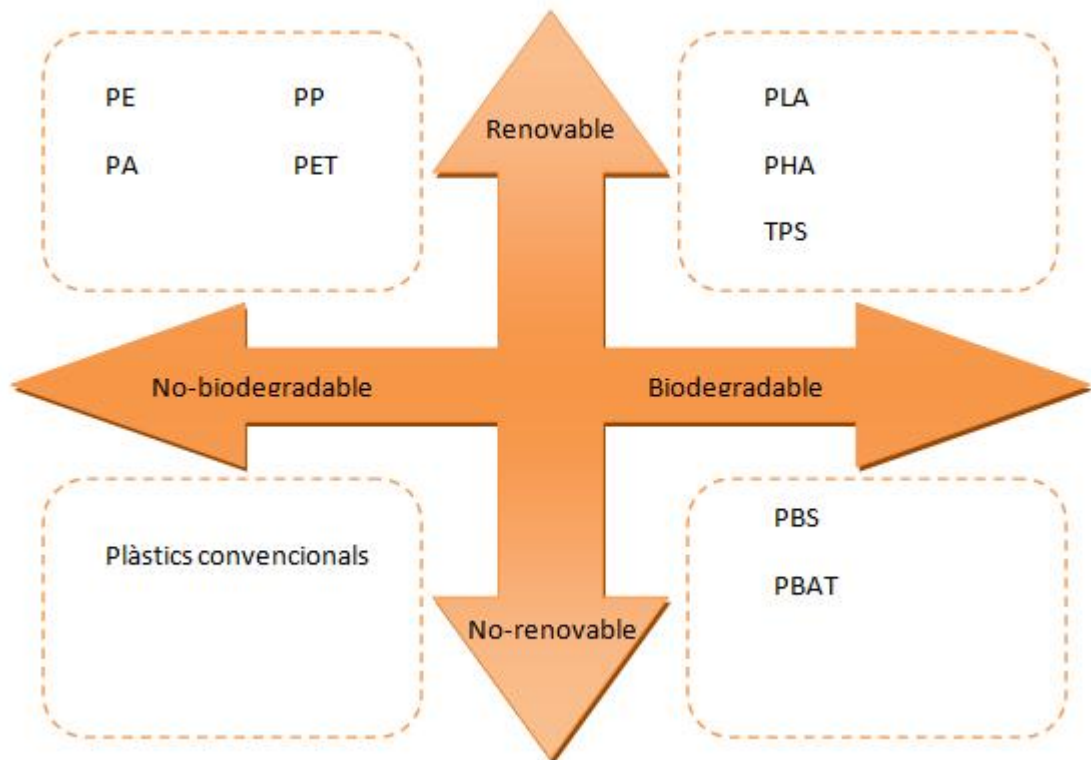


Figura 20: Classificació de plàstics

4.6.2.2. Biopackaging o ecopackaging

De les tendències identificades, l'augment de la consciència ambiental per part del consumidor, conjuntament amb la pressió de les noves lleis ambientals, ha obligat a la indústria a invertir en materials alternatius i sostenibles. L'aplicació que més interès ha despertat i en el que s'ha invertit més temps i recursos científics, tècnics i econòmics, en els últims anys ha sigut en l'envàs d'aliments.

Avui els envasos biodegradables o el denominat biopackaging són una realitat. Aquests materials procedeixen de fonts renovables, bé extrets de biomassa, com la cel·lulosa o el midó, o bé produïts per microorganismes com els polihidroxiacanoats (PHA). Els de major cota de mercat són aquells que provenen de monòmers naturals que s'han polimeritzat sintèticament com l'àcid làctic (PLA) o els midons termoplàstics (TPS)

Amb l'ús dels biopolímers pel desenvolupament de nous materials d'envàs s'aconsegueix una reducció de materials polimèrics procedents de fonts no renovables com el petroli. A més a més, s'assoleixen beneficis mediambientals i econòmics tan en la producció de matèries primeres, perquè molts d'aquests materials es podrien obtenir a partir de subproductes i en un futur, es pretén valoritzar-los de nou o reduir en el cost de final del cicle de vida dels nous materials.

Els biopolímers engloben tots aquells polímers que han sigut produïts a partir de fonts renovables, sigui d'origen vegetal o animal. En aquest grup podem trobar polímers obtinguts directament de la naturalesa, com la cel·lulosa, el midó i proteïnes com la gelatina i també polímers obtinguts a partir de microorganismes.

Els envasos tradicionals protegeixen el producte, són molt barats i aparentment duren indefinidament. Tot i així, la seva durabilitat és el principal problema pel medi ambient, buscant una solució a aquests problemes, apareix la necessitat de desenvolupar plàstics obtinguts a partir de fonts renovables, que es degradin quan hagi finalitzat la seva funció d'envàs. Sobretot en aplicacions de vida curta, com els productes frescos en alimentació.

Tot i que el sector dels materials bioplàstics segueix generant una gran inquietud, és un sector consolidat i dinàmic, el creixement de la seva capacitat de producció, segons dades de l'Associació Europea de Bioplàstics, presenta una tendència exponencial, amb una previsió per l'any 2013 de 1,46 tones i el preu del material cada cop més comparable amb els polímers convencional.[26]

A continuació, a manera de resum, en el següent esquema es sintetitza els processos d'obtenció dels bioplàstics

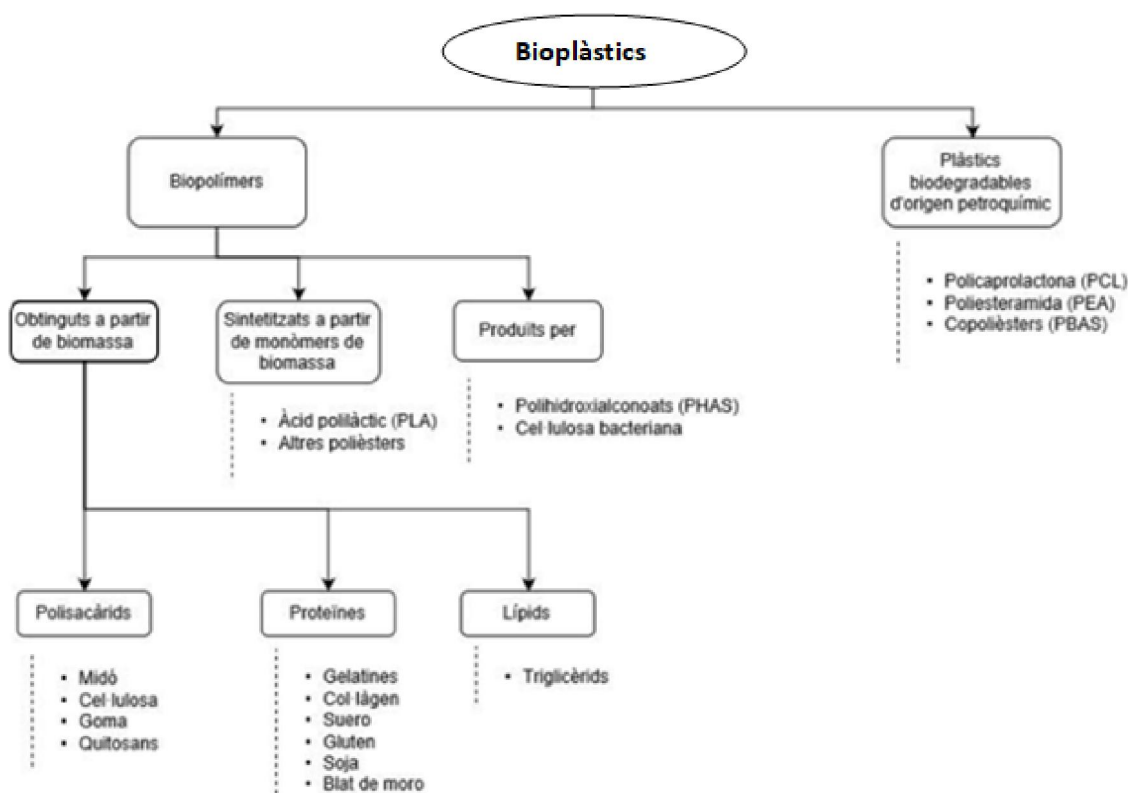
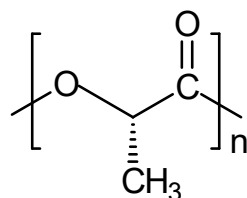


Figura 21: Síntesi de bioplàstics

4.6.2.2.1 Àcid polilàctic (PLA)

L'àcid polilàctic és un polímer obtingut a partir del midó del blat de moro mitjançant la fermentació de l'àcid làctic. Després de la fermentació l'àcid làctic es sotmet a un procés de polimerització per formar el poli (àcid làctic), bioplàstic més conegut com a PLA.



Poli(àcid L-làctic)

Figura 22: PLA

L'estructura molecular del PLA li aporta aquest material una sèrie d'avantatges molt

interessants. Per exemple, les seves propietats mecàniques s'assimilen a les del PET. És un material que pot imprimir-se sense tractament superficial. Presenta una termosoldabilitat a temperatures inferiors a les de les poliolefines i una alta transparència. És resistent als productes aquosos i als greixos, a més a més, el seu processament és similar al de les poliolefines (extrusió, injecció i termoformat)

Avui en dia, comença a ser més freqüent trobar en el mercat envasos com ampolles o bosses flexibles a partir del PLA

4.6.2.2 Midó termoplàstic (TPS)

El midó, en les últimes dècades, ha atret considerablement l'atenció com a material biodegradable per envasos degut a la seva abundància i baix cost.

El midó està compost per dos isòmers, amilosa (estructura lineal) i amilopectina (estructura altament ramificada), proporció la qual depèn de la font d'origen. Com a bioplàstic, el TPS pot ser processat utilitzant plastificants. El paper dels plastificants és destruir el midó granular, mitjançant la ruptura dels ponts d'hidrogen de les macromolècules del midó, acompanyat per una despolimerització de part del midó. La seva naturalesa hidrofílica fa que el TPS sigui susceptible als atacs de la humitat i provoqui canvis significants d'estabilitat dimensional i en les propietats mecàniques.

Actualment existeixen diferents varietats de TPS que combinen polièsters amb midons de diversos orígens, com el midó del blat de moro, de la patata o del pèsol i que presenten propietats diferents. Aquesta variació fa que el TPS destaquï per la seva versatilitat en les seves propietats, al poder ser modificat fàcilment amb additius superficials, a més a més de tenir bones propietats de soldabilitat i d'impressió sense tractament superficial.

4.6.2.3 Bioplàstics a partir de bacteris

Un altre de les famílies dels polímers biodegradables a les que se les preveu un bon futur són els polihidroxialcanoats (PHAs), obtinguts a partir de la fermentació bacteriana. Els bacteris poden créixer en cultius i el plàstic ser extret fàcilment. Una de les seves característiques és la seva versatilitat, perquè existeixen més de cent monòmers diferents que en funció de la variabilitat

de la posició dels seus grups funcionals i graus de polimerització varien les propietats finals del polímer sintetitzat. Aquests polímers són completament biodegradables, de caràcter termoplàstic, amb una alta cristal·linitat, elevada temperatura de fusió, bona resistència als dissolvents orgànics i molt bones propietats de resistència mecàniques, el que fa que siguin comparables en el seu comportament amb poliolefines com el propilè, amb l'avantatge que aquestes són d'origen renovable i biodegradables. Les seves propietats tèrmiques i mecàniques varien en funció de la seva composició, pel que són polímers molt versàtils.

En funció de la longitud de la cadena lateral, els PHA mostren una major cristal·linitat (PHA de cadena curta, anàlegs al polipropilè) o es comporten com elastòmers, més semblants al polietilè (PHA de cadena mitjana, mcl-PHA). A més a més, els PHA són hidrofòbics i mostren baixes permeabilitats a l'oxigen i al vapor d'aigua, el que fa que siguin materials potencials pel desenvolupament d'envasos biodegradables.[23][25][26]

4.6.3. Materials biodegradables pel sector alimentari

Centres d'investigació com l'Institut Tecnològic d'Embalatge, Transport i Logística (Itene) realitzen una important feina en investigació mitjançant projectes de I+D+i. Aquesta organització ha permès enfocar la investigació de nous materials més sostenibles per aplicacions en envasos alimentaris, cap al desenvolupament de materials biodegradables de manera que sigui possible en pocs anys l'ús d'aquests en aplicacions d'embalatge alimentari.

Un exemple del desenvolupament d'un bionanocompost basat en PLA i nanoargiles modificades superficialment. El nou material desenvolupat apareix per ocupar la inexistència de bioplàstics en el mercat amb unes propietats acceptables per l'envàs de líquid i begudes en ampolles degut a la seva baixa resistència tèrmica i l'elevada permeabilitat del material. Aquest material millora la resistència tèrmica i mecànica del PLA així com redueix la permeabilitat a gasos i conserva la capacitat de biodegradar-se, per això és una bona opció per a aplicacions com ampolles. Amb l'ús additiu desenvolupats en Itene s'ha aconseguit un augment de la càrrega màxima suportada per compressió en les ampolles fabricades, així com una millora en les propietats que ha permès fer-les més resistents a altes temperatures evitant la deformació i el col·lapse en aplicacions en calent. Aquestes ampolles van presentar una millora en les seves propietats barrera aproximadament d'un 40% de reducció de la transmissió al vapor d'aigua i una reducció

del 50% a la permeabilitat d'oxigen.

Un altre dels desenvolupaments a Itene es l'obtenció de barreges a la carta de diferents bioplàstics, amb la finalitat d'ajuntar les propietats i reduir costos de materials. Bioplàstics comercials com el TPS presenten bones propietats pel processament però no assoleixen els requeriments necessaris per ser utilitzats com a materials d'envàs. Per intentar resoldre aquest inconvenient s'està investigant en envasos creats a partir de TPS, PLA i PHAs i nanofibres de cel·lulosa.[26][27][28]

5. MATERIALS I EQUIPS

5.1. Equipament industrial

Pels assajos pràctics s'ha utilitzat una màquina de compressió vertical per a poder realitzar el test conegut com a Box Compression Test (BCT). Malauradament, la maquinària la qual es disposa en el laboratori, és una màquina antiga i força rudimentària amb carències tecnològiques a l'hora d'enregistrar les dades.

Tot i les característiques de la maquinària de la que es disposa, per a la realització dels assajos, les prestacions de la qual disposa la màquina són suficients per a poder recollir totes les dades necessàries i realitzar el pertinent estudi amb la rigorositat que necessiten els resultats.

Per la realització dels tests, s'ha fixat una velocitat de compressió vertical de **10 mm/min**, sent aquesta una velocitat molt baixa la qual ens permet observar com es van produint lentament les deformacions en l'embalatge i ens dota del temps necessari per poder actuar al veure unes deformacions elàstiques (no permanents) i assegurar de que l'embalatge no arriba mai a unes deformacions plàstiques (permanents).

La màquina consisteix en dues planxes horitzontals i paral·leles una amb l'altra. La planxa superior es la planxa mòbil, mentre que la planxa de la part inferior es la que roman estàtica i la que està connectada a unes galgues extensomètriques que mesuren la pressió exercida per la planxa superior sobre el producte a estudiar i transformen aquest força en els kilograms suportats pel producte en qüestió.

Per a la realització de l'assaig, és col·loca el producte el qual es vol estudiar el seu valor de BCT entre les dues planxes, les planxes han d'estar el suficientment separades una de l'altra per a poder introduir el producte sense dificultats. Es sotmet a una velocitat de descens de 10 mm/min i lentament les dues planxes van apropant-se fins que la planxa superior entra en contacte amb el producte.

A mesura que la planxa superior va comprimint l'objecte d'estudi, en el display del quadre de

comandaments, va apareixent a temps real el valor suportat per l'objecte (en kilograms-força).

Aquesta màquina té la funcionalitat d'enregistrar el valor màxim suportat per l'objecte i d'anar mostrant els valors que suporta l'objecte en cada instant de temps.

En la següent imatge (figura 23) es pot observar l'aparell en qüestió i les parts la qual es compon.



Figura 23: Màquina de compressió vertical

En la imatge que es pot trobar a continuació (figura 24) es veu una ampliació del quadre de comandaments. Aquest aparell es compon d'una sèrie de botons que permeten dotar de diferents paràmetres i moviments a la premsa vertical.

Primer de tot en el quadre de comandaments podem distingir dues grans parts. La primera part és la que determina el moviment de la premsa. Aquesta es divideix en tres botons de "Parada", "Subir" i "Bajar" respectivament i que indiquen el moviment de la premsa. En aquesta mateixa zona, en la part dreta, es pot observar una rodeta la qual permet ajustar la velocitat del moviment de la premsa i en el display es pot veure aquest valor expressat en mil·límetres per

minut.

En la segona part del quadre de comandaments que es pot apreciar, es poden observar dos displays amb una sèrie de números. El display de la part inferior fa referència a l'indicador de posició de la placa fixa i tots els botons indiquen els diferents paràmetres de visualització de la posició. En el cas del nostre estudi aquesta informació no és rellevant i per tan és una funcionalitat que no s'utilitza. En la part superior es pot trobar un display on s'indiqui el BCT suportat per la càrrega. En aquest display tenim dos botons que permeten desplaçar-nos pels diferents valors que calcula la pròpia màquina. Els valors més rellevants són el valor del BCT en aquell instant de temps o el valor del BCT màxim que s'ha assolit durant l'experiment.



Figura 24: Comandaments de la maquinària

5.2. Materials d'anàlisi

Quant al programari utilitzat en la realització d'aquest estudi, bàsicament han utilitzats dos programes dels que es disposen al lloc de treball. Els dos programes utilitzats han sigut el dissenyador de paletitzats conegut com a Cape Pack i el programa conegut com a SAP (Sistemes, aplicacions i productes); companyia de software d'Europa líder en aplicacions de gestions empresarials en entorns de client/servidor.

Primerament, s'aprofundirà sobre l'ús i el funcionament del Cape Pack. Aquest programa és un software de disseny esquematitzat d'un paletitzat. Un paletitzat és l'esquematització de la distribució d'un producte en un palet. En l'àrea d'embalatge és molt important l'eficiència logística en el transport i per tant els paletitzats dels productes per a poder transportar el màxim volum de càrrega en les millors condicions. El programa Cape, a partir d'una sèrie de paràmetres, com les dimensions de l'embalatge, l'altura màxima permesa de la càrrega, el pes de la càrrega, etc. proposa una sèrie de distribucions dins del paletitzat.

En el cas d'aquest estudi, s'han utilitzat els paletitzats com a eina per a poder determinar la possible reducció de la qualitat dels embalatges. Posteriorment s'aprofundirà en quins són els aspectes a considerar d'un palet per la reducció de les qualitats.

Per altra banda, l'altre software utilitzat ha estat el SAP. Aquest programa és molt útil perquè és on es recull tota la informació dels contractes i dels preus de compres entre altres informacions. Essencialment, en aquest estudi, SAP s'ha utilitzat per conèixer els preus de compra dels embalatges actuals. Aquesta informació és important per conèixer l'estalvi econòmic que es tindria en la possible reducció de qualitat.

A més a més, també s'han utilitzat altres servidors interns de l'empresa per extreure diferent informació. Entre aquests servidors, s'ha utilitzat una web dedicada a les especificacions de qualitat. Aquestes especificacions són importants per conèixer les qualitats actuals dels embalatges. Una de les altres webs utilitzades és la web de plànols de la que disposem. En aquesta web podem trobar tots els plànols que s'utilitzen en l'empresa. En el nostre cas, s'utilitzarà per a buscar els plànols de les caixes i dels estoigs per a poder analitzar-los i entendre millor el seu comportament sotmès a compressió. Altrament, aquesta web és important per

extreure els fulls logístics de paletitzats de cada producte. En aquests documents s'especifiquen diferents informacions logístiques com el pes i les dimensions tant de l'envàs primari (UMB), l'embalatge secundari o del palet. A més a més, també s'esquematitza la disposició de les caixes dins el palet. En la següent imatge adjunta (figura 25) es pot observar un exemple de full logístic. En la part superior observem tota la informació de pes i dimensions i en la part inferior l'esquematització de l'embalatge dins el palet.

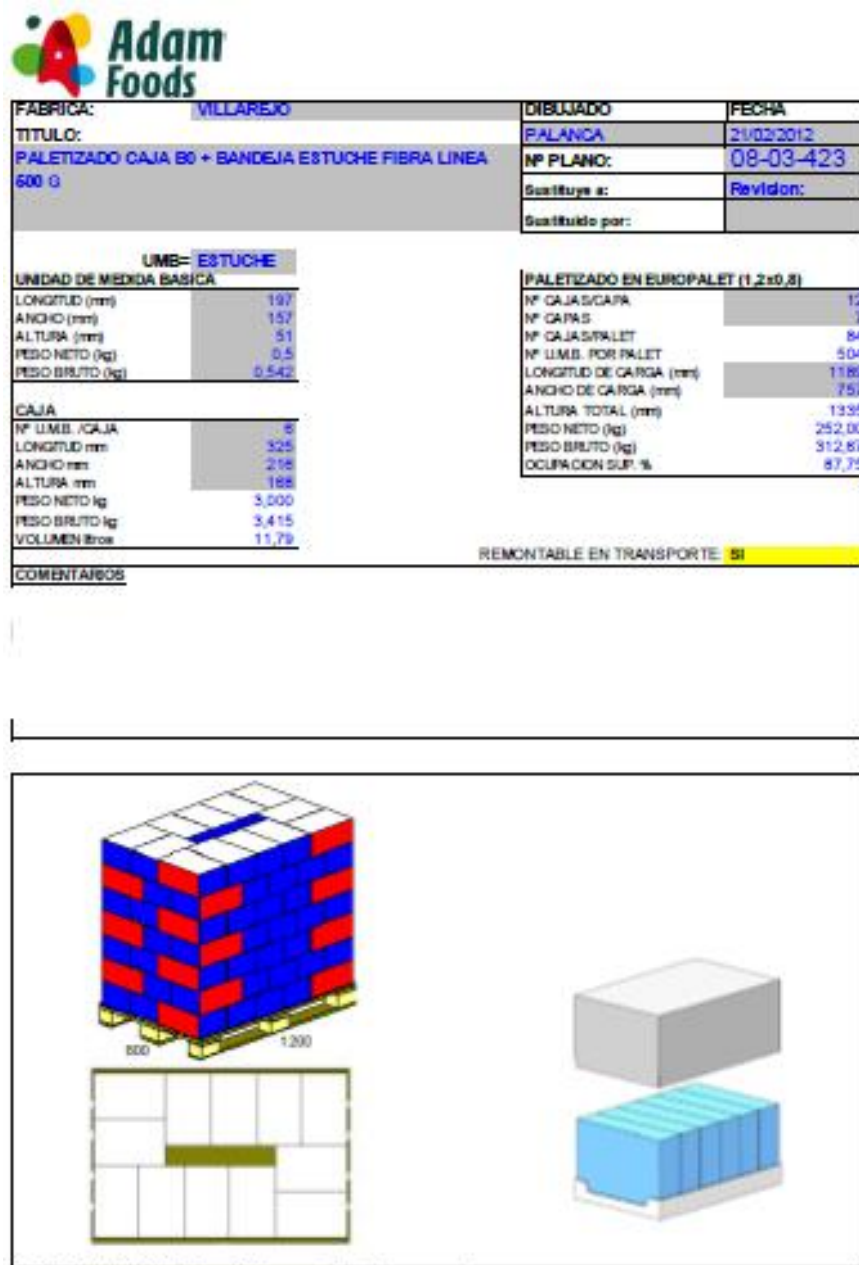


Figura 25: Full logístic

5.3. Registre de dades

Durant les proves experimentals s'anotaven una sèrie de dades i informació important per seguir amb l'estudi a Barcelona i poder extreure conclusions de les proves realitzades.

Per a les proves realitzades al laboratori es van dissenyar una sèrie de taules amb la finalitat de resumir la informació necessària i tenir molt clar quins són els aspectes a mesurar.

En la taula Excel que es comenta, es recollia els valors de BCT suportats per l'estoig i la quantitat d'estoigs que estaven implicats en aquest valor. Generalment sempre es quantificava el valor del BCT suportat per un sol estoig, repetint l'experiment 5 cops. Posteriorment es repetia l'experiment però augmentant el nombre d'estoigs implicats i la posició en què es col·locaven sota la premsa. A l'hora de recollir dades la informació del nombre d'estoigs implicats i la posició en la que es van col·locar durant l'experiment és molt important de cara a l'estudi.

6. RESULTATS

6.1. Problemàtica

Actualment, el sector alimentari de les galetes és una indústria amb un gran potencial i que per tant utilitza una gran quantitat de recursos, tant de matèries primeres com de materials a l'hora d'envasar els productes.

Ens trobem en una empresa de gran renom a nivell nacional i amb un percentatge important de vendes a nivell internacional, per tant, es pot imaginar que la quantitat en kilograms de galetes que es produeixen durant l'any és una quantitat important i elevada. En la societat en la que vivim, és important tant el producte com l'embalatge i l'aspecte que aquest té i és per això que en indústries alimentàries, una gran part del pressupost d'aquestes es dedica essencialment al món del Packaging. Tots els productes van envasats, amb una bobina de plàstic, un estoig, un pot de plàstic o de vidre, aquests mateixos van dins d'una capsa que a la seva vegada va dins un altra capsa pel transport. Per tant, es pot imaginar que la quantitat de diners invertits en cartró en aquestes indústries, assoleix xifres molt elevades i que un petit estalvi en aquests embalatges té una gran repercussió a nivell intern en l'empresa.

Fent èmfasi en la gran quantitat de cartró que es consumeix en aquestes empreses, neix la necessitat i la problemàtica d'intentar estalviar en la compra d'aquests embalatges. Lògicament, s'hauran de seguir comprant embalatges per als nostres productes, i commés embalatges es necessitin voldrà reflectir que cada cop es ven més producte.

Tenint en compte que una possible solució per a generar menys costos en embalatges no és deixar de comprar-ne, perquè directament tindria una repercussió negativa en quant a les vendes, neix la proposta d'estudiar i reduir les qualitats d'aquests embalatges per a poder tenir un estalvi d'aquests.

És aquí on neix la proposta de l'estudi de l'optimització de les qualitats dels embalatges secundaris utilitzats en la indústria alimentària. Actualment, pel càlcul de la resistència que ha

de suportar una capsa, s'utilitza el valor que s'obté del càlcul teòric del BCT (*Box Compression Test*), com bé s'ha explicat en els apartats de teoria, aquest valor teòric quantifica la resistència que ha de tenir un embalatge per a no patir deformacions durant el transport i poder transportar correctament i sense malmetre el producte. Com es pot preveure, a més valor de BCT, el preu unitari de la capsa és més elevat, per tant, l'objectiu d'aquest estudi és intentar reduir aquest valor del BCT conservant les característiques i les capacitats de l'embalatge de protegir el producte.

El punt on es fonamenta aquest estudi, és que, en el càlcul teòric del BCT, la fórmula utilitzada no considera molt factors importants que poden afectar a la resistència de l'embalatge. Aquests factors dels quals es parlen són alguns com: el mosaic de la capsa dins del paletitzat i sobretot, no és contempla que l'embalatge primari exerceix una força de resistència a la compressió i que per tant la resistència a la compressió l'exerceixen tant l'embalatge primari com el secundari.

Per tant, els resultats que es volen quantificar en aquest projecte, és mitjançant experiments empírics, determinar la resistència a la compressió aportada per l'embalatge primari dins l'embalatge logístic per tal de poder reduir la qualitat dels embalatges sense tenir risc de deformacions greus i d'aquesta manera tenir una repercussió econòmica positiva en les despeses de cartró

6.2. Abast de l'estudi

6.2.1. Abast industrial

L'empresa en la qual es realitza aquest projecte, com bé s'ha comentat en l'apartat de teoria 4.1, és una empresa que engloba un total de 6 fàbriques. Cada fàbrica està destinada a una sèrie de productes i en totes elles el material majoritari utilitzat pels embalatges és el cartró. Tot i que el material més utilitzat és el cartró, cada fàbrica està especialitzada en un producte i en algunes fàbriques com la de Villarejo de Salvanés i la d'Orozko, on només es fabriquen galetes, el cartró és un material molt més utilitzat que en altres fàbriques com poden ser la de Manlleu, que fabrica patés La Piara i que els seus embalatges també són d'alumini i vidre, o la fàbrica de Riudarenes, destinada principalment a l'envasat de mel i la producció de pastisseria i que utilitzen

majoritàriament embalatges de plàstic. Tanmateix, la fàbrica de Villarejo de Salvanes, en ser la més gran i la que té un volum de producció més elevat, és la fàbrica on es consumeix més cartró i per tant en la que la repercussió econòmica en la reducció de qualitats del cartró seria la més substancial.

Al ser el primer cop que es planteja aquest estudi i degut a la incertesa de bons resultats, ja que es vol optimitzar i ajustar les qualitats dels embalatges per primer cop en la indústria d'aquesta empresa, l'estudi s'ha enfocat únicament a la fàbrica de Villarejo de Salvanes perquè com s'ha comentat és la fàbrica que té un volum de producció més elevat i també el que utilitza més cartró.

6.2.2. Abast tècnic

Durant la fase d'estudi teòric, es va plantejar la possibilitat de reduir la qualitat dels embalatges secundaris, però, per a poder reduir aquesta qualitat, s'havia de mirar com afectaven i quins tipus d'embalatges primaris ens podíem trobar. Els tipus d'embalatges primaris que es poden trobar en aquesta fàbrica són tres:

- **Estoig**

És el format més comú que es pot trobar. En aquests casos, l'embalatge primari és un estoig. Un estoig es pot assimilar a una capsa però d'una qualitat inferior, amb un gruix de cartró inferior a una capsa i per tant una resistència menor. Tot i aquesta resistència menor, l'estoig aporta una estabilitat i rigidesa a la capsa que permet reduir la qualitat d'aquesta.

Es pot assegurar que el cas ideal per a la reducció de la qualitat de l'embalatge secundari és tenir un estoig com a envàs primari.



Figura 26: Embalatge primari: estoig

- **Pot de plàstic**

És un dels formats menys comuns que podem trobar. Consisteix en tenir un pot de plàstic amb el producte en el seu interior. Amb el procés experimental, es va poder observar que aquests pots, actualment, no estan dissenyats per aguantar una força de compressió i que de seguida patien deformacions elàstiques arribant en alguns casos a la ruptura dels pots. En la següent imatge (figura 27) s'observen el resultat final d'un pot en sotmetre'l a un test de BCT. El resultat no és òptim i que per tant, els embalatges que continguin pots de plàstic es descarten per a aquest estudi.



Figura 27: Resultat final test BCT en pots de plàstic

- **Plàstic flexible**

Un dels formats majoritaris que també es pot trobar és la utilització de plàstic flexible utilitzat com a embalatge primari. Quan es parla de plàstic flexible, es refereix a la utilització de material polimèric que s'usa com a agrupació del producte.

En aquests casos, la utilització de la resistència en l'envàs primari per a la posterior reducció de qualitat en l'envàs secundari, té un punt molt crític, perquè en aquest cas, l'element que suporta la resistència a la compressió no és el material d'embalatge, sinó que és el producte (galeta) directament. La bobina de plàstic és un element d'un gruix d'unes 30 micres i per tan no aporta cap tipus de resistència. En aquest cas, hi ha un elevat risc de ruptura de galeta i per tant de disconformitats per part dels clients. Tot i així es van realitzar alguns tests per verificar aquesta hipòtesis, donant el resultat esperat, que en aquests casos la ruptura de la galeta és molt elevada i

per tant, no es pot aplicar aquest estudi ni la reducció de la qualitat dels embalatges en els formats que l'envàs primari és un plàstic flexible.

A continuació s'observen algunes imatges del comentat.



Figura 28: Embalatge primari de plàstic flexible

Un cop vist, els tres possibles escenaris de treball, finalment es va decantar per aprofundir amb l'estudi amb els formats que l'envàs primari fos un estoig perquè els altres dos escenaris no tenien possibilitat d'èxit.

6.3. Metodologia

6.3.1. Preparació de proves

La metodologia experimental seguida per aquest estudi es divideix en dues parts. La primera part consisteix en la preparació de les proves experimentals que es realitzarien al laboratori d'Investigació i Desenvolupament de la fàbrica de Villarejo de Savanés.

La primera fase consisteix a conèixer i classificar tots els formats que es troben a la fàbrica de Villarejo, aproximadament en aquesta fabrica es fabriquen més de 200 productes diferents i es va haver de fer una primera classificació. Es van dividir els productes caracteritzant-los en quin era el seu embalatge primari. Com bé s'ha comentat en l'abast de l'estudi, la reducció de les qualitats és només aplicable a aquells embalatges que tenen com a envàs primari un estoig. Un cop dividits, es van descartar aquells productes que l'envàs primari no era un estoig, ja que aquests no serien aptes.

Un cop realitzada la primera tria, es va fer una segona tria amb la intenció d'agrupar els diferents productes en subfamílies. Primerament es van dividir en una subfamília de quina línia de producció es fabricaven aquells productes per a poder diferenciar-los un dels altres i conèixer les característiques i les limitacions de cada línia de fabricació. La fàbrica de Villarejo consta de 25 línies de fabricació diferents, dada que ens permet imaginar les dimensions de dita fabrica.

La subdivisió en línies de fabricació és molt important, ja que permet agrupar molts productes sobre un mateix format. Cal mencionar que les línies de fabricació d'aquesta fàbrica en concret, són línies amb molts anys i que no permeten una gran flexibilitat en el procés, és per això que en una mateixa línia s'envasen molts productes diferents, però s'envasen en un mateix estoig i en una mateixa capsa logística. Aquest fet és transcendental, ja que es pot reduir l'estudi considerablement perquè un mateix estoig i una mateixa capsa s'utilitzen en productes diferents, però les característiques d'aquests embalatges són les mateixes i per tant es pot compartir la informació.

Un exemple per a entendre la transcendentalitat d'aquest fet és; nosaltres podem tenir 4 o més tipus de galetes que es fabriquen en una línia, però al fabricar-se en la mateixa línia i al ser el final d'aquesta un procés tan rígid, aquestes 4 tipus de galetes s'envasaran en un mateix estoig, amb una impressió diferent però l'estructura de l'estoig idèntica, i en una mateixa capsa. D'aquesta manera, es pot agrupar l'estudi per a aquestes 4 tipus de galetes i utilitzar-lo per les 4, ja que l'estructura dels envasos és la mateixa.

A continuació es pot veure una taula on s'escenifica el comentat. Es pot apreciar els diferents productes que es fabriquen en una mateixa línia de producció i quin tipus d'estoig i capsa utilitzen

En aquest cas només es té 2 tipus d'estoig, l'estoig de 570 grams i l'estoig de 860 grams. S'observa 4 tipus de caixes diferents perquè el final de la línia de producció, l'envasat, és manual. Amb el codi de colors, s'esquematitza que comparteix cada codi de producte acabat

Codi de Producte Acabat	Descripció	Tipus d'estoig	Tipus de capsa
41360	TOSTA RICA 570GR- INTERNACIONAL -8	Estoig 570 grams	Capsa B1 8 unitats
48397	TOSTA RICA 570GR- - D- RTS -G- -8	Estoig 570 grams	Capsa RTS 8 unitats
48653	TOSTA RICA FIBRA 570GR- -G- RTS -8	Estoig 570 grams	Capsa RTS 8 unitats
48399	TOSTA RICA 570GR- RTS -G- -12	Estoig 570 grams	Capsa RTS 12 unitats
48648	TOSTA RICA 860GR- - G- -9	Estoig 860 grams	Capsa B1 9 unitats
48651	TOSTA RICA FIBRA 860GR- -G- -9	Estoig 860 grams	Capsa B1 9 unitats

Taula 3: Classificació dels productes d'una línia de producció

Un cop coneguts i classificats els diferents formats, és l'hora d'analitzar amb més profunditat els embalatges. És necessària diferent tipus d'informació teòrica per a la realització de l'estudi.

En primer lloc, per a saber quant es pot reduir les qualitats dels embalatges, cal conèixer la qualitat actual que tenen aquests. Cada embalatge té un BCT (en Newtons) associat mínim que ha de suportar. Així que cal realitzar una feina de recerca per conèixer quins és el BCT assignat a

cada una de les caixes que forma part de l'estudi. Aquesta informació es pot obtenir tant de les especificacions de qualitat de cada embalatge o en el plànol d'aquesta capsas.

Un cop conegut el BCT, cal passar a la següent etapa, conèixer quin tipus d'embalatge tenim, quants estoigs hi ha per embalatge, la col·locació dels estoigs dins de l'embalatge i quina és l'estructura d'aquest dins del paletitzat.

Aquesta etapa consisteix a recopilar la diferent informació logística de cada un dels formats que tindrem. Cada un dels 4 aspectes a considerar té un gran pes en l'estudi perquè són els que determinaran i quantificaran la reducció de la qualitat dels embalatges.

El tipus d'embalatge els dividirem en els 3 grans grups que es van explicar en l'apartat 4.3.1 de teoria. És d'esperar que la resistència que pot aportar un embalatge depèn de la seva estructura. Per exemple una capsas B1 aporta molta més resistència, ja que està formada per un sol cos i la distribució de les solapes ajuden a la compressió. Els altres dos grups de caixes, B0+tapa U i B0+safata 4p no aporten tanta resistència ni estabilitat a causa de la seva forma.

El número d'estoig per embalatge és important conèixer-lo per a poder determinar la resistència aportada per aquests. Si un estoig aguanta una compressió determinada, en funció del nombre d'estoig, com més estoigs millor, doncs es suportarà més força de compressió. Aquest aspecte s'aprofundirà més endavant durant les explicacions de cada embalatge.

La col·locació dels estoigs dins l'embalatge secundari és una característica important per a determinar la resistència, perquè depenent de com estiguin col·locats, podran suportar una major o menor força de compressió.

Tota aquesta informació va ser recopilada en diferents taules Excel. A continuació es pot veure un exemple de com s'ha agrupat la informació (figura 29).


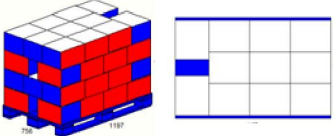
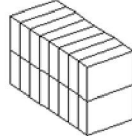
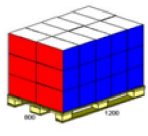
Línia 8						
PA	Descripción	Tipo de caja	UMB / caja	BCT caja actual (kg)	Diagrama caja actual	Paletizado
30768	C NAPOLITANAS 500GR- -10	B1	10	170	 Solapas en vertical	
42206	NAPOLITANAS 500GR- INTERNACIONAL - 10					
48768	C RICANELA 400-100GR--T- -10					
42104	Napolitanas 500GR*16	B0 + U	16	195		
48767	Ricanela 400-100GR*16					

Figura 29: Informació teòrica per l'estudi

Un cop recollida tota la informació, el següent pas són les proves al laboratori per poder quantificar experimentalment la resistència aportada per l'envàs primari i el seu comportament sotmès a compressió.

6.3.2. Procés experimental

A continuació, s'especificaran les proves realitzades mitjançant una descripció de la metodologia seguida al laboratori de qualitat ubicat a la fàbrica de Villarejo de Salvanes (Madrid).

Amb l'objectiu de reduir la possibilitat de la variabilitat en les proves i assegurar la repetibilitat d'aquestes, s'ha definit un mètode experimental per a la realització de l'estudi amb els diferents formats involucrats.

Aquest mètode s'ha definit tenint en compte tots els requisits a estudiar i els diferents escenaris possibles que poguessin aparèixer.

1. El primer aspecte a tenir en compte és conèixer la posició de l'envàs primari dintre de l'embalatge i la col·locació en el paletitzat de l'embalatge. Aquest aspecte és important a l'hora de realitzar l'estudi per a poder definir la posició de l'envàs i realitzar les pertinents proves.

2. Un cop coneguda la posició que té l'envàs primari, en el cas d'aquest estudi l'envàs primari serà sempre un estoig, es realitzarà la prova de compressió vertical amb aquest. És col·loca l'estoig en la mateixa posició en la que es troba en l'embalatge i es realitza la prova de compressió vertical. Aquest test es realitza sempre a la mateixa velocitat de compressió de 10 mm/min.

Durant l'assaig de compressió, s'observaran les deformacions que pateix l'estoig. En quant s'observin deformacions permanents en l'estoig, s'aturarà la compressió i s'annotarà en una taula Excel la força en kilograms-força suportada per l'estoig durant l'assaig.

Es realitzarà aquest test un mínim de 5 cops per a tenir més resultats i poder veure si aquests resultats són significativament semblants i si hi ha algun cas aïllat i extrem i que s'hauria de descartar per ser un valor anòmal.



Figura 30: Imatge del test de compressió

3. Amb la intenció d'ampliar l'estudi i el recull de dades, es realitzaran diferents tests tenint en compte les possibles variabilitats en la posició, col·locació i interacció de tots els estoigs dins l'embalatge.

Per a conèixer la implicació que té tenir una quantitat major o menor d'estoigs dintre de l'embalatge i la importància de la seva col·locació dintre d'aquest, es realitzaran test considerant aquests factors.

Primerament es realitzaran test d'estoigs apilats un sobre l'altre per a veure la seva afectació. Aquests test res realitzarà només en el cas que l'estoig vagi apilat dins l'embalatge primari

Posteriorment també es realitzaran tests col·locant els estoigs de manera consecutiva, un darrere l'altre per a veure els resultats.

Aquests tests també es realitzaran a una velocitat de compressió de 10 mm/min i es repetiran un mínim de 5 cops per de la mateixa manera que anteriorment poder detectar els valors anòmals i obviar-los.



Figura 31: Realitzacions dels tests

6.4. Propostes i tractament de resultats

En aquest apartat es veuran amb més profunditat els diferents formats estudiat dividint-los en línies de producció.

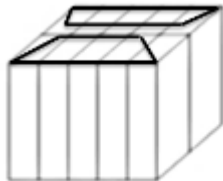
6.4.1. Línia 8: Napolitanas

En la línia 8 de fabricació de la fàbrica de Villarejo de Salvanes es fabriquen únicament les galetes conegudes com a Napolitanas . Aquesta línia es caracteritza per fabricar dos tipus de caixes diferents però sempre utilitzant el mateix estoig.

6.4.1.1. **Napolitanas 500 grams * 10 unitats**

El primer format amb què ens trobem és el de Napolitanas en estoig de 500 grams i en una caps de 10 unitats.

Es començarà analitzant el tipus d'embalatge que tenim, quantes unitats de venda hi ha per embalatge, quina col·locació tenen aquestes dins l'embalatge i del paletitzat i la qualitat actual de la caps. En la següent taula s'observa la informació esmentada.

PA	Descripción	Tipo de caja	UMB /caja	BCT caja actual (N)	Diagrama caja actual
30768	C NAPOLITANAS 500GR- -10	B1	10	1700	
42206	NAPOLITANAS 500GR- INTERNACIONAL -10				
48768	C RICANELA 400-100GR-- T- -10				

*Taula 4: Informació Napolitanas 500gr *10*

Un cop coneguda la informació logística d'aquest format, és el moment de realitzar les proves experimentals en la màquina de compressió vertical.

Seguint la metodologia esmentada anteriorment, realitzarem 5 test amb un sol estoig col·locat verticalment com es pot observar en la taula en l'apartat "diagrama caja actual". En les següents imatges es pot observar com es va efectuar aquest primer test.

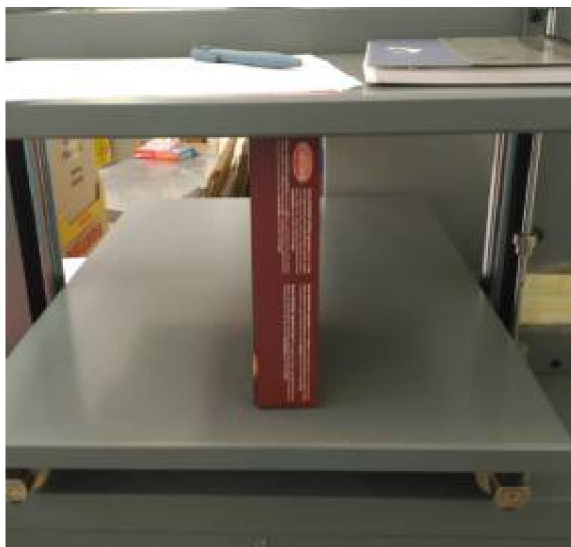


Figura 32: Realització del test

Després de repetir 5 cops el test de la figura 32, ens plantegem la hipòtesi de comprovar si el comportament dels estoigs treballant en agrupació és lineal, és a dir, si un estoig aguanta un pes determinat, una agrupació aguantarà aquest mateix pes multiplicat pel nombre d'estoigs involucrats. Per a comprovar la veracitat de la linealitat en el comportament a compressió, es realitzaran diferents experiments amb agrupacions de 2, 3 i 4 estoigs i posteriorment s'analitzaran els resultats.

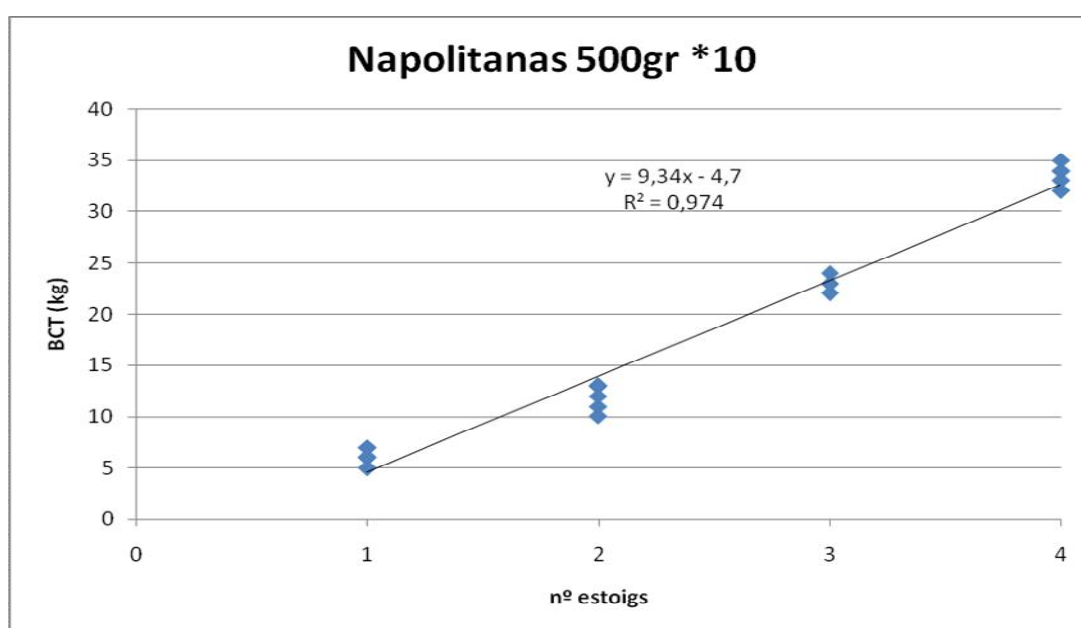


Figura 33: Test amb 3 i 4 estoigs.

Com es pot observar amb el "diagrama caixa actual" els estoigs a part d'estar col·locats un darrere l'altre (com s'exemplifica amb la figura 33) també estan col·locats un al costat de l'altre.

No s'han realitzat test del comportament dels estoigs col·locats un al costat de l'altre, perquè mitjançant els altres experiments, es va observar que la deformació es produïa en la part frontal i posterior de l'estoig. D'aquesta manera es va demostrar que la interacció dels estoigs lateralment no afecta la deformació d'aquest, però sí a la resistència a la compressió.

Un cop recollides totes les dades, comença el tractament de dades i l'anàlisi de resultats. Primerament es representaran aquestes dades en una gràfica per poder observar el comportament que tenen i si hi ha valors anòmals. Es grafica el BCT suportat en funció del nombre d'estoigs.



Gràfic 3: Representació gràfica dades Napolitanas 500gr *10

Com es pot observar, de la gràfica s'extreu l'equació lineal que relaciona el BCT suportat de l'agrupació en funció del nombre d'estoigs. Utilitzant aquesta equació i la informació de la taula 4 que ens determina el nombre d'estoigs que participen en l'embalatge, es pot obtenir el valor de resistència a la compressió suportada pels estoigs.

Aquesta equació s'utilitza per a poder quantificar la compressió suportada per tots els estoigs sense la necessitat de realitzar l'experiment amb tots ells.

$$BCT = 9,34 \cdot n^{\text{º}} \text{ estoigs} - 4,7 = 9,34 \cdot 10 - 4,7 = 88,7 \text{ kg}$$

*Equació 8: Napolitanas 500gr*10*

Un cop coneguda la resistència aportada pels estoigs cal comprovar una hipòtesi que determinarà els resultats. La hipòtesi de què es parla és la de comprovar si la resistència suportada per la capsa i els estoigs és una suma directa de la resistència suportada pels estoigs i la resistència teòrica actual. En la següent figura es pot veure una representació de la hipòtesi.



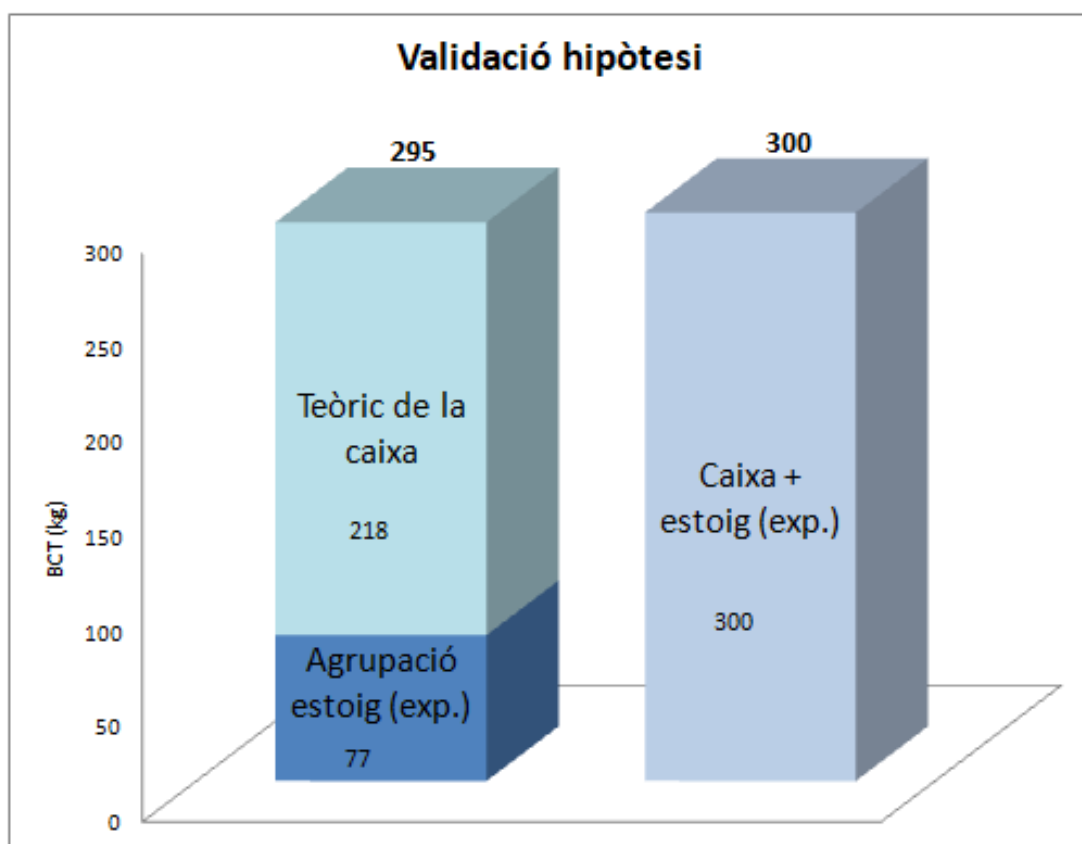
Figura 34: Validació d'hipòtesi

Per a la validació de la hipòtesi es van realitzar una sèrie d'experiments per a comprovar la veracitat de la suma directa entre aquests dos factors. Es van realitzar test de la resistència suportada per l'agrupació dels estoigs. Un cop conegut aquest valor, es va realitzar un nou test que consistia a sotmetre la capsa amb estoigs dins una compressió vertical per a comprovar la resistència suportada per l'agrupació de capsa i estoigs dins. En la següent imatge es pot observar el test realitzat.



Figura 35: Test per a validació d'hipòtesi

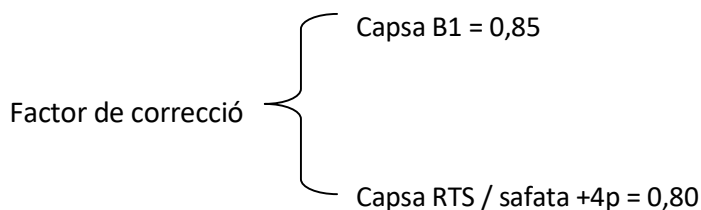
Els resultats van ser concloents i van validar la hipòtesi de suma directa. L'agrupació d'estoigs aportava una resistència a la compressió de 77 kg, mentre que el BCT teòric de la capsa en aquesta capsa era de 218 kg. Després de realitzar la compressió de la capsa amb estoigs dins, van suportar un pes aproximadament d'uns 300 kg. Amb aquests valors, es pot observar que la hipòtesi es certa perquè la suma de 77 i 218 kg (295kg) és aproximadament el valor de 300 kg obtingut experimentalment. Amb el següent gràfic s'esquematitza que el valor de la suma és similar i per tant la hipòtesi és certa.



Gràfic 4: Validació hipòtesi

Un cop validada la hipòtesi ja es pot determinar el nou valor de qualitat d'embalatge reduïda degut a la resistència aportada per l'embalatge primari. Tot i que s'ha comprovat que l'és una suma directa, amb la intenció d'assegurar que la nova qualitat d'embalatge proposta és suficientment resistent com per assegurar el correcte íntegrament del producte, s'ha definit un factor de protecció per a assegurar-ho. Aquest factor de correcció és un valor arbitrari i depèn

del tipus d'embalatge el qual s'estudii. Podrà tenir dos valors, o 0,85 o 0,80.



El factor de protecció es un paràmetre adimensional que pretén englobar altres condicions que poden afectar a la resistència de l'embalatge i que no s'han pogut quantificar durant les proves de compressió estàtica en el laboratori. Aquests paràmetres són alguns com la compressió dinàmica i altres factors ambientals com poden ser la humitat i la temperatura.

Un cop recollit tots els valors experimentals, validada la hipòtesi i coneixent el tipus d'embalatge ja es pot aplicar la següent fórmula per a determinar el BCT proposat de l'embalatge.

$$\text{BCT (Teòric)} \times \text{BCT agrupació estoig} = \text{BCT Proposat}$$

* Factor protecció

Equació 9: Fórmula per a càlcul de BCT proposat

Aquesta metodologia aplicada es valida per a tots els experiments dels diferents formats aplicats durant l'estudi, però va ser amb el primer cas on es van veure els possibles problemes i es van realitzar proves per a determinar la seva veracitat

A continuació, amb la següent taula es resumiran tots els resultats del format de Napolitanas 500gr*10 i el BCT proposat per a aquest embalatge.

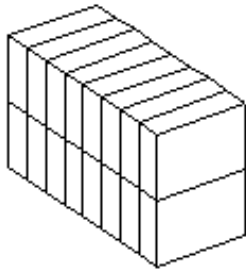
Producte	UMB/ capsa	Tipus capsa	Factor protecció	BCT capsa actual (N)	BCT agrupació (N)	BCT capsa proposat (N)
Napolitanas 500gr *10	10	B1	0,85	1700	750	950

Taula 5: Resultats Napolitanas 500gr*10

En la taula es resumeix quin es el producte en qüestió, la quantitat d'estoigs que van per capsa, quin tipus de capsa és i quin factor de correcció se li aplica, el BCT de la capsa actual, el BCT de l'agrupació determinat per l'equació i multiplicat pel corresponent factor de protecció i en vermell el valor proposat de BCT de la capsa.

6.4.1.2. Napolitanas 500 grams * 16 unitats

Aquest nou format comparteix el mateix estoig però la capsa és completament diferent a l'anterior. Tot i ser el mateix tipus d'estoig, les proves experimentals de compressió de l'estoig són completament diferents perquè l'estoig està posicionat de manera diferent dins la capsa logística. En la següent taula es pot observar la informació sobre aquest nou format.

PA	Descripción	Tipo de caja	UMB /caja	BCT caja actual (N)	Diagrama caja actual
42104	Napolitanas 500GR*16	B1	16	1950	
48767	Ricanela 400-100GR*16				

Taula 6: Napolitanas 500gr *16

Un cop coneguda la informació logística d'aquest format, és el moment de realitzar les proves experimentals en la màquina de compressió vertical.

Seguint la metodologia esmentada anteriorment, realitzarem 5 test amb un estoig sobre de l'altre com s'observa en la imatge de "Diagrama caixa actual". En la següent imatge (figura 36) es pot observar com es va efectuar aquest primer test.



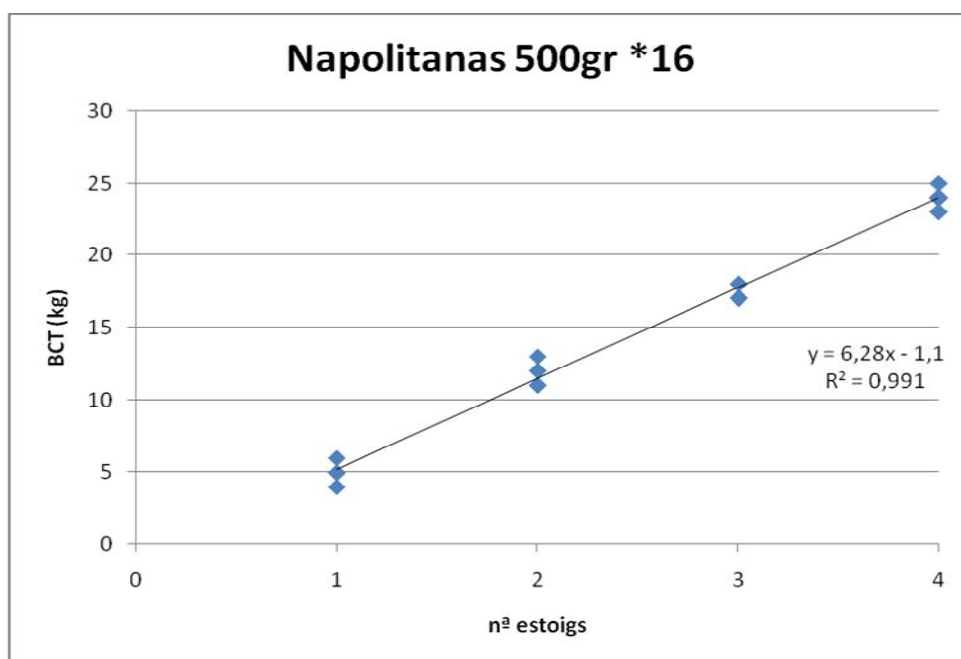
*Figura 36: Test Napolitanas 500gr *16*

Després de repetir 5 cops el test de la figura 37, es realitzen els següents tests per a comprovar el comportament dels estoigs treballant en agrupació. Aquest test serà comú en tots els experiments i en aquest cas consisteix en col·locar estoigs consecutivament tal com es pot observar en la imatge.



Figura 37: Test amb 2,3 i 4 estoigs consecutius

Novament, les dades recollides es representaran en una gràfica (gràfic 5) per observar possibles valors anòmals i poder extreure una equació que s'ajusti a les dades i així poder preveure la resistència a la compressió aportada per tots els estoigs involucrats.



Gràfic 5: Representació gràfica dades Napolitanas 500gr *16

$$BCT = 6,28 \cdot n^{\circ} \text{ estoigs} - 1,1 = 6,28 \cdot 8 - 1,1 = 49,14 \text{ kg}$$

Equació 10: Napolitanas 500gr*16

En el càlcul del BCT aportat per l'agrupació d'estoigs, com es pot observar en l'equació 10, el

nombre d'estoigs involucrats ha estat 8 i no 16 perquè la realització dels experiments s'ha efectuat amb un estoig un sobre l'altre i per tant en l'equació obtinguda ja es tenia en compte que els estoigs anaven apilats un sobre l'altre i d'aquesta manera es pot considerar que un estoig apilat sobre l'altre treballa com un sol estoig i per tant seria com tenir 8 estoigs en la capsa en comptes de 16.

A continuació, amb la següent taula (taula 7) es resumiran tots els resultats del format de Napolitanas 500gr*16 i el BCT proposat per a aquest embalatge.

Producte	UMB/capsa	Tipus capsa	Factor protecció	BCT capsa actual (N)	BCT agrupació (N)	BCT capsa proposat (kg)
Napolitanas 500gr *16	16	RTS	0,80	1900	390	1510

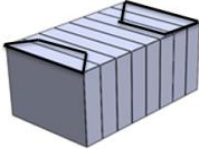
Taula 7: Resultats Napolitanas 500gr*16

6.4.2. Línia 17: Tosta Rica

En la línia 17 de fabricació de la fabrica de Villarejo de Salvanes es fabriquen únicament les galetes de Tosta Rica .Aquest producte és un dels que té una producció més elevada i en el que una hipotètica reducció de la qualitat tindria una repercussió més elevada.

6.4.2.1. Tosta Rica 570 grams * 8 unitats en B I

Aquest format està compost per un estoig de 570grams en una capsa americana tipus B1 amb un total de 8 unitats. En la taula (taula 8) resum es pot observar la composició.

PA	Descripción	Tipo de caja	UMB /caja	BCT caja actual (N)	Diagrama caja actual
41360	TOSTA RICA 570GR-INTERNACIONAL -8	B1	8	2100	 <p>Solapas en vertical</p>

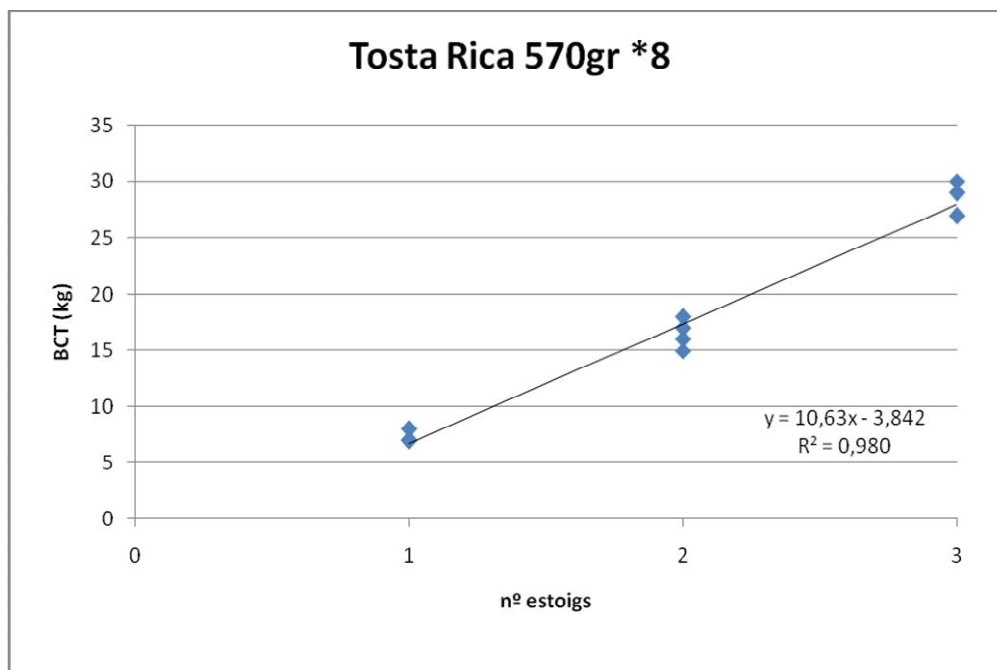
Taula 8: Tosta Rica 570gr *8 en B1

Seguint amb la metodologia esmentada anteriorment es realitzen diferents experiments de compressió per a graficar i extreure una equació matemàtica pel càlcul de la resistència total suportada pels estoigs. Malauradament en aquest cas, per falta de material no es va poder realitzar la prova de compressió vertical amb un número total de 4 estoigs.



Figura 38: Tests realitzats per Tosta Rica 570gr*8

Utilitzant les dades recollides, es pot dibuixar el BCT en funció del nombre d'estoigs obtenint el següent gràfic. (gràfic 6)



Gràfic 6: dades Tosta Rica 570gr *8 en B1

Obtenint l'equació de la recta es pot determinar el BCT aportat per l'agrupació d'estoigs.

$$BCT = 10,63 \cdot n^{\circ} \text{ estoigs} - 3,842 = 10,63 \cdot 8 - 3,842 = 81 \text{ kg}$$

Equació 11: Tosta Rica 570gr *8

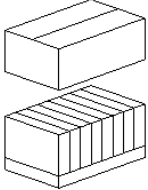
I d'aquesta manera en la següent taula (taula 9) resum es pot veure el BCT proposat amb la qualitat reduïda.

Producte	UMB/capsa	Tipus capsa	Factor protecció	BCT capsa actual (N)	BCT agrupació (N)	BCT capsa proposat (N)
Tosta Rica 570gr *8	8	B1	0,85	2100	690	1410

Taula 9: Resultats Tosta Rica 570gr *8 en B1

6.4.2.2. Tosta Rica 570 grams * 8 unitats en B0+4p

Per a aquest nou format, l'estoig és exactament el mateix que l'utilitzat per les proves de l'apartat 6.4.2.1 i d'aquesta manera l'exercici queda molt més reduït perquè no s'han de repetir proves experimentals, sinó que únicament s'ha d'ajustar el càlcul amb l'equació i adaptar els resultats a la capsa d'aquest format. En la següent taula es recull la informació logística d'aquest format.

PA	Descripción	Tipo de caja	UMB /caja	BCT caja actual (N)	Diagrama caja actual
48397	TOSTA RICA 570GR- -D- RTS -G- -8	B0+4p	8	2180	
48653	TOSTA RICA FIBRA 570GR- -G- RTS -8				

Taula 10: Tosta Rica 570gr *8

En aquest cas, el nombre d'estoigs involucrats en el format és el mateix valor que en l'anterior i es pot utilitzar la mateixa equació 11 utilitzada anteriorment.

$$BCT = 10,63 \cdot n^{\circ} \text{ estoigs} - 3,842 = 10,63 \cdot 8 - 3,842 = 81 \text{ kg}$$

Tot i que l'equació emprada és la mateixa, els resultats finals seran diferents degut a la capsa i a la qualitat actual d'aquesta que difereix amb l'anterior format.

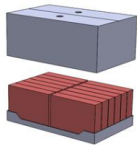
Producte	UMB/capsa	Tipus capsa	Factor protecció	BCT capsa actual (N)	BCT agrupació (N)	BCT capsa proposat (N)
Tosta Rica 570gr *8	8	B0+4p	0,80	2180	650	1530

Taula 11: Resultats Tosta Rica 570gr*8

6.4.2.3. Tosta Rica 570 grams * 12 unitats en B0+4p

De la mateixa manera que en l'apartat anterior, l'estructura de l'estoig és exactament la mateixa i l'única diferència substancial que es troba és les dimensions i el tipus de capsa que ens trobem i la qualitat actual d'aquesta.

Primerament es detalla la informació logística d'aquest format.

PA	Descripció	Tipo de caja	UMB /caja	BCT caja actual (N)	Diagrama caja actual
48399	TOSTA RICA 570GR- RTS - G- -12	B0+4p	12	2750	

Taula 12: Tosta Rica 570gr *12

En aquest cas, el nombre d'estoigs involucrats en el format és un valor diferent, un total de 12, en el que s'utilitzarà la mateixa equació que en els dos formats anteriors però modificant el nombre d'estoigs involucrats.

$$BCT = 10,63 \cdot n^{\circ} \text{ estoigs} - 3,842 = 10,63 \cdot 12 - 3,842 = 124 \text{ kg}$$

Equació 12: Tosta Rica 570gr *12

D'aquesta manera amb aquest nou valor es pot proposar una nova qualitat d'embalatge.

Aquesta informació es recull en la següent taula.

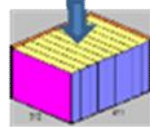
Producte	UMB/capsa	Tipus capsa	Factor protecció	BCT capsa actual (N)	BCT agrupació (N)	BCT capsa proposat (N)
Tosta Rica 570gr *12	12	B0+4p	0,80	2750	990	1760

Taula 13: Resultats Tosta Rica 570gr*12

6.4.2.4. Tosta Rica 860 grams * 9 unitats en BI

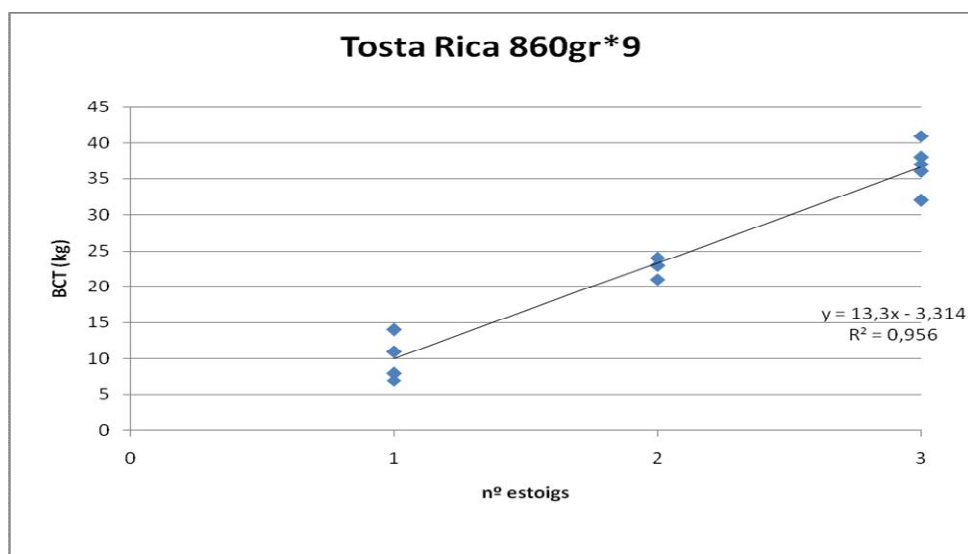
L'altre tipus d'estoig que ens trobem en la línia 17 és l'estoig de gramatge net total 860. Aquest estoig és completament diferent del de 570 grams utilitzat en els anteriors formats i per tant s'ha de repetir les proves a la màquina de compressió vertical per aquest nou format.

Primerament, de la mateixa manera que en tots els apartats anteriors, es comença introduint la informació logística d'aquest format.

PA	Descripción	Tipo de caja	UMB /caja	BCT caja actual (N)	Diagrama caja actual
48648	TOSTA RICA 860GR- -G- -9	B1	9	3200	
48651	TOSTA RICA FIBRA 860GR- -G- -9				

Taula 14: Tosta Rica 860gr*9

Seguint la metodologia esmentada durant tot l'estudi es sotmeten els estoigs a la prova de compressió de la mateixa manera que en l'apartat 6.4.2.1 i es grafiquen els resultats.



Gràfic 7: Dades Tosta Rica 860gr*9

Del gràfic s'extreu la següent equació.

$$BCT = 13,3 \cdot n^{\circ} \text{ estoigs} - 3,314 = 13,3 \cdot 9 - 3,314 = 116 \text{ kg}$$

Equació 13: Tosta Rica 860gr*9

I per tant, de la mateixa manera que en els casos anteriors es pot proposar la nova qualitat de

l'embalatge.

Producte	UMB/capsa	Tipus capsa	Factor protecció	BCT capsa actual (N)	BCT agrupació (N)	BCT capsa proposat (N)
Tosta Rica 860gr*9	9	B1	0,85	3200	990	2210

Tot i el gran ventall de formats possibles a estudiar, s'ha enfocat l'estudi en aquestes dues línies de producció perquè són les dues amb un volum més elevat de consum de cartró i en les que l'estudi era més important.

En les següents taules es resumiran els resultats obtinguts per les dues línies.

6.4.3. Resum línia 8: Napolitanas

Producte	UMB/ capsa	Tipus capsa	Factor protecció	BCT capsa actual (N)	BCT agrupació (N)	BCT capsa proposat (N)
Napolitanas 500gr *10	10	B1	0,85	1700	750	950
Napolitanas 500gr*16	16	RTS	0,80	1900	390	1510

Taula 15: Resum resultats Napolitanas

6.4.4. Resum línia 17: Tosta Rica

Producte	UMB/capsa	Tipus capsa	Factor protecció	BCT capsa actual (N)	BCT agrupació (N)	BCT capsa proposat (N)
Tosta Rica 570gr *8	8	B1	0,85	2100	690	1410
Tosta Rica 570gr *8	8	B0+4p	0,80	2180	650	1530
Tosta Rica 570gr *12	12	B0+4p	0,80	2750	990	1760
Tosta Rica 860gr*9	9	B1	0,85	3200	990	2210

Taula 16: Resum resultats Tosta Rica

6.5. Estalvi econòmic

Un cop determinades les noves qualitats dels embalatges proposats, és l'hora de traspasar aquesta reducció de la qualitat a l'impacte econòmic global que tindria aquest canvi.

Òbviament, en el món de la indústria no es treballa amb un sol proveïdor d'embalatges i en el cas d'aquesta empresa no seria menys. Pel càlcul de l'estalvi econòmic de la reducció de qualitats és important conèixer tant el preu actual de les caixes com el suposat preu que tindrien aquestes caixes amb la qualitat reduïda. Aquesta informació no es pot extreure ni suposar de cap lloc i és una dada que s'ha de demanar als diferents proveïdors de cartró i veure quina és l'oferta més competitiva i triar-la.

Per aconseguir els preus dels embalatges amb qualitat reduïda, es va demanar preus als 4 proveïdors d'embalatges diferents dels que tenim a l'abast, per veure les seves ofertes i triar la més atractiva econòmicament.

Pel càlcul de la repercussió que podria tenir aquest canvi de les qualitats dels embalatges ens sostindrem de dades actuals d'aquest any 2017. Pel càlcul es necessitarà tant el preu dels nous embalatges, informació de proveïdor, el preu dels embalatges actuals, informació que es pot extreure directament de SAP, i la producció en kilograms que hi ha hagut durant l'any 2017 de cada un dels formats a estudiar, aquesta informació es pot aconseguir d'altres departaments com els de compres de material d'envàs o del departament de planificació.

El càlcul de l'estalvi econòmic pel canvi de qualitat dels embalatges ve definit per una fórmula molt senzilla i que s'aplicarà a tots els formats d'estudi anteriors.

$$(Preu actual - Preu actualitzat) * n^{\circ} caixes = Estalvi total$$

Equació 14: Càlcul estalvi econòmic

On el preu actual és el preu que tenen les caixes avui dia, el preu actualitzat és el preu que ens aportaran els proveïdors (el més barat serà l'elegit) i el nombre de caixes seran les caixes comprades durant l'any 2017.

A continuació, es pot veure l'estalvi econòmic obtingut per cada línia.

En els casos de caps RTA i B0+4p, cal mencionar que el preu ve concretat per dos components, la B0 i la seva corresponent tapa.

6.5.1. Estalvi econòmic línia 8: Napolitanas

Format	Preu actual (€/1000)	Preu actualitzat (€/1000)	Nº caixes/ any 2017	Estalvi
Napolitanas 500gr*10	165,28	119,68	400.000	18.240
Napolitanas 500gr*16	358,71	308,78	70.000	3.495,10
				21.735,10 €

Taula 17: Estalvi econòmic Napolitanas

6.5.2. Estalvi econòmic línia I7: Tosta Rica

Format	Preu actual (€/1000)	Preu actualitzat (€/1000)	Nº caixes/ any 2017	Estalvi
TR 570gr*8 en B1	272,43	249,12	3.100	72,26
TR 570gr*8	320,37	299,87	410.500	8.415,25
TR 570gr*12	391,57	358,32	483.000	16.059,75
TR 860gr*9	359,92	322,59	585.000	21.838,05
				46.385,31 €

Taula 18: Estalvi econòmic Tosta Rica

Es pot observar que la repercussió econòmica que hagués tingut l'aplicació d'aquest canvi de qualitat en les caixes de l'any 2017 hagués sigut un valor total, sumant Napolitanas i Tosta Rica, de **68.120,41 euros**.

Cal considerar que aquest valor seria més elevat si es tinguessin en compte tots els formats que podrien prendre part en l'estudi, però en ser una fase inicial i no saber la repercussió que pot tenir aquest canvi, es va decidir realitzar l'estudi sobre aquests dos formats.

7. ESTUDI ECONÒMIC DEL PROJECTE

En aquest apartat es quantificarà el cost econòmic de la realització del projecte. A grans trets, es pot dividir aquest cost en els recursos humans emprats i el material i els equips utilitzats.

7.1. Recursos humans

En primer lloc es començarà pel càlcul de l'estudi econòmic dels recursos humans invertits en aquest projecte. En la següent taula es poden veure els resultats. El temps invertit en cada una de les activitats és un temps estimat. El cost unitari dels recursos humans ve determinat pel sou del treballador dins l'empresa involucrat en l'estudi. L'activitat definida com a suport dels superiors està dedicada a les reunions i postes en comú de l'evolució del projecte i dels resultats amb els caps dels departaments involucrats.

Recursos humans			
Activitat	Temps aproximat (hores)	Cost unitari (€/hora)	Import (€)
Recerca i estudi bibliogràfic	150	5	750
Experimentació al laboratori	120	5	600
Tractaments i estudis de resultats	300	5	1.500
Elaboració de la memòria	150	5	750
Reunions amb caps	30	25	750
<i>Taula 19: Despeses en recursos humans</i>			4.350 €

7.2. Estança i desplaçament

Per la realització dels experiments en laboratori, degut a la falta de material a les oficines centrals ubicades a Barcelona, les proves experimentals es van realitzar als laboratoris ubicats a la fàbrica de Villarejo de Salvanés (Madrid). A continuació, en la següent taula, es quantificaran les despeses en el viatge i l'allotjament per les visites a Madrid.

Per la realització de l'estudi, tant les proves experimentals com la primera visita que es va realitzar a la fabrica per veure-la i conèixer les línies de producció i els diferents formats, es van realitzar un total de 5 viatges a la fabrica. En tres d'aquests cinc viatges, es va estar dos dies seguits a la fabrica havent de buscar allotjament a Madrid. En total, s'han estat un total de 8

dies laborables a la fabrica de Madrid

En la següent taula (taula 20) es detalla de forma aproximada les despeses quant a estança i desplaçament.

Estança i desplaçament			
Activitat	Preu aproximat (€)	Repeticions	Import (€)
Vol d'anada i tornada	150	5	750
Lloguer de cotxe per desplaçaments a Madrid	120	5	600
Allotjament	60	3	180
Complement manutenció	30	8	240
Desplaçament domicili-Aeroport	30	5	150
Estacionaments	21	8	168
<i>Taula 20: Despeses d'estància i desplaçament</i>			2.088 €

7.3. Materials

Quant al material utilitzat en les proves experimentals, es resumeixen en la màquina de compressió vertical i en totes les caixes utilitzades per l'estudi. Les caixes utilitzades per l'estudi era producte destinat per a la venda i que després de l'estudi no va poder aprofitar-se, per tant

el cost d'aquest material és el cost que tindria en el punt de venda i aquest valor aproximat vindrà donat pel departament de Màrqueting.

Cal mencionar que la màquina de compressió vertical no va ser comprada per aquest estudi sinó que ja estava a les instal·lacions.

En la següent taula es resumeixen les despeses en el material utilitzat.

Materials			
Material	Preu aproximat	Quantitat	Import (€)
Màquina compressió vertical	4.000 €/any *	2 mesos	1.088,88
Material utilitzat de Napolitanas	12,34 €/capsa	150 caixes	1.851
Material utilitzat de Tosta Rica	8,67 €/capsa	100 caixes	867
			3.806,88 €

Taula 21: Despeses de materials

*Pel càlcul del cost dels materials s'ha utilitzat el valor de compra i l'amortització de la maquinària. El valor de compra de la màquina de compressió vertical va ser de 80.000 € amb una amortització a 15 anys.

$$80.000 \text{ €} / 15 \text{ anys amortització} = 5.333,33 \text{ €/any}$$

La màquina s'ha utilitzat durant dos mesos:

$$5.333,33 \frac{\text{€}}{\text{any}} \cdot \frac{1 \text{ any}}{12 \text{ mesos}} \cdot 2 \text{ mesos} = 888,88 \text{ €}$$

Tenint en compte les despeses d'energia i de manteniment, aproximadament uns 1.200 €/any i que per tant corresponen a 100 €/mes per els 2 mesos d'utilització són uns 200 € aproximats.

De manera que sumant el valor d'energia i manteniment més el cost d'amortització suma un total de 1088,88 €

7.4. Despeses totals del projecte

Per acabar, a la Taula 22, es resumeixen les diferents despeses del projecte.

Pressupost	
Concepte	Import (€)
Recursos humans	4.350 €
Estança i desplaçament	2.088 €
Materials	3.806,88 €
TOTAL	10.244,88 €

Taula 22: Pressupost del projecte

El cost total del projecte ascendeix a la suma de 10.244,88 €.

8. PLANIFICACIÓ DEL PROJECTE

Pel que fa a desenvolupament del projecte, cal destacar que era un projecte que la companyia tenia present de realitzar des de feina anys, però per la falta de personal i als desconeixements dels resultats que podria tenir, no va ser fins a la meua arribada a l'empresa que es va arrencar amb aquest projecte.

La meua arribada va ser el 26 de Juny i les dues primeres setmanes no es van destinar a l'estudi perquè aquest breu període de temps va ser introductori a l'empresa i no va ser fins passat aquest temps que es va començar amb l'estudi.

A continuació, a la taula 23 es veu la planificació seguida del projecte durant aquests 6 mesos. Pel que fa a la franja marcada en gris, es tracta del període de vacances en el que òbviament no es van destinar recursos a l'estudi.

En la planificació s'observa que tota la fase de posta en marxa no s'ha portat a terme perquè el període de pràctiques dins l'empresa finalitza el 19 de Gener, però s'ha volgut marcar quines serien les següents etapes fins a la finalització del projecte.

FASES	Juny				Juliol				Agost				Setembre				Octubre				Novembre				Desembre				Gener			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Plantejament del projecte																																
Estudi de viabilitat																																
Estudi de formats involucrats																																
Classificació de formats en famílies																																
Preparació teòrica de proves																																
Recollida d'informació actual																																
Estudi teòric del càlcul de BCT																																
Planificació de realització de proves																																
Experimentació al laboratori																																
Visita guiada a fabrica																																
Formació utilització equipament industrial																																
Realització de proves																																
Tractament de resultats																																
Recull de resultats																																
Tractament de resultats																																
Proposta de nova qualitat d'embalatge																																
Informe de resultats																																
Estalvi econòmic																																
Contacte amb proveïdors																																
Quantificació de l'estalvi																																
Informe de resultats																																
Posta en marxa																																
Mostres de caixes amb qualitats optimitzades																																
Prova de transport estàtica																																
Prova de transport dinàmica																																
Valoració de resultats																																
Compra de caixes amb nova qualitat																																

Taula 23: Planificació del projecte

9. ESTUDI AMBIENTAL

El concepte petjada de carboni reflexa “la totalitat de gasos d’efecte hivernacle emesos per efecte directe o indirecte per un individu, organització, esdeveniment o producte. Actualment, existeixen dos vessants de petjada de carboni.

- **Petjada de carboni d’una organització**

Mesura la totalitat del GEI (Gasos d’efecte hivernacle) emesos per efecte directe o indirecte provinents del desenvolupament de l’activitat de l’organització en qüestió.

- **Petjada de carboni de producte**

Mesura els GEI emesos durant tot el cicle de vida d’un producte: des de l’extracció de les matèries primeres, passant pel processat i fabricació i distribució, fins a l’etapa d’ús i final de la vida útil (dipòsit, reutilització o reciclat).

9.1. Tractament de residus

Els residus generats durant aquest estudi han sigut 3 tipus: s’ha generat residus de cartró, de PP utilitzat per embalatges de galetes i el propi producte, format per massa de galeta.

El PP és 100% reciclable fet que el converteix en un material versàtil i molt utilitzat en la indústria alimentària. El cartró, com s’ha vist als apartats de teoria, també es un material reciclable i la galeta és pot triturar i reutilitzar per altres serveix com menjar a granel.

El tractament de residus que s’ha realitzat en aquest projecte ha estat la correcta separació dels 3 tipus de materials que es troben i col·locar-los al respectiu cubell de reciclatge.

Posteriorment a la realització dels experiments, al ser producte no apte per la venda, es van

separar els 3 components. La galeta per un cantó, la bobina de PP i el cartró per un altre. A continuació es detallarà el reciclatge dels components.

Els contenidors de brossa es diferencien per un codi de color per assegurar un correcte reciclatge. A continuació, es detallen els diferents cubs de brossa i el seu color.

- Groc: les llaunes i objectes de plàstic han de dipositar-se en els cubs d'aquest color. Qualsevol envàs com bosses, llaunes de conserva, etc. aniran aquí.
- Blau: el paper i el cartró són els materials perfectes per tirar en aquests contenidors.
- Verd: contenidor indicat pel llançament de vidre. Ampolles de vidre són alguns exemples.
- Verd fosc, gris, marró o taronja: la gestió de residus és competència de cada ajuntament, per tant depenent de la zona en la que ens trobem, el cub de brossa orgànica tindrà un color o un altre.



Figura 39: Contenidors de reciclatge[22]

Amb aquesta classificació, queda clar que el cartró utilitzat en l'estudi es diposita en el contenidor blau, la bobina al contenidor groc i la matèria orgànica al contenidor gris o en el cas de petició de fàbrica a un lloc especial per al seu posterior ús com a menjar.[32][33]

9.2. Despesa ambiental

Pel càlcul de la despesa ambiental no es tindrà en compte el consum d'electricitat utilitzat durant el projecte. Com a consums elèctrics es podria diferenciar el consum generat pel funcionament de la màquina i el consum generat pel treball realitzat a les oficines. Com la quantificació d'aquest consum és complicada, no es tenen dades i l'energia elèctrica consumida a les oficines és una energia difícil de quantificar, no es realitzarà la despesa ambiental originada pel consum elèctric.

D'altra banda, s'ha calculat la petjada de diòxid de carboni emesa a partir del material utilitzat durant les proves industrials. Es calcularà la petjada tant del polipropilè, del cartró i de la matèria orgànica o resta.

Pel càlcul de la petjada de diòxid de carboni, en primera instància es calcularà per separat la petjada en les proves experimentals enfocades en la línia 8 d'envàs i posteriorment en la línia 17.

9.2.1. Línia 8: Napolitanas

Pel càlcul de les emissions cal conèixer la informació del material i el pes utilitzat en el desenvolupament de les proves industrials. En la següent taula es recullen les dades necessàries. Tots els pesos estan expressats en kilograms.

Format	Caixes utilitzades	Pes bobina (kg)	Bobines/ estoig	Pes estoig (kg)	Estoig / capsas	Pes capsas (kg)
Napolitanas 500gr *10	50	0,0022	2	0,044	10	0,219
Napolitanas 500gr *16	100	0,0022	2	0,044	16	0,416

Taula 24: Pesos dels formats de Napolitanas

I en la següent taula es pot observar els kilograms generats de bobina, cartró i matèria orgànica.

Format	Pes bobina total (kg)	Pes estoig total (kg)	Pes capsas total (kg)	Pes cartró total (kg)	Pes plàstic total (kg)	Pes matèria orgànica (kg)
Napolitanas 500gr *10	2,2	22	10,95	32,9	2,2	250
Napolitanas 500gr *16	7,04	70,4	41,6	112	7,04	800
				144,95	9,24	1050

Taula 25: Informació Napolitanas impacte ambiental

- Polipropilè (bobines)

$$\frac{9,24}{\text{mat. estudi Napo}} \times \frac{1 \text{ kg PP}}{1.000 \text{ g PP}} \times \frac{1,9 \text{ kg CO}_2}{\text{kg PP}} = 17,556 \text{ gCO}_2$$

Equació 15: Despesa Napolitanas en PP

- **Paper/cartró**

$$\frac{144,95}{\text{mat. estudi Napo}} \times \frac{1 \text{ kg Cartró}}{1.000 \text{ g Cartró}} \times \frac{56,41 \text{ g CO}_2}{\text{kg cartró}} \times \frac{1 \text{ kg CO}_2}{1000 \text{ g CO}_2} = 8,176 \text{ gCO}_2$$

Equació 16: Despesa Napolitanas en cartró

- **Resta (matèria orgànica)**

$$\frac{1050}{\text{mat. estudi Napo}} \times \frac{1 \text{ kg M.O}}{1.000 \text{ g M.O}} \times \frac{615,57 \text{ g CO}_2}{\text{kg M.O}} \times \frac{1 \text{ kg CO}_2}{1000 \text{ g CO}_2} = 646,348 \text{ gCO}_2$$

Equació 17: Despesa Napolitanas en resta

9.2.2. Per línia I7: Tosta Rica

Pel càlcul de les emissions cal conèixer la informació del material i el pes utilitzat en el desenvolupament de les proves industrials. En la següent taula es recullen les dades necessàries.

Format	Caixes utilitzades	Pes bobina (kg)	Bobines/ estoig	Pes estoig (kg)	Estoig / capsa	Pes capsa (kg)
TR 570gr *8 en B1	0	0,00157	3	0,062	8	0,233
TR 570gr *8	50	0,00157	3	0,062	8	0,351
TR 570gr *12	0	0,00157	3	0,062	12	0,469
TR 860gr*9	50	0,00204	4	0,0883	9	0,328

Taula 26: Pesos dels formats de Tosta Rica

I en la següent taula es pot observar els kilograms generats de bobina, cartró i matèria orgànica.

Format	Pes bobina total (kg)	Pes estoig total (kg)	Pes capsa total (kg)	Pes cartró total (kg)	Pes plàstic total (kg)	Pes matèria orgànica (kg)
TR 570gr *8 en B1	0	0	0	0	0	0
TR 570gr *8	1,88	24,8	17,55	42,35	1,88	228
TR 570gr *12	0	0	0	0	0	0
TR 860gr*9	3,67	39,74	16,4	56,14	3,67	387
				98,49	5,55	615

Taula 27: Informació Tosta Rica impacte ambiental

- Polipropilè (bobines)

$$\frac{5,55}{\text{mat. estudi TR}} \times \frac{1 \text{ kg PP}}{1.000 \text{ g PP}} \times \frac{1,9 \text{ kg CO}_2}{\text{kg PP}} = 10,545 \text{ gCO}_2$$

Equació 18: Despesa Tosta Rica en PP

- Paper/cartró

$$\frac{98,49}{\text{mat. estudi TR}} \times \frac{1 \text{ kg Cartró}}{1.000 \text{ g Cartró}} \times \frac{56,41 \text{ g CO}_2}{\text{kg cartró}} \times \frac{1 \text{ kg CO}_2}{1000 \text{ g CO}_2} = 5,555 \text{ gCO}_2$$

Equació 19: Depesa Tosta Rica en cartró

- **Resta (matèria orgànica)**

$$\frac{615}{\text{mat. estudi TR}} \times \frac{1 \text{ kg M.O}}{1.000 \text{ g M.O}} \times \frac{615,57 \text{ g CO}_2}{\text{kg M.O}} \times \frac{1 \text{ kg CO}_2}{1000 \text{ g CO}_2} = 378,575 \text{ g CO}_2$$

Equació 20: Despesa Tosta Rica en resta

D'aquesta manera, les emissions totals per cada material

Polipropilè: 28,101 g CO₂

Paper/cartró: 13,731 g CO₂

Resta: 1.0241,903 g CO₂

I resultant unes emissions total del projecte de: **1,0668 kg CO₂**

[29][30][31]

9.3. Implicacions ecològiques

La implicació ecològica que té aquest projecte, pel que fa a reduir l'ús de matèries primers o utilitzar-les de manera eficient és mínima perquè aquest estudi no s'ha realitzat amb aquesta finalitat, sinó amb la intenció de canviar uns papers de cartró per uns altres amb l'objectiu de reduir les qualitats dels embalatges i tenir un rendiment econòmic superior.

10. CONCLUSIONS

Per finalitzar el projecte, a continuació es detallaran les conclusions extretes de l'optimització de les qualitats dels embalatges en la indústria alimentària.

- La quantificació de la resistència dels embalatges primaris és només apte per a aquells formats que l'embalatge primari és un estoig o un altre format semblant. Treballar amb pots de plàstic o galetes agrupades per bobines no són aptes per l'estudi perquè el seu embalatge no ofereix una resistència addicional.
- La resistència de la capsa és una suma directa respecte a la resistència a la compressió de l'agrupació dels embalatges primaris i la qualitat teòrica definida.
- L'aplicació de les noves propostes de qualitats d'embalatges aplicada només a alguns formats d'una de les fàbriques té un estalvi de 68.000 €. Aquest estudi podria aplicar-se a molts altres formats dels què es produeixen, elevant aquesta xifra a una molt més significativa.
- No és possible definir un únic model de comportament de l'embalatge primari sotmès a compressió vertical, perquè cada format té el seu propi model que depèn intrínsecament de l'estructura de l'embalatge, de la posició que adopta dins la capsa i del tipus d'agrupació que es pugui trobar.
- Els càlculs de resistència, han estat calculats únicament per a un escenari de resistència estàtica i s'ha definit un paràmetre arbitrari anomenat factor de protecció per a considerar altres aspectes com la resistència dinàmica o condicions ambientals com humitat, temperatura, etc.
- La petjada ecològica de la realització d'aquest projecte, ha estat d' 1,07 kg de CO₂

Per acabar el projecte d'optimització de les qualitats dels embalatges i per analitzar si la qualitat proposada és viable, s'haurien de realitzar proves de resistència estàtica i dinàmica en aquests embalatges i avaluar els resultats

Per a la realització d'aquestes proves s'hauria de contactar amb els proveïdors actuals de cartonatges per aconseguir mostres de les caixes involucrades i poder realitzar les proves de resistència.

La prova de resistència estàtica, consistiria a omplir d'estoigs les caixes prototip i muntar un palet i remuntar-lo o no, ja depenent de les característiques logístiques del producte en qüestió. Aquest palet es deixaria en un magatzem durant un període de dues setmanes, aproximadament, i posteriorment s'avaluarien els resultats, tant les deformacions de les caixes logístiques com les possibles deformacions de l'embalatge primari, l'estoig.

La prova de resistència dinàmica, de la mateixa manera que l'anterior, consistiria a muntar un palet i aquest col·locar-lo a un camió i realitzar una prova de transport per posteriorment avaluar els resultats de deformacions dels embalatges.

Un cop recollits els resultats de les proves de resistència s'hauria de decidir internament si els resultats han sigut favorables i per tant es podria aprovar el canvi de qualitats. Aquestes proves es realitzarien per cada un dels formats involucrats en l'estudi.

II. AGRAÏMENTS

En primer lloc, agrair al director del projecte, el senyor Jordi Bou, per la coordinació i ajuda rebuda en la gestió de l'elaboració de la memòria d'aquest projecte.

Aquests agraïments els he de fer extensius als meus companys del departament de Packaging on he realitzat una estada com a treballador en pràctiques i els que m'han brindant l'oportunitat d'assolir aquest projecte de manera autònoma, dipositant una enorme confiança en mi. Afegir que no només els meus departaments sinó tota la gent que treballa en aquesta empresa que m'ha ajudat amb la recollida de dades per a l'elaboració de l'estudi econòmic i que m'han ajudat a elaborar la part teòrica del projecte, donant sempre explicacions i xerrades informatives.

Per últim agrair el suport de la meva família i amics, en especial als meus pares i a l'Aida Llacuna, perquè han sigut el meu suport durant aquest període i m'han ajudat tant a nivell personal com professional per a la realització d'aquest projecte.

12. BIBLIOGRAFIA

- [1] RECURSOS HUMANOS ADAM FOODS, *Introducción a Adam Foods*, Barcelona 2017.
- [2] ADAM FOODS, *Quiénes somos* [<http://www.adamfoods.com/es/nuestra-empresa/quienes-somos>, 14 setembre 2017]
- [3] EUROPEAN FEDERATION OF CORRUGATED BOARD MANUFACTURERS, *Corrugated packaging*. Brussel·les 2010: p. 80-110.
- [4] TELECAJAS, *El cartón corrugado: fabricación e innovación*. p. 5-20. Any de publicació 2014
- [5] SERVICOLOR IBERIA, *La historia del embalaje* [<http://www.servicoloriberia.com/la-historia-del-embalaje/>, 16 setembre 2017]
- [6] KATIAHF, *Historia de envases y embalaje* [<https://es.slideshare.net/katiahf/historia-de-envases-y-embalaje>, 16 setembre 2017]
- [7] AGENCIA DE PUBLICIDAD CÓRDOBA, *Historia del Packaging, de la prehistoria a nuestros días, Córdoba, 1997*. [<https://almargen.com/breve-historia-del-packaging-de-la-prehistoria-a-nuestros-dias/>, 17 setembre 2017]
- [8] PUROMÀRQUETING, *Màrqueting y Packaging, cuando el envase marca la diferencia* [<http://www.puromàrqueting.com/32/4178/màrqueting-packaging-cuando-envase-marca-diferencia.html>, 23 setembre 2017]
- [9] MGLOBMÀRQUETING, *La importancia del packaging en el màrqueting* [<https://mglobalmàrqueting.es/blog/la-importancia-del-packaging-en-el-màrqueting/>, 16 setembre 2017]
- [10] SAICA PACK, *Técnicas de impresión en cartón*. Madrid 2017. Formació presencial en cartró.

- [11] ANAYA SEPÚLVEDA, V.J. *Elaboración y evaluación físico mecánica de un material a base de papel, cartón y caucho vulcanizado residual*. Coquimatlán, Colima, 2007
- [12] INSTITUT QUÍMIC DE SARRIÀ, *Box Compression Test*. Barcelona: IQS, 2007.
- [13] INSTITUT QUÍMIC DE SARRIÀ, *L'equació de McKee*. Barcelona: IQS, 2007.
- [14] PACKAGING ADAM FOODS, *Formación a realización Box Compression Test*. Madrid 2017.
- [15] EUROPEAN FEDERATION OF CORRUGATED BOARD MANUFACTURERS, *The benefits of coarrugated board Packaging*. Brussel·les 2010: p. 12-18.
- [16] FORERO, J. *Proceso de troquelado* [<https://prezi.com/izsjgo6kdufr/proceso-de-troquelado/>, 17 setembre 2017]
- [17] INSTITUT QUÍMIC DE SARRIÀ, *Materiales en Packaging*. Barcelona: IQS, 2007.
- [18] AINIA CENTRO TECNOLÓGICO , *El plástico, el papel o el cartón en contacto con los alimentos: ¿ es seguro su consumo?* [<http://www.ainia.es/noticias/seguridad-alimentaria/el-plastico-el-papel-o-el-carton-en-contacto-con-los-alimentos-es-seguro-su-consumo/>, 24 Setembre 2017]
- [19] KARTOX, *Tipos de cartón ondulado* [<http://kartox.com/cuaderno/las-diferentes-tipos-de-carton-ondulado/>, 24 Setembre 2017]
- [20] CARTONLAB, *cartón: fabricación tipos y aplicaciones* [<http://cartonlab.com/tipos-de-carton-aplicaciones/>, 1 Octubre 2017]
- [21] ECOEMBES, *Ciclo de vida del papel y el cartón*. Madrid: 2011
- [22] ECOEMBES, *Proceso de recogida, selección y reciclaje* [<https://www.ecoembes.com/es/ciudadanos/envases-y-proceso-reciclaje/proceso-recogida-seleccion-reciclaje>, 1 Octubre 2017]
- [23] ECOEMBES, *Biodegradable, compostable, degradable y reciclable*. Madrid 2013

- [24] ITENE, *Recubrimientos biodegradables para envases de papel y cartón*, [http://www.itene.com/sala-de-prensa/notas-de-prensa/i/1562/60/bioflexcom-desarrolla-recubrimientos-biodegradables-para-envases-de-papel-y-carton, 1 octubre 2017]
- [25] ECOEMBES, *Proyecto de análisis de bioplásticos*. Madrid 2014
- [26] PACHECO GINA, F. *Bioplásticos*, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- [27] AINIA CENTRO TECNOLOGICO, *Bioplásticos, una solución para un futuro más sostenible*. [http://www.ainia.es/insights/bioplasticos-una-opcion-para-un-futuro-mas-sostenible/, 1 Octubre 2017]
- [28] ÉPACKAGING, *Bioplásticos: últimas tendencias en envases alimentarios*. [http://www.packaging.enfasis.com/articulos/66904-bioplasticos-ultimas-tendencias-el-envase-alimentario, 4 octubre 2017]
- [29] GENERALITAT DE CATALUNYA, *Guía de cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero(GEI)*, [http://canviclimatic.gencat.cat/es/reduex_emissions/guia_de_calcul_demissions_de_co2/, 10 Desembre 2017]
- [30] GENERALITAT DE CATALUNYA, *Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (versión 2017)*. Barcelona 2017.
- [31] GENERALITAT DE CATALUNYA, *Cálculo de las emisiones de GEI derivada de la gestión de los residuos municipales. Metodología por organización (versión de febrero 2017)*. Barcelona 2017
- [32] ÀREA METROPOLITANA DE BARCELONA, Medio ambiente. [http://www.amb.cat/es/web/medi-ambient/residus/gestio/tractament, 10 Desembre 2017]
- [33] CENTRE DE TRACTAMENT DE RESIDUS MUNICIPALS, *Centre de tractament de residus municipals*. [http://www.tersa.cat/ca/centre-de-tractament-de-residus-municipals-ctrm_2342, 10 Desembre 2017]

- [34] UNILEVER, *1885-1899 Innovación de productos* [<https://www.unilever-middleamericas.com/about/who-we-are/our-history/1885-1899.html>, 16 octubre 2017]
- [35] CARNERO, D. *Cómo funciona la impresión Offset*, [<http://www.cevagraf.coop/posts/como-funciona-la-impresion-offset/>, 23 Octubre 2017]
- [36] SÁNCHEZ MUÑOZ, G. *La flexografía* [<http://www.gusgsm.com/flexografia>, 23 octubre 2017]
- [37] SÁNCHEZ MUÑOZ, G. *EL HUECOGRABADO EN ROTATIVA O ROTOGABADO*. [http://www.gusgsm.com/huecograbado_rotativa, 29 octubre 2017]
- [38] DIRECT INDUSTRY, [<http://www.directindustry.com/prod/chep-international/product-9309-1125019.html>, 22 novembre 2017]
- [39] *Ciclo de vida del papel-cartón* [<https://muralinas.wordpress.com/2014/04/19/ciclos-de-algunos-productos/>, 23 octubre 2017]
- [40] ACCCSA (Asociación de Corrugadores del Caribe, Centro y Sur América), *Materias primas en la elaboración del cartón corrugado* 2 [http://www.corrugando.com/index.php?option=com_content&view=article&id=306, 4 novembre 2017]
- [41] MAXIPACK, *Cartón Corrugado* [<http://www.maxipack.com.ar/carton-corrugado.html>, 12 novembre 2017]