



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria Mecànica**

**DISSENY D'UN PROTOTIP PER OPTIMITZAR EL RECICLATGE  
D'ENVASOS**



**Memòria i Annexos**

**Autor:** Agustí Carles i Marqueño  
**Director:** Jordi Torner Ribé  
**Departament** DEGD  
**Co-Director:** Olga Alcaraz Sendra  
**Convocatòria:** Febrer 2022





## **Resum**

El projecte pretén proposar un disseny òptim per a una màquina de reciclatge d'envasos, amb la finalitat de reciclar llaunes d'alumini i ampolles PET, i d'aquesta manera fomentar el reciclatge en la societat.

Durant el treball s'ha explicat pas a pas el procés pel que s'ha passat fins a obtenir una proposta del prototip. Des de l'estudi de l'estat actual del reciclatge a Catalunya, a estudiar diverses empreses especialitzades en aquest model de màquines, a finalment escollir les idees més adequades per tal de realitzar el disseny.

Aquest projecte no s'ha centrat en la part elèctrica i electrònica de la màquina, de manera que només s'esmenten algunes tecnologies que es podrien utilitzar. S'ha centrat més en el disseny mecànic, per tal de tenir un idea del funcionament i dimensionament d'aquestes màquines.

A part del disseny mecànic, una gran part del treball recau en l'estudi de l'impacte ambiental i en el problema actual del reciclatge d'envasos. També s'ha realitzat un pressupost aproximat del prototip dissenyat.

## Resumen

El proyecto pretende proponer un diseño óptimo para una máquina de reciclaje de envases, con el fin de reciclar latas de aluminio y botellas PET, fomentando así el reciclaje en la sociedad.

Durante el trabajo se ha explicado paso a paso el proceso por el que se ha pasado hasta obtener una propuesta del prototipo. Desde el estudio del estado actual del reciclaje en Catalunya, a estudiar diversas empresas especializadas en este modelo de máquinas, a finalmente escoger las ideas más adecuadas para realizar el diseño.

Este proyecto no se ha centrado en la parte eléctrica y electrónica de la máquina, por lo que sólo se mencionan algunas tecnologías que se podrían utilizar. Se ha centrado más en el diseño mecánico, con el fin de tener una idea del funcionamiento y dimensionamiento de estas máquinas.

A parte del diseño mecánico, gran parte del trabajo recae en el estudio del impacto ambiental y en el problema actual del reciclaje de envases. También se ha realizado un presupuesto aproximado del prototipo diseñado.

## **Abstract**

This project aims to propose an optimal design for a reverse vending machine, in order to recycle aluminium cans and PET bottles, and thus encourage recycling in society.

During this project, the process is explained step by step, until a prototype proposal has been obtained. From studying the current state of recycling in Catalunya, to studying different companies specializing in this kind of machine, to finally choosing the most appropriate ideas to carry out the design.

This project is not focused on the electrical and electronic part of the machine, so only a few technologies that could be used are mentioned. It is more focused on mechanical design, in order to get an idea of the operation and sizing of these machines.

Apart from mechanical design, a large part of the project is focused on the study of the environmental impact and the current problem of packaging recycling. An approximate budget of the designed prototype has also been made.



## Agraïments

Voldria agrair principalment als meus dos tutors haver estat disponibles en tot moment per a poder dur a terme aquest projecte de la forma més satisfactòria possible.

Per puntualitzar, m'agradaria agrair a l'Olga haver-me proporcionat tota la informació relativa al reciclatge, estadístiques, directives europees, etc. i haver-me explicat com realitzar un bon estudi de l'impacte ambiental. Aquesta ha estat la meva principal motivació del treball, i gràcies a tu estic molt satisfet amb l'estudi realitzat.

I després al meu altre tutor en Jordi, que sempre m'ha sabut fer encarar el projecte en la direcció correcte, per tal que no se m'escapés de les mans un projecte tant gran com dissenyar una màquina d'aquestes característiques. Moltes gràcies a tu també.

Com a agraïment extra, m'agradaria donar les gràcies al professor Pedro Ortiz, que sense ell saber-ho, em va ajudar molt en la decisió de compactació i en els càlculs de la relació de transmissió. Gràcies.

Finalment, i tot i que no ha estat part directe del treball, vull agrair als meus pares, familiars i companys d'universitat haver fet aquest camí més fàcil, amb tots els alts i baixos que comporta treure's una carrera d'enginyeria. Gràcies infinites, ja que sense vosaltres això no hagués estat possible.





# Índex

<b>RESUM</b>	<b>1</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>3</b>
<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>5</b>
<b>1. PREFACI</b>	<b>1</b>
1.1. Origen del treball .....	1
1.2. Motivació .....	1
1.3. Requisits previs .....	2
<b>2. INTRODUCCIÓ</b>	<b>3</b>
2.1. Objectius del treball.....	3
2.2. Abast del treball .....	3
<b>3. ESTAT ACTUAL DEL RECICLATGE</b>	<b>5</b>
3.1. Reciclatge d'envasos lleugers .....	6
3.2. Directives europees .....	8
<b>4. PROBLEMÀTICA DELS ENVASOS</b>	<b>9</b>
4.1. Problema dels plàstics .....	9
4.1.1. Objectius #ReturnthePlastics.....	9
4.1.2. Sistema de dipòsit d'ampolles .....	10
4.1.3. Exemples de països de la UE.....	12
4.1.4. Solució als problemes del plàstic .....	12
4.2. Problemàtica de l'alumini .....	13
4.2.1. Sistema de dipòsit de les llaunes d'alumini.....	13
4.2.2. Exemples de països de la UE.....	13
4.2.3. Solució al problema de l'alumini .....	14
<b>5. ANÀLISI DE MERCAT</b>	<b>15</b>
5.1. Ganamos Reciclando .....	16
5.2. BeGreen .....	16
5.3. Ecoembes.....	18

5.3.1. Punt Verd .....	18
5.4. Tomra .....	19
5.5. Kansmacker .....	21
5.6. Incom Recycle .....	22
5.7. Sielaff.....	24
5.8. RVM Systems AS .....	25
5.9. Returpack .....	26
5.10. Envipco.....	26
5.11. Quadre resum dels models analitzats .....	27
<b>6. DESCRIPCIÓ DEL DISSENY MECÀNIC</b> .....	<b>29</b>
6.1. Estructura exterior .....	30
6.1.1. Base .....	30
6.1.2. Part superior .....	31
6.1.3. Part de darrere.....	31
6.1.4. Parts laterals.....	32
6.1.5. Suports .....	32
6.1.6. Portes inferiors.....	33
6.1.7. Porta amb escàner .....	34
6.1.8. Porta pels taps .....	34
6.1.9. Frontisses .....	35
6.1.10. Peces comercials.....	35
6.1.11. Color de l'estructura .....	36
6.2. Part interna .....	37
6.2.1. Estructura interna .....	37
6.2.2. Sistema de reconeixement i transport .....	38
6.2.3. Sistema de compactació.....	43
6.2.4. Sistema de distribució.....	59
6.3. Prototip .....	64
<b>7. ESTUDI DE L'IMPACTE AMBIENTAL</b> .....	<b>65</b>
7.1. Estalvi energètic.....	65
7.2. Estalvi d'emissions .....	66
7.2.1. Càlculs d'estalvi d'emissions.....	67
7.2.2. Estimació per màquina de reciclatge.....	68
7.2.3. Càlculs capacitat d'ampolles PET .....	69
7.2.4. Càlculs capacitat llaunes d'alumini .....	70

7.2.5. Estimació anual per la màquina de reciclatge d'envasos.....	71
7.3. Conclusions d'impacte ambiental .....	73
<b>8. PRESSUPOST DEL PRODUCTE _____</b>	<b>74</b>
8.1. Costos de les peces segons material .....	74
8.2 Costos d'enginyeria.....	79
<b>9. CONCLUSIONS _____</b>	<b>80</b>
<b>10. PROPOSTES DE CONTINUÏTAT DEL PROJECTE _____</b>	<b>82</b>
<b>11. ÍNDEX D'IL·LUSTRACIONS _____</b>	<b>83</b>
<b>12. ÍNDEX DE TAULES _____</b>	<b>85</b>
<b>13. BIBLIOGRAFIA _____</b>	<b>87</b>
<b>14. ANNEXOS _____</b>	<b>90</b>



# 1. PREFACI

## 1.1. Origen del treball

La idea d'aquest treball sorgeix arran d'haver estat d'Erasmus a Finlàndia, i haver fet pràctiques curriculars a Alemanya. Aquests dos països, al igual que molts altres països nòrdics, sempre han estat al capdavant en quant a consciència pel que fa el canvi climàtic. A més, són països tecnològicament potents, i aquests factors provoquen que siguin capaços de materialitzar idees per a millorar el nostre planeta. D'aquí doncs, que descobrí el que es coneix com a *Reverse Vending Machines*.

La primera vegada que vaig veure una d'aquestes màquines de reciclatge d'envasos va ser anant al supermercat. Allà vaig veure l'ús quotidià que la gent en donava. Em sorprenia veure arribar persones amb tot de bosses plenes de llaunes i ampolles de plàstic, i introduir-les en aquestes màquines. Però el més sorprenent era el fet de rebre una recompensa econòmica per aquest gest, la qual cosa incentivava a les persones a reciclar.

Vet aquí, que quan vaig tornar a Barcelona, la genialitat d'aquestes màquines em seguia rondant pel cap. Així doncs, durant el quadrimestre de tardor, en una assignatura on s'havia de fer un projecte en grup, vaig proposar muntar una empresa que s'encarregués de dissenyar, produir, distribuir i instal·lar màquines de reciclatge d'envasos. En el treball, ja va haver molta part d'investigació i vaig aprendre molt sobre el tema, però se'm va fer curt. Per tant, quan en el quadrimestre de primavera vaig haver de decidir el tema del meu TFE se'm va acudir destinar el meu temps a un projecte encarat a aquestes màquines.

## 1.2. Motivació

La motivació principal d'aquest projecte és la de fomentar el reciclatge. El nostre planeta cada vegada es troba en una pitjor situació degut a la contaminació provocada majoritàriament pels éssers humans. Com tots sabem l'efecte hivernacle altera la biodiversitat del planeta Terra, i el motiu que tracta aquest projecte és degut a la falta de gestió de residus. Es vol crear un producte que ofereixi a les persones la facilitat de reciclar els envasos, un dels residus més abundants.

### 1.3. Requisits previs

Prèviament cal estudiar els envasos que es volen reciclar i les seves característiques. En aquest cas, es vol tractar el reciclatge d'ampolles PET i de llaunes d'alumini. S'estudiarà la forma en què s'incentiva als usuaris a utilitzar les *Reverse Vending Machines* i quina és la situació en alguns països europeus.

## 2. Introducció

### 2.1. Objectius del treball

L'objectiu principal del projecte és el de dissenyar un prototip que permeti reciclar envasos (ampolles PET i llaunes d'alumini) a través de l'anàlisi de mercat de diverses empreses. Es pretén agafar idees de cada una d'aquestes per aconseguir dissenyar la màquina més òptima per l'usuari.

Aquest projecte és una proposta que pretén contribuir a augmentar el reciclatge d'envasos lleugers, que de cares al 2030 hauria de ser del 65%, i actualment a Catalunya només és del 42%. [2]

Com a objectius específics:

- Escollir l'estructura i dimensionament de la màquina.
- Decidir els sistemes a utilitzar per reconèixer, compactar i distribuir els envasos.
- Fer una proposta de disseny de la màquina de reciclatge d'envasos amb Solidworks.
- Fer una valoració de l'estalvi energètic i el conseqüent estalvi d'emissions de CO<sub>2</sub> que aquesta màquina comportarà.
- Pressupostar aproximadament quant costaria construir-ne un prototip.

### 2.2. Abast del treball

L'abast del treball és el dissenyar les peces que permetran formar el nostre prototip, i acabar obtenint una màquina de reciclatge d'envasos.

Per a dur a terme aquest procés, el desenvolupament mecànic es dividirà en:

- Estructura exterior i interior
- Sistema de reconeixement i transport
- Sistema de compactació
- Sistema de distribució

Es farà l'estudi de l'impacte ambiental per tal de saber l'estalvi d'emissions de CO<sub>2</sub> i poder demostrar que el reciclatge d'envasos permet reduir les emissions.

A partir del disseny fet, es buscaran els preus de les peces utilitzades, per tenir una aproximació del preu total.



No es duran a terme:

- La realització dels sistemes elèctrics i electrònics.
- Els plànols de totes les peces.

### 3. Estat actual del reciclatge

La gestió dels residus és un dels aspectes centrals de la gestió ambiental i, alhora, és un sector rellevant per a l'economia. En els darrers anys s'han viscut avenços fonamentals en l'àmbit dels residus, però encara cal esforçar-se més per assolir objectius de reducció de la generació i mantenir el valor dels productes i els materials.

L'Agència de Residus de Catalunya (ARC) posa a la disposició de qualsevol persona interessada les dades estadístiques que elabora sobre els residus a Catalunya, en el marc de l'obertura progressiva de les dades públiques que duu a terme la Generalitat de Catalunya.

**TAULA 1. EVOLUCIÓ DE LA GENERACIÓ DE RESIDUS MUNICIPALS TOTALS A CATALUNYA**

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Generació de residus (kg/h./dia)	1,54	1,53	1,47	1,35	1,30	1,33	1,35	1,36	1,39	1,43	1,44
Generació de tones de residus municipals	4.198.600	4.190.000	4.044.100	3.736.000	3.588.600	3.651.400	3.706.200	3.732.200	3.847.100	3.975.679	4.046.614
Població (habitants)	7.475.420	7.512.381	7.539.618	7.570.908	7.553.650	7.518.903	7.508.106	7.522.596	7.555.830	7.600.065	7.675.217
Generació de residus municipals a Catalunya (kg/h./any)	562	558	537	493	475	485	494	495	507	523	527
UE 28 (kg/h./any) (Font: Eurostat)	511	504	497	486	479	478	480	486	486	486	486
% recollit selectivament	37,53 %	40,55 %	40,60 %	39,10 %	37,85 %	38,35 %	38,94 %	38,50 %	39,92 %	41,76 %	45,00 %

Font: Agència de Residus de Catalunya i Eurostat.

*Il·lustració 1 Evolució de la generació de residus municipals totals a Catalunya (2019). Font: Agència de residus de Catalunya*

El valor de la generació de residus per habitant a Catalunya l'any 2019 va ser de 527 kg, valor lleugerament superior al de la mitjana europea, que el mateix any havia estat de 486 kg.

El 2019 a Catalunya s'havien generat 4 milions de tones de residus municipals. La tendència evolutiva de la producció de deixalles havia estat la disminució, tot i experimentar un lleuger augment els últims anys, segurament provocat per la sortida de la crisi econòmica. [1]

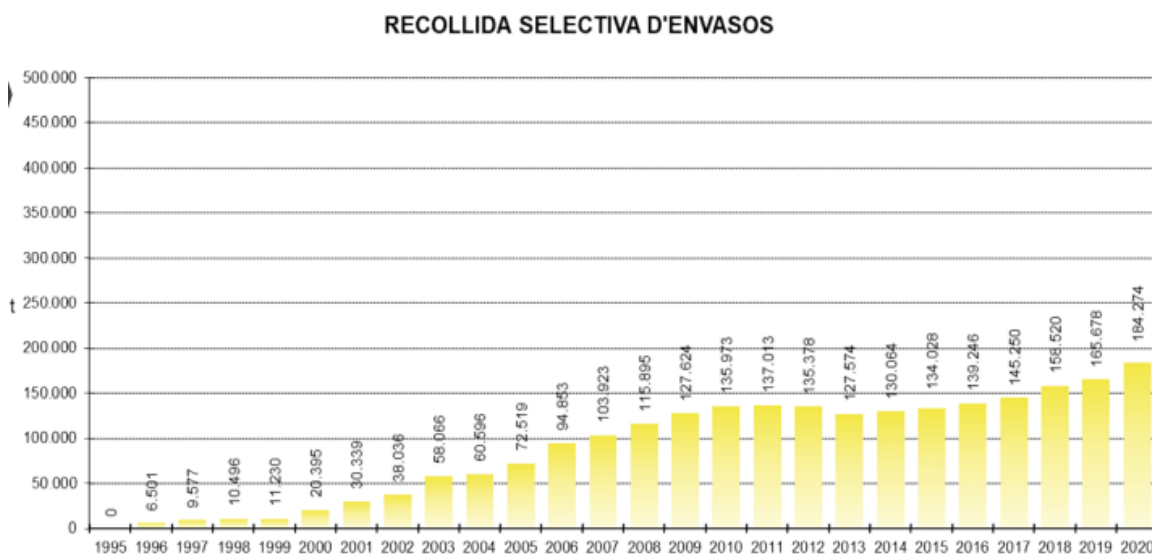
L'any 2020 la generació de residus municipals es va veure afectada per la pandèmia de COVID 19 i els seus efectes sobre la vida quotidiana de la ciutadania i l'activitat econòmica. Es van generar 3.972.851 tones de residus municipals, 1.8% menys que a l'any 2019.

La generació per càpita es va situar en 511kg/hab. Respecte a l'any anterior això representava una baixada del 3,1%. [2]

### 3.1. Reciclatge d'envasos lleugers

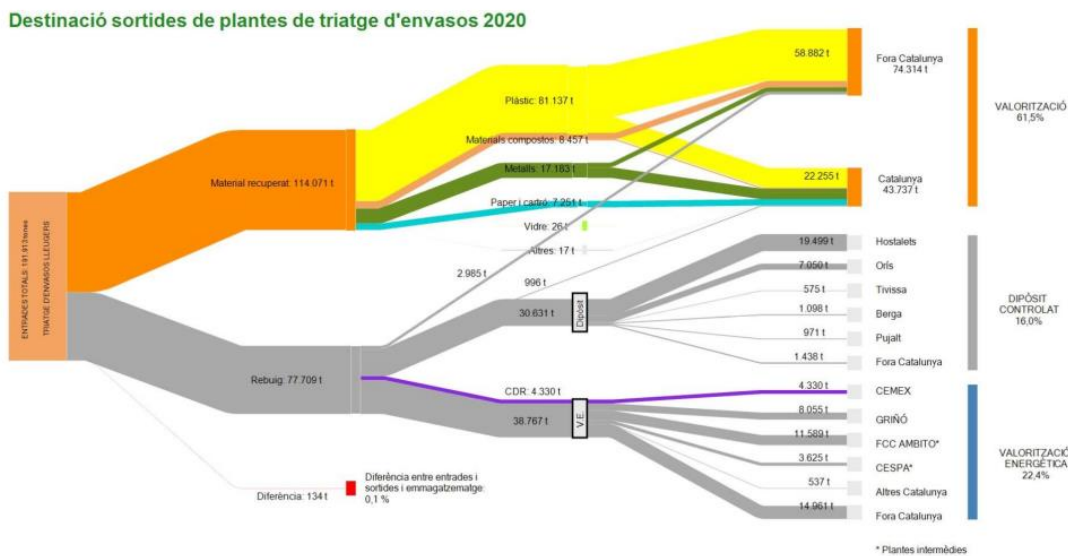
De les 4 fraccions principals de recollida selectiva (orgànica, vidre, paper i cartró i envasos), la que més va créixer va ser la dels envasos lleugers (10.7%). Es van recollir més de 183 mil tones, la quantitat més elevada des de que es va iniciar la recollida selectiva d'aquesta fracció.

L'increment d'envasos podria ser degut a pautes de consum emfatitzades per la pandèmia, com l'increment de compra de menjar envasat, articles de plàstic d'un sol ús, etc. [2]



Il·lustració 2 Evolució de recollida selectiva d'envasos fins l'any 2020 Font: Agència de residus de Catalunya

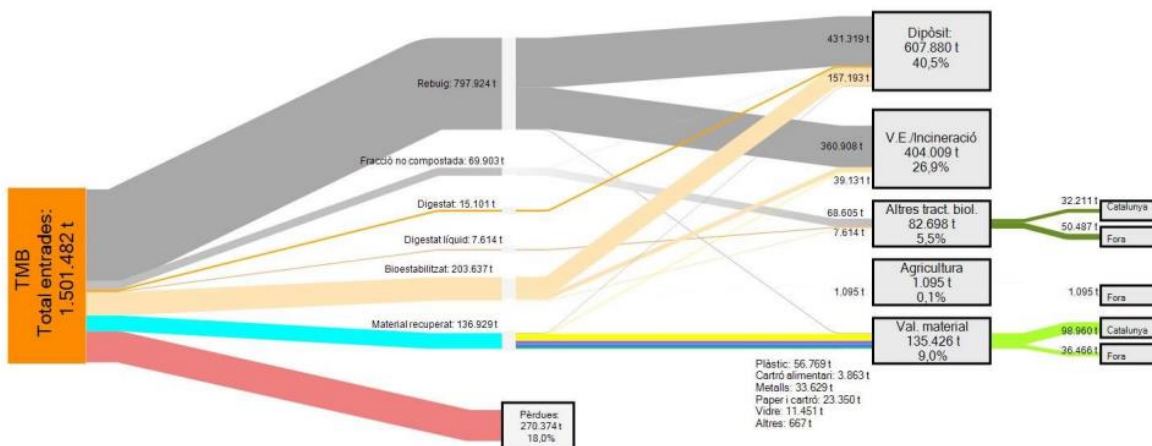
Del material obtingut a les plantes de triatge d'envasos lleugers durant l'any 2020, un 61,5% es va destinar a valorització material. El plàstic recuperat va representar un 42% de les entrades (81.137 t). [2]



Il·lustració 3 Destinació sortides de plantes de triatge d'envasos 2020 Font: Agència de residus de Catalunya

A les plantes de tractament de resta ( que tenen com a principal objectiu l'estabilització de la matèria orgànica) es van recuperar 56.769 t de material plàstic. Va representar un 4% del total de la resta tractada en aquestes instal·lacions. [2]

Destinació sortides de plantes de tractament de resta 2020



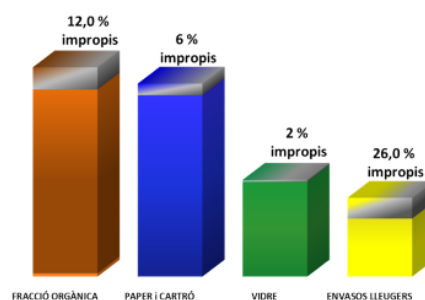
Il·lustració 4 Destinació sortides de plantes de tractament de resta 2020 Font: Agència de residus de Catalunya

Segons les dades recollides l'any 2020, el 26% dels envasos lleugers que es van abocar al contenidor groc eren materials impropis. Significa que no eren reciclables o que no pertanyien al grup d'envasos lleugers. [2]

## Qualitat de la recollida selectiva

- Els materials impropis a les fraccions de residus recollides selectivament afecten l'eficiència dels processos de reciclatge.
- És important aconseguir recollides selectives de qualitat, amb el mínim de materials no corresponents a la fracció (impropis), especialment per a la fracció orgànica.

Recollida Selectiva i materials impropis dels tipus de residus principals (mitjana Catalunya). Any 2020



Il·lustració 5 Qualitat de la recollida selectiva 2020 Font: Agència de residus de Catalunya

## 3.2. Directives europees

Les directives europees estableixen uns objectius per avançar en aquesta línia [1]:

- Els objectius europeus de reciclatge dels residus municipals se situen en el 50 % per a l'any 2020 i el 65 % per a l'any 2030.
- Cal incrementar la quantitat i la qualitat de totes les fraccions que es recullen selectivament per poder re introduir el màxim de materials en l'economia.
- La recollida selectiva de bioresidus és una de les fraccions clau per aconseguir aquests objectius.
- El 2030 només es podran destinar a dipòsit el 10 % dels residus municipals generats.
- Cal disminuir el tractament final de residus per destinar-hi només els residus que no siguin reciclables.
- Per als residus de la construcció i demolició l'objectiu del reciclatge se situa en un 70 % per al 2020.

## 4. Problemàtica dels envasos

### 4.1. Problema dels plàstics

Quan els plàstics no es reciclen ni es recullen, poden acabar en abocadors o cursos d'aigua. El Great Pacific Garbage Patch, per exemple, és una illa de plàstic flotant a l'oceà Pacífic entre Califòrnia i Hawaii. Amb 80.000 tones de plàstic, actualment és 3 vegades més gran que França i s'acumula ràpidament. Quan les onades del mar esmicolen els plàstics en trossos més petits, animals com els peixos se'ls mengen, i és així com els micro-plàstics acaben als plats del consumidor. Estudis científics [3] estimen que qualsevol persona ingereix una mitjana de 5 grams de micro-plàstics setmanalment (equivalent a una targeta de crèdit) a través del consum d'aliments. Recentment s'han trobat micro-plàstics a la placenta humana. Això demostra que els plàstics no només afecten els medis naturals i els animals, sinó també els humans.

Aquest és un dels motius pels qual s'ha creat la Iniciativa Ciutadana Europea #ReturnthePlastics. La campanya aborda el problema de la contaminació per plàstic des de l'origen. [3]

#### 4.1.1. Objectius #ReturnthePlastics

La Iniciativa Ciutadana Europea demana a la Comissió Europea els següents punts [3]:

1. Implementar un sistema de dipòsit a tota la UE per reciclar ampelles de plàstic.
2. Incentivar tots els estats membres de la UE perquè els supermercats (cadena) que venen ampelles de plàstic instal·lin màquines expenedores inverses (*Reverse Vending Machines*) per reciclar les ampelles de plàstic després de ser comprades i utilitzades pel consumidor.
3. Fer que les empreses productores d'ampelles de plàstic paguin impostos sobre el plàstic pel sistema de reciclatge i dipòsit de les ampelles de plàstic (sota el principi que qui contamina ha de pagar)

L'objectiu era haver implementat el sistema de reciclatge #ReturnthePlastics per a ampelles de plàstic a 5 estat membres de la UE per la Conferència del Clima COP26 de l'1 al 12 de novembre de 2021 a Glasgow i posteriorment als 26 estats membres de la UE. La iniciativa espera convertir-se en un moviment global de canvi per rebutjar, reciclar i reduir el plàstic en una lluita contra la contaminació per plàstic. [3]

#### 4.1.2. Sistema de dipòsit d'ampolles

Com es pot veure, la Iniciativa Ciutadana Europea demana la introducció de màquines expenedores inverses (RVM) als supermercats.

L'esquema proposat per a un sistema de dipòsit d'ampolles de plàstic a tota la UE suposaria que els consumidors paguin un recàrrec de 0,15€ per ampolla. La factura en si registraria la despesa com a comissió de dipòsit. Els supermercats serien els encarregats de crear incentius financers per atreure el model als clients.

#Returntheplastics és una iniciativa amb una proposta innovadora: reciclar ampolles de plàstic a partir d'una quota de dipòsit de 15 cèntims d'euro per cada compra d'ampolles de plàstic a la Unió Europea. Un cop buida, el consumidor pot tornar l'ampolla de plàstic a un supermercat que disposa d'una màquina expenedora inversa per recollir ampolles per reciclar-les. Quan el consumidor torna l'ampolla de plàstic buida, el consumidor rep la quota de dipòsit de 15 cèntims d'euro que es pot tornar a gastar al supermercat. [3]

Si la iniciativa #ReturnthePlastics aconseguixen els seus objectius, les empreses de fabricació de plàstics tindrien l'encàrrec de reforçar econòmicament aquest esquema mitjançant el pagament d'un impost sobre els envasos de plàstic que posen al mercat.

El 3 de juliol de 2021 va entrar en vigor la Directiva de la UE sobre plàstics d'un sol ús [3][5], que prohibeix els 10 articles de plàstic d'un sol ús més comuns (com plats, coberts, palletes) a tots els estat membres de la UE, mitjançant una llei aprovada pel Parlament Europeu. No obstant això, les ampolles de plàstic que es troben entre els productes plàstics més utilitzats (es calcula que globalment es compren 1 milió d'ampolles per minut) i que triguen fins a 500 anys a descompondre's, no estan incloses a la prohibició dels plàstics d'un sol ús. Per això, la Iniciativa Ciutadana Europea #ReturnthePlastics proposa una Directiva de la UE per a un sistema de dipòsit que permeti als consumidors retornar còmodament les seves ampolles de plàstic als supermercats on les van comprar, per tancar el bucle dels materials utilitzats per produir les ampolles.

Una petició que detallava aquestes idees es va registrar a la Comissió Europea el 13 d'agost del 2021, de manera que la seva implementació en forma de política real depenia de si la iniciativa podia complir les condicions oficials d'acceptació, és a dir, aconseguir un milió de signatures en almenys 7 països membres de la UE.

La Directiva de la UE sobre plàstics d'un sol ús, que implica l'eliminació dels gots de begudes, no s'estén, però, a les ampolles de PET. Amb la intenció d'eliminar aquests productes de manera més gradual, la UE s'ha limitat dins de les competències de la directiva a mesures de conscienciació, mesures

d'etiquetatge per als productors que informin els consumidors sobre el contingut de plàstics dels productes, així com a la gestió i neteja general de residus.

#ReturnthePlastics va crear un logotip especial que els productors d'ampolles de PET poden incloure a l'etiqueta de les ampolles de PET que produeixen. Aquest logotip indica que es pagarà una fiança de 15 cèntims d'euro amb la compra de l'ampolla per part del consumidor a la caixa. En escanejar el codi de barres de l'ampolla de plàstic, s'afegirà automàticament el dipòsit de 15 cèntims d'euro a la factura del consumidor, esmentant que aquest import és la quota de fiança per la compra de l'ampolla de plàstic. [3]

El motiu de l'omissió de les ampolles de PET de la directiva sobre els plàstics es deu al raonament que es reciclen fàcilment.

El que cal destacar en el context, però, és que només el 65% de les ampolles de PET es recullen realment per al seu reciclatge a Europa. [4]

Com que la directiva sobre plàstics d'un sol ús ha establert un objectiu de recollida del 90% de reciclatge d'ampolles de PET el 2029 i que les ampolles han de contenir el 30% del contingut reciclat l'any 2030, les taxes de recollida s'han de disparar perquè la UE pugui assolir els objectius establerts, fent que la iniciativa #ReturnthePlastics sigui més important que mai. [3]

Alemanya, Noruega, Finlàndia, Dinamarca i el Paísos Baixos han aconseguit taxes de recuperació de plàstic superiors al 90% després d'implementar els seus esquemes de dipòsit d'ampolles. [4]

L'èxit acostuma a dependre de canviar la mentalitat de les persones acostumades a veure les ampolles de plàstic com un residu en lloc d'un actiu; un exemple recent de quan aquest tipus de revaloració va funcionar va ser quan el Regne Unit va introduir un càrrec de 5 penics a les bosses de plàstics. La mesura va provocar una caiguda a nivell nacional de l'ús de bosses de plàstic en un 85%, ja que la gent "no volia malgastar diners". [4]

No obstant això, també s'han rebut crítiques contra els sistemes de dipòsit d'ampolles.

En molts aspectes, posen la responsabilitat del reciclatge directament sobre les espatlles dels consumidors que, en cas d'edat avançada o discapacitat, no sempre se'ls pot exigir que tornin als supermercats amb regularitat per utilitzar les màquines expenedores inverses corresponents.

La responsabilitat compartida a tota la cadena de subministrament de plàstic per a les ampolles de plàstic al final de la seva vida útil que està lligada a l'EPR\*(Extended Producer Responsibility) , així com



la sensibilitat dels productors cap a la sostenibilitat en l'etapa de disseny de les ampolles podrien presentar solucions alternatives al problema del plàstic. [4]

#### 4.1.3. Exemples de països de la UE

A tota la UE, hi ha molts exemples de sistemes de reciclatge efectius.

Eurostat, el servei estadístic de la Unió Europea, situa a Bèlgica al capdavant (rescata el 97% del total). Alemanya el segueix amb un 96,8%. Noruega i Finlàndia, que també pertanyen al grup capdavanter, recuperen més del 90%. I Suècia, aproximadament un 80%. [8]

A Alemanya [3] hi ha un sistema dual per reciclar les ampolles de plàstic, primer mitjançant la classificació de residus i, en segon lloc, mitjançant un sistema de dipòsit pel qual els consumidors paguen una quota de dipòsit quan compren ampolles de plàstic en retornar el producte a la màquina expendedora inversa.

A Roma, es pot pagar una tarifa de bitllet de metro (parcialment) amb ampolles de plàstic a través de màquines expendedores inverses.

La campanya #ReturnthePlastic vol crear un sistema de reciclatge que es pugui implementar als supermercats de tots els països com l'inici d'una solució global a la contaminació per plàstic.

#### 4.1.4. Solució als problemes del plàstic

Carrers, abocadors, oceans, boscos i platges d'arreu del món estan plens d'ampolles de plàstic PET. Aquesta innovació resoldrà diferents problemes alhora [3]:

- El procés de reciclatge requereix menys energia i menys matèries primeres que no pas el fet de produir ampolles de plàstic completament noves.
- Les ampolles de plàstic ja no es trobaran com a escombraries al carrer sinó que es recolliran.
- Aquest sistema crearà consciència sobre el cost ambiental de la producció de plàstic al planeta.

## **4.2. Problemàtica de l'alumini**

L'alumini és un dels elements que hi ha amb més quantitat a l'escorça terrestre, però té un alt cost d'extracció, sobretot energèticament parlant. L'alumini reciclat estalvia un 94% de l'energia, motiu pel qual s'hauria de reciclar en la seva majoria. [6]

S'obté a través de la bauxita i les mines de bauxita tenen un impacte ambiental molt greu al territori. El motiu pel qual causa danys és perquè són mines obertes, i el seu impacte en el medi és més greu que en mines subterrànies. L'extracció de la bauxita erosiona el sòl i elimina tota la flora, de manera que també afecta la fauna del seu entorn.

La contaminació que genera la indústria de l'alumini és preocupant perquè provoca milions de tones a l'any de gasos d'efecte hivernacle, com el diòxid de carboni, i gasos que es troben en la pluja àcida com l'òxid de sofre i l'òxid de nitrogen. A més, el procés de transformació de la bauxita en l'alumini requereix de grans quantitat d'energia i aigua.

### **4.2.1. Sistema de dipòsit de les llaunes d'alumini**

Com ja s'ha comentat en el punt 4.1.2. veiem que el sistema de dipòsit en les llaunes d'alumini és similar, ja que la majoria de màquines RVM ofereixen el mateix servei tant per ampolles de plàstic com per llaunes d'alumini, així com per ampolles de vidre en alguns casos. És per això que la manera en que es dipositen les llaunes en les RVM és la mateixa.

El preu establert per la UE de 0,15€ també dependria de la mida de l'envàs, ja que no és el mateix parlar d'una llauna de 0,33L i d'alumini, i no pas d'una ampolla PET de 1,5 o 2L. [3]

### **4.2.2. Exemples de països de la UE**

En el cas de les llaunes d'alumini, no és diferent que les ampolles de plàstic pel fet que, els països que utilitzen màquines per reciclar el plàstic ho fan també amb l'alumini.

Veiem el cas d'Hongria [7], on la companyia de reciclatge Returpack proporciona Reverse Vending Machines. El model Standalone, del qual parlarem en el punt sobre Anàlisi de mercat, es troba en llocs públics com supermercats i ofereix un cupó de descompte per incentivar als ciutadans a retornar les llaunes, així com les ampolles.

### 4.2.3. Solució al problema de l'alumini

El procés de reciclatge comença amb la recollida de dit material, per posteriorment traslladar-lo a la planta de reciclatge, a on es separa, neteja i s'aixafa creant grans blocs. Seguidament, es fon i majoritàriament s'exporta en plaques creant altra vegada làmines d'alumini per donar-li un nou ús.

Degut a que l'alumini es pot reciclar infinitament, quan aquest es recicla pot convertir-se de nou en llaunes, peces de cotxe i demés usos que tingui aquest material.

S'aprofita el 100% del material, i gràcies a això, s'estalvia el 95% de l'energia, si es compara amb la producció a partir de la bauxita.

La producció amb alumini reciclat genera només un 15% de les emissions de l'efecte hivernacle, causants del canvi climàtic. [6]

## 5. Anàlisi de mercat

En aquest apartat s'ha realitzat un estudi d'algunes de les empreses més importants de màquines expendedores inverses d'arreu del món. A continuació es mostra una taula d'aquestes.

Empreses analitzades RVM	
Ganamos Reciclando	Incom Recycle
BeGreen	Sielaff
Ecoembes	RVM Systems AS
Tomra	Returpack
Kansmacker	Envipco

Taula 1 Empreses analitzades de Reverse Vending Machines. Font: Elaboració pròpia

De cada una d'aquestes empreses se n'ha extret alguna idea o informació relacionada amb el funcionament, les dimensions, la compactació, els materials els quals s'ha decidit reciclar i demés factors.

## 5.1. Ganamos Reciclando

Aquesta és una de les primeres empreses d'Espanya que incorpora màquines de reciclatge amb incentius, per tal de premiar l'acció de reciclar. El projecte neix de la necessitat de consciència ciutadana sobre el reciclatge selectiu.

Aquesta empresa detalla molt bé el funcionament global d'aquestes màquines. Les *reverse vending* funcionen a la inversa que les màquines expendedores que coneixem. Aquestes màquines posseeixen un dispositiu que reconeix a través de la lectura de codi de barres de les llaunes i els envasos de plàstic, la densitat del material a reciclar i retorna monedes o cupons de descompte.

Avui en dia però, a Espanya, el benefici és simbòlic, ja que a diferència d'altres països com Alemanya, la gent paga primer el dipòsit de l'envàs (inclòs en el preu del producte) i al reciclar se li retorna el dipòsit. A Espanya actualment no ha estat possible degut a la legislació de lleis sobre gestió de residus. Però normativa aprovada l'any 2020, permetrà afegir un impost al preu de l'envàs de cares al 2023. [8]

## 5.2. BeGreen

L'objectiu principal a tractar d'aquesta empresa espanyola és el reciclatge. Reciclar és una de les accions més importants que es poden dur a terme per ajudar al medi ambient. Aquest és un procés per el tractament de residus, tant industrials com domèstics, que permet tornar a introduir-los en el cicle de producció d'un producte o de materials que el componen.

Aquesta empresa també té les seves pròpies Reverse Vending Machines. Com bé s'ha explicat en l'empresa Ganamos Reciclando, BeGreen dur a terme el mateix procés en quant a funcionament de les màquines. L'usuari introdueix un producte a la màquina (en aquest cas parlem d'un envàs utilitzat), i la màquina retorna un incentiu que en el seu cas és un eco-tiquet que es pot utilitzar com a descompte en els comerços associats.

BeGreen remarca els beneficis d'aquest tipus de màquines:

- Beneficis per el local/supermercat: afavoreix la imatge de l'establiment, ja que transmet responsabilitat ecològica i innovació.
- Beneficis per l'anunciant: transmeten una imatge 'verda' i compromesa amb el medi ambient. A més, al incentivar amb eco-tiquets, poden atraure nous clients.
- Beneficis per l'usuari: la persona que utilitza aquestes màquines es beneficia d'eco-tiquets amb descomptes en els comerços associats.

Dins la varietat de models de BeGreen, se n'han estudiat dos, on realment l'única diferència és el nombre de contenidors en els que es distribueixen els envasos. [9]

BeGreen	GREENY EC2	GREENY EC3
Dimensions (W x D x H) $cm^3$	88x62x153	88x62x153
Espai d'emmagatzematge $m^2$	0,54	0,54
Velocitat (compactació d'envasos per segon)	2	2
Pes kg	190	190
Capacitat d'emmagatzematge per envasos:		
Ampolles PET 0,5 L (compactades)	210	210
Llaunes d'alumini( compactades)	800	800
Vasos de plàstic (compactats)	900	900
Nombre de contenidors	2	3

Taula 2 Característiques dels models BeGreen. Font: Elaboració pròpia

D'aquest model no interessa tant l'estètica o les dimensions, sinó la idea d'afegir un compartiment per als tacs de les ampolles. A més, compacta en una mateixa màquina ampolles PET i llaunes d'alumini, la qual cosa s'agafa com a proposta per al nostre prototip.



Il·lustració 6 Model Greeny EC2. Font: BeGreen

## 5.3. Ecoembes

Empresa espanyola que des del 1996 ha ajudat a impulsar la consciència mediambiental fins a convertir el reciclatge en un hàbit en el dia a dia. Aquesta organització sense ànim de lucre, gestiona el reciclatge de residus que es dipositen en el contenidor groc i blau. Treballen juntament amb els ciutadans, entitats públiques i empreses per tal que el reciclatge d'envasos domèstica sigui una realitat a l'estat espanyol.

Les seves màquines RVM, s'anomenen RECICLOS, i tenen algunes de les seves màquines situades a Sevilla. El funcionament d'aquestes, a diferència de Ganamos Reciclando i BeGreen, és a partir d'una app, i no d'un tiquet. El usuari s'han de registrar a la webapp, dipositar les llaunes d'alumini i ampolles PET en màquines RECICLOS i escanejar el QR que mostrarà la màquina.

A més, en aquest cas els usuaris reben punts amb els que poden ajudar a millorar el seu entorn a través d'incentius sostenibles i socials. Per exemple, poden donar els punts RECICLOS que obtenen al reciclar a projectes de donació d'aliments a famílies vulnerables o que ho necessitin. RECICLOS també estableix un límit setmanal de llaunes i ampolles de plàstic per tal que els ciutadans obtinguin punts al reciclar.

### 5.3.1. Punt Verd

El Punt Verd és un símbol que indica al consumidor o consumidora que quan l'envàs que el porta passi a ser un residu, aquest serà reciclat, ja que l'empresa responsable està acol·lida a un sistema integrat de gestió de residus (SIG) i paga a aquest últim per la prestació del servei de reciclatge que realitza.



*Il·lustració 7 Símbol del Punt Verd.  
Font: Ecoembes*

El Punt Verd, a part de ser un símbol, és una garantia que ens indica que les empreses responsables de l'envàs estan complint la Directiva Europea 94/62/CE i la llei nacional 11/97 d'Envasos i Residus d'envasos. [11]

Aquest símbol pot aparèixer en envasos de plàstic, metàl·lics, del tipus *bric* i en cartró i paper, i són gestionats a Espanya per Ecoembes.

A continuació es mostra el cost del Punt Verd, que correspon a costos de gestió del residu de l'envàs. Perquè a igualtat de pes, no costa el mateix la gestió d'un envàs d'alumini que un de plàstic, cartró o acer. [10]

Material	Producte	2020	2021	2022
Alumini	Llaunes	0,102€/kg	0,102€/kg	0,113€/kg
	Resta d'envasos	0,102€/kg	0,102€/kg	0,096€/kg
Plàstic	Ampolles PET <3L	0,433€/kg	0,490€/kg	0,440€/kg
	Resta d'envasos PET	0,433€/kg	0,490€/kg	0,415€/kg

Il·lustració 8 Tarifes per cobrir cost extra de l'alumini i del plàstic. Font: Ecoembes

Aquestes tarifes, són calculades per Ecoembes per cobrir el cost extra que suposa la recollida selectiva de residu d'envasos.

## 5.4. Tomra

L'empresa TOMRA es considera una de les empreses més importants d'Europa i del món actualment. Va ser fundada a Asker (Noruega), per dos germans fa més de 40 anys. Aquesta empresa noruega es va crear per a la devolució d'envasos de begudes buides, però al principi, va ser creada per solucionar un problema: un botiguer local volia una màquina que pogués recuperar ampolles buides de forma ràpida i fàcil.

Durant els seus anys de creació van evolucionar fins a les anomenades *Reverse Vending Machines*. Actualment, ofereixen una àmplia gamma de màquines i sistemes adaptats a la botiga o supermercat. És per això que a continuació es mostrarà un estudi comparatiu d'algunes de les màquines.

Aquestes màquines es divideixen en cinc línies diferents [12] :

- Mini: màquines expenedores inverses (RVM) de baix volum per a botigues de conveniència i petites que necessiten una solució de reciclatge eficient en l'espai.
- Standalone: màquines expenedores inverses de volum baix a mitjà per a botigues petites i mitjanes que requereixen una solució de reciclatge eficient en espai amb una bona capacitat d'emmagatzematge.
- Flexible: sistemes de venda inversa modulars de volum mitjà a alt per a botigues mitjanes i grans que requereixen una solució de reciclatge a mida amb una major capacitat d'emmagatzematge.



- Revolution: sistemes de venda inversa modulars de gran volum per a grans botigues que busquen oferir una experiència de reciclatge premium.
- Expert: sistemes modulars de recompte i classificació de volums alts o extrems per a majoristes de begudes, centres logístics, operadors de sistemes, dipòsits d'ampolles, centres de rescat i instal·lacions industrials.

D'aquestes 5 possibilitats, s'escull estudiar els models de la Standalone. Principalment, s'escull per tenir unes dimensions que ofereixin prou espai, però no arribin a ser d'ús industrial. D'aquesta forma també s'incentiva a fer la compra en supermercats de mida mitjana, molt comú en àrees metropolitanes, on hi ha més densitat de població.

Dins les Standalone hi ha diferents models [12]:

TOMRA	S1 Rugged	T70 Single
Standalone (Model)		
Dimensions (W x D x H) $cm^3$	82x110x129	81,3x104x169
Espai d'emmagatzematge $m^2$	0,902	0,84
Velocitat (envasos per minut)	45	45
Capacitat d'emmagatzematge per envasos:		
Ampolles PET (compactades)	1100	1100
Llaunes d'alumini(compactades)	3200	3200
Ampolles de vidre	350	300 (no recarregables)

Taula 3 Característiques dels models TOMRA. Part 1. Font: Elaboració pròpia

TOMRA	T70 Dual	T70 TriSort	T90
Standalone (Model)			
Dimensions (W x D x H) $cm^3$	129,3x104x180	190x104x180	187,8x145,4x177,3
Espai d'emmagatzematge $m^2$	1,4	2	2,7
Velocitat (envasos per minut)	45	45	45
Capacitat d'emmagatzematge per envasos:			
Ampolles PET (compactades)	1500	850	3000
Llaunes d'alumini(compactades)	3000	1500	12000
Ampolles de vidre	-	230 (recarregables)	300 (recarregables)

Taula 4 Característiques dels models TOMRA. Part 2. Font: Elaboració pròpia

De tots aquests models, es decideix optar per la T70 Dual, ja que és l'única centrada en compactar ampolles PET i llaunes d'alumini, sense tenir en compte el vidre, la qual cosa no es treballa en aquest projecte. A més, té les dimensions adequades al no ser ni massa gran ni massa petita.



Il·lustració 9 Model TOMRA T70 Dual. Font: Tomra

## 5.5. Kansmacker

Aquesta empresa privada es va fundar a Lansing, Michigan al 1978 com a negoci local en quan l'estat americà va introduir la llei de dipòsit d'ampolles. Avui en dia, Kansmacker, amb les seves Reverse Vending Machines operen a milers de llocs d'Estats Units i el Carib.

La característica de les seves màquines és que la seva patent tecnològica es dedica a la reducció del volum dels envasos, incloent els envasos més complexos. A més a més, l'empresa es dedica a donar solucions, que inclouen el disseny del sistema, la construcció, la instal·lació personalitzada i el suport extern.

De les característiques dels seus models, especifica l'escàner de codi de barres i el motor per la compactadora més adequada. Tot i que encara s'ha de decidir quin sistema de compactació s'utilitzarà en el nostre prototip, ens dona una idea aproximada de la potència que hauria de tenir. [13]

Technical Data	
Voltage	110-115 V 1 Ph (Standard Outlet)
Amps	15 - 20 Amps
Crusher Motor	3/4 Hp 1Ph motor w/ manual reset Thermal overload
Barcode Scanners	Dual Omni-Directional laser barcode scanners

*Il·lustració 10 Model motor per la compactadora. Font: Kansmacker*

## 5.6. Incom Recycle

INCOM es va fundar l'any 2003. El 2012, INCOM va desenvolupar amb èxit la primera màquina de reciclatge intel·ligent de la Xina per a l'Internet de les coses i va crear una plataforma de gestió intel·ligent per a fonts de reciclatge i control de flux. El 2015, INCOM i TOMRA GROUP van crear empreses conjuntes, una empresa noruega líder en el camp de les màquines i eines de reciclatge i la separació industrial, que representa al voltant del 80% de la quota de mercat global de màquines de reciclatge intel·ligents. El 2017, amb la inversió de Sino-Ocean Group, es va fundar Sino-Ocean INCOM. [14]

Incom Recycle	YC301	H10	H11 (porta bosses)
Dimensions (W x D x H) $cm^3$	85x100x180	85,4x95x184,1	85,4x95x184,1
Dimensions del container (W x D x H) $cm^3$	85x72x90	60x80x85	60x80x85
Espai d'emmagatzematge $m^2$	0,9	0,81	0,81
Velocitat (envasos per minut)	30	15	15
Pes $kg$	260	230	270
Capacitat d'emmagatzematge per envasos:			
Ampolles PET (0,5 L no compactades)	400	240	350
Ampolles PET (1,5 L no compactades)	150	90	150
Llaunes d'alumini(0,33 L no compactades)	800	380	520
Llaunes d'alumini(0,5 L no compactades)	-	-	-
Ampolles vidre (0,6 L no compactades)	-	-	-

*Taula 5 Característiques dels models Incom Recycle. Part 1. Font: Elaboració pròpia*

Incom Recycle	H11 (de caiguda suau)	H30 (individual)	H30 (separats)
Dimensions (W x D x H) $cm^3$	85,4x95x184,1	88x91x189	88x91x189
Dimensions del container (W x D x H) $cm^3$	60x80x85	71x78x80,5	71x78x80,5
Espai d'emmagatzematge $m^2$	0,81	0,8	0,8
Velocitat (envasos per minut)	15	40	40
Pes $kg$	270	367	367
Capacitat d'emmagatzematge per envasos:			
Ampolles PET (0,5 L no compactades)	250	680~750	450~500
Ampolles PET (1,5 L no compactades)	110	-	-
Llaunes d'alumini(0,33 L no compactades)	400	1150~1500	450~500
Llaunes d'alumini(0,5 L no compactades)	-	800~1000	300~350
Ampolles vidre (0,6 L no compactades)	170	-	-

Taula 6 Característiques dels models Incom Recycle. Part 2. Font: Elaboració pròpia

Després d'estudiar el model d'aquestes màquines i les seves dimensions, cap d'aquestes ha acabat d'encaixar amb el tipus de màquina que es vol dissenyar. Principalment perquè per al futur prototip que es vol dissenyar interessa que les ampolles i llaunes siguin compactades, i aquest models no ho ofereixen. A més, tot i que les dimensions siguin similar a les de TOMRA, estèticament no agraden tant ja que es busca que tingui doble porta a la part inferior, cosa que es veu més còmode a l'hora de treure els dipòsits.

El que si és interessant destacar és que explica la forma en què els envasos cauen al dipòsit, sigui amb porta bosses o amb caiguda lliure directament al dipòsit. En el nostre futur disseny s'ha decidit que sigui per caiguda de lliure per no malgastar bosses de plàstic.



Il·lustració 11 Models YC301; H10/11; H30. Font: Incom Recycle

## 5.7. Sielaff

Un alt nivell d'enginyeria combinat amb un estil de vida modern: un estàndard que Sielaff ha modelat de manera sostenible des de 1886.

Així és com es presenta l'empresa alemanya Sielaff, que ofereix productes relacionats amb les màquines expenedores. Però des de ja fa uns anys també varen començar amb les màquines expenedores inverses per tractar el tema del reciclatge, la sostenibilitat i el medi ambient.



*Il·lustració 12 Model Sielaff. Font: Sielaff*

Aquest model anomenat SiCompact 2020, té unes característiques i dimensions semblants a la T70 Dual de Tomra que s'ha escollit. En aquest cas, cal destacar la següent informació tècnica [15]:

- Camera-based, rotationless Omega 360° container recognition in real time



*Il·lustració 13 Sistema de reconeixement Omega 360°. Font: Sielaff*

El sistema de reconeixement de càmeres Omega 360° garanteix una acceptació fiable de l'envàs fins i tot si aquest està deformat o no és cilíndric. El sistema de reconeixement de càmeres Omega 360° també permet futures formes d'embalatge si s'amplien els materials de l'esquema de devolució del dipòsit.

Aquest sistema és molt adequat ja que moltes vegades ens podem trobar ampolles o llaunes deformades. D'aquesta manera es podria llegir el codi de barres gairebé sempre.

- Cleaning brushes



*Il·lustració 14 Cleaning brushes. Font: Sielaff*

Per reduir el temps del personal dedicat a la neteja de la màquina expendedora inversa, Sielaff ha implementat un procés de neteja automatitzat que neteja la brutícia i els vessaments de la cinta transportadora, reduint costos i augmentant el rendiment.

## **5.8. RVM Systems AS**

RVM Systems és una empresa escandinava que desenvolupa, produeix, fabrica, instal·la i manté solucions per a Reverse Vending Machines. Es dediquen a aportar el seu coneixement i experiència a solucions de reciclatge, amb l'objectiu de donar als envasos una vida infinita. [16]

Entre els seus models destaca la RVMX20, que és un dels models Standalone que més s'assembla a la T70 Dual escollida de Tomra. Al igual que amb la SiCompact 2020 de Sielaff, coincideixen bastant amb les dimensions i estructura exterior. Per exemple, s'ha destacat prèviament el fet que tinguin dues portes per poder extreure els dipòsits còmodament.



*Il·lustració 15 Model RVMX2020. Font: RVM Systems AS*

## 5.9. Returpack

Returpack, una empresa de reciclatge d'envasos amb seu a Budapest, juntament amb el fabricant Sealorient Kft., van desenvolupar un sistema de recollida automatitzat -la màquina expenedora inversa (RVM)-, per recollir llaunes i ampolles, l'any 2009. [7]

Aquesta RVM està dissenyada per col·locar-la en espais públics com els centres comercials, permetent als ciutadans portar i llençar les seves llaunes d'alumini i ampolles de plàstic PET en el moment que els convingui. Després de col·locar les seves llaunes i ampolles a la màquina automatitzada, l'usuari rep un cupó d'incentius a canvi. Així doncs el seu funcionament és semblant als comentats anteriorment.

La RVM està equipada amb un dispositiu de reconeixement d'alumini, que li permet rebutjar immediatament els materials no reciclables. Aquest factor es pot tenir en compte alhora de separar en una mateixa màquina les llaunes d'alumini i les ampolles PET.

## 5.10. Envipco

Envipco és una empresa americana encarregada de fabricar i distribuir màquines de reciclatge invers (RVM). L'empresa està situada a Naugatuck, Connecticut. És una empresa que està implementant noves maneres de reduir la nostra petjada de carboni. [17]

ENVIPCO	FLEX	ULTRA
Dimensions (W x D x H) $cm^3$	60x90x185,4	81,3x108,4x185,4
Espai d'emmagatzematge $m^2$	0,54	0,88
Velocitat (envasos per minut)	45	50
Capacitat d'emmagatzematge per envasos:		
Ampolles PET (no compactades)	320	2050
Llaunes d'alumini(no compactades)	650	765
Ampolles de vidre (no compactades)	-	200
Ampolles de vidre (compactades/trencar)	-	485

Taula 7 Models Envipco. Font: Elaboració pròpia

Després d'estudiar els dos models i les seves característiques, es decideix no utilitzar la proposta perquè en aquest cas no es compacten ni les ampolles ni les llaunes.

## 5.11. Quadre resum dels models analitzats

Empreses	Idees considerades	Idees definitives pel disseny
Ganamos Reciclando	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escàner de codi de barres</li> <li>• Impost al preu de l'envàs a Espanya</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impost al preu de l'envàs a Espanya</li> </ul>
BeGreen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentiu econòmic en forma de eco-tiquet</li> <li>• Compartiment per taps</li> <li>• Dimensions</li> <li>• Compactar PET i llaunes en una mateixa màquina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compartiment per taps</li> <li>• Compactar PET i llaunes en una mateixa màquina</li> </ul>
Ecoembes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentiu econòmic a través d'una app (codi QR)</li> <li>• Tarifes Punt Verd</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentiu econòmic a través d'una app (codi QR)</li> <li>• Tarifes Punt Verd</li> </ul>
Tomra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensions Standalone</li> <li>• Situat en supermercats de mida mitjana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Model T70 Dual</li> <li>• Dues portes inferiors</li> <li>• Situat en supermercats de mida mitjana</li> </ul>
Kansmacker	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escàner de codi de barres</li> <li>• Motor compactador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motor monofàsic de 1500rpm</li> </ul>
Incom Recycle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensions</li> </ul>	



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caiguda lliure amb bossa o sense</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caiguda lliure sense bossa</li> </ul>
Sielaff	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de reconeixement de càmeres Omega 360°</li> <li>• <i>Cleaning brushes</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de reconeixement de càmeres Omega 360°</li> <li>• <i>Cleaning brushes</i></li> </ul>
RVM Systems AS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Model Standalone</li> </ul>	-
Returpack	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositiu de reconeixement d'alumini</li> </ul>	(No caldria si s'utilitza la càmera Omega 360°)
Envipco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensions</li> </ul>	-

Taula 8 Quadre resum dels models analitzats. Font: Elaboració pròpia

## 6. Descripció del disseny mecànic

Pel que fa al disseny mecànic, hi ha hagut diferents parts que s'han tingut en compte abans de començar a dissenyar. De totes elles, i com s'explica en l'anàlisi de mercat, moltes de les parts s'han escollit a partir de les empreses i models analitzats.

Per tal d'entendre com funciona la màquina expenedora inversa, es farà un breu resum abans d'entrar en detall en cadascuna de les parts.

L'usuari introduirà les ampolles de plàstic i les llaunes d'alumini per un orifici en el qual hi haurà un escàner de reconeixement. Aquest detectarà mitjançant el codi de barres si es tracta d'una ampolla de plàstic o llauna d'alumini. Una pantalla LCD mostrarà si s'ha detectat i si s'accepta o es rebutja. En cas d'estar plena o de no sé del material corresponent, automàticament es retornarà l'envàs, mitjançant sensors. Per tant, hi haurà una cinta transportadora que acceptarà o rebutjarà l'envàs. Si és acceptat, s'obrirà una comporta on anirà a parar l'envàs.

Un cop superat aquest sistema, l'envàs caurà directament a una compactadora. Aquesta estarà formada per un motor elèctric, que a partir d'una relació d'engranatges de 3 etapes, farà girar els eixos de la compactadora. Aquesta compactarà l'envàs sigui ampolla de plàstic o llauna d'alumini.

Finalment, l'últim sistema serà l'anomenada distribuïdora. Una caixa amb una trampeta al mig que girarà cap a un costat o l'altre en funció de l'envàs per deixar-lo caure al seu contenidor. Aquest, tot i que no entrarem en la part elèctrica i electrònica, sabrà gràcies a uns sensors de quin envàs es tracta en funció del senyal rebut per l'escàner.

Mentre aquest procés passa a l'interior de la màquina, a l'exterior, l'usuari podrà veure en una pantalla LCD com es va acumulant la quantitat de diners obtingut segons els envasos introduïts. Per tant, i per no malgastar paper amb tiquets descompte, la idea es que pugui veure un codi QR a la pantalla de la màquina, per tal d'utilitzar-lo com a descompte en el supermercat en què hi hagi la màquina utilitzant una *app* de les pròpies màquines.

## 6.1. Estructura exterior

El primer és escollir l'estructura exterior, les seves dimensions i materials.

En aquest cas s'ha acabat optant per un model semblant a la màquina TOMRA T70 Dual. S'han utilitzat les dimensions d'aquest model i s'ha fet un disseny similar, amb dues portes inferiors a la zona dels dipòsits. [12]

En quan a material, s'ha optat per utilitzar xapa d'acer galvanitzat, ja que aquest rep un tractament de protecció del metall contra els efectes de la corrosió i l'oxidació. Aquestes xapes es troben en construccions d'estructures metàl·liques, per la qual cosa s'ha considerat adient. [18] A més a més, s'ha decidit aplicar a la xapa d'acer galvanitzat un recobert amb pintura en pols amb RAL 9016, com en les màquines de Be Green. [9] Aquest producte està especialment fet per objectes dissenyats per arquitectura, on les retencions de color i brillantor són exigents.

Durant el procés de selecció de material i dimensions s'ha vist que amb el gruix escollit prèviament la màquina era massa pesada, utilitzant l'acer galvanitzat. De manera que s'ha acabat trobant que aquest model de màquines acostumen a fer entre 10 i 22mm de gruix. [33] L'estructura exterior sol tenir els gruixos més elevats, de manera que s'ha optat per un gruix de 20mm, i pel que fa les portes el gruix mínim de 10mm. També s'ha optat per fer la base buida al centre com en el model TOMRA T70 Dual, per tal d'estalviar material, i fer la màquina menys pesada i reduir en costos.

### 6.1.1. Base

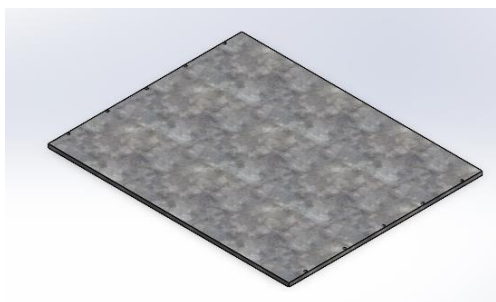


Il·lustració 16 Base estructura. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Amplada: 1293mm Profunditat: 1040mm Altura: 20mm
Material	Acer galvanitzat, recobert amb pintura en pols amb RAL 9016
Fabricació	Laminat en planxa 4 forats (base): Trepant $\varnothing 37.50\text{mm}$ 5 forats (lateral): Trepant roscat M14x2.0 10 forats (base): Trepant roscat M14x2.0

Taula 9 Base estructura. Font: Elaboració pròpia

### 6.1.2. Part superior

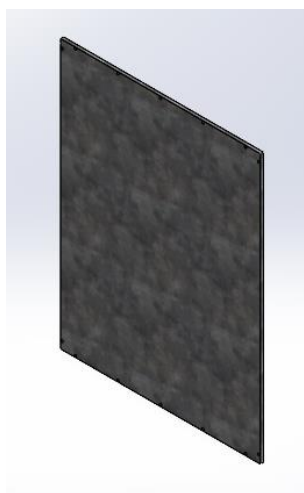


Il·lustració 17 Part superior estructura. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Amplada: 1293mm Profunditat: 1040mm Altura: 20mm
Material	Acer galvanitzat, recobert amb pintura en pols amb RAL 9016
Fabricació	Laminat en planxa  5 forats (lateral): Trepant roscat M14x2.0  10 forats (base): Trepant roscat M14x2.0

Taula 10 Part superior estructura. Font: Elaboració pròpia

### 6.1.3. Part de darrere

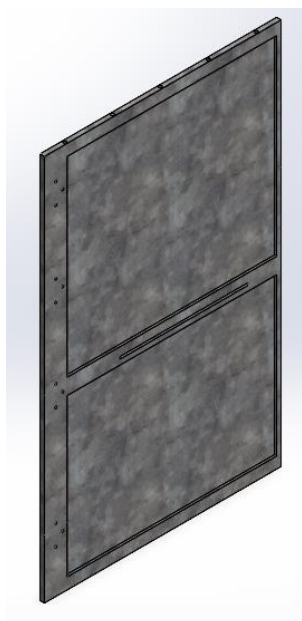


Il·lustració 18 Part de darrere estructura. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Amplada: 1293mm Profunditat: 50mm Altura: 1800mm
Material	Acer galvanitzat, recobert amb pintura en pols amb RAL 9016
Fabricació	Laminat en planxa  14 forats (base): Trepant roscat M14x2.0

Taula 11 Part de darrere estructura. Font: Elaboració pròpia

### 6.1.4. Parts laterals

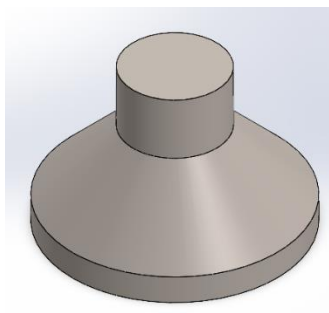


Il·lustració 19 Parts laterals estructura. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Amplada: 1040mm Profunditat: 20mm Altura: 1700mm
Material	Acer galvanitzat, recobert amb pintura en pols amb RAL 9016
Fabricació	Laminat en planxa 10 forats (lateral): Trepant roscat M14x2.0 12 forats (frontisses): Trepant roscat M14x2.0 Tall per oxigen d'un rectangle: (560 x 10 x 10)mm <sup>3</sup>
Quantitat	2

Taula 12 Parts laterals estructura. Font: Elaboració pròpia

### 6.1.5. Suports

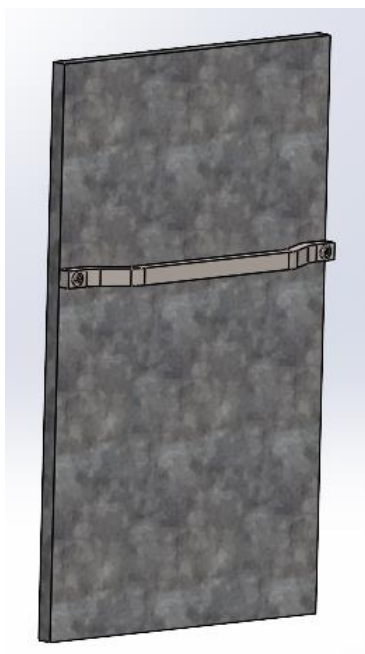


Il·lustració 20 Suports estructura. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Diàmetre gran: 112mm Diàmetre petit: 56mm Altura total: 112mm
Material	AISI 316L Acer inoxidable
Fabricació	Tornejat d'acer inoxidable
Quantitat	4

Taula 13 Suports estructura. Font: Elaboració pròpia

### 6.1.6. Portes inferiors

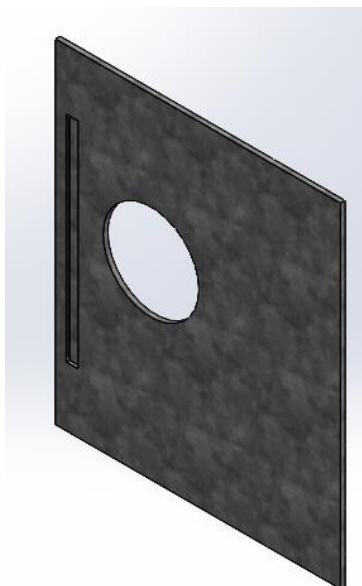


Il·lustració 21 Portes inferiors estructura. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Amplada: 596.5mm Profunditat: 10mm Altura: 1000mm
Material	Acer galvanitzat, recobert amb pintura en pols amb RAL 9016 Mànec: acer inoxidable
Fabricació	Laminat en planxa 2 forats (frontal): Trepant roscat M10 6 forats per frontisses (darrere): Trepant roscat M12 Mànec: tornejat d'acer inoxidable
Quantitat	2

Taula 14 Portes inferiors estructura. Font: Elaboració pròpia

### 6.1.7. Porta amb escàner

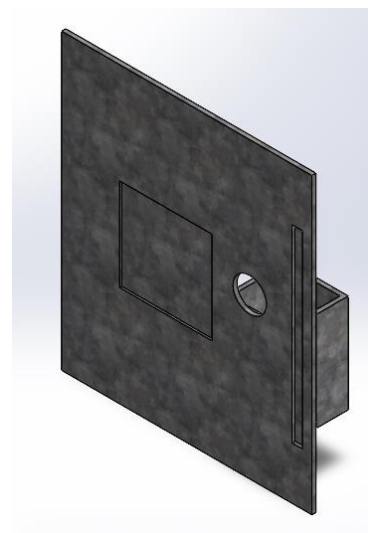


Il·lustració 22 Porta amb escàner estructura. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Amplada: 596.5mm Profunditat: 10mm Altura: 700mm Diàmetre forat: 200mm
Material	Acer galvanitzat, recobert amb pintura en pols amb RAL 9016
Fabricació	Laminat en planxa 6 forats per frontisses (darrere): Trepant roscat M12 Tall per oxigen: $(25 \times 7 \times 450)mm^3$ Tall per oxigen lateral: $(1 \times 10 \times 450)mm^3$

Taula 15 Porta amb escàner estructura. Font: Elaboració pròpia

### 6.1.8. Porta pels taps

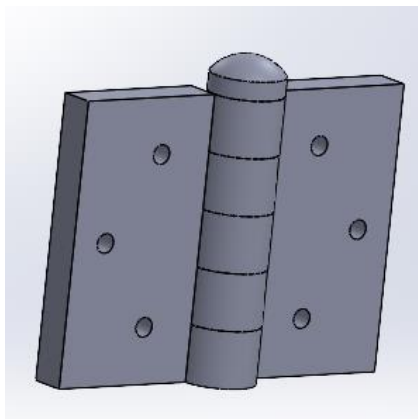


Il·lustració 23 Porta pels taps estructura. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Amplada: 596.5mm Profunditat: 10mm Altura: 700mm
Material	Acer galvanitzat, recobert amb pintura en pols amb RAL 9016
Fabricació	Laminat en planxa 6 forats per frontisses (darrere): Trepant roscat M12 Diàmetre forat: 80mm Pantalla LCD : $(220 \times 10 \times 220)mm^3$ Guarda taps: $(150 \times 150 \times 235)mm^3$

Taula 16 Porta pels taps estructura. Font: Elaboració pròpia

### 6.1.9. Frontisses

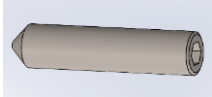
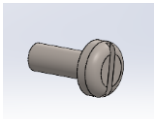
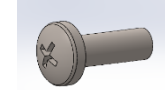


Catàleg [24]	Frontissa porta comercial BI0445R - BI04416R
Material	Acer inoxidable
Quantitat	8

Taula 17 Frontisses Catàleg. Font: Elaboració pròpia

Il·lustració 24 Frontisses Catàleg. Font: Elaboració pròpia

### 6.1.10. Peces comercials

Peça	Dimensions (model)	Quantitat	Fotografia
Cargol de fixació amb cap buit i punta cònica	M12x1.75x60 - B18.3.6M	34	
Cap cilíndric amb cap pla	M10x1.5x13 - B18.6.7M	4	
Cap cilíndric amb cap en creu	M10x1.5x13 - B18.6.7M	48	

Taula 18 Peces comercials estructura exterior. Font: Elaboració pròpia

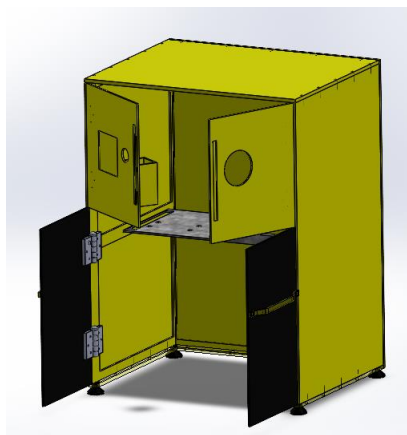


### 6.1.11. Color de l'estructura

Un cop escollit els materials, les dimensions i la fabricació de les peces, cal escollir el color que representarà a aquestes màquines. Després de provar diferents colors i fixar-se en els diferents models, s'ha optat per donar-li un color groguenc. El motiu d'aquest color és que el contenidor on es dipositen els envasos com les ampolles PET o les llaunes d'alumini és de color groc.



*Il·lustració 26 Contenedor groc envasos. Font: Barcelona pel Medi Ambient Gestió de Residus*

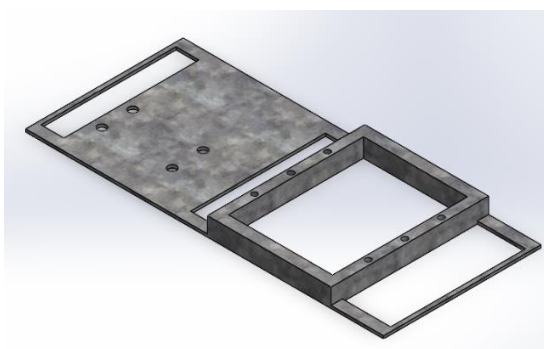


*Il·lustració 25 Disseny prototip Solidworks. Font: Elaboració pròpia*

## 6.2. Part interna

En segon lloc, s'ha hagut d'escollir la part interna de la màquina, i els mecanismes que es voldrien utilitzar per acceptar, compactar i distribuir els envasos de PET i llaunes. A continuació s'expliquen els 3 mecanismes en els que s'ha centrat el disseny intern de la màquina per reciclar envasos. Però primer es mostra l'estructura interna on aniran tots aquests elements.

### 6.2.1. Estructura interna



Il·lustració 27 Estructura interna. Font: Elaboració pròpia

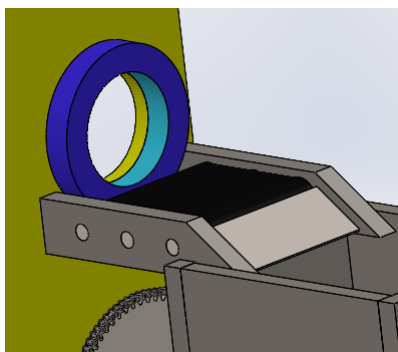
Dimensions	Amplada: 1243mm
	Profunditat: 560mm
	Altura: 10mm
	Segona altura: 10 + 49mm
Material	Acer galvanitzat
Fabricació	Laminat en planxa
	4 forats : Trepant Ø30.0mm
	6 forats: Trepant Ø20.0mm

Taula 19 Estructura interna. Font: Elaboració pròpia

## 6.2.2. Sistema de reconeixement i transport

El primer mecanisme és el que s'encarrega d'escanejar, acceptar i transportar els envasos un cop aquests s'introdueixen a la màquina. Aquest primer sistema consta de les següents parts:

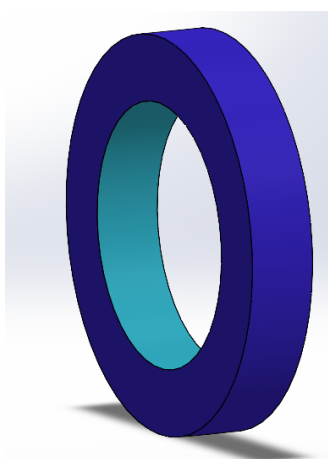
- Cinta transportadora motoritzada per 2 motors.
- Escàner de codi de barres amb reconeixement de 360°
- Caixa electrònica (ordinador, espectròmetre, sistema de rebuig)



Il·lustració 28 Sistema de reconeixement i transport. Font: Elaboració pròpia

Com s'ha comentat anteriorment, en aquest projecte no s'entrarà en l'electrònica de la màquina. Per tant, a continuació es mostra el disseny que s'ha tingut en compte per les diverses parts que s'utilitzaran pel reconeixement i transport dels envasos.

### 6.2.2.1. Sistema de reconeixement de càmeres Omega 360°



Il·lustració 29 Sistema de reconeixement de càmeres Omega 360°. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Diàmetre interior: 200mm
	Diàmetre exterior: 300mm
	Profunditat: 50mm
Material	Per determinar
Fabricació	Per determinar

Taula 20 Sistema de reconeixement de càmeres Omega 360°. Font: Elaboració pròpia

En la càmera de reconeixement només s'especifica les dimensions d'aquest, per situar la resta de parts com la cinta transportadora o la rampa, per tal que els envasos caiguin a la compactadora. [15]

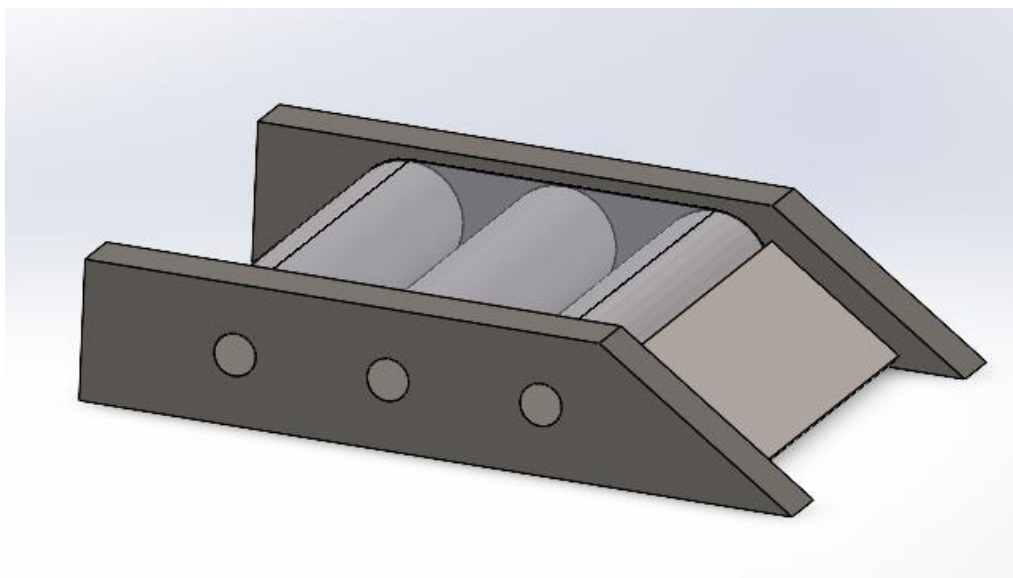
### 6.2.2.2. Cinta transportadora

La cinta transportadora es conforma per diversos elements:

La banda, element que suporta el material i que el desplaça d'un punt a l'altre. Quan es tracta de transportar poc pes, els materials d'aquesta són més flexibles, com el cautxú negre.

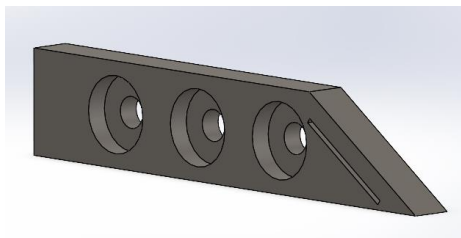
El sistema de transmissió, on es té els tambors, els rodets i els motors. El motor és un element normalment elèctric, que aplica una força mitjançant un eix als tambors, que són els elements sobre els que gira la banda transportadora. Per guiar la cinta transportadora, al llarg de la banda es troben una sèrie de rodets que mantenen el pes de la cinta, així com la tensió. En el cas del nostre prototip, el tenir un curt recorregut, només cal utilitzar un rodet entre els dos tambors. Cada un d'aquests tambors, així com el rodet, conté un rodament amb els seus *circlips* interiors i exteriors, que serveixen per assegurar la retenció d'aquests. [29]

Existeixen cinc materials principals en amb els que s'elaboren les cintes: termoplàstics (polièster, clorur de polivinil, silicona i polietilè), metall (acer inoxidable, alumini i acer al carboni), cautxú (natural i sintètic), tela (cotó i lona) i coure. [30]



Il·lustració 30 Cinta transportadora. Font: Elaboració pròpia

## 6.2.2.2.1. Suports laterals de la cinta

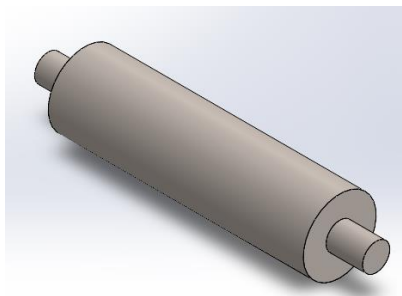


Il·lustració 31 Suports laterals de la cinta. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Longitud fins triangle: 370mm Profunditat: 40mm Altura: 100mm Angle: 35°
Material	Acer al carboni
Fabricació	Laminat en planxa 3 forats per eixos: Trepant Ø30.0mm 3 forats per eixos: Trepant Ø73.0mm Tall per oxigen (W x H x D): (115 x 5 x 10)mm <sup>3</sup>
Quantitat	2

Taula 21 Suports laterals de la cinta. Font: Elaboració pròpia

## 6.2.2.2.2. Tambor motriu i rodet

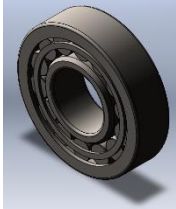
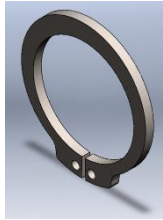


Il·lustració 32 Tambor motriu i rodet. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Longitud: 360mm Diàmetre exterior: 30mm Longitud interior: 280mm Diàmetre interior: 80mm
Material	Acer inoxidable
Fabricació	Tornejat d'acer inoxidable
Quantitat	3

Taula 22 Tambor motriu i rodet. Font: Elaboració pròpia

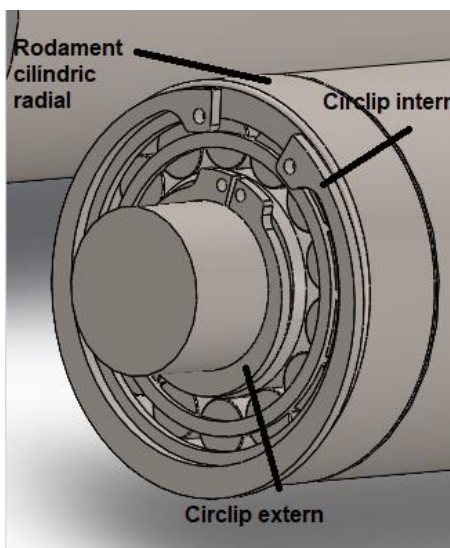
6.2.2.2.3. Peces comercials

Peça	Dimensions (model)	Quantitat	Fotografia
Rodament cilíndric radial	AFBMA 20.1 - 03-30 $\emptyset$ intern: 30mm $\emptyset$ extern: 72mm Gruix: 19m	6	
Circlip intern	B27.7M – 3BM1-68 $\emptyset$ eix: 68mm $\emptyset$ ranura: 72.2mm Gruix ranura: 2.55mm Gruix anell: 2.4mm	6	
Circlip extern	B27.8M – 3DM1-32 $\emptyset$ eix: 32mm $\emptyset$ ranura: 30mm Gruix ranura: 2.55mm Gruix anell: 2.4mm	6	

Taula 23 Peces comercials cinta transportadora. Font: Elaboració pròpia

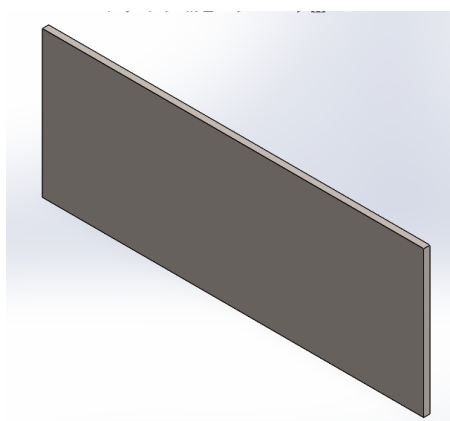
El rodament és un tipus de coixinet que transmet a un bastidor les càrregues procedents de l'eix rotatori que suporta, utilitzant elements de rotació com boles o rodets que permeten el seu gir. Presenta una reduïda resistència al rodament i un desplaçament molt petit.

En el cas dels *circlips*, també coneguts com anells de seguretat, són un tipus d'anells d'acer utilitzats per la subjecció o retenció d'algun tipus de peça. Permeten la rotació d'aquesta peça, evitant el seu moviment lateral.



*Il·lustració 33 Rodament i circlips funcionament.  
Font: Elaboració pròpia*

#### 6.2.2.2.4. Rampa



*Il·lustració 34 Rampa cinta transportadora.  
Font: Elaboració pròpia*

Dimensions	Amplada: 300mm Profunditat: 5mm Altura: 115mm
Material	Acer inoxidable
Fabricació	Laminat en planxa

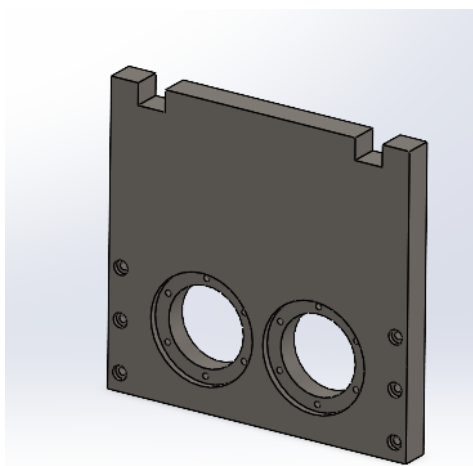
*Taula 24 Rampa cinta transportadora. Font: Elaboració pròpia*

### 6.2.3. Sistema de compactació

En aquest segon mecanisme és on es requereix més temps per estudiar i decidir quin sistema s'utilitza. Principalment perquè la part de compactació d'envasos és la més important per dur a terme un bon procés de reciclatge, eficaç i ràpid. Entre les diverses possibilitats, s'ha optat per la compactadora de rodets. S'ha optat per aquesta perquè és més ràpida que utilitzar una premsa hidràulica o neumàtica.

El material de les següents parts serà l'acer al carboni electro-soldat, ja que és extremadament rígid i amb un alt límit elàstic, de manera que permet suportar sobrecàrregues. [25]

#### 6.2.3.1. Coberta frontal



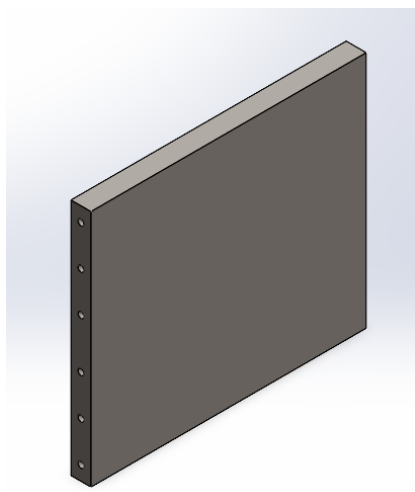
Il·lustració 35 Coberta frontal compactadora. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Amplada: 440mm Profunditat: 40mm Altura: 416mm
Material	Acer al carboni electro-soldat
Fabricació	Laminat en planxa 12 forats : Trepant Ø8.0mm 6 forats: Refrenat per cargol amb cap troncocònic M10 2 talls per oxigen: (40x40x30)mm <sup>3</sup>
Quantitat	2 (una amb 2 talls per oxigen, l'altre sense)

Taula 25 Coberta frontal compactadora. Font: Elaboració pròpia



### 6.2.3.2. Coberta lateral

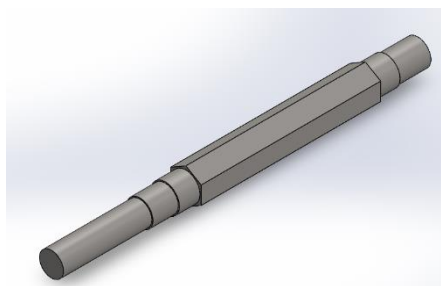


Il·lustració 36 Coberta lateral compactadora. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Amplada: 35mm Profunditat: 480mm Altura: 416mm
Material	Acer al carboni electro-soldat
Fabricació	Laminat en planxa 3 forats : Trepant $\varnothing$ 10.0mm 3 forats: Trepant $\varnothing$ 20.0mm
Quantitat	2

Taula 26 Coberta lateral compactadora. Font: Elaboració pròpia

### 6.2.3.3. Eix A

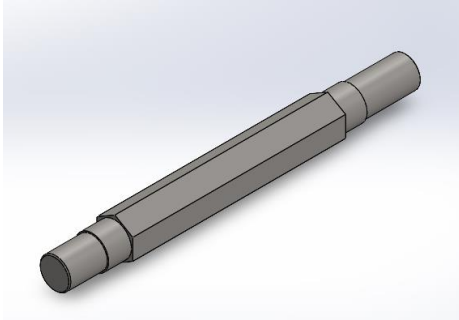


Il·lustració 37 Eix A compactadora. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Hexàgon: $\varnothing$ 30.0mm ; 415mm longitud $\varnothing$ 55mm; $\varnothing$ 60mm; $\varnothing$ 65mm; hexàgon; $\varnothing$ 65mm; $\varnothing$ 60mm Longitud: 202mm; 73mm; 44.5mm; hexàgon; 44.5mm; 108mm
Material	Acer al carboni electro-soldat
Fabricació	Tornejat

Taula 27 Eix A compactadora. Font: Elaboració pròpia

#### 6.2.3.4. Eix B

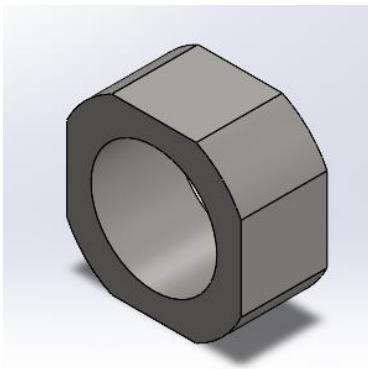


Il·lustració 38 Eix B compactadora. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Hexàgon: Ø30.0mm ; 415mm longitud Ø60mm; Ø65mm; hexàgon; Ø65mm; Ø60mm Longitud: 73mm; 44.5mm; hexàgon; 44.5mm; 108mm
Material	Acer al carboni electro-soldat
Fabricació	Tornejat

Taula 28 Eix B compactadora. Font: Elaboració pròpia

#### 6.2.3.5. Bloquejadors interiors

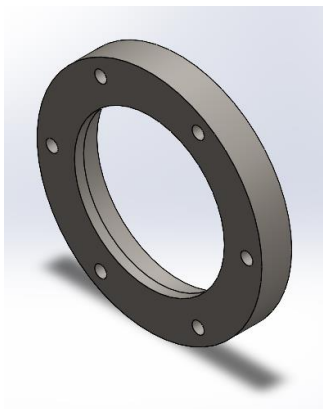


Il·lustració 39 Bloquejadors interiors compactadora. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Amplada: 90mm Profunditat: 44.5mm Altura: 90mm
Material	Acer al carboni electro-soldat
Fabricació	Tornejat Forat: Ø100mm
Quantitat	4

Taula 29 Bloquejadors interiors compactadora. Font: Elaboració pròpia

### 6.2.3.6. Bloquejadors exteriors



*Il·lustració 40 Bloquejadors exteriors compactadora. Font: Elaboració pròpia*

Dimensions	Ø75mm
Material	Acer al carboni electro-soldat
Fabricació	Tornejat  Refrenat per pern amb cap hexagonal: M90  6 forats: Trepant M14
Quantitat	4

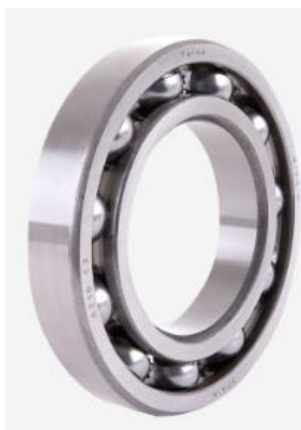
*Taula 30 Bloquejadors exteriors compactadora. Font: Elaboració pròpia*

### 6.2.3.7. Peces comercials

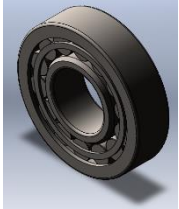
Els rodament de boles radials estan compostats per un anell intern i un anell extern, a més d'un joc de boles de precisió.

Aquests rodaments estan dissenyats per suportar càrregues principalment radials i axials des de qualsevol direcció, i permeten el funcionament a una velocitat relativament elevada.

Les dimensions tècniques compleixen amb la Normativa ISO 15. A més, compleixen amb les dimensions de ranura per anells elàstics detallats en la Normativa ISO 464. [26]

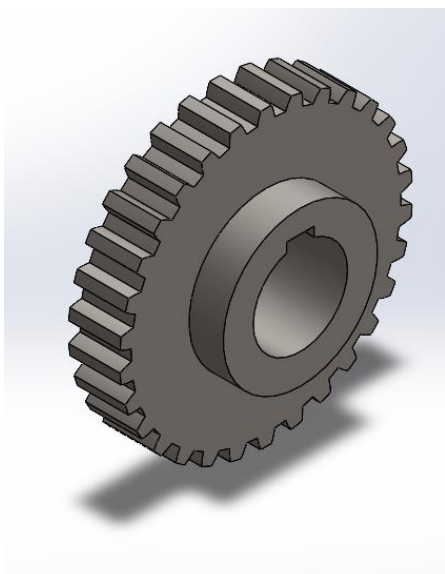


*Il·lustració 41 Rodament de boles radials Font: Fersa Bearings*

Peça	Dimensions (model)	Quantitat	Fotografia
Rodament cilíndric radial	AFBMA 20.1 - 03-30 $\varnothing$ intern: 60mm $\varnothing$ extern: 110mm Gruix: 25m	4	
Circlip intern	B27.7M – 3BM1-68 $\varnothing$ eix: 106mm $\varnothing$ ranura: 110mm Gruix ranura: 2.55mm Gruix anell: 2.4mm	4	
Circlip extern	B27.8M – 3DM1-32 $\varnothing$ eix: 62mm $\varnothing$ ranura: 60mm Gruix ranura: 2.55mm Gruix anell: 2.4mm	4	

Taula 31 Peces comercials compactadora. Font: Elaboració pròpia

### 6.2.3.8. Engranatges

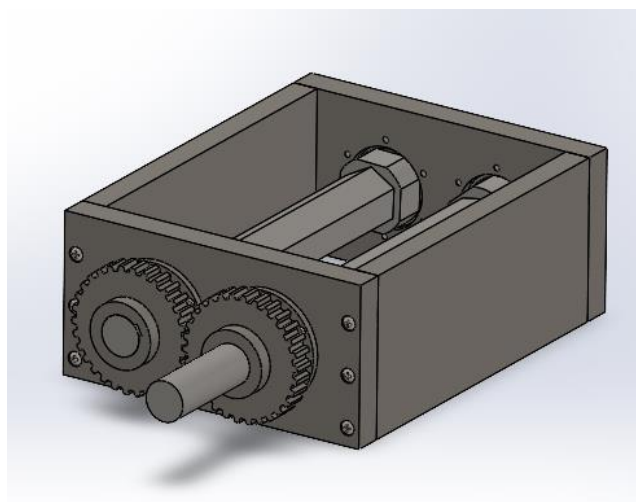


Il·lustració 41 Engranatges compactadora.  
Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Nombre de dents: 30
	Diàmetre exterior: 171mm
	Diàmetre primitiu: 164.25mm
	Diàmetre interior: 157.5mm
	Diàmetre eix nominal: 55mm
	Amplada engranatge: 30mm
	Amplada eix: 20mm
Material	Acer al carboni electro-soldat
Fabricació	Tornejat
Quantitat	2

Taula 32 Engranatges compactadora. Font: Elaboració pròpia

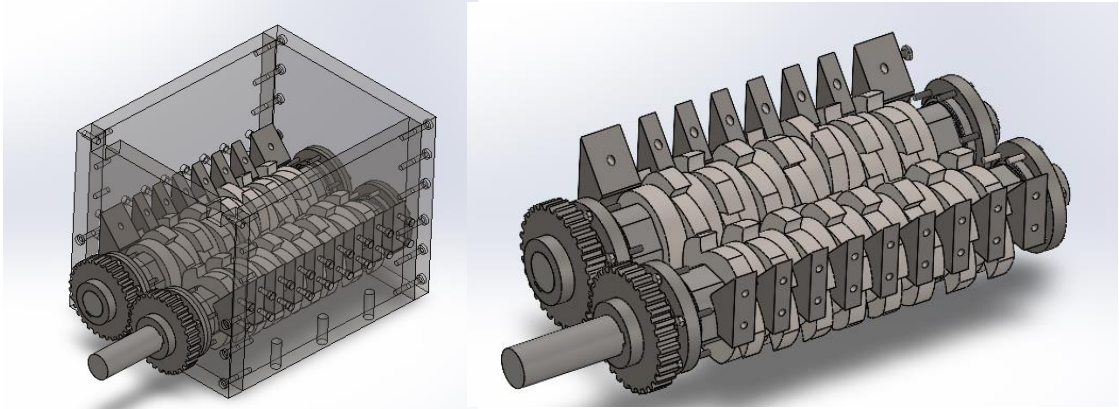
### 6.2.3.9. Compactadora



Il·lustració 42 Compactadora. Versió per veure el funcionament. Font:  
Elaboració pròpia

Ara bé, dins la compactadora s'ha hagut d'escollir entre els 2 dissenys que es mostren a continuació per dur a terme la compactació.

#### 6.2.3.9.1. Eix hexagonal a 2 peces



*Il·lustració 43 Compactadora d'eix hexagonal a 2 peces. Font: Elaboració pròpia*

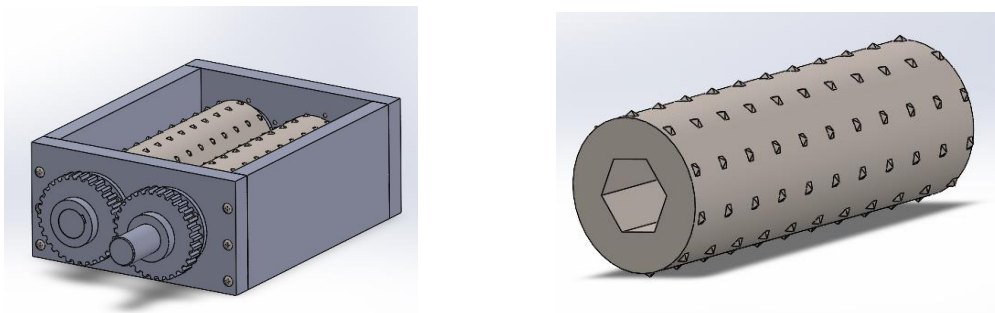
En aquest primer cas, els avantatges que té aquest sistema són els següents:

- Fabricació: fàcil de fabricar ja que s'hauria de fer 2 dissenys per les 2 peces que van entrelligades i s'hauria de tallar en làser.
- Muntatge: seria un avantatge perquè només caldria col·locar les peces encaixant-les.
- Agafaria més bé les ampolles i llaunes al compactar-les.

Pel que fa als desavantatges són els següents:

- A priori seria econòmicament més car perquè necessitaríem moltes peces per cada un dels dos eixos hexagonals.

### 6.2.3.9.2. Eix hexagonal amb punxons als rodets



Il·lustració 44 Compactadora d'eix hexagonal amb punxons als rodets. Font: Elaboració pròpia

En aquest segon cas, tindriem els següents avantatges:

- Al ser només 2 rodets a priori seria més barat pel nombre de peces necessàries.
- Els punxons permetrien foradar ampolles en cas que alguna tingui el tap de forma més senzilla, ja que permetria una descompressió immediata.

En els desavantatges:

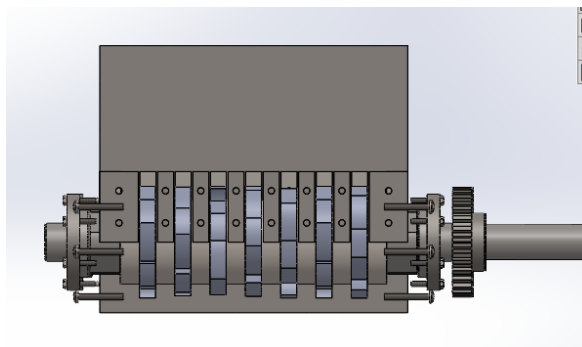
- Fabricació: si ens fixem en el disseny del rodets amb punxons, no sembla tan senzill de fabricar com ho podrien ser les peces del disseny anterior. Això es deu a que els punxons sembla s'haurien de soldar un per un en el rodet, la qual cosa comportaria més complexitat i temps.

### 6.2.3.9.3. Solució escollida

Després de comparar aquests dos models per a compactar les ampolles PET i llaunes d'alumini, s'ha decidit optar per l'eix hexagonal de 2 peces.

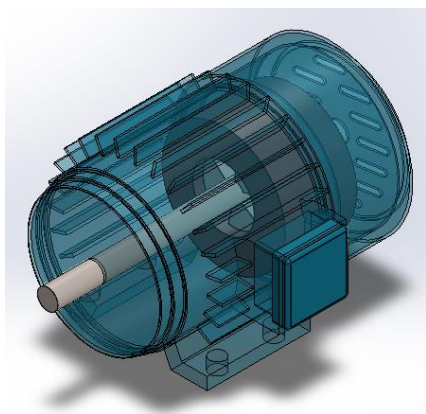
El motiu és que la fabricació és un procés molt important en quan a peces per dissenyar i muntar una màquina, i a més, és possible que depenent de la complexitat que tingui fabricar el segon disseny, fins i tot aquell podria acabar sent més car.

Part d'aquestes decisions s'han pres degut a patents de compactadores. [31]



Il·lustració 45 Vista lateral compactadora a 2 peces. Font: Elaboració pròpia

### 6.2.3.10. Motor



Il·lustració 46 Motor per compactadora. Font: Elaboració pròpia

Motor de corrent continu d'imants permanents	Model: Motor 2 pols, refrigeració IC 01, IP23 (ES); Tipus: 64/50
Material	Ferro amb tractament anticorrosiu
Potència útil	40 W
RPM	1500
Voltatge	12/200V
Pes	1,93 kg

Taula 33 Motor per compactadora. Font: Elaboració pròpia

### Motor 2 polos, refrigeración IC 01, IP23( ES )

TIPUS	POTENCIA [W]	RPM	I [A] 12V	24V	48 V	110V	170 V	200 V	PAR [Nm]	Ratio [%]	INERCIA [Kg.m <sup>2</sup> ]	PESO [Kg]
64/50	22	850	2.74	1,37	0,68	0,30	0,19	0,16	0,247	67	0,000095	1,93
64/50	30	1.100	3,73	1,87	0,93	0,41	0,26	0,22	0,260	67	0,000095	1,93
64/50	40	1.500	4,90	2,45	1,22	0,53	0,35	0,29	0,254	68	0,000095	1,93
64/50	53	2.000	6,50	3,25	1,62	0,71	0,46	0,39	0,253	69	0,000095	1,93

Taula 34 Catàleg motor 2 polos de corrent continua d'imants permanents. Font: Vernis Motors

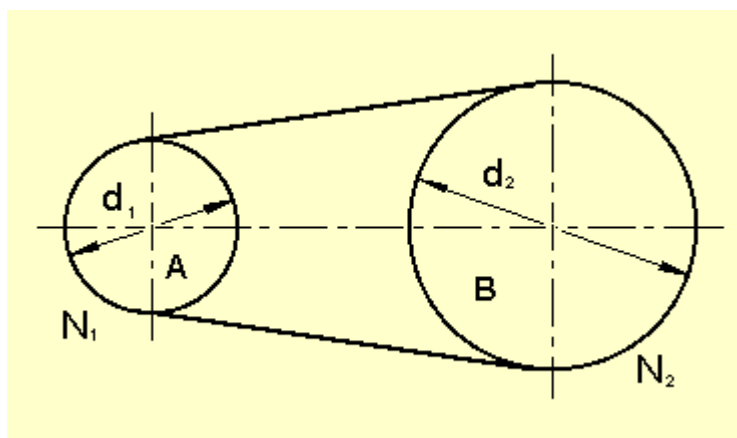


Aquest motor ha estat escollit del catàleg Vernis Motors, empresa que dissenya i fabrica motors elèctrics de corrent continu d'imants permanents.

La carcassa del motor és de ferro amb tractament anticorrosiu amb un eix d'acer inoxidable. El grau de protecció de IP 54 i l'aïllament tèrmic classe F-155°. [27]

El sistema d'alimentació monofàsica s'utilitza àmpliament en comparació al sistema trifàsic per a ús domèstic, finalitat comercial i fins a cert punt en finalitat industrial. Com el sistema monofàsic és més econòmic i la potència que es requereix és petita, pot satisfer fàcilment les necessitats de la compactadora. Aquests motors són de construcció senzilla, barats de cost, fiables i fàcils de reparar i mantenir.

### 6.2.3.11. Relació de transmissió



Il·lustració 47 Relació de transmissió. Font:[32]

La relació de transmissió és la relació que existeix entre les velocitats de rotació de 2 engranatges connectats entre si. Aquesta relació es deu a la diferència de diàmetres de les dues rodes, el que implica una diferència entre la velocitat de rotació d'ambdós eixos.

A continuació es mostren els càlculs realitzats per fer que el motor de 1500rpm faci girar la compactadora a 40rpm.

### 6.2.3.11.1. Càlculs de relació de transmissió

Motor:  $v = 1500\text{rpm}$

Eix de la compactadora:  $v = 40\text{rpm}$

Relació de transmissió:  $i = \frac{1500}{40} = 37,5$

Ara que tenim la relació de transmissió, cal escollir quantes etapes és preferible utilitzar.

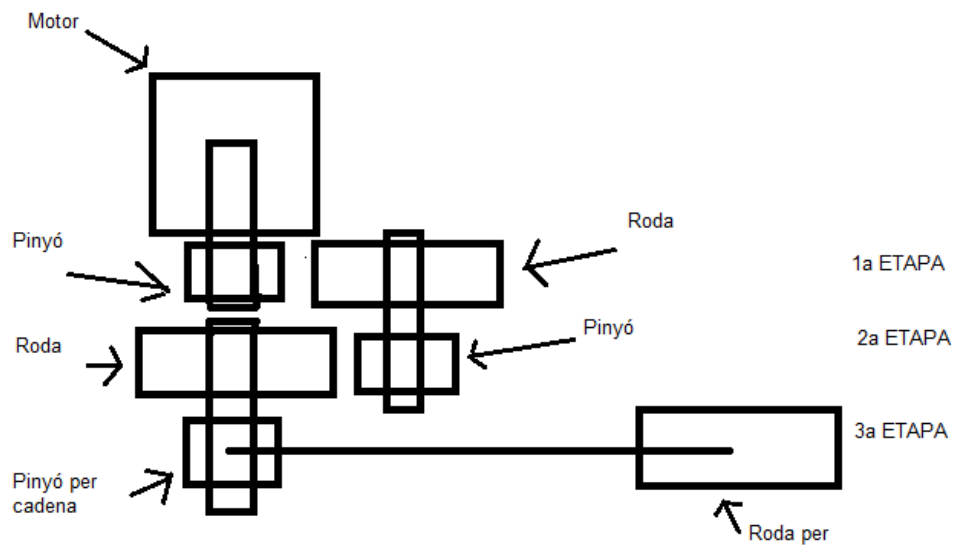
- Si s'utilitzen 2 etapes de transmissió llavors:

$$i_{2 \text{ etapes}} = \sqrt{37,5} = 6,12$$

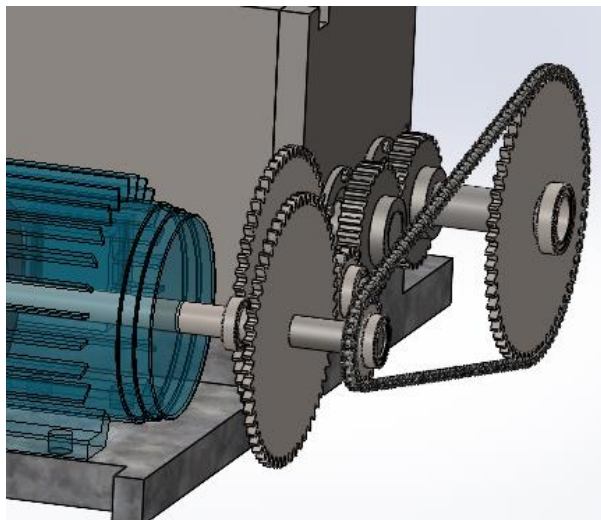
- Si s'utilitzen 3 etapes de transmissió llavors:

$$i_{3 \text{ etapes}} = \sqrt[3]{37,5} = 3,3$$

Per tal que sigui més fàcil pel dimensionament, s'escull utilitzar tres etapes per la relació de transmissió. D'aquesta manera la relació entre el pinyó i la roda seria de 1:3.3, el que significa que la roda tindrà aproximadament 3.3 vegades el nombre de dents del pinyó. En canvi, si s'optés per utilitzar 2 etapes, tindríem una relació de pinyó i roda de 1:6.12.



Il·lustració 48 Relació de transmissió de 3 etapes. Font: Elaboració pròpia



*Il·lustració 49 Relació de transmissió de 3 etapes Solidworks. Font: Elaboració pròpia*

En quant a nombre de dents de cada una de les peces:

Peça	Nombre de dents
Pinyó	17
Roda	56
Pinyó per cadena	18
Roda per cadena	60

*Taula 35 Nombre de dents pinyons i rodes. Font: Elaboració pròpia*

Respecte a les especificacions de transmissió de potència i els seus materials, s'ha utilitzat el catàleg de SKF. [28]

### 6.2.3.11.2. Pinyons

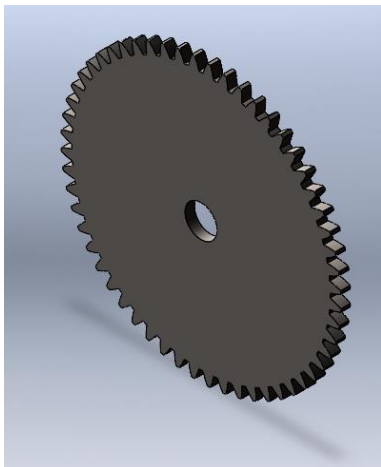


Il·lustració 50 Pinyons relació de transmissió. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Mòdul: 6 Nombre de dents: 17 Angle de pressió: 20 ° Diàmetre eix nominal: 40mm Amplada engranatge: 12mm
Material	Acer d'alta qualitat amb recobrint d'òxid negre o zincat
Fabricació	Tornejat
Quantitat	2

Taula 36 Pinyons relació de transmissió. Font: Elaboració pròpia

### 6.2.3.11.3. Rodes



Il·lustració 51 Rodes relació de transmissió. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Mòdul: 6 Nombre de dents: 56 Angle de pressió: 20 ° Diàmetre eix nominal: 40mm Amplada engranatge: 12mm
Material	Acer d'alta qualitat amb recobrint d'òxid negre o zincat
Fabricació	Tornejat
Quantitat	2

Taula 37 Rodes relació de transmissió. Font: Elaboració pròpia

## 6.2.3.11.4. Pinyó per cadena

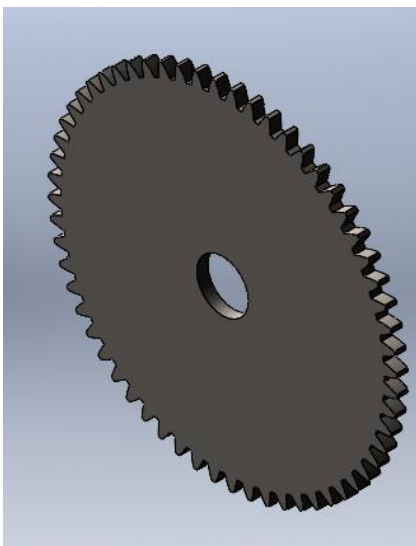


Il·lustració 52 Pinyó per cadena. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Mòdul: 6 Nombre de dents: 18 Angle de pressió: 20 ° Diàmetre eix nominal: 40mm Amplada engranatge: 12mm
Material	Acer d'alta qualitat amb recobriments d'òxid negre o zincat
Fabricació	Tornejat
Quantitat	2

Taula 38 Pinyó per cadena. Font: Elaboració pròpia

## 6.2.3.11.5. Roda per cadena

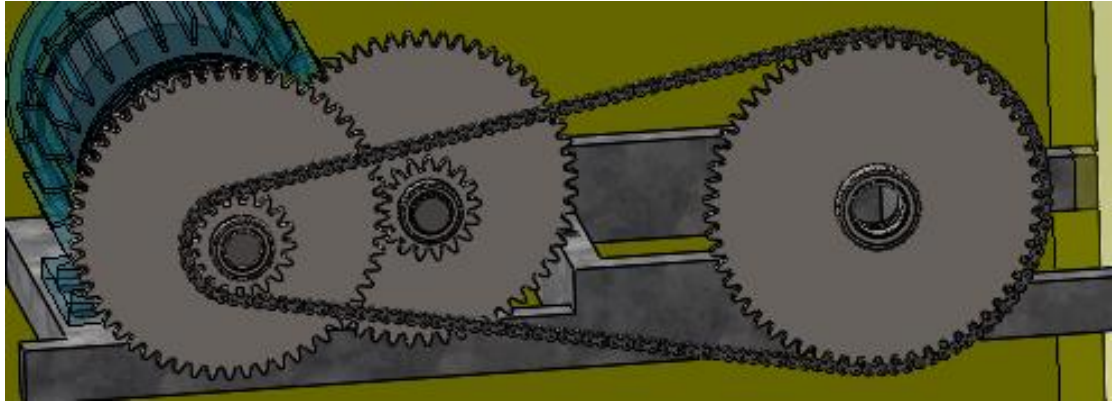


Il·lustració 53 Roda per cadena. Font: Elaboració pròpia

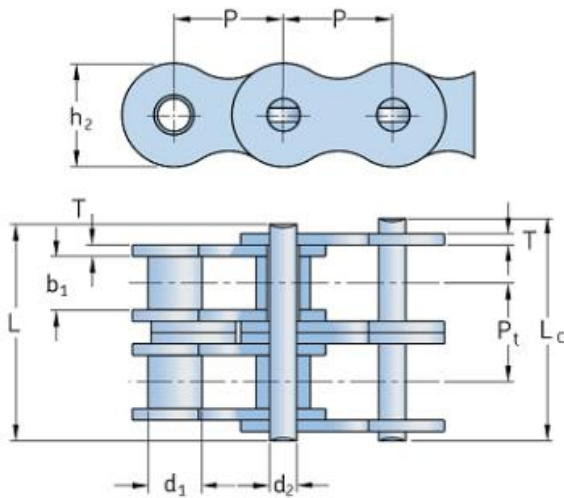
Dimensions	Mòdul: 6 Nombre de dents: 60 Angle de pressió: 20 ° Diàmetre eix nominal: 55mm Amplada engranatge: 12mm
Material	Acer inoxidable forjat amb recobriments d'òxid negre o zincat
Fabricació	Tornejat
Quantitat	2

Taula 39 Roda per cadena. Font: Elaboració pròpia

6.2.3.11.6. Cadena de transmissió



Il·lustració 54 Cadena de transmissió Solidworks. Font: Elaboració pròpia

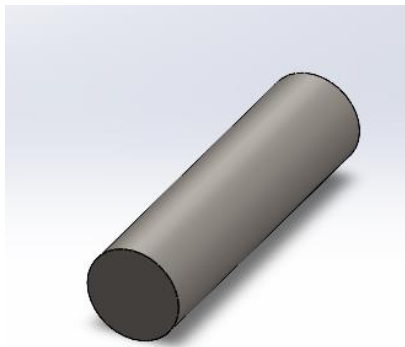


Il·lustració 55 Dimensionament cadena de transmissió. Font: SKF

Dimensions	Pitch P: 14mm Roller diameter d1 max: 8mm Width between inner plates b1 max: 8mm Pin diameter d2 max: 4mm Plate height h2 max: 12.2mm Distància entre eixos: 692.5mm
Material	Acer baix contingut de carboni (acer dolç)
Fabricació	Cadenes SKF fabricades en instal·lacions d'última generació amb controls d'alta qualitat
Quantitat	39 baules internes + 39 baules externes

Taula 40 Cadena de transmissió. Font: Elaboració pròpia

## 6.2.3.11.7. Eixos segona i tercera etapa

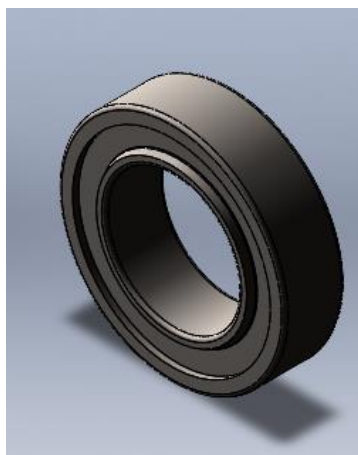


*Il·lustració 56 Eixos segona i tercera etapa.  
Font: Elaboració pròpia*

Dimensions	Diàmetre: 40mm Longitud: 150mm
Material	Acer al carboni electro-soldat
Fabricació	Tornejat
Quantitat	2

*Taula 41 Eixos segona i tercera etapa. Font: Elaboració pròpia*

## 6.2.3.11.8. Rodaments eixos etapes

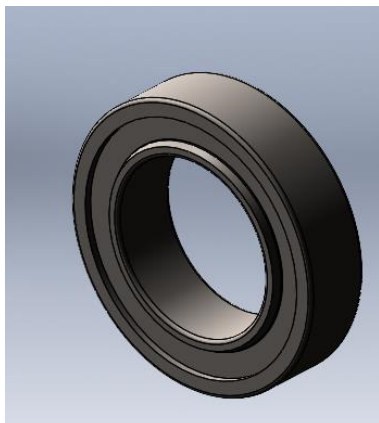


*Il·lustració 57 Rodaments eixos etapes.  
Font: Elaboració pròpia*

Dimensions	Diàmetre interior: 40mm Diàmetre exterior: 68mm Amplada: 18mm
Material	Acer inoxidable al crom
Fabricació	Tornejat
Quantitat	5

*Taula 42 Rodaments eixos etapes. Font: Elaboració pròpia*

### 6.2.3.11.9. Rodament eix compactadora



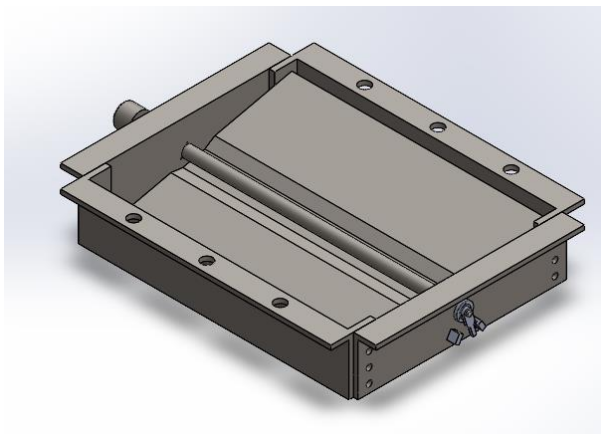
Il·lustració 58 Rodament eix compactadora. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Diàmetre interior: 55mm
	Diàmetre exterior: 90mm
	Amplada: 22mm
Material	Acer inoxidable al crom
Fabricació	Tornejat

Taula 43 Rodament eix compactadora. Font: Elaboració pròpia

### 6.2.4. Sistema de distribució

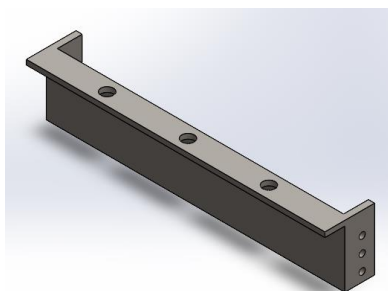
Finalment l'últim sistema és el de distribució. Aquest tracta d'una caixa amb una trampeta al mig que distribueix els envasos, per tal de separar en diferents contenidors les llaunes d'alumini i les ampolles PET.



Il·lustració 59 Sistema de distribució Solidworks. Font: Elaboració pròpia



### 6.2.4.1. Frontal

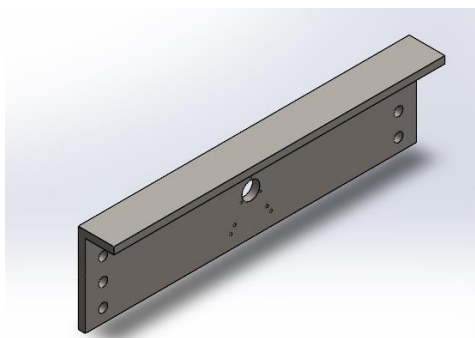


*Il·lustració 60 Frontal distribuïdora. Font: Elaboració pròpia*

Dimensions	Amplada: 480mm Profunditat: 80mm Altura: 100mm
Material	Acer al carboni electro-soldat
Fabricació	Tornejat 3 forats : Trepant $\varnothing 20.0\text{mm}$ 6 forats: Trepant $\varnothing 10.0\text{mm}$
Quantitat	2

*Taula 44 Frontal distribuïdora. Font: Elaboració pròpia*

### 6.2.4.2. Lateral

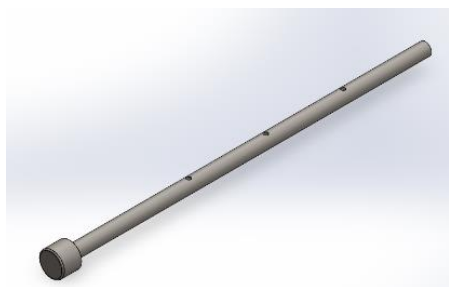


*Il·lustració 61 Lateral distribuïdora. Font: Elaboració pròpia*

Dimensions	Amplada: 370mm Profunditat: 40mm Altura: 100mm
Material	Acer al carboni electro-soldat
Fabricació	Tornejat 1 forat : Trepant $\varnothing 20.0\text{mm}$ 6 forats: Trepant $\varnothing 10.0\text{mm}$ 3 forats: Trepant $\varnothing 2.0\text{mm}$ 4 forats: Trepant $\varnothing 3.0\text{mm}$
Quantitat	2

*Taula 45 Lateral distribuïdora. Font: Elaboració pròpia*

### 6.2.4.3. Eix trampeta

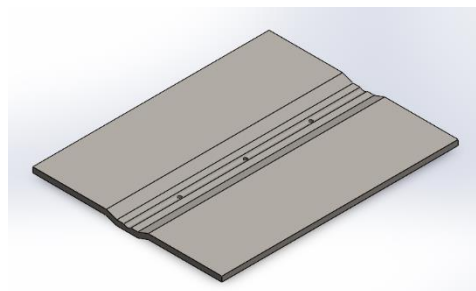


Il·lustració 62 Eix trampeta distribuïdora. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Diàmetre exterior: 40mm Diàmetre interior: 20mm Longitud: 606mm
Material	Acer al carboni electro-soldat
Fabricació	Tornejat 1 forat : Trepant Ø5mm 3 forats: Trepant Ø6.5mm

Taula 46 Eix trampeta distribuïdora. Font: Elaboració pròpia

### 6.2.4.4. Trampeta

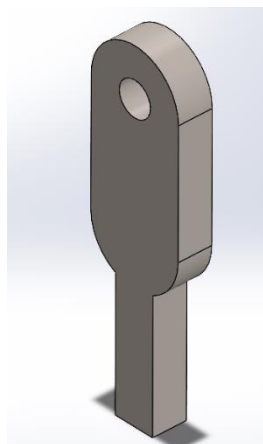


Il·lustració 63 Trampeta distribuïdora. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Amplada: 360mm Profunditat: 450mm Altura: 10mm
Material	Acer al carboni electro-soldat
Fabricació	Tornejat 3 forats: Trepant Ø6.5mm

Taula 47 Trampeta distribuïdora. Font: Elaboració pròpia

### 6.2.4.5. Paleta

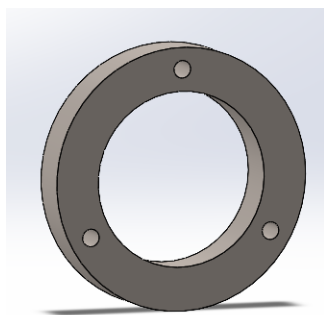


Il·lustració 64 Paleta distribuïdora. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Amplada: 6mm
	Profunditat: 5mm
	Altura: 50mm
Material	Acer inoxidable
Fabricació	Tornejat
	1 forat: Trepan $\varnothing$ 5mm

Taula 48 Paleta distribuïdora. Font: Elaboració pròpia

### 6.2.4.6. Volandera



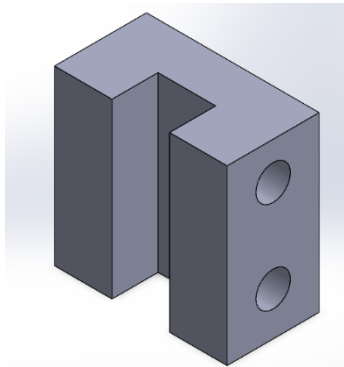
Il·lustració 65 Volandera distribuïdora. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Amplada: 6mm
	Profunditat: 5mm
	Altura: 50mm
Material	Acer inoxidable
Fabricació	Tornejat
	1 forat: Trepan $\varnothing$ 5mm

Taula 49 Volandera distribuïdora. Font: Elaboració pròpia

### 6.2.4.7. Detectors

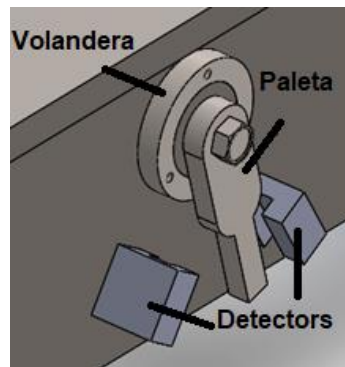
En el cas del detector, només s'ha fet el dimensionament. En aquest s'hauria d'estudiar la part electrònica perquè aquest rebés una senyal i un petit motor mogués l'eix per distribuir llaunes o ampolles.



Il·lustració 66 Detectors distribuïdora. Font: Elaboració pròpia

Dimensions	Amplada: 15mm Profunditat: 8mm Altura: 15mm
Material	Per determinar
Fabricació	Tornejat 2 forats: Trepant Ø3mm

Taula 50 Detectors distribuïdora. Font: Elaboració pròpia

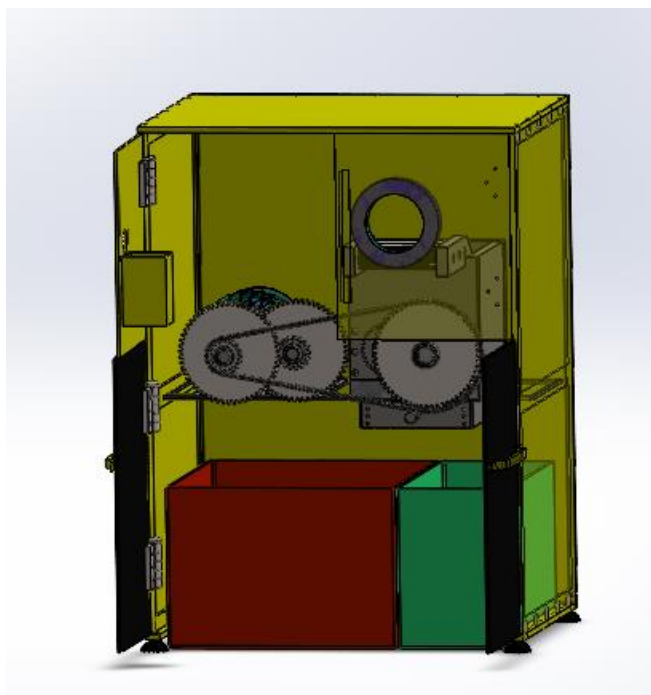


Il·lustració 67 Funcionament per distribuïdora. Font: Elaboració pròpia

Aquesta imatge defineix més clarament el funcionament de la paleta direccional.

### 6.3. Prototip

Finalment, en la següent il·lustració es veu el prototip de la màquina dissenyada.



*Il·lustració 68 Prototip màquina de reciclatge d'envasos en Solidworks.  
Font: Elaboració pròpia*

## 7. Estudi de l'impacte ambiental

En l'estudi de l'impacte ambiental s'avalua el bon impacte o benefici que les màquines de reciclatge d'envasos poden aconseguir degut a:

- L'estalvi energètic
- L'estalvi d'emissions

Per contra, no s'avalua l'impacte de construir ni desballestar una d'aquestes màquines, així com la seva vida útil.

Durant tot l'estudi es duen a terme certes suposicions per a poder realitzar els càlculs i estimacions.

### 7.1. Estalvi energètic

Hi ha estudis on s'ha quantificat l'energia que es pot estalviar quan recicles certs productes de quan no els recicles. En la següent taula, el plàstic rígid és el material on s'inclouen les ampolles PET, mentre que en els metalls no fèrrics, és on s'inclouen les llaunes d'alumini.

Estudiant la taula, es pot apreciar com el rati d'estalvi energètic del plàstic rígid és de -14630 MJ/Tm. Això significa que per cada tona de plàstic reciclat hi ha un estalvi d'energia de 14630MJ, d'aquí a que el número sigui negatiu. En el cas dels metalls no fèrrics, el rati d'estalvi és de -174560 MJ/Tm.

Etapa de recuperació	Materials recuperats	Tm/any	Rati estalvi energètic (MJ/Tm)	GJ/any
RS Paper	Paper	413.629	-5.590	-2.312.184
	Plàstic film	22.711	-15.420	-350.209
RS ELL	Plàstic rígid	26.739	-25.630	-685.330
	Metalls fèrrics	12.306	-18.590	-228.773
	Metalls no fèrrics	2.026	-174.560	-353.647
RS Vidre	Vidre	178.826	-3.460	-618.736
RS Tèxtil	Tèxtil	5.860	-52.000	-304.739
Planta de triatge de FIRM	Paper	3.781	-5.590	-21.135
	Vidre	1.095	-3.460	-3.789
	Plàstic film	699	-15.420	-10.785
	Plàstic rígid	1.038	-14.630	-26.606
	Metalls fèrrics	1.396	-18.590	-25.950
Tractament Resta	Metalls no fèrrics	25	-174.560	-4.406
	Paper	3.287	-5.590	-18.374
	Vidre	5.161	-3.460	-17.857
	Plàstic film	3.180	-15.420	-49.036
	Plàstic rígid	3.180	-25.630	-81.503
	Metalls fèrrics	8.524	-18.590	-158.461
Incineradora	Metalls no fèrrics	5.406	-174.560	-943.671
	Metalls d'escòries	12.702	-18.590	-236.130
<b>TOTAL</b>				<b>-5.993.775 GJ/any</b>

Taula 51 Estalvi energètic de materials recuperats. Font: Agència de residus de Catalunya

Pel que fa a l'alumini, que es troba en els metalls no fèrrics, aquest té un estalvi molt més gran. Això ve a dir que per aconseguir alumini, a través de l'extracció de bauxita, es gasta molta més energia que per extreure el petroli del qual prové el plàstic.

Per tant, aquest estudi ens mostra que gràcies ha haver reciclat aquests materials, s'obté un estalvi d'energia que demostra la importància del reciclatge.

## 7.2. Estalvi d'emissions

Pel que fa a les emissions de CO<sub>2</sub>, i per tal de fer una valoració aproximada, en el nostre estudi es suposa només l'energia elèctrica com a factor d'emissió.

En el context d'una descarbonització que no té marxa enrere, la Xarxa Elèctrica pública espanyola, publica un document anual [19] que reflexa la metodologia empleada pel càlcul de les emissions de gas d'efecte hivernacle associats a la generació d'electricitat a Espanya. Segons aquest informe, les tones de CO<sub>2</sub> equivalent s'han reduït en 30 milions des del 2015 fins al 2020.

Així, aquestes emissions són calculades a partir d'uns factors d'emissió amb els que es defineixen les tones de CO<sub>2</sub> equivalent emeses per cada megawatt-hora (MWh) generat, depenen de les diferents tecnologies empleades i del territori. També en els últims 5 anys, el factor d'emissió ha disminuït un 30%, passant de 0,26 t CO<sub>2</sub> eq /MWh al 2015, a un factor de 0,19 t CO<sub>2</sub> eq /MWh en l'any 2020. [19]

A continuació es mostra una taula on es pot veure que al 2021 el factor d'emissió va ser de 0,14 t CO<sub>2</sub> eq /MWh. Per tant, s'utilitza aquest valor per tal de realitzar els càlculs d'estalvi d'emissions de CO<sub>2</sub> equivalent. [20]

2021	
Carbón	4.886.500
Fuel + Gas	0
Motores diésel	1.720.961
Turbina de gas	451.518
Turbina de vapor	1.007.811
Ciclo combinado	17.390.754
Cogeneración	9.683.592
Residuos no renovables	780.667
<b>tCO<sub>2</sub> eq./MWh</b>	<b>0,14</b>

Taula 52 Factor d'emissió 2021. Font: Red Eléctrica de España

### 7.2.1. Càlculs d'estalvi d'emissions

El primer pas és passar de MJ a MWh el rati d'estalvi energètic de cadascun dels materials:

$$\text{Plàstic rígid: } 14630 \frac{\text{MJ}}{\text{Tm}} \cdot \frac{1\text{MWh}}{3600\text{MJ}} = 4,06 \frac{\text{MWh}}{\text{Tm}}$$

$$\text{Metalls no fèrrics: } 174560 \frac{\text{MJ}}{\text{Tm}} \cdot \frac{1\text{MWh}}{3600\text{MJ}} = 48,48 \frac{\text{MWh}}{\text{Tm}}$$

En segon lloc es multiplica el rati d'estalvi energètic pel factor d'emissió de 0,14 t CO<sub>2</sub> eq /MWh en l'any 2021. [20]

$$\text{Plàstic rígid: } 4,06 \frac{\text{MWh}}{\text{Tm}} \cdot 0,14 \frac{\text{t CO}_2 \text{ eq}}{\text{MWh}} = 0,57 \frac{\text{t CO}_2 \text{ eq}}{\text{Tm}}$$

$$\text{Metalls no fèrrics: } 48,48 \frac{\text{MWh}}{\text{Tm}} \cdot 0,14 \frac{\text{t CO}_2 \text{ eq}}{\text{MWh}} = 6,79 \frac{\text{t CO}_2 \text{ eq}}{\text{Tm}}$$

Com es pot observar, les emissions d'estalvi són de 0,57 tones de CO<sub>2</sub> equivalent per cada tona de plàstic rígid recuperat, i de 6,79 tones de CO<sub>2</sub> equivalent per cada tona de metall no fèrric recuperat. Això significa que en el cas de les llaunes d'alumini, considerades metalls no fèrrics, l'estalvi de contaminació per emissions de CO<sub>2</sub> equivalent és gairebé 12 vegades més que en el cas de les ampolles PET.



## 7.2.2. Estimació per màquina de reciclatge

En quan al disseny del prototip, es pot estimar aproximadament les ampolles i llaunes que es poden compactar en una de les màquines seguint les característiques tècniques de la TOMRA T70 Dual.

TOMRA T70 Dual	
Dimensions	1293 mm x 1040 mm x 1900 mm [W x D x H]
Footprint	1.4 m <sup>2</sup>
Accepted containers	Cans and plastic bottles <sup>1</sup>
Storage capacity per cabinet <sup>1</sup>	PET bottles: Up to 1500 (compacted) <sup>2</sup> Cans: Up to 3000 (compacted) <sup>2</sup>
Configurations	Free-standing, front or rear unload. Also available in wall-mounted version.
Recognition technology	TOMRA Flow
Speed capability	Up to 45 containers per minute <sup>3</sup>
Electrical - Mains EU	400V, 1-phase w/ground, 50Hz, 13A
Digital products	Fully compatible with Digital Starter Pack (with Notify+Assist Basic, Weekly Digest and myTOMRA), Notify+Assist Premium, Weekly Reports, Donation, Promotion, Couponing, Voucher Control and API's & Integrations.

Il·lustració 69 Característiques model TOMRA T70 Dual. Font: Tomra

La capacitat en cadascun dels dipòsits seria d'unes 1500 ampolles compactades i de 3000 llaunes compactades. Però en el disseny, s'ha optat per fer tres quartes parts del dipòsit per llaunes d'alumini, i una quarta part per les ampolles PET.

Un dels motius es deu a que hi ha més freqüència a reciclar llaunes, i no pas ampolles de plàstic. A les ampolles de plàstic els hi pots donar ús més d'una vegada i allargar la vida útil, en canvi en el cas de les llaunes, un cop les has utilitzat ja no tenen més utilitat com a envàs.

L'altre motiu és que, com s'ha vist, l'impacte ambiental que té l'alumini és molt pitjor que el de les ampolles PET. Tot i que per produir el plàstic de les ampolles PET s'utilitza petroli, i aquest pot afectar el sòl i l'aigua en la seva extracció i transport, l'extracció de bauxita i les emissions de t CO<sub>2</sub> equivalent degut a produir llaunes d'alumini, contamina encara més els ecosistemes, com el sòl, l'aigua i l'aire. [21]

Per tant, primer es calcula segons el model de TOMRA la capacitat que tindria cada dipòsit.

$$1500 \text{ PET} \cdot \frac{0.75 \text{ capacitat}}{1 \text{ capacitat}} = 1125 \text{ ampolles PET compactades}$$

$$3000 \text{ llaunes} \cdot \frac{1.25 \text{ capacitat}}{1 \text{ capacitat}} = 3750 \text{ llaunes d'alumini compactades}$$

Ara es fa l'estudi segons les dimensions reals dels nostres dipòsits, i considerant que els envasos queden al 90% del seu volum un cop compactats. [9]

$$\text{Capacitat dipòsit PET: } (370 \times 860 \times 535) \text{mm}^3 = 170237 \text{cm}^3 = 0,17 \text{m}^3$$

$$\text{Capacitat dipòsit llaunes: } (765 \times 860 \times 535) \text{mm}^3 = 351976,5 \text{cm}^3 = 0,35 \text{m}^3$$

A continuació s'estudia la mida de cadascun dels envasos.

### 7.2.3. Càlculs capacitat d'ampolles PET



Botella 43 mm 2 Lead VHS

**Especificación**

Longitud (mm/in) .....	94 / 3.701
Anchura (mm/in) .....	119.50 / 4.705
Altura (mm/in) .....	267.88 / 10.547
Volúmen (L/ml/gl/oz/fl.oz) .....	1.893 / 1,892.67 / - / 64 / -
llenado .....	Relleno caliente
Material .....	PET
Terminado .....	43 mm 2 Lead VHS
Peso (gramos) .....	73.5
Neck height (mm/in) .....	18.31 / .721
Under neck diameter (mm/in) .....	39.70 / 1.563

Il·lustració 70 Característiques dimensions ampolla PET. Font: Envases [22]

S'estudia una ampolla amb capacitat 1,893 L, per tenir una mitjana aproximada entre ampolles d'1,5 i 2L. [22]

$$1,893L \cdot \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 L} = 1893 \text{ cm}^3$$

Es multiplica pel 10%, que es com quedaria un cop l'ampolla queda compactada.

$$1893 \text{ cm}^3 \cdot 0.1 = 189.3 \text{ cm}^3$$

Per saber quantes ampolles cabrien en el dipòsit es divideix la capacitat màxima del dipòsit entre la d'una sola ampolla compactada.

$$\frac{170237 \text{ cm}^3}{189.3 \text{ cm}^3} = 899,3 = 900 \text{ ampolles PET compactades}$$

Si es comparen les 1125 ampolles de la màquina TOMRA amb les 900 del disseny, es pot apreciar que el resultat és coherent, i que amb les nostres dimensions es parlaria d'unes 900 ampolles PET compactades per dipòsit.

#### 7.2.4. Càlculs capacitat llaunes d'alumini



##### Aluminio para bebidas 12 Oz.

##### Especificación

Dimensiones (mm/in) .....	52.40/66.13 x 122.22 / 202/211 x 411
Diámetro superior (mm/in) .....	52.40 +/-0.25 mm / 211
Diámetro cónico del fondo (mm/in)	52.43 / 202
Altura (mm/in) .....	122.22 / 411
Volúmen (L/ml/g/oz/fl.oz) .....	- / 355 / - / 12 / -
Material .....	Aluminio

Il·lustració 71 Característiques dimensions llaunes d'alumini. Font: Envases [22]

S'estudia una llauna estàndard amb capacitat 0,355 L, per tenir una mitjana aproximada entre llaunes de 0,237L i 0,473. [23]

$$0,355L \cdot \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 L} = 355 \text{ cm}^3$$

Es multiplica pel 10%, que es com quedaria un cop l'ampolla queda compactada.

$$355 \text{ cm}^3 \cdot 0.1 = 35,5 \text{ cm}^3$$

Per saber quantes ampolles cabrien en el dipòsit es divideix la capacitat màxima del dipòsit entre la d'una sola ampolla compactada.

$$\frac{351976,5 \text{ cm}^3}{35,5 \text{ cm}^3} = 9914,82 = 9915 \text{ llaunes compactades}$$

Si es comparen les 3750 llaunes de la màquina TOMRA amb les 9915 del disseny, es pot apreciar que el resultat varia força. Es pot deure a que la capacitat del nostre dipòsit és major al del model TOMRA.

Tot i així, els resultats obtinguts són coherents respecte a la capacitat dels nostres dipòsits.

## 7.2.5. Estimació anual per la màquina de reciclatge d'envasos

Per tenir una idea aproximada de quin seria l'estalvi d'emissions de  $CO_2$  equivalent anualment, s'acaba fent un estudi respecte la capacitat del nostre prototip.

### 7.2.5.1. Ampolles de plàstic PET

Primer es multiplica el pes de cada envàs pel nombre d'envasos que pot reciclar el nostre prototip i es passa a tones:

$$73.5g \cdot 900 \text{ ampolles PET compactades} = 66150 g_{\text{ampolla PET compactada}}$$

$$66150 g_{\text{ampolla PET compactada}} \cdot \frac{1 Tm}{10^6 g} = 0,066 Tm_{\text{ampolla PET compactada}}$$

Seguidament es multiplica el rati d'estalvi energètic per la quantitat de tones i aquest valor es multiplica pel factor d'emissió de t CO<sub>2</sub> eq /MWh:

$$0,066 Tm_{ampolla\ PET\ compactada} \cdot 14630 \frac{MJ}{Tm} \cdot \frac{1MWh}{3600MJ} = 0,27MWh$$

$$0,27MWh \cdot 0,14 \frac{t\ CO_2\ eq}{MWh} = 0,04\ t\ CO_2\ eq$$

Finalment, es suposa que la màquina s'omple un cop per setmana, i es fa el càlcul anual de tones de CO<sub>2</sub> equivalent.

$$0,04t\ CO_2\ eq \cdot 4\ setmanes \cdot 12\ mesos = \mathbf{1,92\ t\ CO_2\ eq}$$

L'estalvi energètic anual d'ampolles PET en MJ seria de:

$$0,27MWh \cdot \frac{3600MJ}{1MWh} = \mathbf{972\ MJ}$$

### 7.2.5.2. Llaunes d'alumini

Primer es multiplica el pes de cada envàs pel nombre d'envasos que pot reciclar una d'aquestes màquines i es passa a tones:

$$13,6g \cdot 9915\ llaunes\ compactades = 134844\ g\ llaunes\ compactades$$

$$134844g\ llaunes\ compactades \cdot \frac{1\ Tm}{10^6g} = 0,13\ Tm\ llaunes\ compactades$$

Seguidament es multiplica el rati d'estalvi energètic per la quantitat de tones i aquest valor es multiplica pel factor d'emissió de tCO<sub>2</sub>eq/MWh:

$$0,13\ Tm\ llaunes\ ompactades \cdot 174560 \frac{MJ}{Tm} \cdot \frac{1MWh}{3600MJ} = 6,54MWh$$

$$6,54MWh \cdot 0,14 \frac{tCO_{2eq}}{MWh} = 0,92\ tCO_{2eq}$$

Finalment, es suposa que la màquina s'omple un cop per setmana, i es fa el càlcul anual de tones de CO<sub>2</sub> equivalent.

$$0,92\ tCO_{2\ eq} \cdot 4\ setmanes \cdot 12\ mesos = \mathbf{44,16\ tCO_{2\ eq}}$$

L'estalvi energètic anual de llaunes d'alumini en MJ seria de:

$$6,54MWh \cdot \frac{3600MJ}{1MWh} = \mathbf{23544 MJ}$$

### 7.3. Conclusions d'impacte ambiental

Es pot concloure que el prototip dissenyat compleix amb l'objectiu d'estalvi energètic i d'emissions.

Respecte el nostre estudi, i després d'haver fet diverses suposicions entre les quals no s'ha avaluat l'impacte en la construcció i desballestament de la màquina, sinó només el guany d'estalvi d'emissions, s'ha obtingut que una d'aquestes màquines obtindria un estalvi total d'unes 46 tones de CO<sub>2</sub> equivalent cada any. A més, pel que fa a l'estalvi energètic anual en MJ es parlaria gairebé de 25000MJ.

Aquest estudi, serveix per reafirmar la importància de reciclar materials i no haver d'extreure'ls i produir-los des de zero cada vegada que es vol obtenir un nou producte.

## 8. Pressupost del producte

El pressupost del producte es divideix en dos apartats. El primer és dels costos fixos de cada una de les parts, entre les quals s'inclouen les peces que cal fabricar amb el seu material. En el segon apartat es comptabilitzen els costos derivats de l'enginyeria, on es té en compte el temps dedicat a l'estudi i disseny de la màquina.

### 8.1. Costos de les peces segons material

En aquest apartat es detallen els costos de les peces que cal fabricar. Com aquest treball no es centra en la construcció, sinó en idear un prototip en base a un disseny, els costos relatius a les parts s'aproximaran tenint en compte el cost de la peça segons el pes i el material. Per tant no s'obtindrà el cost de la màquina, ja que no es comptabilitza la construcció, només el cost dels materials escollits. [34]

A continuació es mostren diverses taules, dividint estructura, sistema de reconeixement i transport, sistema de compactació i sistema de distribució.

Peça	Material	Quantitat	Pes (kg)	Cost per unitat (€/kg)	Cost total (€)
Base	Acer galvanitzat	1	24,7	1,20	29,64
Part Superior	Acer galvanitzat	1	123,04	1,20	147,65
Part Darrere	Acer galvanitzat	1	193,44	1,20	232,13
Part Lateral	Acer galvanitzat	2	166,58	1,20	199,9
Suport	AISI 316L acer inoxidable	4	1,5	4,14	6,21
Porta inferior	Acer galvanitzat	2	46,91	1,20	56,3
Mànec	AISI 316L acer inoxidable	2	2,09	4,14	8,65

Porta amb escàner	Acer galvanitzat	1	29,48	1,20	35,38
Porta pels taps	Acer galvanitzat	1	41,46	1,20	49,75
Estructura interna	Acer galvanitzat	1	54,22	1,20	65,06
<b>TOTAL ESTRUCTURA:</b>					<b>830,67€</b>

Taula 53 Pressupost segons material d'estructura. Font: Elaboració pròpia

Peça	Material	Quantitat	Pes (kg)	Cost per unitat (€/kg)	Cost total (€)
Suport lateral cinta	Acer al carboni	2	11,5	2,5	57,5
Tambor motriu/rodet	AISI 316L acer inoxidable	3	9,6	4,14	119,23
Rampa cinta	AISI 316L acer inoxidable	1	1,38	4,14	5,71
<b>TOTAL CINTA TRANSPORTADORA:</b>					<b>182,44€</b>

Taula 54 Pressupost segons material de cinta transportadora. Font: Elaboració pròpia



Peça	Material	Quantitat	Pes (kg)	Cost per unitat (€/kg)	Cost total (€)
Coberta frontal	Acer al carboni	1	49,1	2,5	122,75
Coberta de darrere	Acer al carboni	1	49,7	2,5	124,25
Lateral esquerra	Acer al carboni	1	53,58	2,5	133,95
Lateral dreta	Acer al carboni	1	53,62	2,5	134,05
Suport petit	Acer al carboni	13	0,71	2,5	23,08
Suport mitjà	Acer al carboni	2	0,95	2,5	4,75
Suport gran	Acer al carboni	2	1,76	2,5	8,8
Separador eix	AISI 316L acer inoxidable	15	2,17	4,14	168,3
Roda compactadora	AISI 316L acer inoxidable	15	3,2	4,14	198,72
Lock dreta	Acer al carboni	2	1,5	2,5	7,5
Lock esquerra	Acer al carboni	2	1,45	2,5	7,25
Bloquejador	Acer al carboni	4	1,23	2,5	12,3
Rodament compactadora	Acer inoxidable al crom	4	1,5	4,2	25,2
Engranatge compactadora	Acer al carboni	2	5,04	2,5	25,2
Eix esquerra	Acer al carboni	1	20,03	2,5	50,08

Eix dreta	Acer al carboni	1	22,63	2,5	56,58
<b>TOTAL COMPACTADORA:</b>					<b>1102,76€</b>

Taula 55 Pressupost segons material de la compactadora. Font: Elaboració pròpia

Peça	Material	Quantitat	Pes (kg)	Cost per unitat (€/kg)	Cost total (€)
Roda per cadena	Acer inoxidable forjat	1	9,44	4,2	39,65
Rodament eix compactadora	Acer inoxidable al crom	1	0,61	4,4	2,68
Pinyó per cadena	Acer inoxidable forjat	1	0,09	4,2	0,378
Rodament per transmissió	Acer inoxidable al crom	4	0,3	4,4	5,28
Roda	Acer inoxidable forjat	2	8,3	4,2	69,72
Pinyó	Acer inoxidable forjat	2	0,63	4,2	5,3
Eix transmissió	Acer al carboni	2	1,5	2,5	7,5
Baula interna	Acer baix contingut carboni	39	0,01	2,2	0,86
Baula externa	Acer baix contingut carboni	39	0,01	2,2	0,86
<b>TOTAL RELACIÓ DE TRANSMISSIÓ:</b>					<b>132,23€</b>

Taula 56 Pressupost segons material de la relació de transmissió. Font: Elaboració pròpia

Peça	Material	Quantitat	Pes (kg)	Cost per unitat (€/kg)	Cost total (€)
Frontal	Acer al carboni	1	3,02	2,5	7,55
Darrere	Acer al carboni	1	3,02	2,5	7,55
Lateral	Acer al carboni	2	4,52	2,5	22,6
Eix	AISI 316L acer inoxidable	1	1,72	4,14	7,12
Trampeta	AISI 316L acer inoxidable	1	12,91	4,14	53,45
Paleta direccional	AISI 316L acer inoxidable	1	0,02	4,14	0,08
Volandera	AISI 316L acer inoxidable	2	0,015	4,14	0,12
<b>TOTAL DISTRIBUIDORA:</b>					<b>98,47€</b>

Taula 57 Pressupost segons material de la distribuïdora. Font: Elaboració pròpia

## 8.2 Costs d'enginyeria

En aquest apartat s'ha tingut en compte les hores corresponents a desenvolupar el TFG segons la normativa de la UPC. El treball personal correspon a 25 hores per ECTS, i el total és de 24 ECTS, per tant 600 hores de feina. El preu per hora que es té en compte és del conveni de pràctiques de mínim 8€/h.

Concepte	Hores	Cost unitari (€/h)	Cost total (€)
Estudi del projecte	100	8	800
Disseny	300	8	2400
Memòria	200	8	1600
<b>TOTAL COST D'ENGINYERIA:</b>			<b>5600€</b>

Taula 58 Pressupost dels costs d'enginyeria. Font: Elaboració pròpia

## 9. Conclusions

De l'estudi de l'evolució de reciclatge d'envasos lleugers a Catalunya es conclou que en els últims anys la recollida selectiva d'aquests és la que més ha incrementat. En l'any 2020, segons l'Agència de Residus de Catalunya, la recollida selectiva de plàstics va ser del 42%. Tot i així, encara s'està molt lluny dels objectius europeus per l'any 2030, que estimen un 65% del reciclatge de residus municipals, entre els quals s'estima un 90% del reciclatge d'ampolles PET.

L'estudi de mercat de les màquines de reciclatge d'envasos lleugers ha ajudat a fer una proposta de disseny de màquina amb les següents característiques:

- Compactar en una mateixa màquina llaunes d'alumini i ampolles PET.
- Compartiment pels taps d'ampolles, ja que el plàstic d'aquests és més valuós.
- Incentiu econòmic a través d'una *app* amb codi QR, per tal de no malgastar paper en tiquets de descompte pels supermercats.
- Situar aquestes màquines en supermercats de mida mitjana, per incentivar el comerç local. També degut a que aquests comerços es troben majoritàriament en àrees metropolitanes amb molta afluència de gent, i per tant, un punt on és molt convenient el reciclatge.
- No utilitzar bossa de plàstic en els contenidors per les llaunes i ampolles.
- Utilitzar un sistema de reconeixement de càmeres Omega 360°, de manera que es pugui llegir el codi de barres fàcilment.
- Utilitzar netejadors per la cinta transportadora (*Cleaning brushes*) per allargar la vida útil de la màquina i facilitar-ne el manteniment.
- Aplicar l'impost del preu de l'envàs a Espanya, que segons directives europees seria de 0.15€, per tal de fer entendre al consumidor que quan es compra un envàs s'està pagant pel producte i pel seu empaquetament. De manera que es prengui consciència de que al retornar ampolles o llaunes s'està recuperant els diners ja pagats, i que el qui no recicla paga.

El principal objectiu de proposar un prototip de màquina per reciclar envasos s'ha dut a terme, veient la dificultat que suposa estudiar el funcionament d'una màquina tant complexa.

L'estudi ambiental realitzat ens porta a concloure que l'estalvi energètic anual que comporta cada una d'aquestes màquines és de gairebé 25000 MJ, i un estalvi d'emissions associat d'unes 46 tones de CO<sub>2</sub> equivalent cada any. Aquest estudi implica l'ús d'una única màquina, de manera que la implementació de diverses màquines en diferents punts de Catalunya suposaria un estalvi encara més gran.

L'estudi econòmic conclou que el cost de la màquina seria de 2346.57€, tenint en compte els materials escollits i les dimensions del model dissenyat. Cal recordar que en aquest cost no es té en compte la construcció global. Tot i així, si que s'ha comptabilitzat les hores dedicades al projecte, les quals sumarien un total de 5600€, que sumats al cost de la màquina, s'estaria parlant d'un cost total d'uns 7950€.

Personalment, puc dir que estic molt satisfet amb el treball realitzat. Tot i que sé que hi ha moltes parts que no s'han tocat per falta de temps i de coneixement, considero que he après molt durant aquests mesos de feina.

Finalment, m'agradaria que el conjunt d'aquest treball servís per incentivar a la gent a reciclar i a preocupar-se més per cuidar el planeta.

## 10. Propostes de continuïtat del projecte

Aquest apartat s'ha decidit fer per si en un futur es vol utilitzar part d'aquest treball per seguir desenvolupant tot de parts que no s'han pogut dur a terme.

Com bé es pot veure, no s'ha fet cap estudi relacionat amb el control industrial i automatització de la màquina.

A continuació es mostren punts que es podrien estudiar:

- Es podria estudiar el funcionament del sensor de reconeixement Omega 360°.
- Escollir motors per fer girar la cinta transportadora.
- Afegir un sensor de reconeixement i cinta per la part del taps, de manera que es puguin comptabilitzar quants n'hi ha.
- Fer una aplicació que permeti dir quants diners es donen en funció de l'envàs acceptat.
- Un sistema que avisi al supermercat quan la màquina comença a estar plena.
- Un sistema que permeti a la distribuïdora girar, en funció de si s'accepten llaunes o ampolles.
- Aconseguir una compactadora més lleugera, potser amb altres materials o dimensions.

Aquestes són unes quantes idees, d'entre les moltes que es podrien desenvolupar en una futura continuïtat del projecte.

## 11. Índex d'il·lustracions

Il·lustració 1 Evolució de la generació de residus municipals totals a Catalunya (2019). Font: Agència de residus de Catalunya.....	5
Il·lustració 2 Evolució de recollida selectiva d'envasos fins l'any 2020 Font: Agència de residus de Catalunya ..	6
Il·lustració 3 Destinació sortides de plantes de triatge d'envasos 2020 Font: Agència de residus de Catalunya. 7	
Il·lustració 4 Destinació sortides de plantes de tractament de resta 2020 Font: Agència de residus de Catalunya.....	7
Il·lustració 5 Qualitat de la recollida selectiva 2020 Font: Agència de residus de Catalunya.....	8
Il·lustració 6 Model Greeny EC2. Font: BeGreen.....	17
Il·lustració 7 Símbol del Punt Verd. Font: Ecoembes .....	18
Il·lustració 8 Tarifes per cobrir cost extra de l'alumini i del plàstic. Font: Ecoembes .....	19
Il·lustració 9 Model TOMRA T70 Dual. Font: Tomra .....	21
Il·lustració 10 Model motor per la compactadora. Font: Kansmacker .....	22
Il·lustració 11 Models YC301; H10/11; H30. Font: Incom Recycle .....	23
Il·lustració 12 Model Sielaff. Font: Sielaff .....	24
Il·lustració 13 Sistema de reconeixement Omega 360°. Font: Sielaff.....	24
Il·lustració 14 Cleaning brushes. Font: Sielaff .....	25
Il·lustració 15 Model RVMX2020. Font: RVM Systems AS .....	25
Il·lustració 16 Base estructura. Font: Elaboració pròpia.....	30
Il·lustració 17 Part superior estructura. Font: Elaboració pròpia .....	31
Il·lustració 18 Part de darrere estructura. Font: Elaboració pròpia .....	31
Il·lustració 19 Parts laterals estructura. Font: Elaboració pròpia .....	32
Il·lustració 20 Suports estructura. Font: Elaboració pròpia.....	32
Il·lustració 21 Portes inferiors estructura. Font: Elaboració pròpia.....	33
Il·lustració 22 Porta amb escàner estructura. Font: Elaboració pròpia .....	34
Il·lustració 23 Porta pels taps estructura. Font: Elaboració pròpia .....	34
Il·lustració 24 Frontisses Catàleg. Font: Elaboració pròpia.....	35
Il·lustració 25 Disseny prototip Solidworks. Font: Elaboració pròpia .....	36
Il·lustració 26 Contenidor groc envasos. Font: Barcelona pel Medi Ambient Gestió de Residus .....	36
Il·lustració 27 Estructura interna. Font: Elaboració pròpia.....	37
Il·lustració 28 Sistema de reconeixement i transport. Font: Elaboració pròpia .....	38
Il·lustració 29 Sistema de reconeixement de càmeres Omega 360°. Font: Elaboració pròpia.....	38
Il·lustració 30 Cinta transportadora. Font: Elaboració pròpia .....	39
Il·lustració 31 Suports laterals de la cinta. Font: Elaboració pròpia .....	40
Il·lustració 32 Tambor motriu i rodet. Font: Elaboració pròpia.....	40
Il·lustració 33 Rodament i circlips funcionament. Font: Elaboració pròpia .....	42
Il·lustració 34 Rampa cinta transportadora. Font: Elaboració pròpia .....	42
Il·lustració 35 Coberta frontal compactadora. Font: Elaboració pròpia .....	43



Il·lustració 36 Coberta lateral compactadora. Font: Elaboració pròpia.....	44
Il·lustració 37 Eix A compactadora. Font: Elaboració pròpia.....	44
Il·lustració 38 Eix B compactadora. Font: Elaboració pròpia.....	45
Il·lustració 39 Bloquejadors interiors compactadora. Font: Elaboració pròpia.....	45
Il·lustració 40 Bloquejadors exteriors compactadora. Font: Elaboració pròpia.....	46
Il·lustració 41 Engranatges compactadora. Font: Elaboració pròpia.....	48
Il·lustració 42 Compactadora. Versió per veure el funcionament. Font: Elaboració pròpia.....	48
Il·lustració 43 Compactadora d'eix hexagonal a 2 peces. Font: Elaboració pròpia.....	49
Il·lustració 44 Compactadora d'eix hexagonal amb punxons als rodets. Font: Elaboració pròpia.....	50
Il·lustració 45 Vista lateral compactadora a 2 peces. Font: Elaboració pròpia.....	51
Il·lustració 46 Motor per compactadora. Font: Elaboració pròpia.....	51
Il·lustració 47 Relació de transmissió. Font:[32].....	52
Il·lustració 48 Relació de transmissió de 3 etapes. Font: Elaboració pròpia.....	53
Il·lustració 49 Relació de transmissió de 3 etapes Solidworks. Font: Elaboració pròpia.....	54
Il·lustració 50 Pinyons relació de transmissió. Font: Elaboració pròpia.....	55
Il·lustració 51 Rodes relació de transmissió. Font: Elaboració pròpia.....	55
Il·lustració 52 Pinyó per cadena. Font: Elaboració pròpia.....	56
Il·lustració 53 Roda per cadena. Font: Elaboració pròpia.....	56
Il·lustració 54 Cadena de transmissió Solidworks. Font: Elaboració pròpia.....	57
Il·lustració 55 Dimensionament cadena de transmissió. Font: SKF.....	57
Il·lustració 56 Eixos segona i tercera etapa. Font: Elaboració pròpia.....	58
Il·lustració 57 Rodaments eixos etapes. Font: Elaboració pròpia.....	58
Il·lustració 58 Rodament eix compactadora. Font: Elaboració pròpia.....	59
Il·lustració 59 Sistema de distribució Solidworks. Font: Elaboració pròpia.....	59
Il·lustració 60 Frontal distribuïdora. Font: Elaboració pròpia.....	60
Il·lustració 61 Lateral distribuïdora. Font: Elaboració pròpia.....	60
Il·lustració 62 Eix trampeta distribuïdora. Font: Elaboració pròpia.....	61
Il·lustració 63 Trampeta distribuïdora. Font: Elaboració pròpia.....	61
Il·lustració 64 Paleta distribuïdora. Font: Elaboració pròpia.....	62
Il·lustració 65 Volandera distribuïdora. Font: Elaboració pròpia.....	62
Il·lustració 66 Detectores distribuïdora. Font: Elaboració pròpia.....	63
Il·lustració 67 Funcionament per distribuïdora. Font: Elaboració pròpia.....	63
Il·lustració 68 Prototip màquina de reciclatge d'envasos en Solidworks. Font: Elaboració pròpia.....	64
Il·lustració 69 Característiques model TOMRA T70 Dual. Font: Tomra.....	68
Il·lustració 70 Característiques dimensions ampolla PET. Font: Envases [22].....	69
Il·lustració 71 Característiques dimensions llaunes d'alumini. Font: Envases [22].....	70

## 12. Índex de taules

Taula 1 Empreses analitzades de Reverse Vending Machines. Font: Elaboració pròpia .....	15
Taula 2 Característiques dels models BeGreen. Font: Elaboració pròpia .....	17
Taula 3 Característiques dels models TOMRA. Part 1. Font: Elaboració pròpia .....	20
Taula 4 Característiques dels models TOMRA. Part 2. Font: Elaboració pròpia .....	20
Taula 5 Característiques dels models Incom Recycle. Part 1. Font: Elaboració pròpia .....	22
Taula 6 Característiques dels models Incom Recycle. Part 2. Font: Elaboració pròpia .....	23
Taula 7 Models Envipco. Font: Elaboració pròpia .....	26
Taula 8 Quadre resum dels models analitzats. Font: Elaboració pròpia .....	28
Taula 9 Base estructura. Font: Elaboració pròpia .....	30
Taula 10 Part superior estructura. Font: Elaboració pròpia .....	31
Taula 11 Part de darrere estructura. Font: Elaboració pròpia .....	31
Taula 12 Parts laterals estructura. Font: Elaboració pròpia .....	32
Taula 13 Suports estructura. Font: Elaboració pròpia .....	32
Taula 14 Portes inferiors estructura. Font: Elaboració pròpia .....	33
Taula 15 Porta amb escàner estructura. Font: Elaboració pròpia .....	34
Taula 16 Porta pels taps estructura. Font: Elaboració pròpia .....	34
Taula 17 Frontisses Catàleg. Font: Elaboració pròpia .....	35
Taula 18 Peces comercials estructura exterior. Font: Elaboració pròpia .....	35
Taula 19 Estructura interna. Font: Elaboració pròpia .....	37
Taula 20 Sistema de reconeixement de càmeres Omega 360°. Font: Elaboració pròpia .....	38
Taula 21 Suports laterals de la cinta. Font: Elaboració pròpia .....	40
Taula 22 Tambor motriu i rodet. Font: Elaboració pròpia .....	40
Taula 23 Peces comercials cinta transportadora. Font: Elaboració pròpia .....	41
Taula 24 Rampa cinta transportadora. Font: Elaboració pròpia .....	42
Taula 25 Coberta frontal compactadora. Font: Elaboració pròpia .....	43
Taula 26 Coberta lateral compactadora. Font: Elaboració pròpia .....	44
Taula 27 Eix A compactadora. Font: Elaboració pròpia .....	44
Taula 28 Eix B compactadora. Font: Elaboració pròpia .....	45
Taula 29 Bloquejadors interiors compactadora. Font: Elaboració pròpia .....	45
Taula 30 Bloquejadors exteriors compactadora. Font: Elaboració pròpia .....	46
Taula 31 Peces comercials compactadora. Font: Elaboració pròpia .....	47
Taula 32 Engranatges compactadora. Font: Elaboració pròpia .....	48
Taula 33 Motor per compactadora. Font: Elaboració pròpia .....	51
Taula 34 Catàleg motor 2 pols de corrent continua d'imants permanents. Font: Vernis Motors .....	51
Taula 35 Nombre de dents pinyons i rodes. Font: Elaboració pròpia .....	54
Taula 36 Pinyons relació de transmissió. Font: Elaboració pròpia .....	55
Taula 37 Rodes relació de transmissió. Font: Elaboració pròpia .....	55

Taula 38 Pinyó per cadena. Font: Elaboració pròpia.....	56
Taula 39 Roda per cadena. Font: Elaboració pròpia.....	56
Taula 40 Cadena de transmissió. Font: Elaboració pròpia .....	57
Taula 41 Eixos segona i tercera etapa. Font: Elaboració pròpia .....	58
Taula 42 Rodaments eixos etapes. Font: Elaboració pròpia .....	58
Taula 43 Rodament eix compactadora. Font: Elaboració pròpia .....	59
Taula 44 Frontal distribuïdora. Font: Elaboració pròpia .....	60
Taula 45 Lateral distribuïdora. Font: Elaboració pròpia.....	60
Taula 46 Eix trampeta distribuïdora. Font: Elaboració pròpia .....	61
Taula 47 Trampeta distribuïdora. Font: Elaboració pròpia .....	61
Taula 48 Paleta distribuïdora. Font: Elaboració pròpia.....	62
Taula 49 Volandera distribuïdora. Font: Elaboració pròpia .....	62
Taula 50 Detectores distribuïdora. Font: Elaboració pròpia .....	63
Taula 52 Estalvi energètic de materials recuperats. Font: Agència de residus de Catalunya .....	65
Taula 53 Factor d'emissió 2021. Font: Red Eléctrica de España .....	66
Taula 54 Pressupost segons material d'estructura. Font: Elaboració pròpia.....	75
Taula 55 Pressupost segons material de cinta transportadora. Font: Elaboració pròpia .....	75
Taula 56 Pressupost segons material de la compactadora. Font: Elaboració pròpia .....	77
Taula 57 Pressupost segons material de la relació de transmissió. Font: Elaboració pròpia.....	77
Taula 58 Pressupost segons material de la distribuïdora. Font: Elaboració pròpia.....	78
Taula 59 Pressupost dels costos d'enginyeria. Font: Elaboració pròpia .....	79

## 13. Bibliografia

1. Agència de residus de Catalunya. Estadístiques de residus municipals 2019 [consulta: 13 de maig de 2022] [https://residus.gencat.cat/ca/consultes\\_i\\_tramits\\_-\\_nou/estadistiques/](https://residus.gencat.cat/ca/consultes_i_tramits_-_nou/estadistiques/)
2. Agència de residus de Catalunya. Principals magnituds 2020 de la gestió de residus municipals [consulta: 13 de maig de 2022] <http://estadistiques.arc.cat/ARC/estadistiques/Gesti%C3%B3%20de%20residus%20municipals%20Any%202020.pdf>
3. Initiative aims for EU-wide adoption of reverse vending machines in supermarkets. [ consulta: 24 de febrer de 2022] <https://www.petnology.com/online/news-detail/initiative-aims-for-eu-wide-adoption-of-reverse-vending-machines-in-supermarkets>
4. WMW. Campaigners urge for EU-wide adoption of reverse vending machines. [ consulta: 24 de febrer de 2022] <https://waste-management-world.com/artikel/campaigners-urge-for-eu-wide-adoption-of-reverse-vending-machines-for-plastic-bottles-in-supermarkets/>
5. Directiva (UE) 2019/204 del Parlamento europeo y del consejo de 5 de junio de 2019 relativa a la reducción del impacto de determinados productos de plástico en el medio ambiente [ consulta: 17 de maig de 2022] <https://www.boe.es/doue/2019/155/L00001-00019.pdf>
6. Artículo. ¿Cuánto impacta el aluminio reciclado y por qué reciclarlo? [ consulta: 9 de maig de 2022] <https://www.pronetwork.mx/magazine/el-impacto-del-aluminio-y-por-que-reciclarlo/>
7. Returpack 'Reverse Vending Machine' incentivises aluminium and plastic recycling [ consulta: 10 de maig de 2022] <https://www.inno4sd.net/returpack-reverse-vending-machine-incentivises-aluminium-and-plastic-recycling-209>
8. Ganamos reciclando. Reverse vending reciclaje de envases [ consulta: 22 de març de 2022] <https://www.inno4sd.net/returpack-reverse-vending-machine-incentivises-aluminium-and-plastic-recycling-209>
9. GREENY EC2 – Be Green Reciclaje – Reverse Vending [consulta: 22 de març de 2022] <https://www.begreenreciclaje.es/reverse-vending/greeny-ec2/>
10. Tarifas del Punto Verde - Ecoembes [consulta: 25 de març de 2022] <https://www.ecoembes.com/es/empresas/tarifas-del-punto-verde>
11. ¿Sabes qué significa el punto verde de los envases? – Ingredientes de Suman [consulta: 18 de maig de 2022] <https://blog.oxfamintermon.org/sabes-que-significa-el-punto-verde-de-los-envases-2/>

12. Reverse vending solutions for beverage container recycling: TOMRA [consulta: 28 de març de 2022] <https://www.tomra.com/en/collection/reverse-vending/reverse-vending-systems>
13. Kansmacker: Recycling and Waste Management [consulta: 11 d'abril de 2022] <http://kansmackerrecycling.com/kansmaker/specs>
14. Income Recycle – RVM [consulta: 11 d'abril de 2022] <http://www.incomrecycle-rvm.com/products/>
15. SiCompact 2020 [consulta: 11 d'abril de 2022] <https://www.sielaff.de/en/products/reverse-vending-machines/stand-alone-solutions/sicompact-2020>
16. Reverse Vending – RVM Systems [consulta: 11 d'abril de 2022] <https://rvmsystems.com/reverse-vending/>
17. Envipco - Products [consulta: 21 de març de 2022] <https://www.envipco.com/products>
18. Chapa Galvanizada y Prelacada. Planos de Hierro y Acero de Comercial de Laminados [consulta: 14 de maig de 2022] <https://www.cdl.es/productos-servicios/chapa-galvanizada/#1511866687925-ab32b82f-cba2>
19. Red Eléctrica de España – Las emisiones del sistema eléctrico español descienden en 30 millones de toneladas en los últimos 5 años [consulta: 19 de maig de 2022] <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/especial/2020/06/las-emisiones-se-reducen-en-30-millones-de-toneladas-en-5-anos>
20. REData – No renovables detalle emisiones  $CO_2$  - Red Eléctrica de España [consulta: 19 de maig de 2022] <https://www.ree.es/es/datos/generacion/no-renovables-detalle-emisiones-CO2>
21. Latas de aluminio vs botellas, ¿cuál afecta más al medio ambiente? [consulta: 21 de maig de 2022] <https://medialab.up.edu.mx/noticias/latas-de-aluminio-vs-botellas-de-plastico-cual-afecta-mas-al-medio-ambiente/#:~:text=Las%20latas%20de%20aluminio%2C%20se,malas%20para%20el%20medio%20ambiente.>
22. Product details – Envases PET [consulta: 21 de maig de 2022] <https://www.envases.mx/es/soluciones-de-embalaje/cat%C3%A1logo-de-productos/envases-de-pet/product-details/?filterBy=1119&product=17008>
23. Product details – Envases latas [consulta: 21 de maig de 2022] <https://www.envases.mx/es/soluciones-de-embalaje/cat%C3%A1logo-de-productos/envases-de-aluminio-para-bebidas/product-details/?filterBy=1382&product=1966>
24. Bisagra puerta comercial BI0445R – BI04416R – Herrajes IDH [consulta: 23 de maig de 2022] <https://herrajesidh.com/catalogo/bisagras/vaiven-otras/bisagra-puerta-comercial-bi0445r-bi04416r/>
25. Domenech Machinery and Systems [consulta: 23 de maig de 2022] <https://domenechmaquinaria.com/productos/reciclaje/compactadoras/>

26. Buscador de rodamientos por aplicaciones, medidas y dimensiones – Fersa Bearings [consulta: 23 de maig de 2022] <https://www.fersa.com/es/buscador-rodamientos-aplicaciones>
27. Catálogo de motores de corriente continua – Vernis Motors [consulta: 24 de maig de 2022] <https://www.vernismotors.com/es/project/motores-de-corriente-continua-2/>
28. Soluciones de transmisión de potencia – SKF [consulta: 24 de maig de 2022] <https://www.skf.com/cl/products/power-transmission>
29. Partes de una cinta transportadora – Ingeniería Agroindustrial [consulta: 30 de maig de 2022] <https://www.calero-group.com/partes-de-una-cinta-transportadora/>
30. Materiales de las bandas transportadoras – AyJ Transmisiones [consulta: 30 de maig de 2022] [https://www.ajtransmisiones.com/blog/materiales-de-bandas-transportadora#:~:text=Existen%20cinco%20materiales%20principales%20en,algod%C3%B3n%20y%20lona\)%20y%20cuero.](https://www.ajtransmisiones.com/blog/materiales-de-bandas-transportadora#:~:text=Existen%20cinco%20materiales%20principales%20en,algod%C3%B3n%20y%20lona)%20y%20cuero.)
31. United States Patent Application Publication [consulta: 31 de maig de 2022] <https://patentimages.storage.googleapis.com/c3/5a/04/fc7976f52de373/US20120173014A1.pdf>
32. Relación de transmisión – correas y poleas [consulta: 31 de maig de 2022] <http://polamalu.50webs.com/OF1/mecanica/trasnmission.htm>
33. Componentes de una máquina expendedora [consulta: 2 de juny de 2022] <https://www.cuidatudinero.com/13082710/componentes-de-una-maquina-expendedora>
34. Catálogo de productos de hierro y acero de comercial laminados [consulta: 5 de juny de 2022] <https://www.cdl.es/productos-servicios/hierro-acero/>

## 14. Annexos

Els annexos d'aquest treball es troben en un document a part on hi ha tots els plànols per entendre el funcionament del prototip dissenyat.