



**EPS**

Escola Politècnica

**UdG**

Superior

## **Projecte/Treball Fi de Carrera**

**Estudi:** Enginyeria Tècn. Ind. Mecànica. Pla 2002

**Títol:** Projecte i disseny d'una talladora de closques de castanya

**Document:** Memòria

**Alumne:** Francesc Lara i Escamilla

**Director/Tutor:** Josep M. Güell i Ordis

**Departament:** Física

**Àrea:** Ciència de materials i enginyeria metal·lúrgica

**Convocatòria (mes/any):** Setembre/2008

## INDEX

1	Introducció.....	3
1.1	Antecedents.....	3
1.1.1	Aplicacions.....	4
1.2	Objecte.....	4
1.3	Especificacions .....	4
2	La talladora de closques de castanya.....	6
2.1	Creació i disseny.....	6
2.2	Dades de partida.....	6
2.3	Abast de la màquina.....	7
2.4	Know-How.....	7
2.5	Solucions i dissenys estudiats:.....	8
2.5.1	Sistema per roda i mordassa tallant.....	8
2.5.2	Sistema de tall en mordassa inclinada i introducció superior.....	9
2.6	Disseny definitiu.....	10
3	Funcionament general.....	12
3.1	Xassís.....	13
3.2	Empenyedors.....	14
3.3	Talladors.....	15
3.4	Tolva.....	16
3.5	Sistema de transmissió.....	17
3.6	Sistema dosificador.....	18
3.7	Cinta transportadora.....	19
4	Terminis de muntatge. Diagrama de Gantt .....	20
5	Resum econòmic.....	22
6	Conclusions.....	23
7	Index dels documents del projecte.....	24
	Annex A: Descripcions tècniques.....	25
A.1	Motor.....	26
A.2	Reductor.....	26
A.3	Rodaments.....	27
A.4	Cadenes.....	27
A.5	Sensors magnètics de seguretat.....	27
	Annex B: Càlculs.....	28
B.1	Estructura.....	29
B.1.1	Distribució de pesos a la base.....	29
B.1.2	Resistència del xassís.....	30
B.2	Molles.....	31
B.3	Càlcul del parell d'arrencada.....	32
B.4	Cadenes.....	33
	Annex C: Sistema elèctric.....	34
C.1	Funcionament.....	35
C.2	Selecció de cablejat.....	36
	Annex D: Estudi de seguretat i salut.....	37
D.1	Protecció integral de la màquina.....	38
D.2	Sistemes elèctrics de seguretat activa.....	38
D.3	Sistemes de seguretat passiva.....	39
D.4	Ventilació de la màquina. Evacuació d'humitat.....	39
	Annex E: Elements externs.....	40

## INDEX DE FIGURES

Figura 1: Model de mordassa inicial.....	8
Figura 2: Detall del tipus de tall.....	8
Figura 3: Mordassa completa.....	8
Figura 4: Xassís.....	13
Figura 5: Empenyedors.....	14
Figura 6: Sistema de talladors, a extreure per realitzar el canvi de fils de tall.....	15
Figura 7: Tolva lateral sense intermitja.....	16
Figura 8: Detall inferior de la tolva.....	16
Figura 9: Sistema de transmissió i empenyedors.....	17
Figura 10: Tensor de la cadena de la dosificadora.....	17
Figura 11: Dosificador.....	18
Figura 12: Detall de la pala inferior de la tolva.....	18
Figura 13: Sistema modular.....	19
Figura 14: Banda lateral .....	19
Figura 15: Sistema escalonat.....	19
Figura 16: Distribució de pesos .....	29
Figura 17: Esquema del mecanisme biela-manovella.....	31
Figura 18: Selecció de cadenes.....	33
Figura 19: Esquema de maniobra.....	35
Figura 20: Esquema de potència.....	35
Figura 21: Secció de cable en base a la intensitat.....	36
Figura 22: Penúltim model, sense totes les mesures de seguretat.....	38
Figura 23: Detall de l'accessibilitat a la transmissió.....	38
Figura 24: Vista de la zona inferior de la protecció del motor.....	39

## INDEX DE TAULES

Taula 1: Característiques sol·licitades pel client.....	5
Taula 2: Característiques del fruit a treballar.....	7
Taula 3: Característiques motor.....	26
Taula 4: Llistat de característiques pel disseny de les molles.....	30
Taula 5: Tanteig de recerca del radi i diàmetres adequats.....	30
Taula 6: Estimacions de càrrega dels elements lineals.....	31

## 1 INTRODUCCIÓ

### 1.1 Antecedents

Amb l'evolució del mercat, és necessari una nova obertura de productes que doni suport a les diferents branques de consum.

Preocupats i procurant abastar al major nombre de clients, nombroses empreses del sector alimentari relacionades amb la fabricació de pastisseria industrial, volen obrir mercats orientats al sector dels celíacs, el qual és un mercat sense possibilitat d'accés fins ara.

L'empresa BIMBO, amb domicili al carrer Josep Pla núm. 2, de Barcelona, CP 08019, preocupada per oferir sempre el millor pels seus clients, opta per ampliar la seva gamma de productes, pel que pren la decisió d'entrar al sector de l'alimentació sense gluten, amb una nova gamma de pastisseria adaptada a les seves necessitats.

Després de realitzar un estudi sobre les solucions possibles, es decideix aprofitar les possibilitats de la farina de castanya com a base per crear pastisseria industrial sense gluten.

Fet això, es sol·licita a diferents empreses, l'estudi d'implantació d'una línia de producció de 1200 Kg/h de farina de castanya.

Contractada l'empresa CFI 2001, S.A com a empresa subministradora d'una línia d'obtenció de farina de castanya, aquesta sol·licita a Francesc Lara Escamilla, amb DNI nº40366879-Q, enginyer tècnic mecànic, el disseny d'una màquina capaç de suplir les necessitats de la línia dissenyada per l'empresa esmentada.

Aquest procés requereix les següents etapes:

1. Tallar la castanya
2. Inspecció visual de recerca de fruits en mal estat
3. Neteja-cocció. S'introdueix el fruit en una peladora-bullidora de castanyes. El fruit s'infla adquirint l'aigua de l'entorn i es desprèn de la closca.
4. Per diferència de densitats, la closca queda surant a la part superior de la peladora, on és retirada, el fruit també sura, però a una alçada inferior.
5. La peladora s'alça amb les castanyes, deixant l'aigua enrere.
6. Trituració del fruit, mitjançant picadora contínua.
7. Passa pel túnel de secat.
8. Segona trituració, per deixar-la com a pols
9. Pasteurització per safata
10. Envasat al buit si es vol consumir en temps superiors a 24 hores.

L'empresa CFI2001 usará diferents màquines d'usos similars adaptats a les necessitats del client, dissenyant i fabricant les cintes.

### 1.1.1 Aplicacions

Les aplicacions amb possibilitat de tenir una explotació comercial tenen tres focus principals:

#### **Creació de pastisseria apta per celíacs:**

Gràcies a la bona similitud de la farina de castanya amb la farina de blat, essent la primera lliure de gluten, i comportant-se (en alguns casos a per naturalesa pròpia i en altres després de fermentacions) en un bon substitut per fabricar pastisseria, galetes, pa, i tot un ventall de possibilitats.

#### **Exportació de productes elaborats i semielaborats:**

Galícia és un dels principals exportadors de castanyes del món, i la seva qualitat és de les més ben valorades. Malgrat tot, el seu consum només és important dins el nord-oest de la península, pel que una gran part de la seva producció va orientada a països on el seu consum és molt més important, com el Regne Unit, Itàlia o França. Malgrat ser un fruit sec, compta amb un alt contingut d'aigua, cosa que fa que es degradi ràpidament si no és tractada. Per tant, la implantació d'instal·lacions que puguin produir farina de castanya, sopa o similars és una realitat present.

#### **Aplicacions en el camp de la dietètica:**

Una altra aplicació, de menys abast que les anteriors és com a complement en aliments orientats al sector esportiu, ja que és un fruit que té un 40% d'hidrats de carboni a més de proteïnes, lípids, sals minerals i vitamines A, B i C.

## 1.2 Objecte

Fet un concurs i les respectives reunions amb les diferents empreses, finalment queda seleccionada l'empresa CFI2001, la qual accepta la creació de tot el projecte.

L'objecte és el de dissenyar i projectar una màquina capaç de proporcionar un cabal estable d'aproximadament 70.000 castanyes/hora. Aquesta màquina ha d'acomplir una sèrie de requisits determinats a l'apartat 1.3 Especificacions, els quals seran en compliment de les característiques exigides tant pel client com per l'empresa encarregada de dissenyar la línia.

Aquest projecte haurà de ser presentat en el termini de 3 mesos, i presentar un esquema de construcció tal que permeti obtenir la màquina en 3 mesos més, després de la data de firma del client.

Fet el preestudi de la integració de la futura línia, es fa entrega al projectista del lay-out de la planta i la ubicació de la màquina a dissenyar.

## 1.3 Especificacions

Reunits, a data de 22 de juny de 2008, s'expliquen els paràmetres de disseny adoptats per CFI2001, entre els quals, es detalla el funcionament principal de la línia i les especificacions tècniques que ha de proporcionar la màquina.

Aquesta es farà de tal manera que vagi acord al disseny de la línia, segons unes mides de connexió a la cinta posterior. La resta de característiques de disseny venen descrites a continuació.

A més, se li fa entrega d'una sèrie de requisits d'obligat compliment perquè la línia es pugui adoptar a la resta de línies de treball ja existents, entre les quals es troben.

BIMBO SA, obliga que totes les màquines han de complir, a més de les normes de seguretat que afecten a la UE, una sèrie de requisits per tal que la línia es pugui adaptar al compliment

de la norma ISO 18000 (OSHA 18001), pel que, després de ser consultat a un auditor, indica una sèrie de requisits addicionals de seguretat

A 30 de juny, es fa entrega de la confirmació de requisits i acceptació per tal de l'enginyer projectista, el qual adverteix que, degut als requisits demanats, la màquina serà majoritàriament d'acer inoxidable, cosa que comportarà un cost major.

Característiques principals	
Dimensions aproximades	(2000 x 1400 x 1400)
Producció	1440 Kg/hora (aprox.)
Connexions	Preferiblement elèctrica
Pes	Indiferent
Rang de temperatures	10/50°C
So	Indiferent
Manteniment	Mínim No requerir de personal qualificat per fer el manteniment Les peces del manteniment han de ser accessibles
Seguretat	D'acord amb la normativa vigent de la UE
Tensió	230/400 V
Alçada de càrrega	1500 mm (aprox)
Alçada de descàrrega	300 mm (aprox)
Temps de recàrrega	30 minuts
Preu	Proper als 20.000€
Nº d'unitats	1
Termini d'entrega del projecte	3 mesos
Temps de construcció	3 mesos
Tipus de fruit	Castanea sativa, pilonga
Màquines necessàries per la construcció	Mínimes. El taller disposa d'eines senzilles, torn i fresa, a més de soldadors
Altres:	Resistència a la corrosió S'ha de poder netejar amb aigua a pressió.

*Taula 1: Característiques sol·licitades pel client*

De la mateixa manera, es fa entrega del conjunt de normes d'obligat compliment sota el qual s'ha de dissenyar la màquina.

- Normativa 89/392/CEE, directiva CE sobre màquines
- Normativa 73/23/CEE, directiva CE sobre baixa tensió
- Normativa 89/336/CEE, directiva de compatibilitat electromagnètica
- Norma EN 292-1. Seguretat de màquines. Terminologia bàsica metòdica i norma EN 292-2. Seguretat de màquines. Directrius tècniques i especificacions
- Norma EN 60204-1. Equip elèctric amb màquines industrials.
- Reglament 1935/2004, relativa als materials i objectes destinats a entrar en contacte amb productes alimentaris, i que deroga a la directiva 89/109/CEE
- Reglament (CE) 178/2002. Llei general d'Aliments

A més, s'acorden les condicions de disseny, on el programari i altres aspectes correran a càrrec de CFI2001, deixant a Francesc Lara com a encarregat i responsable del bon funcionament. Aquest haurà de fer complir totes les especificacions perquè CFI2001 pugui executar el muntatge de manera inequívoca, i pugui fer-se responsable de garantir la màquina. Tot i això, es farà entrega d'un plec de condicions per a CFI 2001, indicant les principals característiques que afecten al projectista.

## 2 LA TALLADORA DE CLOSQUES DE CASTANYA

### 2.1 Creació i disseny

Per crear aquesta màquina, no es disposava de cap referència en comú, però sí de dos punts importants per condicionar el disseny:

1. Cal que talli closca afectant el mínim possible el fruit
2. S'ha de poder adaptar a qualsevol posició i mides, ja que el client ha dit que procurarà donar un funcionament continuat durant tot l'any, cosa que implicarà l'ús de diferents varietats de castanyes.
3. Ha de poder funcionar correctament a l'exterior, sota porxo.
4. Ha de tenir una gran tolva, de fàcil càrrega manual.
5. S'han de canviar les fulles de tall en intervals el més allargat possible.

A més, cal tenir clar el sentit del disseny, identificar quin element és el principal, i un cop aquest fos dissenyat, desenvolupar la resta de la màquina en base a les característiques i connexions del primer. En aquest cas, ja que el procés principal es realitza tot en una sola fase, essent el tallat el node principal de recerca.

Es decideix que s'opta pel sistema més senzill, on el fruit és conduït i passa pel fil de tall, ja que deixar el fruit en una posició i realitzar l'operació no permet una bona continuïtat, a més de requerir un ventall tècnic més profund.

### 2.2 Dades de partida

El fruit a tractar és el fruit de *Castanea Sativa* o *Castanea vulgaris*, de les quals ja tenim notícies que es consumien des de l'època romana.

Ve catalogat en diferents categories i tipus.

La determinació de les dimensions ve donat per un número, que va de l'1 al 4, i la qualitat va des de la C fins a la A, essent la major. Això indica també el tipus de tall a realitzar, lateral i sense serra, haurà de ser superior al mínim necessari, ja que es considera que a mesura que el fil va tallant, pateix un desgast, que comporta una pèrdua de rendiment del ganivet.

De mides força variables, no solen superar els 40 mm de diàmetre en la categoria A, pel que es treballarà suposant un diàmetre màxim de 42 mm.

Entre les diferents varietats, com és el cas de la varietat "pilonga", es sol deixar assecar provocant una pèrdua d'humitat que afavoreix la conservació, però que manifesta una disminució de les dimensions del fruit a més d'una escorça més agressiva en termes d'erosió. Les mides són inferiors, pel que queden englobades dins del tipus anterior.

Finalment, comentat amb gent coneixedora del fruit, s'avalua que per provocar un bon tall a l'escorça, amb una fulla ja gastada només calen 5 Newtons de força<sup>1</sup>

De la mateixa manera, també informa que, de manera aproximada, un bon fil de tall (AISI-420). No supera els dos anys de vida, donant-li un ús molt limitat.

---

<sup>1</sup> Experiència realitzada amb entrevista al Sr. Francesc Grima Grima.

### 2.3 Abast de la màquina

Com interessa que la màquina es pugui adaptar a totes les varietats de fruits disponibles, independentment de la qualitat i/o mides de les castanyes a manipular, queden resumides les característiques de partida en la següent taula:

Aspecte	Característiques
Varietats	Sativa, pilonga
Humitat	Poden arribar molles
Dimensions	Ø42 mm màxim
Densitat	Variable, depenent del tamany del fruit
Tipus de tall	Simple, per aprisionament.
Força aplicable	5 N màxim
Temperatura de treball	Ambient (25°C), pot arribar a temperatures molt superiors

Taula 2: Característiques del fruit a treballar

### 2.4 Know-How

La recerca del procediment de tall es basa en una imitació mecànica del sistema tradicional, amb el que crea un tall vertical al fruit, a prou profunditat que deixi a la vista la carn del mateix. En el cas que s'hagi fet un tall més profund del que toca, tampoc és un problema, sempre que la castanya es consumeixi o tracti immediatament.

La imitació mecànica és simple: Aconseguir que el fruit arribi a una posició en la que quedi travat, se li faci els talls i sigui expulsat. Amb això tenim la identificació de característiques i problemes a resoldre:

Identificació de problemes:

- El fruit té una mida variable.
- L'escorça a tallar pot tenir un gruix variable.
- Atrapar un fruit, realitzar el tall i expulsar-lo són tres accions diferents, que s'han de realitzar coordinadament i a velocitats controlades.

Exigències del disseny:

- El mecanisme de tall s'ha d'adaptar a cada fruit independentment
- El mecanisme haurà de realitzar un tall profund, que pugui tallar el fruit sense tallar tota la castanya, respectant les diferents resistències d'escorça.
- Procurar que totes tres accions es produeixin a partir d'un sol moviment, i que tots els moviments siguin conseqüència del primer, a través de transmissió mecànica.

Exigències del client

- Malgrat ja consta a la normativa, la màquina s'ha d'aturar en el moment en què una de les comportes no autoritzades sigui oberta
- L'alçada de càrrega ha de ser a una altura tal que un operari no hagi de carregar amb postures inadequades. (es determina que una alçada al nivell del pit és correcta)
- Disposar de dos punts de parada, un a cada costat de la màquina.
- L'accés als fils de tall ha de ser dissenyat de tal manera que en cas que s'obris la porta i per fallada de la màquina aquesta seguís funcionant, l'operari no pogués enganxar-se amb el mecanisme de tall. (segona via de seguretat)



## 2.5 Solucions i dissenys estudiats:

### 2.5.1 Sistema per roda i mordassa tallant

Sistema que consisteix en una roda que disposa de petites "culleres" que carreguen les castanyes, i les porten fins les mordasses (fig 1), que poden anar muntades sobre una travessera horitzontal fixa. La castanya va allotjada a la cullera, fins que entra en contacte amb els fils de tall, que tenen una entrada triangular per centrar el fruit, en forma de cunya. Aquests fils, van ajustats amb diferents molles a compressió, que a mesura que el fruit és arrossegat obriran pas, deixant via lliure a la resta de la cullera i recuperant la posició original un cop passada aquesta.

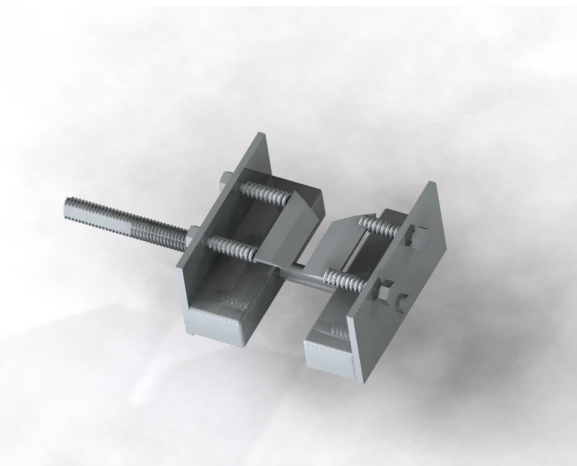


Figura 1: Model de mordassa inicial

Es pot veure a la figura 2 com el muntatge de la mordassa seria molt senzill, a banda d'efectuar millores per evitar que els fils puguin desplaçar-se en el sentit vertical.

La vareta d'ajustament de la mordassa seria roscada a dues mans, per tal que l'operari pogués ajustar i seleccionar la profunditat de tall en la castanya.

També es pot observar la situació de les molles, que podrien ajustar-se per seleccionar l'obertura màxima de les molles, depenent del tipus de castanya que tingués carregat.

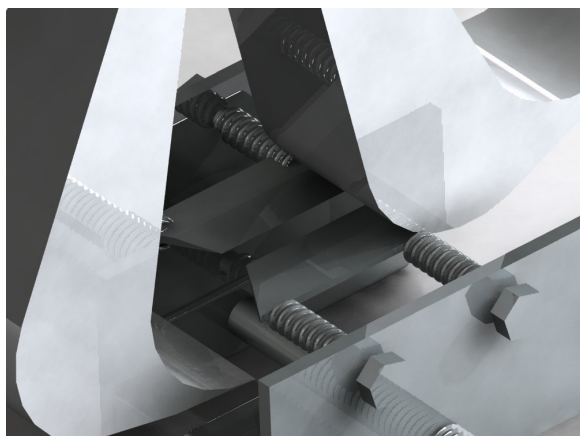


Figura 2: Detall del tipus de tall



Figura 3: Mordassa completa

En la segona figura es pot observar el funcionament del procés, on la roda amb culleres impulsaria la castanya a través de la mordassa.

En aquest últim detall es pot apreciar com queda l'atrapament de la castanya entre les mordasses, que poc a poc s'obririen per donar pas a la cullera. Geomètricament caldria localitzar els punts on situar l'eix que permetés l'alliberament del fruit un cop travessada la mordassa.

Com es tracta d'un disseny molt preliminar, no s'havien estudiat massa a fons les diferents formes perquè els fils no malmetessin la cullera.

### Valoració de característiques

Un cop estudiat i predimensionat, s'ha procedit a avaluar els seus avantatges i inconvenients, donant lloc a les següents conclusions:

A favor:

- ✓ Sistema senzill, amb poques peces podem portar a terme el tall
- ✓ Amb les molles, es pot adaptar a tot tipus de dimensions
- ✓ Realitza dos talls, pot ser interessant per operacions de pelat
- ✓ Fàcil de calcular molles i esforços.

En contra:

- × El sistema per posicionar les castanyes a la cullera és complicat.
- × La subjecció del fruit a la cullera es veu mermada en dissenyar un perfil que no entri en contacte amb els fils de tall.
- × L'expulsió del fruit del fil de tall és complicat.
- × La unió del fil de tall, (el qual ha de ser intercanviable) amb la molla seria complicat, ja que la soldadura no és viable. Es poden muntar peces d'acoblament de mides reduïdes, de difícil manipulació per a un operari inexpert.
- × El número de fils de tall és pobre, pel que es necessitaria repetir aquest sistema moltes vegades, pel que la maneta reguladora resta innecessària.

Valorant aquestes possibilitats, queda investigar aspectes complicats, com la inserció d'una expulsió per aire comprimit i un sistema d'inserció amb un mecanisme annex que no portés riscos en cas de problemes de coordinació.

Es decideix introduir variacions per tal de millorar el sistema, procurant aprofitar posicions diferents i altres combinacions.

#### 2.5.2 Sistema de tall en mordassa inclinada i introducció superior

Aquest sistema inclou una variant, i és que es pot fer la introducció de la castanya per la part superior aconseguint suprimir un dels requisits.

Amb aquest nou sistema, es pot observar:

A favor:

- ✓ El sistema pot admetre la castanya, que li pot arribar impulsada per cinta, entrant en diagonal.
- ✓ Condueix i aguanta per la part posterior al fruit, que és conduït a la mordassa (ja complet en el disseny anterior)
- ✓ La nova posició permet una evacuació més efectiva del fruit ja tallat, que cau per gravetat.

En contra:

- × No atrapa els fruits independentment de les seves dimensions.
- × Disseny complex de la roda (tenint en compte que no es pot fer per fundició)
- × Possibilitat que no agafi tots els fruits.

Finalment, es decideix abandonar la via de disseny per aquest sistema i buscar una alternativa diferent, mostrat a continuació, bàsicament perquè malgrat el disseny fos relativament senzill, el fet de demanar fabricar aquesta peça comportava diversos problemes, ja que l'ideal seria en plàstic, (polietilè, com a vessant econòmica o polipropilè, tots dos tenen bones prestacions) però el fet de treballar a un ritme de velocitats baix, per evitar que es fongui, i l'elevat percentatge de partícules de plàstic que queden adherides a l'eina.

A més, el sistema de recanvi no acaba de ser del tot senzill, i és important que tingui una via d'accés ràpida i senzilla, per tal de realitzar aquesta operació amb relativa facilitat per part d'un operari sense experiència.

## 2.6 Disseny definitiu

La nova via d'estudi obre lloc a un sistema completament diferent. Després de diferents esbossos i dibuixos a CAD, es decideix orientar el disseny en crear una cambra fixa, sota que el fruit cau per la part superior, una paret mòbil es desplaça reduint l'espai de la cambra, fins que el fruit es veu obligat a travessar la paret oposada on es troba el fil de tall. Un cop l'ha travessat, el propi fil de tall impedeix el retorn del fruit, el qual caurà per una rampa.

A favor:

- ✓ S'aconsegueix atrapament en el fruit, fixant-lo i orientant-lo
- ✓ És fàcil fer un sistema que transporti el fruit fins a la posició, per la seva posterior dosificació
- ✓ L'expulsió és senzilla i segura
- ✓ Tots els moviments asseguren que sempre treballen amb el fruit, minimitzant les possibilitats que aquest no sigui conduït al seu lloc

En contra:

- × No és un moviment circular sinó alternatiu, pel que cal estudiar la viabilitat de fer un sistema neumàtic de desplaçament o un sistema biela-manovella.
- × Disseny que inclou més peces, és més car, per les peces blocants i el sistema de transmissió.
- × El disseny serà més complicat, i s'hauran d'incloure patins i noves peces.

Avaluant les diferents alternatives, es decideix aprofundir sobre aquest últim, malgrat els costos siguin més elevats, ja que en el supòsit d'alt nivell de producció permet amortir el número de peces requerit per aconseguir el desplaçament horitzontal.

El següent pas, és decidir si el mecanisme d'impulsió del fruit serà mitjançant un sistema neumàtic o totalment mecànic, a partir d'un sistema biela-manovella.

La decisió es centra en un sistema mecànic, el qual amb un sol motor i un sistema de transmissió per cadenes, podem mantenir tota la màquina coordinada. A costa d'això, només hi haurà un cicle útil de funcionament, cosa que no deixa de ser un problema menor, ja que es tenia present la idea d'instal·lar un motorreductor amb reducció a visenfi.

Decidida la orientació del disseny, un altre aspecte paral·lel és dissenyar la tolva, que malgrat sembli una part secundària, té diversos aspectes importants que s'han de tenir present.

D'una banda, la capacitat, que hauria d'admetre un important volum de producte, però tenint en compte que la càrrega es fa per sacs que no arriben als 40 Kg, i que molt probablement es faria de manera manual. Per tant, per tal d'assegurar comoditat a l'operari, cal que

aquesta sigui baixa, i tingui un pendent prou important perquè aquestes vagin arribant fàcilment al fons, on seran recollides. Per tant, es decideix per optar per una tolva que ocuparia la major part de la màquina, ja que els talladors no requereixen gran espai, i es pot aprofitar l'espai que queda buit sota el pendent de la mateixa.

Així mateix, caldrà tenir present que serà necessari un sistema que pugui alçar les castanyes dosificades des de distàncies molt pròximes a terra fins a la alçada desitjada on es farà el tall.

Amb aquestes premisses, i alguns dissenys preliminars en autoCAD, s'arriba a la següent màquina, la qual ja està estudiada i es veu amb possibilitats de funcionar.

### 3 FUNCIONAMENT GENERAL

En els següents apartats es mostrarà el funcionament del conjunt de la màquina, i a continuació un detall de cada apartat principal, de la mateixa manera que es centraran els aspectes més crítics i que han tingut més importància a l'hora del disseny.

Primerament, es fa la càrrega per la part posterior de la màquina. Per fer-ho, s'obre el portó i directament es van buidant els fruits. Aquests recorren una primera rampa de descens inclinat, muntada per dos motius: d'una banda, s'evita que les castanyes piquin directament al fons de la màquina, podent-les malmetre, i d'altra banda, s'evita que el pes de les castanyes superiors, aixafi les de la part inferior quan la tolva és plena.

Un cop arriben a la part del dosificat, van distribuïnt-se a la cinta, mitjançant un sistema de sincronicitat calculat a partir de les relacions de transmissió de les cadenes. La dosificadora té dues posicions: Quan està en càrrega, la mitja lluna admet la càrrega d'una sola fila de castanyes. Aquestes queden allotjades al seu interior, i quan aquesta segueix girant fa que siguin descarregades a la cinta, caient per gravetat. Aleshores, la cara oposada de la mitja lluna fa que les castanyes restants a la tolva no puguin caure.

Descarregades a la cinta, aquestes van pujant mitjançant els suports muntats per la mateixa, la qual és de tipus modular, especialment muntada per l'ocasió. Aquí, opcionalment es pot muntar un sistema de neteja a base d'uns ruixadors simples i una safata de recollida situada a la part inferior.

Arribades a la part superior del sistema de talladors, aquestes són volcades al sistema de canals que les emmagatzema en files, preparades per entrar a la zona del tall.

El sistema de talladors, ve governat per un sistema de moviment lineal el qual aprofita els dos moviments per aprofitar la capacitat de la màquina. Té quatre posicions de treball:

L'empenyedor està en una punta, deixant l'espai idoni perquè baixi una sola castanya (no hi ha espai per més). Arribada aquesta, l'empenyedor fa un moviment lineal directe, que empeny la mateixa contra una cunya, que la centra contra una sola posició, on s'allotja el fil de tall. Aquest fil ve governat per una molla, la qual aplica una força a l'extrem d'uns 5 Newtons, la castanya travessa el tallador, fins que acaba per sortir del sistema i baixar per la rampa de sortida. Mentre l'empenyedor realitzava l'arrossegament del fruit contra els talladors, ja ha deixat una via oberta perquè descarregui la següent castanya, la qual farà el mateix procés però en sentit contrari. Aquest sistema dona un ritme de tall de 2 castanyes per tallador i per volta, pel que la producció estimada compleix amb més capacitat de la contractada, ja que queda de la següent manera.

$$60 \frac{\text{voltes}}{\text{minut}} \cdot 2 \frac{\text{talls}}{\text{volta}} \cdot 10 \text{ talladors} = 1200 \frac{\text{castanyes}}{\text{minut}}$$

De tal manera, que es manté la proporció, ja que en una hora, es tindrà:

$$1200 \frac{\text{castanyes}}{\text{minut}} \cdot 60 \text{ minuts} = 72000 \frac{\text{castanyes}}{\text{hora}}$$

Partint d'una estimació aproximada de 50 castanyes per quilo, s'arriba a la producció sol·licitada de:

$$72000 \frac{\text{castanyes}}{\text{hora}} / 50 \frac{\text{castanyes}}{\text{kg}} = 1440 \frac{\text{Kg}}{\text{hora}}$$

Complint les condicions de producció estimades, a més de reservar un marge de sobreproducció per suplir etapes en les que no es facin els talls.

### 3.1 Xassís

Responsable del suport i rigidesa de la màquina, encarregat d'absorbir els esforços i transmetre les vibracions als peus de la mateixa, preparats per treballar sota aquests índexs.

Realitzats sota norma alimentària, caldrà que siguin resistents a la corrosió, d'acord al manteniment de neteja que seran exposats. D'aquí es disposen dues opcions, d'una banda, fer l'estructura d'acer estructural i fetes les soldadures corresponents sotmetre l'estructura a un pintat galvanitzat, o directament, treballar amb acer inoxidable.

Es prefereix treballar directament amb tub d'acer inoxidable quadrat, ja que hi ha peces que fregaran sobre el xassís i podrien malmetre i rascar la superfície. Aquest, però no de categoria L, ja que la descarburació en la ZAT de cada unió no es considera greu, per no entrar en contacte amb els aliments. A més, el catàleg de què es disposa ja disposa d'una categoria d'acer tubular idoni per muntar per xassís.

Totes les barres tubulars que tinguin un extrem lliure seran segellades amb placa metàl·lica quadrada i posteriorment es poliran les soldadures. Aquestes disposen d'un coeficient de seguretat molt alt, ja que interessa que la rigidesa de l'estructura sigui alta, degut també al gran allargament i deformació elàstica que admet l'acer AISI-304.

Sota cada pota anirà soldada una placa de gruix superior amb rosca M16 centrada, per tal d'inserir el peu corresponent.

Totes les unions soldades es faran mitjançant soldadura d'elèctrode recobert d'acer inoxidable, procurant que la part que es fongui en major part sigui sempre l'extrem de la barra a soldar. D'aquesta manera, s'evita haver de fer servir acer de major gruix o unions cargolades.

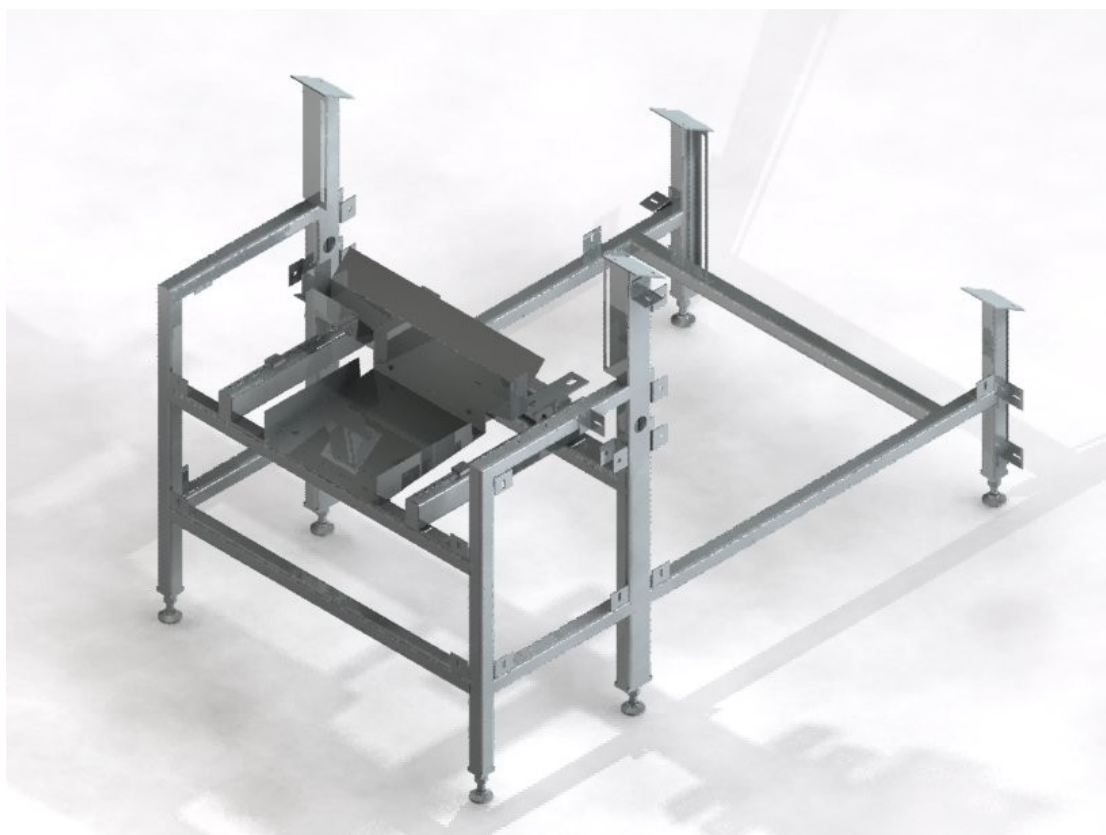


Figura 4: Xassís

### 3.2 Empenyedors

Encarregats de fer de paret mòbil per tancar el fruit dins la zona de tall. És una peça de la qual s'hauria d'optimitzar en futures versions, ja que no cal tant de material per tal d'acomplir el seu propòsit, però té l'avantatge que és relativament ràpid de treballar i muntar, pel que a l'hora del muntatge l'estalvi econòmic en la banda de mà d'obra és important.

El procediment a seguir és prendre la barra HPE de tipus estàndard, i admesa dins els catàlegs de grupinox i tallar-la segons les mides del plànol. A cada part, se li efectuaran els seus forats corresponents i rosaran, per tal d'introduir el cargol.

Com es pot veure al plànol i esquema, el conjunt queda com un bloc que, a més de tenir un pes important pel conjunt de la màquina dóna una rigidesa molt més alta de la necessària, que, malgrat ja interessa per evitar danys en obstruccions, és una part que inclou més material del necessari.

En els laterals, les pletines inclouen ja els allotjaments per inserir els bulons.

Les pletines laterals disposaran de xamfrans per tal de minimitzar talls en el muntatge, així com els laterals de les mateixes, que tindran com a ordre de tenir tots els cantells morts, ja que és una part que estarà en moviment.

També, per poder-ho ancorar als patins que li donaran el moviment longitudinal, té dos orificis a la part inferior, que es poden observar als plànols i a l'apartat de muntatge.

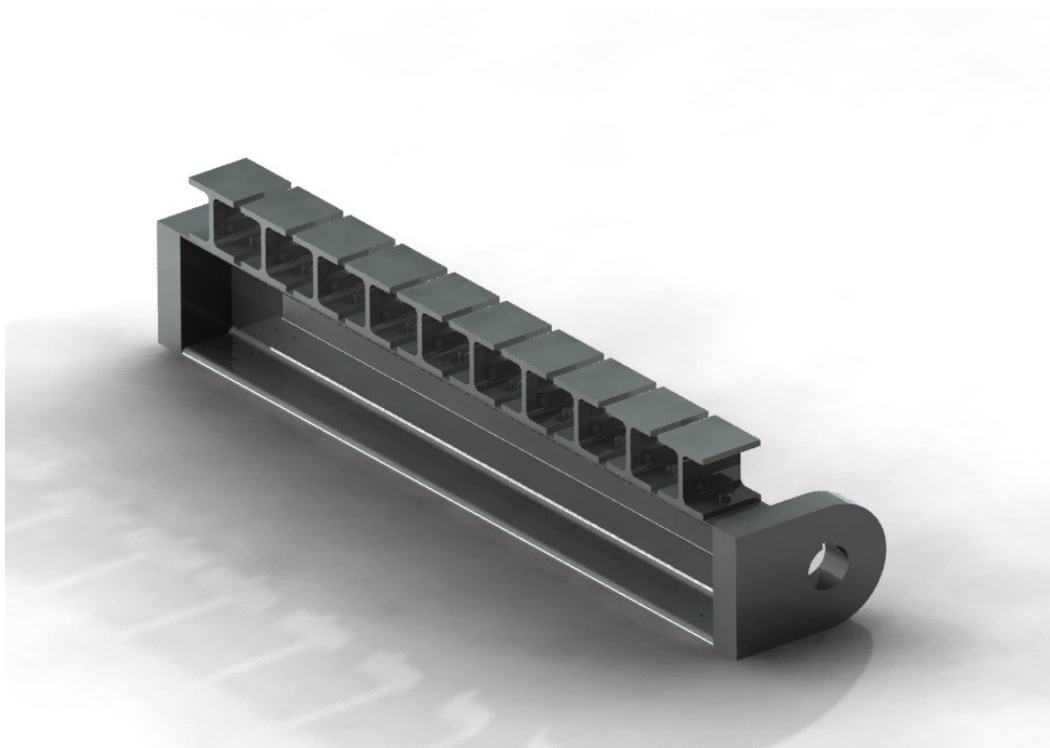
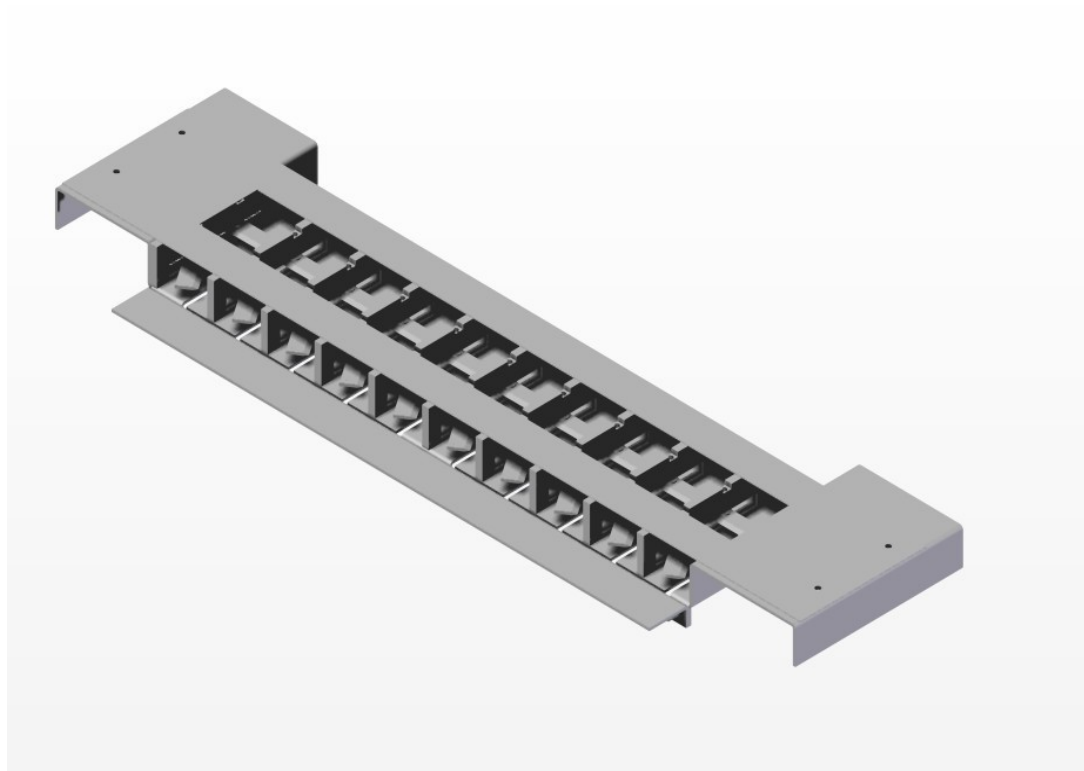


Figura 5: Empenyedors

### 3.3 Talladors

La part més delicada de la màquina. Composta per un total de vint fils de tall que mantenen la seva posició i resistència gràcies a quaranta molles dissenyades especialment per tal efecte. Cada fil de tall és una làmina fina esmolada d'AISI-420 MoV, que té una vida aproximada de tres mesos, i que, durant la fase de manteniment de la màquina, s'ha de retirar i substituir per un de nou. Aquest acer compleix dos objectius: D'una banda, es soluciona el problema dels fils de tall, ja que a un acer normal de ganivets li queda una vida molt limitada. Aquesta varietat d'inoxidable, té present petites quantitats de Vanadi, que li donen una elevada duresa, que permet que la renovació dels fils de tall s'hagi de fer el mínim possible. Aquest acer té l'inconvenient de ser molt car, però s'ha estudiat que es fan uns 28800 talls cada dia, cosa que, suposant un funcionament de 5 dies a la setmana, dona 662400 cada mes, aproximadament.



*Figura 6: Sistema de talladors, a extreure per realitzar el canvi de fils de tall*



### 3.4 Tolva

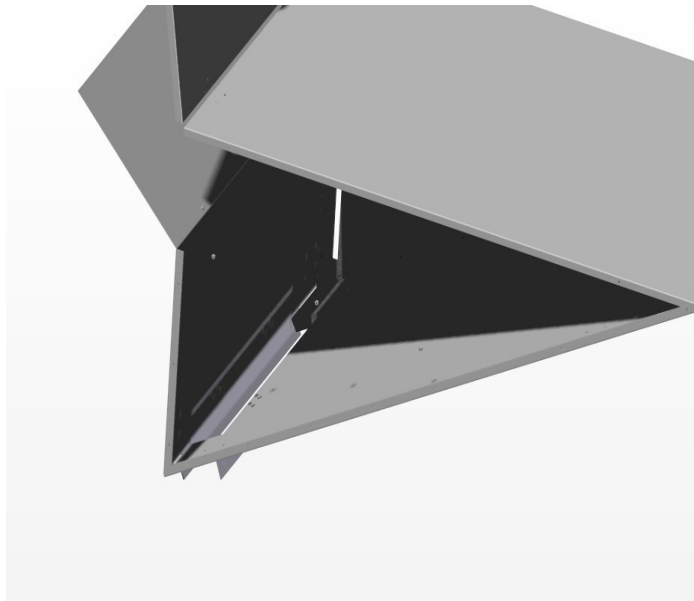


Figura 7: Tolva lateral sense intermitja

Feta, tal i com exigeix la norma, amb xapa d'acer inoxidable AISI-304. La limitació principal és que degut a les mides de la mateixa, les planxes de xapa que es solen comercialitzar (3x1,5m) no permeten fer-la d'una sola fase, pel que es va optar a fer diferents cares que posteriorment serien soldades.

Aquesta tolva disposa d'una petita rampa que facilita el buidat dels sacs sobre la mateixa i evita que el fruit rebi cops si cau directament, a més d'una segona xapa inferior que evita que tot el pes del producte aixafi el sistema de dosificat.

De la mateixa manera, també hi ha una segona protecció que evita que tot el pes es

descarregui sobre les castanyes situades a la part inferior, mantenint així que el producte arribi en bon estat a la dosificadora.

També es pot observar com a la part inferior hi ha una orientació que permet l'encaix amb la part de dosificat de producte, fet amb un petit plegament ajustat.

També inclou un sistema de seguretat, (sistema antidelgollament) que evitaria que en cas accidental, una persona en cas que rellisqués pogués fer-se un tall al coll, ja que si no es fés, la xapa de 3 mm pot comportar-se com una fulla. El sistema és senzill, consta de dos plegaments que li donen una superfície plana que en cas de relliscar, provocaria un cop però no el tall. Una altra millora, també pensada seria alçar tota la tolva un metre, deixant lliure només la via on es carrega el fruit.

En la figura 8, també es pot observar el sistema de plegament que donarà lloc a l'encaix del sistema de dosificat, que s'explicarà més endavant.

En el renderitzat se li han extret els faldons laterals per tal de poder observar-ho millor.

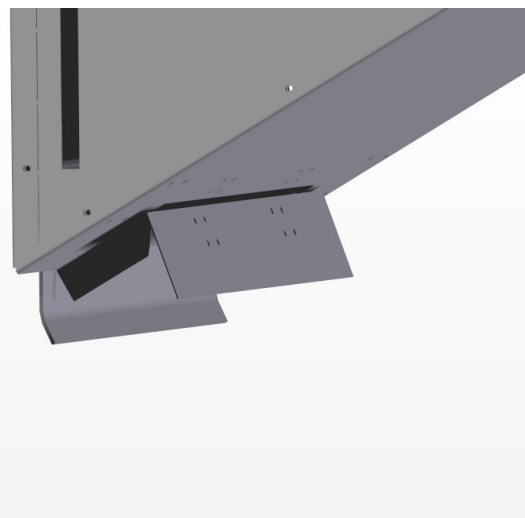
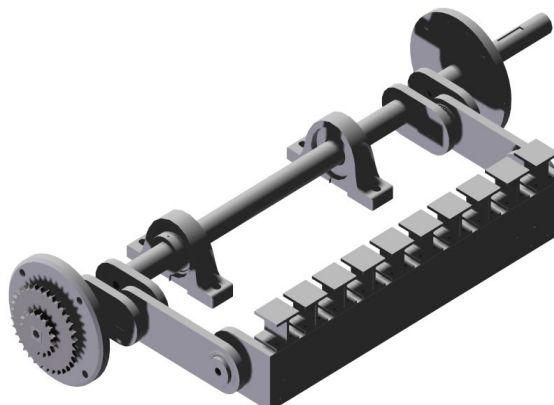


Figura 8: Detall inferior de la tolva

### 3.5 Sistema de transmissió

És la part amb més responsabilitat, ja que és molt important que aquesta estigui ben coordinada, ja que amb el funcionament d'un sol motor, s'aconsegueix el moviment de tots els mecanismes que la formen, estalviant energia, i el més important, mantenint un funcionament uniforme i més segur.

Per aconseguir aquest objectiu, s'aprofita el moviment rotatiu de l'eix de transmissió principal per donar vida als diversos components.



D'una banda, i mitjançant una relació 1:1, es dona força al sistema d'empenyedors, els quals requereixen una força menor, però també tenen la

tasca de transmetre la potència a l'altra banda de la màquina, al joc de pinyons. Per obtenir el moviment lineal s'ha aplicat el mecanisme biela-manovella, estudiant les mides per CAD i ajustant-les per tal d'obtenir un desplaçament de 150 mm.

Figura 9: Sistema de transmissió i empenyedors

El moviment segueix a través de l'arbre posterior, recolzat per dos rodaments i arribant fins a l'arbre de pinyons, encarregat de donar i mantenir les relacions amb la cinta transportadora i la dosificadora. Allà, tal i com es pot observar a la figura, es troben els dos plats de

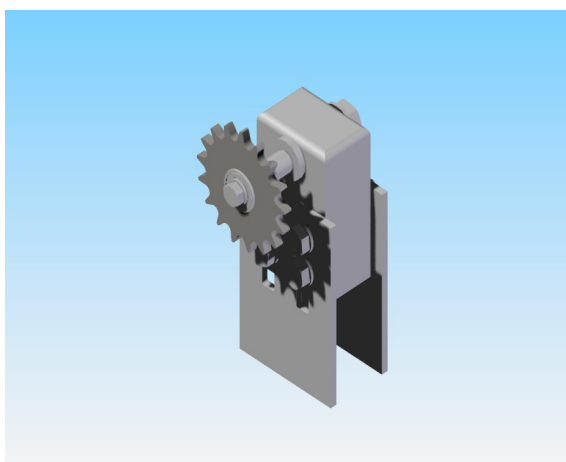


Figura 10: Tensor de la cadena de la dosificadora

transmissió, un de tipus 1:2, ( el més gran, com a multiplicador de  $\omega$ ) que controlarà la velocitat de gir de la dosificadora, per tal que doni dues voltes per cada cicle de tall i així aprofitar el moviment en ambdós sentits del tallador.

El segon plat, més petit, s'encarrega de governar la velocitat de gir de la cinta, la qual és de reducció, 1:3. Això ve donat perquè per cada volta del pinyó de la cinta té 6 passos exactes, per tant, interessa que per cada volta que faci el mateix, (s'han descarregat 6 files de castanyes) hagin passat 3 cicles de tall (3 voltes de motor). Malgrat tot, sempre queda possibilitat que vinguin més o menys castanyes del compte, pel que es munten al sistema de talladors les canals de tall.

Els sistemes també disposen de tensors, el de la dosificadora és un bloc foradat amb eix passant i recolzat al final del xassís, prop a la dosificadora. L'altre és la mateixa cinta, la qual queda ajustada amb dues xapes que tenen un trauc-colís perquè els rodaments es puguin desplaçar en sentit vertical. La cinta transportadora de castanyes no és important que estigui molt tensada, ja que entre els topalls posteriors i els tancaments laterals eviten fugues de castanyes a l'exterior.

La cadena de dosificat disposa d'un petit tensor ajustable manualment des de la part posterior de la màquina. L'altre cadena es pot ajustar mitjançant l'alça esmentada en el cas de tensar la cinta.

### 3.6 Sistema dosificador

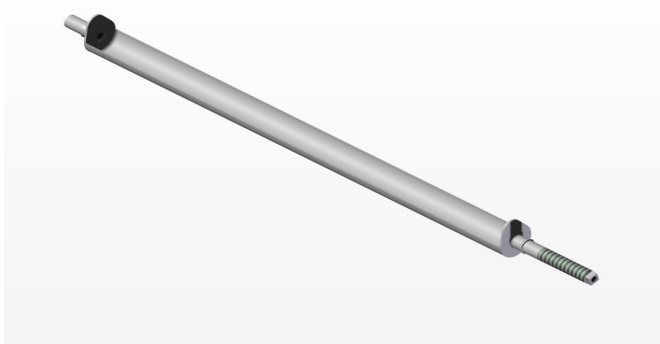


Figura 11: Dosificador

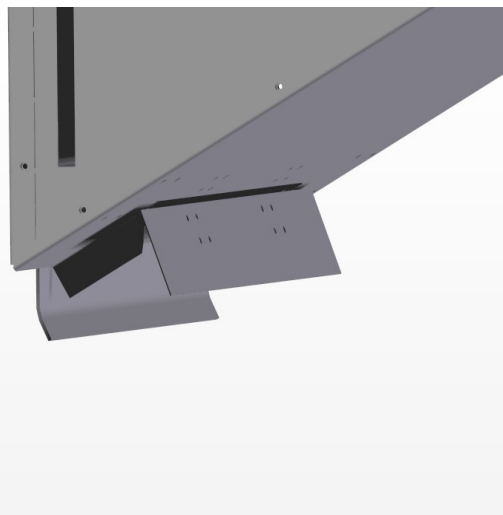
El sistema dosificador és un sistema molt senzill de dosificat del fruit. Després de complexos sistemes, es va veure que aquest era el més senzill, ja que, malgrat patir algunes deficiències (risc de trencar castanyes, per exemple, en el cas que fossin de dimensions molt reduïdes), és un sistema que pot portar a terme la seva funció correctament.

Basat en un tram tubular recte el qual té un tall transversal amb una obertura determinada, junt amb les seves respectives tapes laterals de

xapa d'1,5 mm, permet fer dues funcions alhora. (Figura 11)

Com es pot observar a la figura, a l'extrem hi va soldat una barra que serà l'encarregada de transmetre el moviment giratori al conjunt.

L'avantatge que té, a més del seu sistema econòmic és que permet tancar la tolva mentre té la cara oposada i carregar quan té l'obertura cap amunt. Es pot veure que la forma de les tapes exteriors és en forma de lleva, cosa que permet que cada volta que fa la dosificadora doni moviment a la pala de la tolva, d'aquesta manera es manté en moviment la part inferior i s'eviten obturacions de fruit.



Això es munta perquè ja malgrat s'ha muntat un pendent important pel descens dels fruits per l'interior de la mateixa, i hi ha unes dimensions prou importants per evitar obturacions de més de dos fruits, es manté un bon cicle

homogeni de descens. *Figura 12: Detall de la pala inferior de la tolva*

### 3.7 Cinta transportadora

Responsable d'alçar els fruits, un cop han estat descarregats pel sistema dosificador. En ser els fruits rodons, s'ha hagut de buscar un sistema escalonat, ja que era el més senzill que l'alternativa de cargol d'arquímedes.

Això requereix un sistema modular, provinent del fabricant Intralox. Aquest prové de nombroses varietats de cinta modulars, les quals es poden combinar lliurement segons la sol·licitud. Per tant, es sol·licita un sistema de dues passes planes+aleta d'antirretorn, com queda mostrat a continuació:

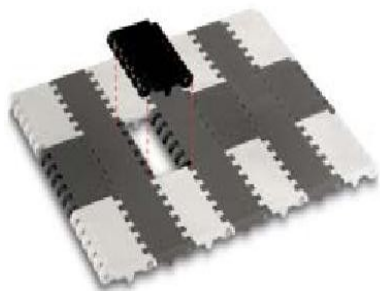


Figura 13: Sistema modular



Figura 14: Banda lateral



Figura 15: Sistema escalonat

La màquina té l'inconvenient que és molt baixa, per tal d'oferir una fàcil càrrega dels sacs de castanyes, per tant és imprescindible un element d'aquestes característiques per tal de facilitar la posició dels talladors, i després poder descarregar a la cinta de control visual.

A més, deixa la porta oberta a instal·lar un posterior sistema de neteja a pressió o preescalfament per la qual la màquina ja està predissenyada, ja que es muntarà una cinta tipus FLUSH GRID, el qual indica que té una llum de pas prou elevada perquè l'aigua es pugui escórrer.

#### 4. TERMINIS D'ENTREGA. DIAGRAMA DE GANTT

Segons el model de treball adoptat, el qual es disposa d'un petit taller amb les eines més comuns, deixant de banda premsat i eines de tall específiques, s'ha adoptat un sistema per subcontractar les diferents operacions, de tal manera que, malgrat té un cost lleugerament superior, es guanya temps d'execució i qualitat d'operacions, ja que les mateixes seran fetes per operaris més experimentats.

D'aquesta manera, com es pot observar, la primera i inevitable operació és dedicar dos dies per avaluar les operacions i discutir-les amb la direcció de disseny de la línia, per tal d'ajustar els últims detalls i fer les trucades pertinents per trobar i acordar terminis amb els diferents tallers subcontractats.

Acte seguit es faran les pertinents sol·licituds de peces als diferents tallers, i material pels muntatges propis, cosa que com es pot observar estalvia molt temps.

Un cop es disposi dels diferents components del muntatge es pretén que la data s'ajusti a l'arribada de la cinta, la qual és la que té un temps de resposta més retardat, essent aquesta l'operació crítica. A més, l'arribada de la mateixa determina el punt clau o "meeting point", on es disposarà de les diferents parts ja muntades, preparades per ser unides i ensamblar la màquina.

Amb una previsió de subministre de material de només set dies, (ja que tots els components són usuals) es farà la sol·licitud de material elèctric, junt amb el contracte d'un electricista capacitat per fer el muntatge dels components elèctrics.

Finalment, es faran les proves definitives de funcionament i ajustatge de la màquina per assolir els requisits demandats pel client i embalatge de la mateixa per ser enviada. S'ha procurat que les mides de muntatge siguin inferiors a les d'un camió de transport petit, malgrat també pot ser introduïda amb altres elements de la futura línia en un transport estàndard.

A continuació s'annexen les pàgines que identifiquen el procés.



## 6. RESUM ECONÒMIC

El següent resum econòmic descriu els costos d'execució del projecte, així com els costos derivats del disseny i projecte.

El mateix, descriu la resta de costos derivats, tant directes com indirectes. Per a una informació més detallada, dirigir-se al document 10, pressupost.

**Costos de fabricació de la màquina**

Total unió conjunts:	480,80 €
Total xassís:	878,71 €
Total empenyedors:	132,86 €
Total talladors:	2.819,53 €
Total tolva:	925,26 €
Total transmissió:	2.935,67 €
Total cinta:	461,48 €
Total proteccions:	1.353,30 €
Total material elèctric:	221,74 €

<b>Total costos de fabricació</b>	<b>10.209,35 €</b>
-----------------------------------	--------------------

Impost del Valor Afegit (IVA)	16,00%	1.633,50 €
-------------------------------	--------	------------

<b>Cost total de la màquina:</b>	<b>16.010,56 €</b>
----------------------------------	--------------------

**Costos d'elaboració del projecte**

Enginyer tècnic mecànic	30	60	1.800,00 €
Delineant	22	150	3.300,00 €
Secretaria	20	20	400,00 €
Costos directes			220,00 €
Costos indirectes			275,00 €

Benefici industrial (12%)	719,40 €
Impost sobre el valor afegit (16%)	1.074,30 €

<b>Total cost enginyeria</b>	<b>7.788,70 €</b>
------------------------------	-------------------

## 7. CONCLUSIONS

Amb l'entrega d'aquest projecte, s'assoleixen els objectius proposats, els de dissenyar i projectar una màquina per a un ús específic i pel qual no hi havia cap tipus de precedent.

S'han hagut de solventar diversos aspectes tècnics, tals com friccions, tensions i minimització de vibracions, però la falta de creació d'un model real no ha permès poder fer el seguiment adequat per observar detalls que queden en la teoria. Això dóna lloc al futur desenvolupament de millores de la màquina, estudis i tècniques de perfeccionament per un projecte que pot donar molt de joc encara.

Malgrat tot, aquest ha estat un projecte ambiciós, de gran nombre d'hores invertides en desenvolupar tota una sèrie d'eines, tant de càlcul com de disseny tridimensional que han deservocat en un projecte satisfactori tant a nivell personal com acadèmic.



## INDEX DELS DOCUMENTS DEL PROJECTE

- Document nº 1. Memòria
- Document nº 2. Annex A. Descripcions tècniques
- Document nº 3. Annex B. Càlculs
- Document nº 4. Annex C. Sistema elèctric
- Document nº 5. Annex D. Estudi de seguretat i salut
- Document nº 6. Annex E. Catàlegs proveïdors
- Document nº 7. Annex F. Manual d'usuari
- Document nº 8. Plànols
- Document nº 9. Plec de condicions
- Document nº 10. Pressupost
- Document nº 11. Estat d'amidaments
- Document nº 12. Resum del projecte

Nota: En el suport òptic, els documents aptes per ser modificats van protegits sota contrassenya creada per l'autor del projecte. Aquests documents seran desbloquejats sempre que l'autor sigui informat de la seva modificació i havent autoritzat la mateixa. Els formats de redacció són \*.odt i \*.planner.

Els documents 1, 2, 3, 4, 5 i 6, van englobats dins del dossier 1. Memòria

## ANNEX A: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES

## ANNEX A: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES

### A.1 Motor

Seleccionat segons una predicció dels fregaments i d'una estimació aproximada basada en el càlcul d'inèrcies reduïdes.

Es té present que el parell d'arrencada del motor és superior que durant el funcionament normal, deixant aquest paràmetre per la càrrega d'excés no prevista i com a factor de servei.

De protecció IP65, exterior d'acer pintat, amb proteccions de plàstic.

Unió a motorreductor mitjançant cargoleria DIN933.

Sistema de connexió directa a triangle, habilitada per funcionament trifàsic. Tanmateix, si el client ho sol·licita, pot muntar-se en connexió monofàsica 230V.

Compleix les següents normatives:

Normativa 89/392/CEE, directiva CE sobre màquines

Normativa 73/23/CEE, directiva CE sobre baixa tensió

Normativa 89/336/CEE, directiva de compatibilitat electromagnètica

### A.2 Reductor

Sistema reductor sota reducció tipus visenfi, ja que la relació a reduir és molt baixa. Això també representa que hi ha una pèrdua de potència a la transmissió, pel que la potència del motor.

Estructura de fundició, amb doble rodament intern. Mides segons esquema, per connectar-se a xaveter.

Posició horitzontal.

La sol·licitació total de càrrega és:

Característiques	Demanda
Velocitat de gir sol·licitada	60 rpm
Parell necessari:	271,96 N·m
Potència requerida:	1,71 kW, s'ajusta per seguretat a: 2,2 kW
Tipus de relació:	25/1
Motor:	90SB/1400 rpm
Factor de seguretat (sf):	1,1~1,4
Tipus de motorreductor:	CM090
Tipus d'unió/posició muntatge:	B5

*Taula 3: Característiques motor*

La connexió del reductor és femella-femella, amb connexió d'eix de Ø35 mm, amb tancament axial amb volandera DIN 9021+cargol DIN933.

El fabricant garanteix termini d'entrega d'una setmana, i garantia segons especificacions.

No requereix relubrificacions, malgrat s'aconselli revisar.

### A.3 Rodaments

Fabricant: INA-FAG

Característiques: De boles, simples. Tots els rodaments tenen protecció contra la corrosió i no requereixen de relubricació, però s'ha tingut en compte que la seva resistència al parell és lleugerament més elevada que rodaments normals, pràcticament despreciable.

Doble llavi de segellat d'anell plàstic.

Els que inclouen suport, tenen base feta de fundició i recobrint anticorrosiu. Són de tipus autoalineables.

En cap cas s'ha estudiat el comportament axial dels mateixos ni el règim d'hores de vida, per ser el ritme de revolucions molt baix, i el sistema de càrrega ser molt lleuger.

En el cas dels patins, s'han triat petits, per tal de ser fàcilment ajustables als diferents punts dels components i aportar un moviment menys pesat.

### A.4 Cadenes

Articulades sobre casquet plàstic, no requereixen de lubricació especial, pel que el seu manteniment és nul.

Seleccionades pel seu baix preu en comparació amb les sinteritzades o prelubricades.

Aquestes, queden seleccionades segons la orientació de les taules del fabricant en base al predimensionat de la línia i de les condicions de funcionament. (veure annex B, càlculs). Es selecciona tanmateix un sistema de transmissió de pinyons imparells, per evitar que el mateix casquet encaixi sempre amb la mateixa dent del pinyó.

El mateix fabricant prové els pinyons d'acord amb la cadena seleccionada, només queda donar forma de la transmissió.

#### 7.1.5 Sensors magnètics de seguretat

De tipus simple, per detecció d'imant permanent. Amb resistència a la humitat i facilitat de muntatge en cinc posicions.

La localització dels mateixos serà a les posicions indicades segons plànol, ajustant les posicions en els encaixos i cargolant allà on sigui necessari.

Senyal immediata mitjançant connexió a baixa tensió, en connexió analògica.

Compleix les següents normatives:

Normativa 89/392/CEE, directiva CE sobre màquines

Normativa 73/23/CEE, directiva CE sobre baixa tensió

Normativa 89/336/CEE, directiva de compatibilitat electromagnètica

## ANNEX B: CÀLCULS

## ANNEX B: CÀLCULS

### B.1 Estructura

#### B.1.1 Distribució de pesos a la base

Els pesos van regulats en sis potes per tal de donar un repartiment més homogeni de l'estructura. La major part queda concentrada segons les potes centrals i posteriors, encarregades de suportar el pes de la transmissió i tolva respectivament. Les dues frontals tenen una aplicació merament de seguretat, per donar més estabilitat a la màquina en el supòsit que un operari es recolzés a la part frontal en el cas que fer el recanvi dels fils de tall de manera incorrecta (sense treure el sistema tallador).

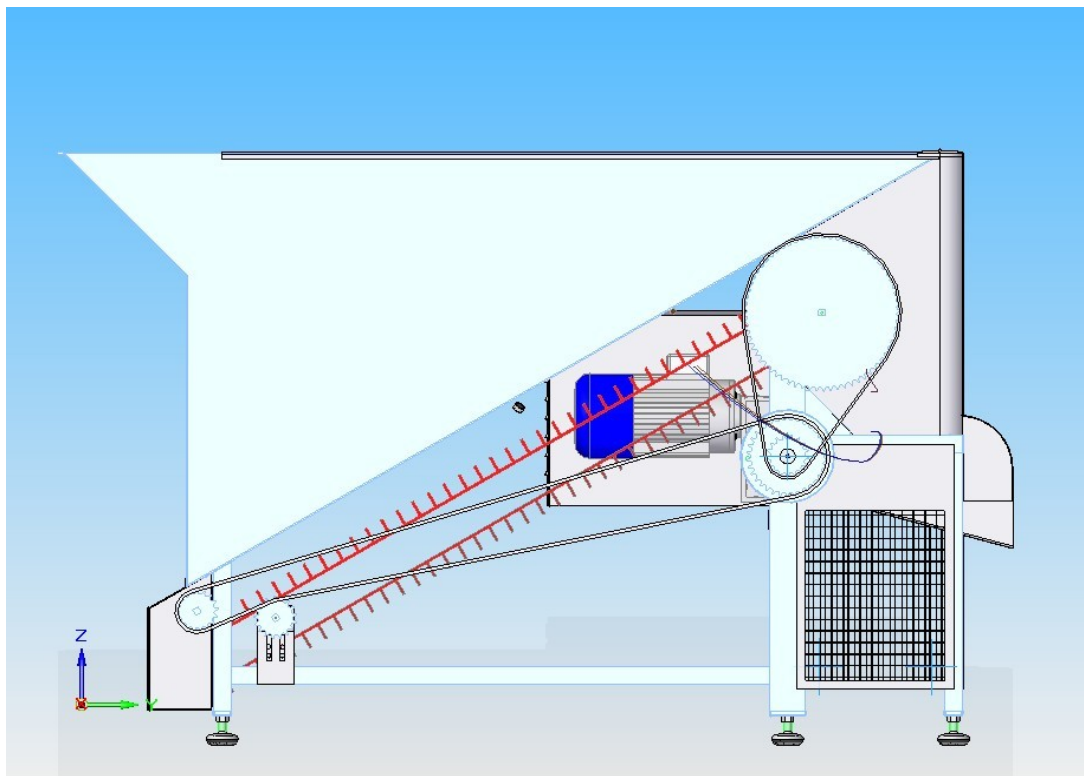


Figura 16: Distribució de pesos

La suposició de càrrega està calculada amb la màquina buida i aturada.

Els peus tenen una resistència a la càrrega variable, en base a l'alçada de la rosca, però molt superior al de la màquina.

La màquina té un pes total aproximat sense càrrega de 450 Kg.

Cal tenir present, que la màquina en funcionament influeix sobre la distribució de càrregues entre les potes frontals i centrals, degut al desplaçament del sistema empenyedor sobre els rails.

#### B.1.2 Resistència del xassís

El xassís s'ha considerat fer-lo amb un sobredimensionament de la capacitat de càrrega, ja que es requeria d'un tub ample que pogués carregar el sistema de transmissió, pel que disposa de tub de 80x40x3 mm.

La resta de l'estructura, realitzada amb tub quadrat de 40x40x3 (de tipus estructural) suporta de manera més eficient la resta de l'estructura.

## B.2 Molles

El sistema de talladors va governat per un total de quaranta molles de tracció independent. Aquestes s'han calculat com es descriu a continuació:

Característica	Nivell
Força requerida	15 Newtons
Tipus de molla	Tracció
Acer utilitzat	Acer de molles galvanitzat. Opcionalment es pot calcular per acer inoxidable de molles, tipus: Z10 CN 18.09 (o 18/8)
$\tau_{adm}$	4000 Kg/cm <sup>2</sup>
Fletxa (f)	2,3 cm
G	800000 Kg/cm <sup>2</sup>

Taula 4: Llistat de característiques pel disseny de les molles

Sistema de càlcul:

Tal i com es veu a la figura, el sistema ha de suportar una tensió de 15 Newtons, ja que s'ha retallat la distància del ressort per tal d'evitar pandejos i doblegaments de la molla.

Ø cable	Radi molla	Força
0,05	0,5	0,20
0,05	0,6	0,16
0,05	0,7	0,14
0,05	0,8	0,12
0,05	0,9	0,11
0,05	1	0,10
0,1	0,5	1,57
0,1	0,6	1,31
0,1	0,7	1,12
0,1	0,8	0,98
0,1	0,9	0,87
0,1	1	0,79

Seleccionats dos diàmetres comuns de cable i radis variats, s'arriba a una aproximació de la força (en Kg) adequada a les nostres necessitats.

Tot això es fa a partir de la fórmula següent:

$$F = \frac{\pi * d^3}{16} \cdot \frac{\tau_{adm}}{R}$$

on d és el diàmetre del fil i R el radi (pel centre) de la molla.

Taula 5: Tanteig de recerca del radi i diàmetres adequats

Trobats R i d, i estimant una longitud aproximada de flexió de la molla, es troba el núm. d'espores, segons la següent fórmula:

$$f = \frac{(64 \cdot n \cdot R^3)}{d^4} \cdot \frac{F}{G} \quad \text{on } n = \text{núm. d'espores, } R = \text{radi de la molla, } F = \text{força aplicada, } G = \text{mòdul d'elasticitat tangencial}$$

Admetent una tracció de 30 mm, (3 cm), es dedueix el núm. d'espores necessàries:

$$\frac{(3 \cdot 0,1^4 \cdot 800000)}{(64 \cdot 0,6^3 \cdot 1,6)} = n \quad \text{on } n = 3,84 \approx 4 \text{ espores.}$$

Pel que les molles seguiran les següents característiques:

- Ø Molla: 1,2 cm
- Ø fil: 1 mm
- Espires: 4
- Longitud total de la molla: 3,4 cm.

### B.3 Càlcul del parell d'arrencada

Per fer l'estimació del càlcul del parell d'arrencada, s'ha hagut de fer una estimació de la força necessària per realitzar el tall.

Suposant que els talladors fan una força màxima de 5N, tenint en compte que funcionen un total de 10 fils de talls, requerim una força de 50 N.

Simplificant el model a un sistema simple biela-manovella (com si tot el mecanisme quedés limitat a un sol sistema de transmissió)

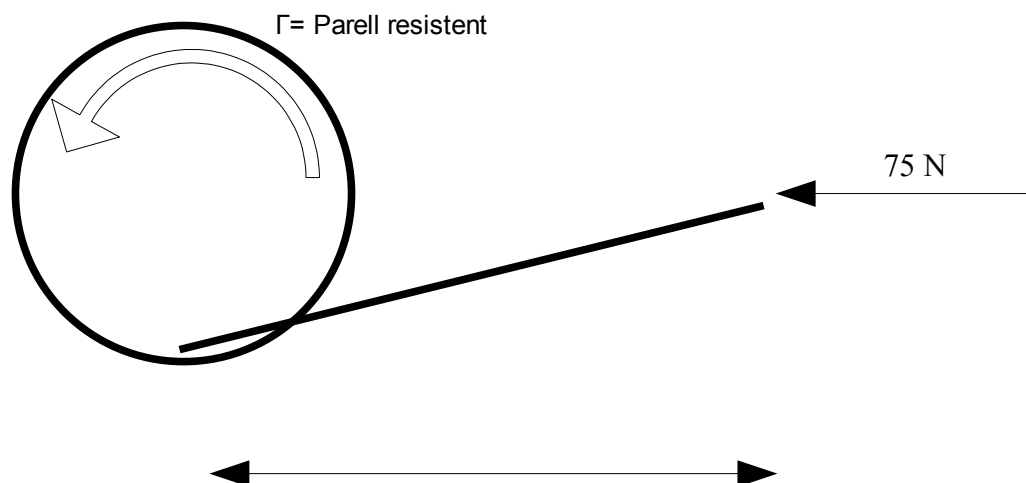


Figura 17: Esquema del mecanisme biela-manovella

Cal tenir en compte que per estudiar el mecanisme, es té en compte que la força real és major, donada la resistència dels dos patins, el sistema de gir dels talladors, i altres friccions que venen descrites a continuació.

Simplificat el parell necessari per impulsar la part d'empenyedors segons la següent fórmula:

$$\Gamma = (F_e \cdot \cos(\frac{radi}{l_b})) \cdot radi$$

On  $F_e$  és la força que fan els empenyedors i  $l_b$  la longitud de la biela.

Amb el parell resistent del sistema de transmissió, es pot agregar la resta de parells en contra produïts per la resta de mecanismes:

Element resistent	Acció	Esforç lineal estimat
Talladors	Realitzar el tall del fruit	50 N
Patins	Fricció pel moviment lineal de l'empenyedor	20 N
Volanderes dels talladors	Permetre el moviment del tallador	5 N
	Total	75 N

Taula 6: Estimacions de càrrega dels elements lineals



Obtingut, segons la fórmula un parell necessari de 120 N·m, se li afegixen la resta de parells necessaris per tal de tenir una estimació completa de tots els elements als que ha de transmetre.

Element resistent	Acció	Parell
Parell desplaçament lineal	Moviment continu de la màquina	
Parell de la cinta	Moviment d'alça de la cinta	40 N·m
Cadenes	Càrrega per la transmissió de cadenes	20 N·m
Dosificadora	Parell resistent de la dosificadora	20 N·m
Tensor	Parell resistent del tensor	4 N·m
Altres	Estimacions de seguretat	35 N·m
	Total	119 N·m

Amb aquestes dades es té una aproximació del parell resistent que requerirà la màquina, basat en la resistència en sí del fruit a ser tallat i en les estimacions de friccions que es poden produir.

També s'ha fet una breu predicció del parell d'arrencada que pot requerir la màquina, basant-se en el càlcul de les inèrcies reduïdes.

Per fer-ho, s'han calculat les inèrcies de les diferents peces en base al seu punt de gir (tenint precaució amb la biela, que es veu afectada pel moviment de rototranslació) i s'ha estimat una acceleració similar a la de la velocitat, la qual era prou baixa. Aquest sistema permet controlar i assegurar-se que el motor seleccionat és l'adequat, malgrat ja es té en compte que durant l'arrencada es produeix un pic d'intensitat degut al sobre esforç del motor en posar el mecanisme en moviment.

Això es pren com a estimació, i té possibilitats de ser modificat, en el cas que durant la prova de funcionament el motor no arribi a assolir a les prestacions sol·licitades. En el cas que es requerís una potència superior, es comprovaria, un cop muntada, quina és la potència més adequada pel motor i es faria la comada adient.

## B.4 Cadenes

La selecció de cadenes, s'ha realitzat mitjançant les característiques proporcionades pel fabricant, per tal d'obtenir un òptim rendiment.

Per realitzar els càlculs, s'ha partit de les següents dades:

Característica	Nivell
Potència de transmissió	2 kW*
Font de potència	Elèctrica
Mecanisme a accionar	Elèctric, suau.
Número de rpm	58 rpm

\*Seleccionada per fer-la servir com a fusible mecànic, per tal de que es trenqui abans que el motor.

S'han ajustat les dues cadenes, les quals varien en molt poques característiques, excepte en la distància entre eixos i la relació de transmissió.

Com les característiques del nostre sistema no són perfectes, s'han seleccionat els següents coeficients  $f_1$ ,  $f_2$  i  $f_3$ , que multiplicaran la potència per tal d'ajustar-se:

A les taules es comprova:

$$f_1 = 1$$

$$f_2 = 0,9$$

$$f_3 = 0,87 / 0,77 \text{ (depenent de la cadena)}$$

Pel que la potència corregida és de:  $P_{\text{corregida}} = P \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3$

Cadena dosificadora:  $2 \cdot 0,9 \cdot 0,87 = 1,566 \text{ kW}$

Cadena cinta:  $2 \cdot 0,9 \cdot 0,77 = 1,386 \text{ kW}$

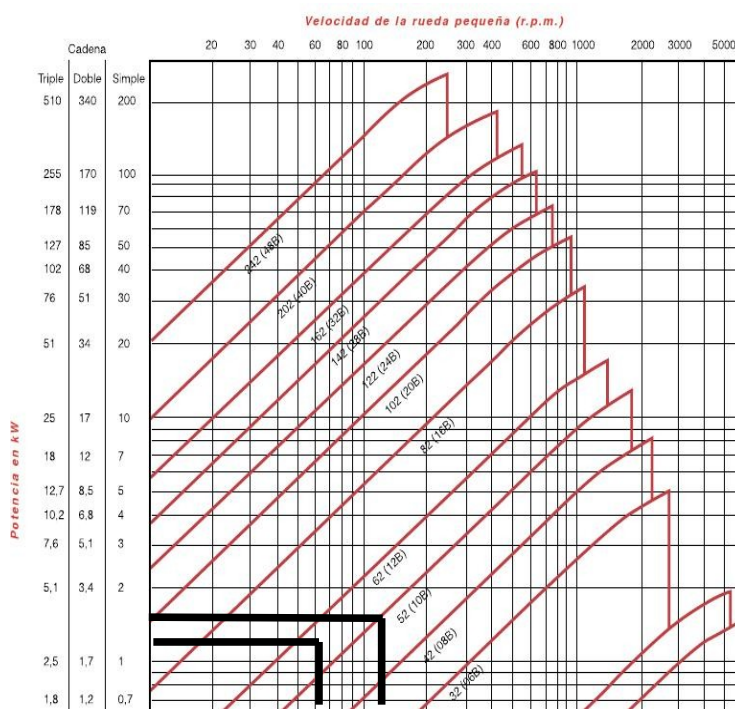


Figura 18: Selecció de cadenes

Segons la imatge següent, es pot comprovar com per a una potència de 1,566 kW, (arrodonits com a 1,6 kW), i una  $\omega_{\text{menor}}$  de 120 rpm li correspon una cadena 52, (10 B)

i per a 1,386 kW a 60 rpm, una 62 (12B)

Per tant, es conclou que les cadenes que es muntaran seran les següents:

120 rpm i 1,566 kW = 52 (10B)

60 rpm i 1,386 kW = 62 (12B)

Segons les taules de cadenes europees norma ISO 606.

## ANNEX C: SISTEMA ELÈCTRIC

## ANNEX C: SISTEMA ELÈCTRIC

### C.1 Funcionament

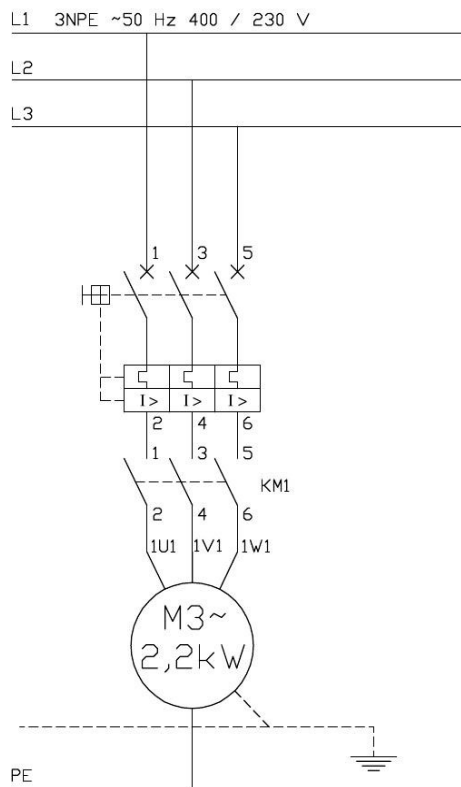


Figura 19: Esquema de potència

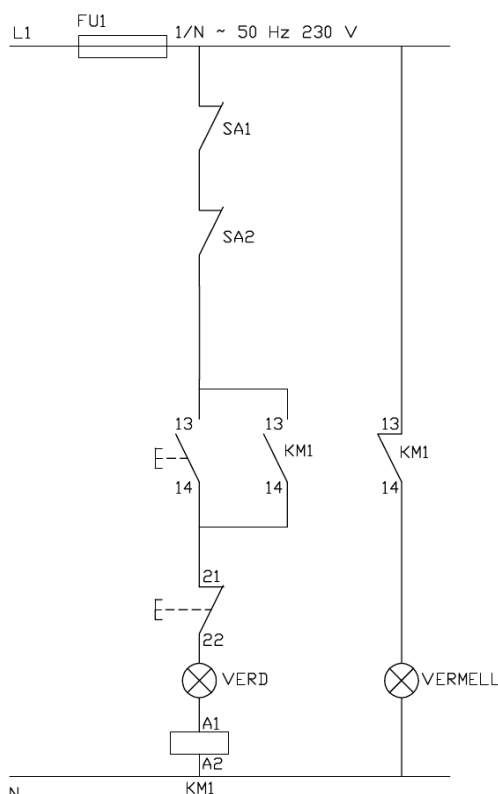


Figura 20: Esquema de maniobra

El sistema elèctric consta d'un sistema senzill que no ha requerit cap càlcul, a excepció del cablejat.

Consta de dos circuits diferenciats, d'una banda, un esquema de potència, el qual indica la connexió trifàsica del motor i els seus components:

Primerament, es col·locarà un dispositiu guardamotors, que no deixa de ser un interruptor magnetotèrmic el qual té una corba d'intensitat amb un temps més retardat, per absorbir el sobreexcés de l'arrencada.

A continuació ja ve un relè que s'encarrega de fer la connexió directa a triangle del motor.

Finalment, a la part inferior es pot observar el cable de connexió a terra, el qual queda aïllat de la resta de la instal·lació i que també anirà connectat al xassís, mitjançant un punt qualsevol de l'estructura del mateix, ja que en tenir peus de goma es dificulta el pas del corrent a terra, malgrat una connexió directa xassís-terra tampoc seria vàlida, ja que està previst que l'estructura reposi sobre porland.

El sistema de maniobra anirà connectat segons es mostra al plànol:

Primerament es muntarà un fusible o interruptor de seguretat per protegir la línia, a continuació es farà el muntatge dels tres punts de protecció de la màquina. El primer, situat al costat de la porta frontal de la zona dels talladors i el segon a la porta d'accés al quadre elèctric-zona motorreductor.

Tots aquests contactors tenen posició NC sempre que detecti l'imat, el qual anirà collat a la xapa que protegeix.

A continuació es farà la connexió a l'interruptor, que es muntarà com a NO, ja que es pretén que sigui com a polsador. Durant l'activació, aquest subministra corrent de manera instantània al relè, el qual activa un pont que permet que l'operari retiri la pressió perquè la màquina sigui en funcionament.

Després es farà la connexió dels dos polsadors de tancada, l'un al costat de l'interruptor, i controlarà la interrupció del subministre de

corrent al relé que governa el motor. L'altre anirà connectat com a emergència, malgrat tots dos tenen el mateix objectiu.

Finalment es farà la connexió d'una llum verda, indicant que la màquina es troba en funcionament. Quan el relé es trobi tancat, (motor apagat) sempre que la màquina tingui subministre elèctric indicarà, mitjançant una llum vermella que està aturada.

## C.2 Selecció de cablejat

Per seleccionar el cablejat només calen dos elements: el cable trifàsic i una connexió supletòria a terra. D'una banda, es comprova, segons les taules del fabricant, que el motor instal·lat requereix una intensitat de 5,2 Ampers.

En base a un coeficient de seguretat indicat a la taula del fabricant, tenim que:

$$I_a = I_n \cdot C_a$$

on  $I_a$  = Intensitat d'arrencada

$I_n$  = Intensitat nominal

$C_a$  = Coeficient d'arrencada (segons el fabricant, per aquest motor és 4,5)

D'aquesta manera es dedueix que la intensitat que ha de suportar el cable és de: 23,4 A.

D'aquesta manera, si es comprova a les taules del RITE, es selecciona el cable de secció mínima que admet el ribt, de 6 mm<sup>2</sup>.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	ITC-BT-07
		Página 14 de 14

Tabla 5. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente).



SECCIÓN NOMINAL mm <sup>2</sup>	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Figura 21: Secció de cable en base a la intensitat

La secció del cable neutre, queda de 6 mm per ser la secció mínima.

## ANNEX D: ESTUDI DE SEGURETAT I SALUT

## ANNEX D: ESTUDI DE SEGURETAT I SALUT

### Introducció

Segons la revisió dels següents documents, s'ha adaptat la màquina pel seu funcionament vàlid en qualsevol país de la unió europea.

Les normes, normatives i directives que compleix, en matèria de seguretat, són les esmentades a continuació:

- Normativa 89/392/CEE, directiva CE sobre màquines
- Normativa 73/23/CEE, directiva CE sobre baixa tensió
- Normativa 89/336/CEE, directiva de compatibilitat electromagnètica
- Norma EN 292-1. Seguretat de màquines. Terminologia bàsica metòdica i norma EN 292-2. Seguretat de màquines. Directrius tècniques i especificacions
- Norma EN 60204-1. Equip elèctric amb màquines industrials.

Modificacions i mesures previstes en matèria de seguretat.

### D.1 Protecció integral de la màquina

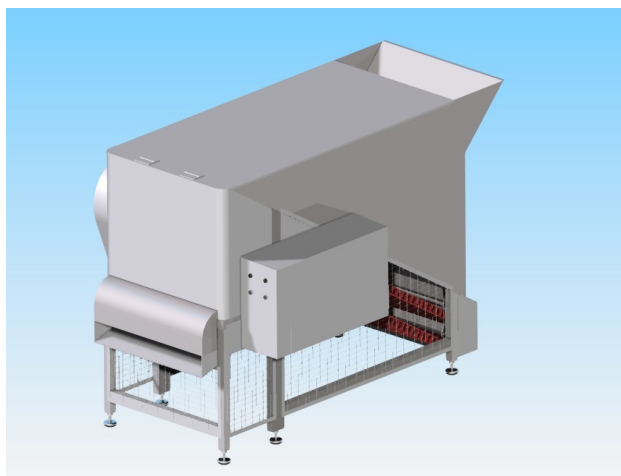


Figura 22: Penúltim model, sense totes les mesures de seguretat

Cap element pot entrar ni sortir de la màquina, gràcies a les diferents proteccions que formen part de la mateixa. Això implicà que s'haguessin de fer petites modificacions des del model primitiu, el qual anava amb protecció enreixada, tal com es veu a la figura. Es pot observar com també manca de porta de càrrega, cosa que implica el risc on un operari patís una caiguda al mateix nivell i piqués amb el cap amb el cantell, provocant greus lesions.

### D.2 Sistemes elèctrics de seguretat activa

Mitjançant sensors de tancament, forçar l'aturada de la màquina, en el cas que s'obri una via d'accés directe a la màquina. Queden exclosos els accessos que es puguin fer per l'obertura de vies no usuals, en les que s'hagi de requerir l'ús d'eines especialitzades, ja que es suposa que s'ha de donar la possibilitat a que un tècnic acreditat pugui realitzar operacions de comprovació amb la màquina al descobert.

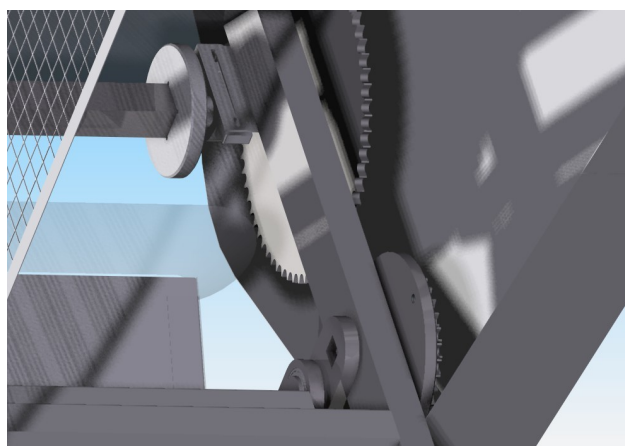
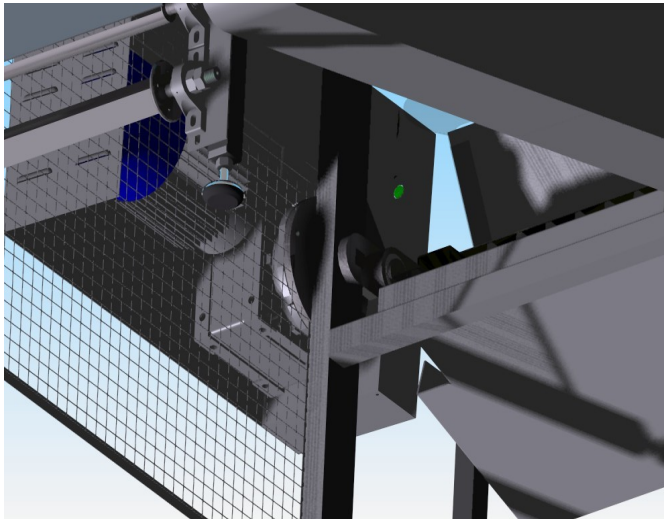


Figura 23: Detall de l'accessibilitat a la transmissió

### D.3 Sistemes de seguretat passiva

Forçant a que l'usuari no pugui patir lesions en el cas que els sistemes de seguretat fallessin. Això ve donat pel sistema de cargols muntat al sistema de talladors, els quals un cop descargolats farien que la placa es mogués, a més de quedar visible per l'usuari el moviment del sistema de transmissió, cosa que l'alertaria. A més, totes les zones de risc van protegides per l'exterior, per evitar atrapaments, però visibles des de l'interior, per fer inspecció visual amb la capota frontal oberta, cosa que implica que el mecanisme estarà aturat.

### D.4 Ventilació de la màquina. Evacuació d'humitat



*Figura 24: Vista de la zona inferior de la protecció del motor*

La trencadora de closques és una màquina destinada a funcionar a l'exterior. Això fa que s'hagin de prendre mesures addicionals per solventar els problemes de condensació i acumulació d'humitat.

Les mesures adoptades són les següents:

En totes les proteccions, donar petites inclinacions per tal d'afavorir l'evacuació d'aigua, majoritàriament de pluja.

Les parts inferiors (exceptuant el quadre elèctric) seran obertes, per tal d'evitar l'acumulació d'aigua.



