

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA**

Grau en Enginyeria Mecànica

MUNTATGE AUTOMATITZAT DE PIVOTS DE CADENATS

Memòria

DAVID LÓPEZ LÓPEZ

PONENT: FRANCESC GIMÉNEZ GUASCH

PRIMAVERA 2.015



**TecnoCampus
Mataró-Maresme**

Resum

L'objectiu d'aquest projecte és dissenyar la part mecànica i constructiva d'una màquina que automatitza una part del procés del muntatge d'un tipus de cademat que actualment es realitza de manera manual. En aquest document si podrà trobar la definició de la solució tècnica, propostes de planificació de producció, consideracions sobre l'impacte medi ambiental i l'estudi econòmic que demostra la viabilitat econòmica del projecte.

Resumen

El objetivo de este proyecto es el diseño de la parte mecánica y constructiva de una máquina que automatiza una parte del proceso del montaje de un tipo de candado que actualmente se realiza de manera manual. En este documento se podrá encontrar la definición de la solución técnica, propuestas de planificación de la producción, consideraciones del impacto medio ambiental i el estudio económico que demuestra la viabilidad económica del proyecto.

Abstract

The goal of this project is the design of mechanical and constructive part of a machine that automates part of the process of assembling a type of lock that is currently done manually. In this document will find the definition of the technical solution, proposed production planning, environmental impact considerations and the economic study demonstrating the economic viability of the project.

Índex.

Índex de figures.....	III
Índex de taules.....	V
Glossari de termes.....	VII
1. Objectius.....	1
1.1. Propòsit.....	1
1.2. Finalitat.....	1
1.3. Objecte.....	1
1.4. Abast.....	1
2. Introducció.....	3
2.1. Marc del projecte.....	3
2.2. Marc normatiu.....	3
2.3. Mitjans utilitzats.....	4
3. Objectius i especificacions tècniques.....	5
4. El client.....	7
4.1. Demanda del client.....	7
4.1.1. Històric de vendes.....	7
4.1.2. Previsió de la demanda.....	8
4.1.3. Planificació de la producció.....	13
4.2. Disposició del taller.....	16
4.2.1. Situació actual.....	16
4.2.2. Situació amb màquina implantada.....	16
4.3. Temps d'execució.....	17
4.3.1. Càlcul del temps manualment amb el mètode de BOO.....	18
4.3.2. Temps del procés automàticament.....	19
5. Sistema d'alimentació.....	25
5.1. Unitat de selecció - posicionament.....	26
5.2. Unitat d'enllaç – pulmó.....	27
5.3. Unitat de recepció.....	28
5.4. Unitats de suport.....	29
5.5. Campana d'insonorització.....	29

5.6. Sensor de saturació.....	30
6. Sistema d'execució.....	31
6.1. Elements que intervenen.....	31
6.1.1. Cilindre rodó ESNU-8-50-P-A FESTO	32
6.1.2. Cilindre rodó DSNU-8-16-P-A FESTO.....	32
6.1.3. Motor pas a pas EMMS-ST-28-L-SE FESTO.....	32
6.1.4. Pinça paral-lela HGPC-12-A-G2 FESTO.....	32
6.1.5. Sensor de posició SIED-M12NB-S-L FESTO.	32
6.1.6. Pantalla tàctil 770 FESTO.	32
6.2. Material utilitzat.	33
6.3. Funcionament del sistema.	33
7. Càlculs.	39
7.1. Càlcul de les guies horitzontals.	39
7.2. Càlcul dels cargols que agafen les guies horitzontals.....	42
7.3. Càlcul de la bancada.	44
7.4. Càlcul del parell motor d'un sistema lineal.	49
7.5. Càlcul del perfil que permet el gir del cargol sens fi.....	54
8. BOM i renders de la màquina.	57
8.1. Bill of Material.	57
8.2. Renderitzats de la màquina.....	59
9. Tancament del projecte.	61
9.1. Desviacions en la planificació.	61
9.2. Desviacions en el pressupost.	62
9.3. Línies futures de treball.	63
9.4. Assoliment objectius.....	64
9.5. Conclusió.....	64
10. Referències.	67

Índex de figures.

Fig. 4.1. Camp d'aplicació.....	7
Fig. 4.2. Gràfic de tendència i estacionalitat.	9
Fig. 4.3. Gràfic resultat de l'històric i previsió de la demanda.....	12
Fig. 4.4. Pla mestre de producció (PMP).....	15
Fig. 4.5. Distribució en planta.....	16
Fig. 4.6. Distribució en planta. Màquina implantada.....	17
Fig. 4.7. Cadenat explosionat.....	18
Fig. 5.1. Unitat de selecció.....	27
Fig. 5.2. Conjunt d'unitats de selecció.....	27
Fig. 5.3. Unitat d'enllaç pulmó.....	28
Fig. 5.4. Unitat de recepció del projecte.....	29
Fig. 5.5. Unitat de suport del projecte.....	29
Fig. 5.6. Campana insonorització del projecte.....	30
Fig. 6.1. Elements principals sistema execució.....	31
Fig. 6.2. Cubells vibratori.....	34
Fig. 6.3. Detall recepció components del cadenat.....	34
Fig. 6.4. Detall recepció pivot i safata pivots. Vista seccionada.....	35
Fig. 6.5. Detall del carril de recepció de bombins.....	35
Fig. 6.6. Detall zona camisa i reblons.....	36

Fig. 6.7. Imatge general del sistema execució. Sistema alimentació ocult.....	37
Fig. 7.1. Gràfics de les reaccions i moments flectors.....	40
Fig. 7.2. Simulació de la guia.....	41
Fig. 7.3. Representació cargol sota càrrega.....	42
Fig. 7.4. Propietats de les classes de cargols.....	42
Fig. 7.5. Imatge de la bancada del sistema execució.	44
Fig. 7.6. Condicions inicials en el programa.	45
Fig. 7.7. Dades inicials i resultats a les reaccions.....	45
Fig. 7.8. Representació de les forces.....	46
Fig. 7.9. Representació dels esforços tallants i moments flectors.....	46
Fig. 7.10. Resultat simulació amb Wineva.....	47
Fig. 7.11. Gràfic velocitat-temps.....	50
Fig. 7.12. Moment de gir de motor pas a pas.....	53
Fig. 7.13. Representació de forces al perfil i imatge virtual.....	54
Fig. 8.1. Llistat de peces 1/3.....	57
Fig. 8.2. Llistat de peces 2/3.	58
Fig. 8.3. Llistat de peces 3/3.	58
Fig. 8.4. Màquina en perspectiva.....	59
Fig. 8.5. Detall del sistema execució de la màquina.....	59
Fig. 9.1. Planificació avantprojecte.....	62
Fig. 9.2. Planificació memòria.....	62

Índex de taules.

Taula 4.1. Històric de vendes dels darrers 3,5 anys.....	8
Taula 4.2. Taula de previsió de la demanda preliminar.....	10
Taula 4.3. Previsió de la demanda.....	11
Taula 4.4. Previsió de la demanda definitiva.	12
Taula 4.5. Dades inicials de l'empresa.	13
Taula 4.6. Hores disponibles i costos unitaris.	14
Taula 4.7. Solució "Solver". Costos totals.	15
Taula 4.8. Taula del mètode BOO.....	19
Taula 4.9. Assignació de número al element actuant.....	21
Taula 4.10. Detall de temps de cada moviment.....	22
Taula 8.1. Taula d'assoliment d'objectius.....	64

Glossari de termes.

CE	Conformitat Europea, segons unes directives.
CF	Costos fixos
CHE	Costos hores extres
CHN	Costos hores normals
CSC	Costos subcontractació
CT	Costos totals
CV	Costos variables
dB	Decibel. Unitats emprades a mesurar el so
E.T.	Especificació tècnica
EUPMT	Escola Universitària Politècnica de Mataró
HE	Hores extres
HN	Hores normals
Hz	Hertz. Unitat per mesurar freqüència
ICB	Índex cost benefici
ICEX	Espanya exportacions e Inversions
INE	Institut Nacional d'Estadística
INE	Institut nacional d'estadística
Pimes	Petites i mitjanes empreses d'Espanya
PLC	Controlador lògic programable

q	Punt d'equilibri. Número de peces fabricades necessàries per a que els costos s'igualin als ingressos.
RD	Real decreto
TFG	Treball Final de Grau
TUC	Taxa d'ús de capacitat
VAN	Valor actual net

1. Objectius.

1.1. Propòsit.

Aquest projecte pretén demostrar per una banda els coneixements adquirits al llarg de la carrera de Grau en Enginyeria Mecànica i per una altra la viabilitat tècnica, econòmica i mediambiental que existeix en dur a terme el disseny d'una màquina que sigui capaç d'automatitzar un procés que actualment es fa manualment.

1.2. Finalitat.

Realitzar el disseny d'una màquina per cobrir un tasca que avui es realitza manualment, augmentant la productivitat de l'empresa sense necessitat de prescindir-ne de cap lloc de treball.

1.3. Objecte.

Estudi tècnic, econòmic i mediambiental del disseny de la part mecànica d'una màquina capaç de d'automatitzar el muntatge de pivots per a cadenats.

L'estudi tècnic inclou els càlculs i recerca d'informació necessaris per trobar la solució més escaient, per dimensionar les peces que intervenen, la capacitat productiva actual i amb la incorporació de la màquina.

L'estudi econòmic es realitza per demostrar la viabilitat del projecte en els tres anys d'estudi. Comparant la situació de l'empresa amb i sense la màquina.

L'estudi mediambiental pretén demostrar que els impactes son mínims i estan considerats en el projecte.

1.4. Abast.

Aquest projecte inclou un estudi tècnic i econòmic per veure la viabilitat de la implantació d'una màquina que sigui capaç d'automatitzar un muntatge de cadenat. Inclou també una comparació de la producció actual i amb la màquina implantada. Es proposa un

planificació de la producció. I tot tenint en compte les normes i directives aplicables i l'impacte medi ambiental.

Es realitzarà els plànols i càlculs necessaris per a que es pugui construir la part mecànica de la màquina i es presentarà una imatge final de la mateixa.

2. Introducció.

2.1. Marc del projecte.

El principal motiu pel qual es va decidir emprendre la realització d'aquest projecte, es deguda a una necessitat o carència existent sorgida de la experiència professional d'un familiar. La reacció va ser immediata en el moment de conèixer la opció ja que, per una banda es tenia la motivació de poder aplicar el TFG a un cas real i per una altre, el poder facilitar la feina a quelcom.

El primer que es va fer, va ser acumular informació amb ajuda del familiar i empresa per anar realitzant esbossos i possibles alternatives de solucions que podrien anar sorgint durant el transcurs del projecte. Fins que es va arribar a un punt al qual es va decidir tirar endavant el projecte.

Els apartats que s'aniran presentant a continuació, permeten conèixer les característiques i elements de la màquina, tals com poden ser els equips encarregats de donar l'alimentació dels pivots i els components necessaris que permetran l'automatització del muntatge de pivots per a cadenats, per poder comprendre el funcionament del tot el conjunt.

També i molt important, conèixer la diferència de velocitat de fer-ho manualment envers a la velocitat de ser un procés automatitzat gràcies a la màquina, amb la seva millora de producció i productivitat. També es fa una valoració del material per a la seva fabricació.

2.2. Marc normatiu.

La normativa que afecta aquest projecte a nivell europeu és la directiva 2006/42/CE: SEGURIDAD EN MÀQUINES. Vigent des de el 29 de Desembre de 2.009. Verificant l'Annex I: Requisits essencials de seguretat i salut relatius al disseny i fabricació de les màquines.

I realitzar el procediment per obtenir la Certificació de Màquina "NO PERILLOSA".

- Expedient tècnic.

- Control intern de fabricació.
- Declaració de conformitat del fabricant.
- I finalment el marcatge CE.

Segons l'Annex IV de la Directiva 2006/42/CE, aquest projecte es pot considerar com a màquina no perillosa, ja que no aconsegueix cap requisit dels que s'especifica en el punt mencionat de la directiva.

I la normativa que afecta aquest projecte a nivell estatal són:

- Ley 31/1995: Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley de Industria: 21/1992 – Seguridad y calidad industrial.
- Real Decreto: 1435/1992 – Máquinas, Componentes de Seguridad, Mercado “CE”.
- Real Decreto: 1215/1997 – Equipos de Trabajo. Disposiciones mínimas de Seguridad y de salud.
- Real decreto: 1644/2008 – Normas para la comercialización y puesta en Servicio de las máquinas.

Aquesta informació es pot trobar més detallada a [1].

2.3. Mitjans utilitzats.

Per poder dur a terme aquest projecte, ha sigut necessari comptar amb els següents softwares:

- Microsoft Office. (Excel, Word, PowerPoint, Project, Visio).
- SolidWorks.
- Catia.
- Wineva.
- MDSolids 3.5.
- Autodesk FORCEEFFECT

3. Objectius i especificacions tècniques

Les especificacions tècniques que es requereixen per a l'assoliment de cada objectiu es comenten a continuació. Es poden diferenciar diferents grups d'objectius:

1. El posicionament.

E.T.1.1. L'equip ha de ser capaç de col·locar totes les peces en la posició correcta amb un marge d'error 0%.

E.T.1.2. La posició final del peça ha de ser una posició tal que un braç robòtic o uns actuadors lineals els puguin agafar o empènyer respectivament.

2. Alimentació de les peces.

E.T.2.1. Garantir demandes de 500 pivots per dia amb una alimentació continuada.

3. Desplaçament.

E.T.3.1. Un cop les peces surtin de les cubes, no han de recórrer una distància superior a 0,5m.

4. Productivitat.

E.T.4.1. Augmentar la productivitat de l'empresa en un 50% com a mínim.

E.T.4.2. Des de l'inici fins al final de la col·locació dels pivots i camissa no ha de durar més de 15 segons.

5. Característiques tècniques, dimensions i ergonomia.

E.T.5.1. No sobrepassar una superfície d'ús de 1m².

E.T.5.2. La màquina s'ha de poder utilitzar amb l'operari assegut.

E.T.5.3. L'alçada de manipulació mitja de la màquina ha de ser de 1,5 metres des de el terra.

E.T.5.4. La màquina s'ha de poder desplaçar amb facilitat.

E.T.5.5. La màquina s'ha de poder utilitzar per dos costats.

E.T.5.6. Nivell de sonoritat per sota dels 75 dB.

E.T.5.7. La màquina ha de funcionar amb 230V-50/60HZ.

E.T.5.8. Ha de disposar del botó de parada d'emergència.

6. Legalitat.

E.T.6.1. L'equip ha de complir amb les directives i normes que li siguin aplicables.

4. El client.

“Cierres LYF” és una empresa de cadenats que compta amb més de 30 anys d'experiència en la fabricació de tancaments de seguretat per tot tipus de portes metàl·liques i altres [2].

Degut a la seva experiència i anys en el sector, ha sabut fer-se amb un bon tros del nínxol de mercat a nivell estatal i europeu i és per això, que actualment gaudeix de molt bona demanda per part dels seus clients. Un dels productes més demanats són els cadenats que s'utilitzen pels contenidors mercantils que es transporten en vaixells. Aquest tipus de demanda sol ser de grans quantitats i gran part d'elles es demanen que sigui amb la mateixa clau per facilitar la feina. Per exemple, 200 cadenats amb la mateixa clau.



Fig. 4.1. Camp d'aplicació. (Font: Seguridad Fremoes)

4.1. Demanda del client.

4.1.1. Històric de vendes.

L'empresa està experimentant un important augment de la demanda en els últims anys i que molts cops no pot fer front. Això i amb la incorporació de la màquina que aportarà la capacitat per cobrir demandes molt més superiors, es creu convenient fer una planificació de la producció de cara a un any vist a partir del mes de Juny. El procediment a seguir és tal i com es pot trobar a [3].

S'ha sol·licitat a l'empresa en qüestió l'històric de vendes dels darrers 3 anys i de l'any actual, amb l'objectiu de poder fer una estimació de les futures demandes.

Nº Mes	MES	2012	2013	2014	2015
1	GENER	2250	3667	4965	6111
2	FEBRER	2521	3514	4736	5653
3	MARÇ	2444	3667	4583	5576
4	ABRIL	2368	3514	4125	5194
5	MAIG	2292	3285	3972	4736
6	JUNY	1986	2826	3514	
7	JULIOL	1910	2750	3514	
8	AGOST	2521	3667	4354	
9	SETEMBRE	3056	4278	5194	
10	OCTUBRE	3361	4507	5653	
11	NOVEMBRE	3743	5118	6417	
12	DESEMBRE	4049	5653	6875	

Taula 4.1. Històric de vendes dels darrers 3,5 anys. (Font: Cierres LYF)

4.1.2. Previsió de la demanda.

Existeixen diversos mètodes per obtenir previsions de la demanda. A continuació es comentarà el mètode escollit per planificar la demanda i la resta de mètodes coneguts on s'explicarà també perquè no són els més idonis.

Els mètodes coneguts són els següents:

1. Mitjana mòbil.
2. Mitjana mòbil ponderada.
3. Model de previsió d'allissament exponencial.
4. Model de tendència i estacionalitat.

Després d'analitzar les vendes dels darrers anys de l'empresa es pot observar com les vendes es presenten en forma de tendència i estacionalitat tal i com es pot observar a la Fig. 4.2. Aquest ja és un motiu de pes per decantar-se pel 4rt. model de previsió de la demanda. Els altres tres models, alhora de fer la previsió presenten uns defectes que fan que es descarti la seva utilització. Entre els defectes que presenten es pot comentar que la tendència d'aquestes previsions està per sota de la demanda real quan aquesta es creixent i

per sobre quan aquesta és decreixent. També amb aquests models es suavitzen tots els pics de la demanda real.

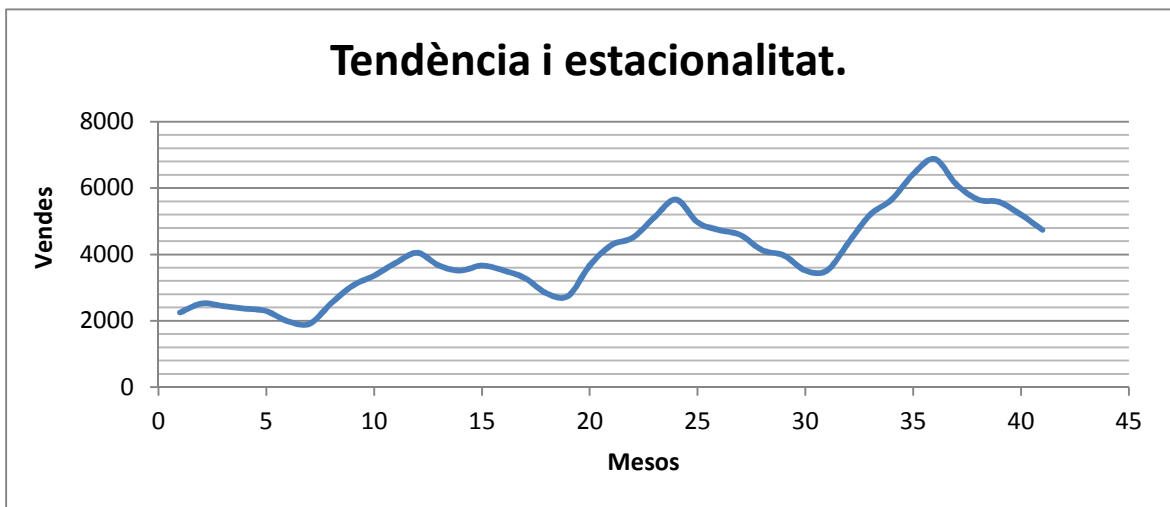


Fig. 4.2. Gràfic de tendència i estacionalitat. (Font pròpia)

En canvi, amb una previsió realitzada a partir del mètode de tendència i estacionalitat es pot utilitzar a mig i llarg termini. A més de no compartir els mateixos errors amb els altres mètodes, es pot dir que al ser un model que està fet explícitament per fer la previsió de demandes amb tendència i estacionalitat, com és el cas, sembla ser que és el més indicat.

Tot seguit es procedeix a trobar la previsió. Primerament s'endrecen les dades tal i com es pot observar a la Taula 4.2, s'agafen els valors de la demanda i el seu número de mes en els 3 anys i mig. Amb aquestes dades s'obté una equació de la recta del tipus $y = a + b \cdot x$.

$$a = 72,64 ;$$

$$b = 1760 ;$$

“ Y' ” és el resultat de aplicar l'equació de la recta substituint la x pel número de mes. La resta de valors de la taula s'obtenen aplicant el que indica la capçalera de la columna, excepte el valor “ t ” que s'obté del quocient de la demanda real / Y'.

ANY	Nº Mes	MES	Demanda real	Y'	YxY'	Y'^2	t
2012	1	GENER	2250	2192,46	4933035,71	4806882,24	1,03
	2	FEBRER	2521	2282,98	5755015,29	5212003,49	1,10
	3	MARÇ	2444	2373,50	5801894,33	5633512,82	1,03
	4	ABRIL	2368	2464,02	5834943,78	6071410,23	0,96
	5	MAIG	2292	2554,54	5854163,64	6525695,74	0,90
	6	JUNY	1986	2645,07	5253393,16	6996369,33	0,75
	7	JULIOL	1910	2735,59	5224209,46	7483431,00	0,70
	8	AGOST	2521	2826,11	7124144,72	7986880,76	0,89
	9	SETEMBRE	3056	2916,63	8911918,74	8506718,61	1,05
	10	OCTUBRE	3361	3007,15	10107361,60	9042944,54	1,12
	11	NOVEMBRE	3743	3097,67	11594750,38	9595558,57	1,21
	12	DESEMBRE	4049	3188,19	12907744,76	10164560,67	1,27
2013	13	GENER	3667	3278,71	12021943,15	10749950,87	1,12
	14	FEBRER	3514	3369,23	11839109,43	11351729,15	1,04
	15	MARÇ	3667	3459,75	12685763,49	11969895,51	1,06
	16	ABRIL	3514	3550,27	12475270,58	12604449,96	0,99
	17	MAIG	3285	3640,80	11959002,17	13255392,50	0,90
	18	JUNY	2826	3731,32	10546151,61	13922723,13	0,76
	19	JULIOL	2750	3821,84	10510053,11	14606441,84	0,72
	20	AGOST	3667	3912,36	14345314,31	15306548,64	0,94
	21	SETEMBRE	4278	4002,88	17123428,56	16023043,52	1,07
	22	OCTUBRE	4507	4093,40	18448728,00	16755926,49	1,10
	23	NOVEMBRE	5118	4183,92	21413541,72	17505197,55	1,22
	24	DESEMBRE	5653	4274,44	24162472,26	18270856,69	1,32
2014	25	GENER	4965	4364,96	21673254,88	19052903,92	1,14
	26	FEBRER	4736	4455,48	21101668,11	19851339,24	1,06
	27	MARÇ	4583	4546,01	20835856,84	20666162,64	1,01
	28	ABRIL	4125	4636,53	19125670,10	21497374,13	0,89
	29	MAIG	3972	4727,05	18776881,29	22344973,70	0,84
	30	JUNY	3514	4817,57	16928398,64	23208961,36	0,73
	31	JULIOL	3514	4908,09	17246479,22	24089337,11	0,72
	32	AGOST	4354	4998,61	21764780,61	24986100,95	0,87
	33	SETEMBRE	5194	5089,13	26435207,50	25899252,87	1,02
	34	OCTUBRE	5653	5179,65	29279420,65	26828792,87	1,09
	35	NOVEMBRE	6417	5270,17	33816941,90	27774720,96	1,22
	36	DESEMBRE	6875	5360,69	36854769,31	28737037,14	1,28
2015	37	GENER	6111	5451,21	33312978,56	29715741,41	1,12
	38	FEBRER	5653	5541,74	31326200,00	30710833,76	1,02
	39	MARÇ	5576	5632,26	31407653,02	31722314,20	0,99
	40	ABRIL	5194	5722,78	29726649,98	32750182,72	0,91
	41	MAIG	4736	5813,30	27532427,57	33794439,34	0,81

Taula 4.2. Taula de previsió de la demanda preliminar. (Font pròpia)

Amb aquestes dades es podrà omplir la Taula 4.3. que permetrà conèixer la previsió de la demanda a un any vist.

PREVISIÓ DE LA DEMANDA 2015/2016											
ANY	Nº MES	MES	y'	d*	\bar{t}	σ	IC	IC/2	%	MIN	MAX
2015	42	JUNY	5903,82	4379	0,742	0,0110	192,99	96,50	2,20	4282	4475
	43	JULIOL	5994,34	4281	0,714	0,0085	145,95	72,97	1,70	4208	4354
	44	AGOST	6084,86	5449	0,895	0,0242	528,07	264,04	4,85	5185	5713
	45	SEPTEM.	6175,38	6425	1,040	0,0176	452,07	226,03	3,52	6199	6651
	46	OCTUB.	6265,90	6886	1,099	0,0102	280,16	140,08	2,03	6746	7026
	47	NOVEM.	6356,42	7741	1,218	0,0055	168,90	84,45	1,09	7656	7825
	48	DESEM.	6446,95	8336	1,293	0,0195	648,56	324,28	3,89	8012	8660
2016	49	GENER	6537,47	7311	1,118	0,0471	1376,79	688,40	9,42	6623	8000
	50	FEBRER	6627,99	6914	1,043	0,0341	943,30	471,65	6,82	6442	7386
	51	MARÇ	6718,51	6789	1,011	0,0284	770,95	385,48	5,68	6404	7175
	52	ABRIL	6809,03	6271	0,921	0,0433	1085,43	542,72	8,65	5728	6814
	53	MAIG	6899,55	5827	0,845	0,0418	974,09	487,04	8,36	5340	6314

Taula 4.3. Previsió de la demanda. (Font pròpia)

La “ y’ “ s’obté de la mateixa manera que s’ha comentat abans, “ \bar{t} “ de (4.1), i la “ d* “ que és la previsió de la demanda s’obté de (4.2) (zona ombrejada). La resta de valors s’obtenen de les expressions (4.3) (4.4.) (4.5), i s’utilitzen degut a que alhora de fer previsions de la demanda, intervenen nombrosos factors i fan que sigui necessari assumir errors en la mateixa previsió. Aquests valors doncs, donen una aproximació del possible error o desviació i també informa de la demanda mínima o màxima que es pot arribar a tenir dins del mateix període.

$$\bar{t} = \frac{\sum yy'}{\sum y'^2}; \quad (4.1)$$

$$d^* = y' \cdot \bar{t}; \quad (4.2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (t-\bar{t})^2}{y'}}; \quad (4.3)$$

$$IC = 4 \cdot d^* \cdot \sigma; \quad (4.4)$$

$$\% = \frac{\left(\frac{IC}{2}\right) \cdot 100}{d^*}; \quad (4.5)$$

Tot seguit es presenta el gràfic de la previsió de la demanda amb l'històric de vendes.

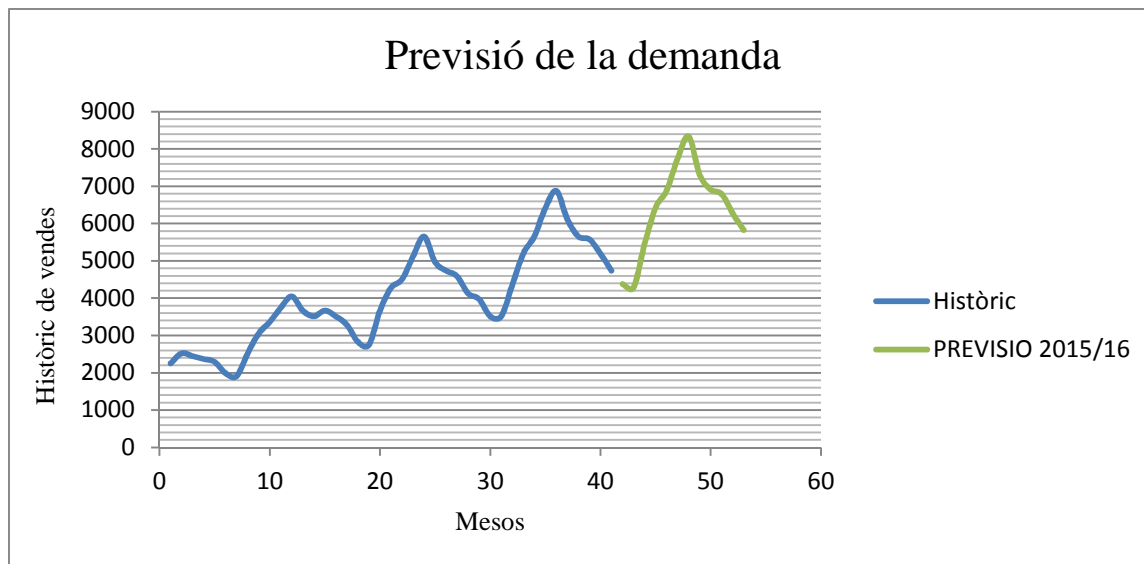


Fig. 4.3. Gràfic resultat de l'històric i previsió de la demanda. (Font pròpia)

Per finalitzar aquest punt, es comenta que la previsió obtinguda a la Taula 4.3. seria en condicions actuals de l'empresa però, amb la incorporació de la màquina, es podria fer una estimació aplicant un factor multiplicatiu de 2 i la demanda quedaria amb els següents números:

	MES	Demanda
2015	JUNY	8757
	JULIOL	8562
	AGOST	10898
	SEPTEMBRE	12851
	OCTUBRE	13772
	NOVEMBRE	15481
	DESEMBRE	16672
2016	GENER	14623
	FEBRER	13828
	MARÇ	13579
	ABRIL	12542
	MAIG	11655

Taula 4.4. Previsió de la demanda definitiva. (Font pròpia)

5.1.3. Planificació de la producció.

Amb la previsió de la demanda es vol fer un estudi de com es cobrirà aquesta demanda. És a dir, si l'empresa amb la implantació de la màquina i la plantilla actual té la capacitat de cobrir amb folgada suficiència aquesta previsió estimada en l'apartat anterior, tenint en compte que l'empresa accepta cobrir aquesta demanda amb la plantilla actual, que aquesta faci hores extres amb un límit i l'aportació d'hores de subcontractació si calgués. L'acumulació d'estoc no es considera perquè cada comanda no és igual a l'anterior (diferents codis de claus).

Aquest exercici no només permetrà saber si es té la capacitat productiva suficient, si no que a més amb l'ajuda del complement "Solver" amb la funció de minimitzar de l'excel, quina de les diferents possibilitats és la més econòmica. És a dir, resoldrem un problema de programació lineal. Amb el mètode escollit es presenten les condicions inicials de l'empresa per poder utilitzar-les en el "Solver".

Capacitat de producció en hores normals per mes:	280 h
Capacitat de producció en hores extres per mes (20% HN):	56 h
1 unitat de producte requereix:	0,025 h de treball (tant en hores normals com extres).
COSTOS:	
CHN	20 euros/h
CHE	30 euros/h
SUBCONTRACTACIÓ:	
Possibilitat de subcontractar hores externes (sense límit)	
CSC	45 euros/h
1 unitat de producte requereix	0,03 h de treball (tant en hores normals com en hores extres).

Taula 4.5. Dades inicials de l'empresa. (Font: Cierres LYF)

De les dades del quadre anterior obtenim:

	Disponibles	Costos
HN:	11200	0,5
HE:	2240	0,75
SC:	>20000	1,35

Taula 4.6. Hores disponibles i costos unitaris. (Font pròpia)

La funció a minimitzar serà la dels costos totals, que seran el sumatori dels costos de producció en hores normals, en hores extres i de subcontractació. Aquest és l'objectiu, que el resultat sigui el més baix possible.

Per a que el complement "Solver" funcioni calen:

La cel·la objectiu. El resultat del sumatori dels costos de totes les hores de treball.

La combinació de les cel·les. Són les cel·les on Solver introduirà valors de manera que la funció a minimitzar es compleixi amb les restriccions que s'imposin.

Restriccions. Com el nom indica, són una sèrie de condicionants imposats per l'usuari de manera que "Solver" ha de complir resolent l'exercici.

Les restriccions que s'han utilitzant en aquest exercici són les següents:

- El sumatori de les cel·les de les hores d'unitat de producte han de ser igual a la demanda.
- Les hores normals disponibles per unitat de producte han de ser igual o més petites a 11.200h.
- Les hores extres disponibles per unitat de producte han de ser igual o més petites a 2.240h.

Amb aquestes restriccions es podrà resoldre el problema i la solució queda de la següent manera:

MES	Demanda	CT	CHN	CHE	CSC	HN	HE	SC		
JUNY '15	8757	4378,62	4378,62	0,00	0,00	8757	0	0		
JULIOL '15	8562	4281,10	4281,10	0,00	0,00	8562	0	0		
AGOST '15	10898	5448,98	5448,98	0,00	0,00	10898	0	0		
SEPT. '15	12851	6838,07	5600,00	1238,07	0,00	11200	1651	0		
OCTUB. '15	13772	7728,08	5600,00	1680	448,08	11200	2240	332		
NOV. '15	15481	10035,64	5600,00	1680	2755,64	11200	2240	2041		
DESEMB. '15	16672	11643,24	5600,00	1680	4363,24	11200	2240	3232		
GENER '16	14623	8876,95	5600,00	1680	1596,95	11200	2240	1183		
FEBRER '16	13828	7803,65	5600,00	1680,00	523,65	11200	2240	388		
MARÇ '16	13579	7467,57	5600,00	1680,00	187,57	11200	2240	139		
ABRIL '16	12542	6606,68	5600,00	1006,68	0,00	11200	1342	0		
MAIG '16	11655	5941,04	5600,00	341,04	0,00	11200	455	0		
COSTOS TOTALS:		87.049,63 €								

Taula 4.7. Solució "Solver". Costos totals. (Font pròpia)

Els costos totals son de 87.049,63 €.

Arribats a aquest punt de la planificació de la demanda es sap, quina serà la previsió a un any vist, com es cobrirà aquesta demanda i quins costos associats hi hauran. Per acabar aquest punt es mostra el pla mestre de producció, on es pot observar les necessitats d'hores normals, extremes i de subcontractació. L'estoc és zero a cada període ja que com s'ha comentat unes línies anteriors, no és necessita estoc.

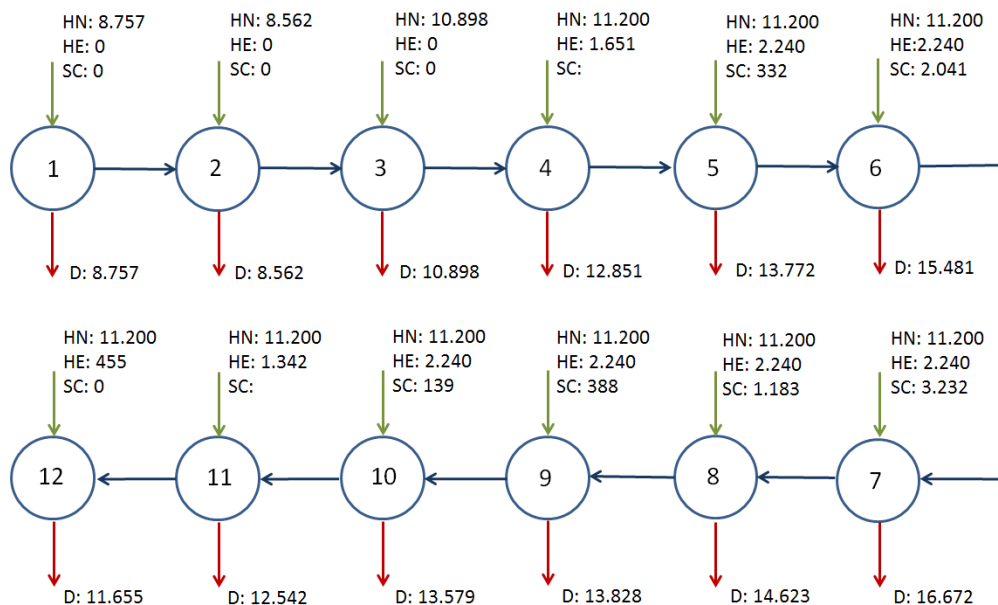


Fig. 4.4. Pla mestre de producció (PMP). (Font pròpia)

4.2. Disposició del taller.

4.2.1. Situació actual.

La situació actual de la part de l'empresa on es du a terme el procés del muntatge dels cadenats i la seva línia de treball es troba tal i com es pot observar a la Fig. 4.5.

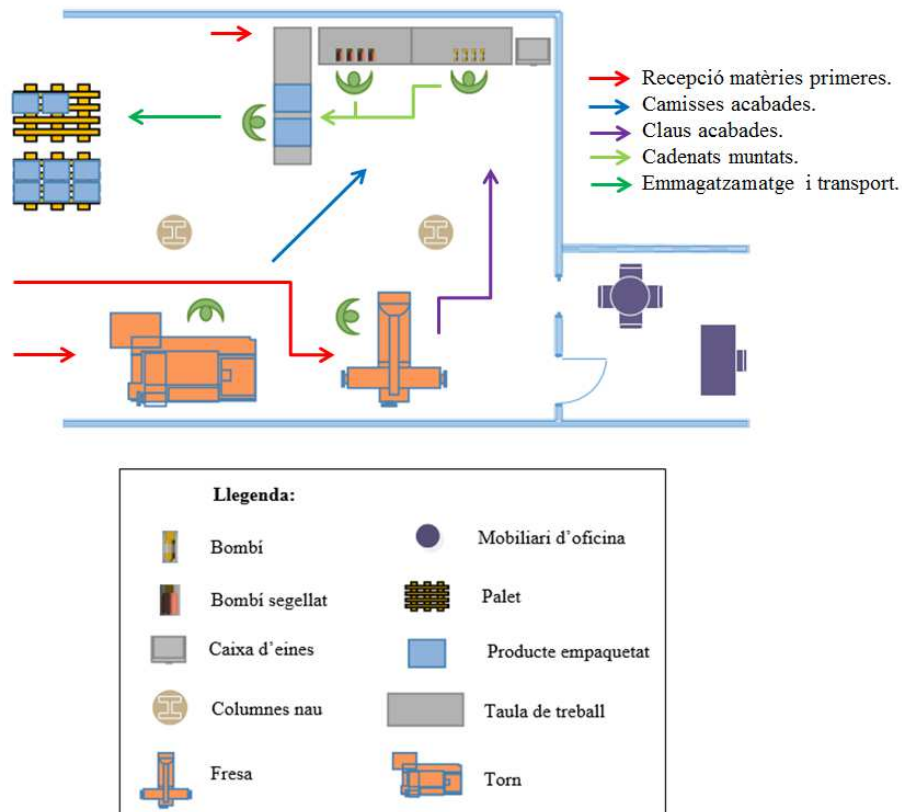


Fig. 4.5. Distribució en planta. (Font pròpia)

4.2.2. Situació amb màquina implantada.

Amb la màquina ja implantada, la zona de treball que s'encarrega dels cadenats presenta el següent aspecte.

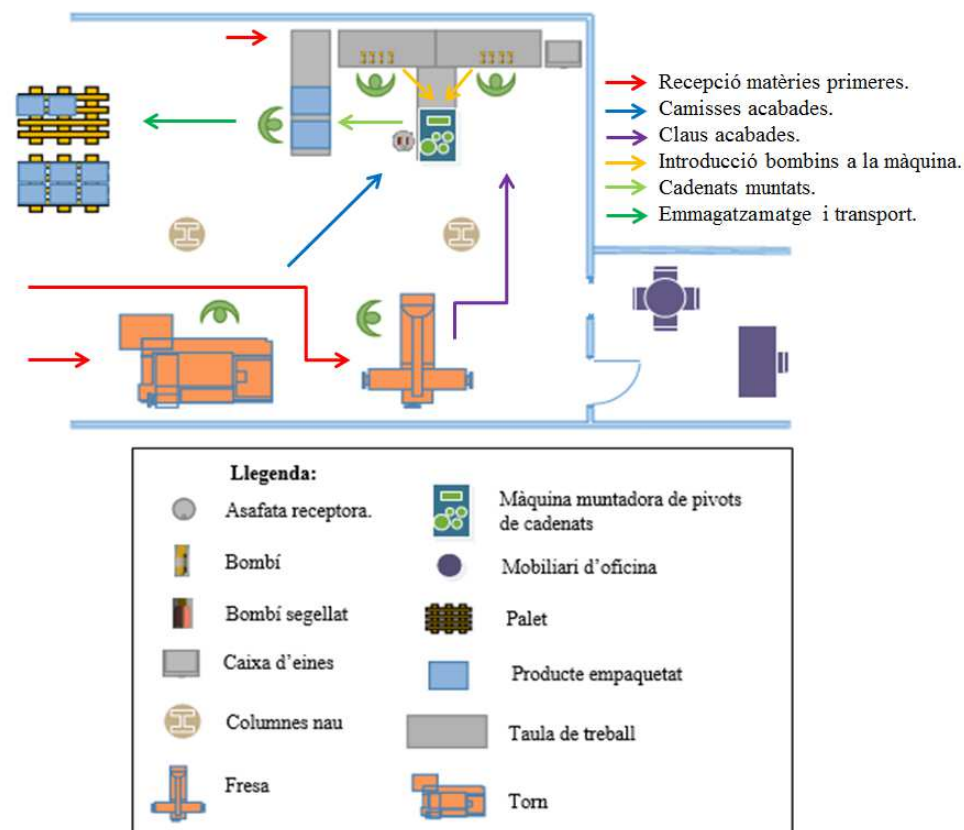


Fig. 4.6. Distribució en planta. Màquina implantada. (Font pròpia)

4.3. Temps d'execució.

En aquest apartat es vol fer unes consideracions del temps que es triga a ficar els pivots dins del bombí de manera manual i de manera automàtica. Per fer-ho de manera manual s'utilitzarà el mètode Bootroyd & Dewhurst per posteriorment calcular la eficiència del muntatge, per obtenir més informació veure [4].

Un cop s'obtingui el temps d'execució manual, es calcularà el temps que triga la màquina en realitzar la tasca sencera de manera automàtica, és a dir, ficar tots els pivots al bombí i posteriorment la camisa amb un rebló. El muntatge del cadenat amb una imatge explosionada és el següent:

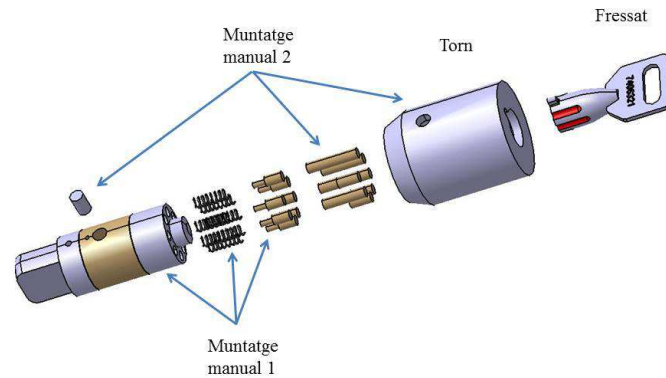


Fig. 4.7. Cadenat explosionat. (Font pròpia)

El muntatge manual 1 es continuarà realitzant tal i com s'ha fet fins ara, manualment. El muntatge manual 2 és el muntatge que s'automatitzarà i es la part en la que es vol fer la comparació de temps. Un cop obtinguts els dos temps es comparen i es podrà observar objectivament el benefici en quan a temps, de la implantació de la màquina a l'empresa.

4.3.1. Càlcul del temps manualment amb el mètode de BOO.

El mètode inclou un codi de 2 dígits per classificar les operacions de manipulació manual, un altre codi de 2 dígits per classificar les operacions de inserció i subjeccions que tenen en compte els temps de les diferents operacions de muntatge.

La expressió de la eficiència de muntatge és la següent:

$$E_{ma} = \frac{N_{min} \cdot t_{gen}}{t_{est}} ; \quad (4.6)$$

on,

E_{ma} → Eficiència del muntatge.

N_{min} → Nombre mínim de peces del conjunt considerat (s'eliminen les que no son funcionalment necessàries).

t_{gen} → Temps genèric de muntatge d'una peça ($t_{gen} = 3s.$)

t_{est} → Temps estimat per al muntatge final del producte real.

Llistat de peces necessàries per a realitzar el muntatge:

- Pivots (hi ha vuit diferents i s'han de ficar una combinació de 7 en l'ordre correcte).
- Bombí.
- Camisa.
- Rebló.

Avaluació del muntatge:

Descripció	Quantitat	Temps d'agafar l'eina	Codi de manipulació manual	Temps de manipulació manual	Codi d'inserció manual	Temps d'inserció manual	Temps total (s)	Número de peces mínim
BOMBÍ	1	-	30	1,95	04	1,8	3,8	1
PIVOTS	7	-	30	1,95	01	3	35	7
CAMISA	1	-	33	2,73	10	3,7	6,4	1
REBLÓ	1	-	33	2,73	10	3,7	6,4	1
							51	10
								Totals

Taula 4.8. Taula del mètode BOO. (Font pròpia)

Per tant, resulta que el temps de muntar aquesta part del cademat suposa un temps d'uns 50 segons aproximadament. I una eficiència del muntatge de:

$$E = \frac{N \cdot 3}{T} = \frac{10 \cdot 3}{51} = 0,585 \rightarrow 58,5 \% ; \quad (4.7)$$

5.3.2. Temps del procés automàticament.

Per justificar el temps total que la màquina triga en fer tot el procés, abans s'explicarà breument el funcionament de la mateixa. Es poden diferenciar 5 posicions. Al capítol 6.3 s'explica amb més detall.

Posició inicial (PI). El carro porta - bombí es troba posicionat a la posició inicial. A partir d'aquí realitzarà un desplaçament cap al carril de recepció de pivots.

Posició 2. La pinça tanca i subjecta el bombí. A partir d'aquí el carro es desplaça fins a la posició inicial novament i es on es ficarà el primer pivot. El carro s'anirà desplaçant i girant al llarg de la placa que conté els pivots per poder ser ficats al bombí.

Posició 3. Un cop els 7 pivots de la combinació són ficats, el carro farà un gir per a obtenir la posició necessària que caldrà per al següent pas. I just després farà un desplaçament vertical descendent.

Posició 4. El bombí posicionat tal i com interessa, en la posició 4 s'insereix la camisa i es fa el reblonat. Finalment el carro fa l'últim desplaçament per arribar a la posició 5.

Posició 5. És la posició on el carro deixa anar el cadenat per a la seva posterior manipulació i/o emmagatzematge.

A la Taula 4.10 es mostra l'element actuant (numerat abans a la Taula 4.9) a cada cas i el tipus de moviment que realitza, a quina velocitat funciona i quin recorregut ha de realitzar per saber el temps total d'execució.

Element actuant / Acció	Descripció del element actuant o acció	Element actuant / Acció	Descripció del element actuant o acció
1	Posar bombins al carril d'entrada	17	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE
2	Introducció dades a la pantalla	18	Cilindre rodó ESNU-8-50-P-A
3	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE	19	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE
4	Pinces paral·leles HGPC-12-A-G2	20	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE
5	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE	21	Cilindre rodó ESNU-8-50-P-A
6	Cilindre rodó ESNU-8-50-P-A	22	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE
7	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE	23	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE
8	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE	24	Cilindre rodó ESNU-8-50-P-A
9	Cilindre rodó ESNU-8-50-P-A	25	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE
10	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE	26	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE
11	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE	27	Cilindre rodó ESNU-8-50-P-A
12	Cilindre rodó ESNU-8-50-P-A	28	Cilindre rodó DSNU-8-16-P-A
13	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE	29	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE
14	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE	30	Pinces paral·leles HGPC-12-A-G2
15	Cilindre rodó ESNU-8-50-P-A	31	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE
16	Motor Pas a Pas EMMS-ST-28-L-SE		

Taula 4.9. Assignació de número al element actuant. (Font pròpia)

Element actuant / Acció	Tipus de moviment	Velocitat	Unitats	Pas de rosca	Unitats	Recorregut	Unitats	temps	Unitats
1	-	-		-		-		2,000	s
2	-	-		-		-		10,000	s
3	Desplaçament	6000	rpm	1	mm	100	mm	1,000	s
4	Tancament pinça	-	-	-	-	3	mm	0,030	s
5	Desplaçament	6000	rpm	1	mm	100	mm	1,000	s
6	Inserció pivot 1	400	mm/s	-	-	50	mm	0,125	s
7	Desplaçament	6000	rpm	1	mm	25	mm	0,250	s
8	Gir	6000	rpm	-	-	45	graus	0,001	s
9	Inserció pivot 2	400	mm/s	-	-	50	mm	0,125	s
10	Desplaçament	6000	rpm	1	mm	25	mm	0,250	s
11	Gir	6000	rpm	-	-	45	graus	0,001	s
12	Inserció pivot 3	400	mm/s	-	-	50	mm	0,125	s
13	Desplaçament	6000	rpm	1	mm	25	mm	0,250	s
14	Gir	6000	rpm	-	-	45	graus	0,001	s
15	Inserció pivot 4	400	mm/s	-	-	50	mm	0,125	s
16	Desplaçament	6000	rpm	1	mm	25	mm	0,250	s
17	Gir	6000	rpm	-	-	45	graus	0,001	s
18	Inserció pivot 5	400	mm/s	-	-	50	mm	0,125	s
19	Desplaçament	6000	rpm	1	mm	25	mm	0,250	s
20	Gir	6000	rpm	-	-	45	graus	0,001	s
21	Inserció pivot 6	400	mm/s	-	-	50	mm	0,125	s
22	Desplaçament	6000	rpm	1	mm	25	mm	0,250	s
23	Gir	6000	rpm	-	-	45	graus	0,001	s
24	Inserció pivot 7	400	mm/s	-	-	50	mm	0,125	s
25	Gir (pos. Inicial)	6000	rpm	1	mm	25	graus	0,250	s
26	Desplaçament (V)	6000	rpm	1	mm	30	mm	0,300	s
27	Inserció camisa	400	mm/s	-	-	50	mm	0,021	s
28	Reblonat	400	mm/s	-	-	50	mm	0,021	s
29	Desplaçament (H)	6000	rpm	1	mm	40	mm	0,400	s
30	Apertura pinça	-	-	-	-	3	mm	0,030	
31	Desplaçament(H.PI)	6000	rpm	1	mm	250	mm	2,500	s
								19,93	s

Taula 4.10. Detall de temps de cada moviment. (Font pròpia)

Ara que es té el temps total, es pot calcular l'eficiència del muntatge de nou, pel procés automatitzat i obtenim:

$$E = \frac{N \cdot 3}{T} = \frac{10 \cdot 3}{19,93} = 1,5 \rightarrow > 100 \% ; \quad (4.8)$$

Concloent i comparant els dos temps, manual i automatitzat es poden fer les següents afirmacions. Amb el procés de muntatge automatitzat:

- Es millora el temps de muntatge en un 70,92 %.
- Segons l'expressió de l'eficiència del teorema BOO es millora l'eficiència en més d'un 100%.

5. Sistema d'alimentació.

El fet d'haver destinat esforços en forma d'hores i de pressupost en desenvolupar l'alimentació de la màquina per a aquest projecte, hagués estat un acció imprudent i amb altes probabilitats de fracàs. Tot i que es va fer una visita a una empresa especialista d'aquests sistemes i van garantir que és totalment possible cobrir la necessitat d'aquest projecte, no hagués estat suficient. Ja que desenvolupar aquest tipus de sistemes requereix de grans coneixements i hores de professionals amb molta experiència al darrera per aconseguir el resultat desitjat.

És per això que aquesta part del projecte s'ha encarregat a un proveïdor especialista en l'alimentació de petites peces a granel. Es van buscar diferents proveïdors, i al final per proximitat i sobretot atenció professional rebuda, es va decidir per la empresa TAD. Tot i que no s'ha fet el disseny d'aquesta part en el projecte, sí s'ha cregut convenient fer unes explicacions breus dels elements que intervenen, com funcionen i la representació gràfica en 3D. Per veure més detall de quins tipus d'equips son i com funcionen veure [5].

Al analitzar un procés productiu, el càlcul d'amortització dels equips involucrats queda supeditat a tres condicionants que han de definir teòricament i ser confirmats posteriorment pels fets:

- Ritme de producció.
- Grau de fiabilitat del sistema.
- Nivell d'autonomia del procés.

Quan es tracta d'automatitzar qualsevol estació de treball mitjançant l'aportació d'un flux continu de peces a la mateixa, ja sigui per elements vibratoris o per altres, es planteja, implícitament, un problema en el que intervenen fortament interrelacionats entre sí sis grups de variables, cada una dels quals caracteritza una funció molt definida i regularment associada a altres equips o unitats:

1. Unitat de selecció - posicionament.
2. Unitat d'enllaç - pulmó.
3. Unitat de recepció.

4. Unitat d'autonomia.
5. Unitat de suport.
6. Unitat de transferència.
7. Sensors de saturació.
8. Campanes d'insonorització

La elecció dels equips idonis dependrà, per tant, de l'anàlisi precís d'aquestes vuit unitats en referència al cas plantejat, considerant-les aïlladament o amb interrelació. A continuació es comenten les parts claus d'aquests sistemes per posteriorment fer unes breus explicacions:

1. Unitat de selecció - posicionament.
2. Unitat de enllaç - pulmó.
3. Unitat de recepció.
4. Unitat de suport.
5. Campanes d'insonorització.
6. Sensors de saturació.

5.1. Unitat de selecció - posicionament.

La funció d'aquest equip, conegut també com a alimentador vibratori, es la de posicionar de una manera predeterminada las peces que rep a granel, transportant-les una vegada orientades fins a la seva evacuació. Les peces van recorrent el cubell de dalt a baix pujant en espiral per la part externa de l'interior. La vibració no és una vibració qualsevol i aleatòria. Requereix de l'estudi previ de la peça per graduar la vibració i escollir adequadament els elements que intervenen en la vibració.

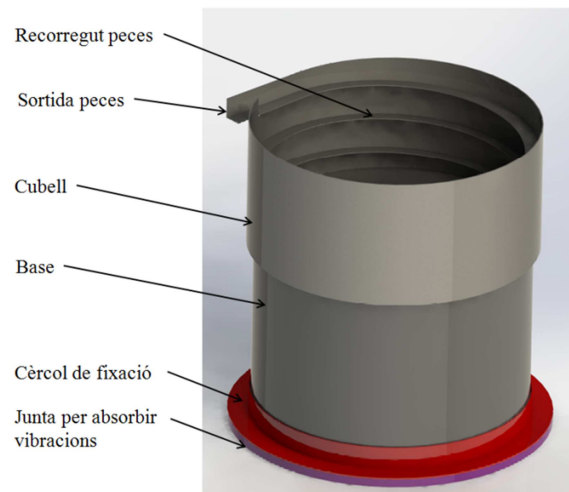


Fig. 5.1. Unitat de selecció. (Font pròpia)

En aquest projecte es necessiten 10 unitats de selecció. Es necessiten vuit per als pivots del bombí, una pel rebló i una última per a les camisses.



Fig. 5.2. Conjunt d'unitats de selecció. (Font pròpia)

5.2. Unitat d'enllaç – pulmó.

Composat per un vibrador rectilini i una guia per on circularan les peces. És una unitat imprescindible en la major part de les aplicacions i aconsellable en gaire bé totes les demés. La seva importància ve donada per donar solucions a:

- Establir d'enllaç entre la unitat de selecció i la de recepció (o estació següent del procés de la màquina).
- Reguladora de la cadència variable del flux de la unitat de selecció.
- Assegurar la presència de peces.
- Permetre definir una velocitat lineal d'avanç de les peces ja posicionades.
- Per poder incorporar un sensor de saturació.

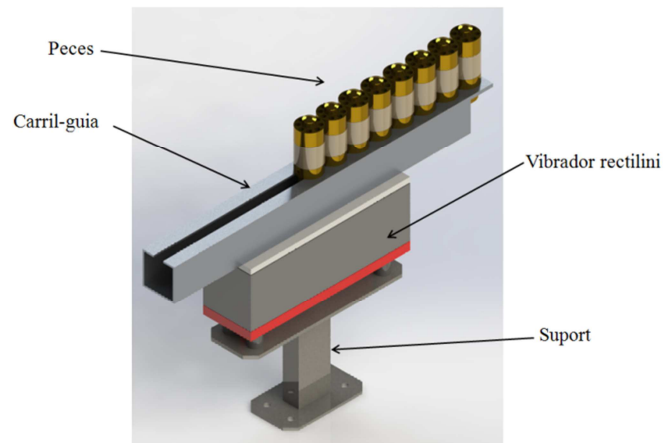


Fig. 5.3. Unitat d'enllaç pulmó. (Font pròpia)

Aquest element només s'utilitza en aquest projecte per a l'entrada dels bombins a la màquina. La circulació dels pivots es realitzarà mitjançant uns sopladors d'aire col·locats degudament a través del recorregut dels mateixos.

5.3. Unitat de recepció.

Consisteix en una estació - no vibratòria - que fa les vegades de recambra. Amb aquesta, s'eviten els problemes de detecció originats per les peces en moviment quan es tracta de transferir-les, des de l'últim tram de l'enllaç - pulmó vibratòri fins la estació de treball.

Alhora de dissenyar aquesta part es convenient tenir en compte criteris de:

- Sistema d'extracció previstos.
- Zones de subjecció de la peça
- Criteris de seqüència, en ordre a coordinació de senyals i moviments.

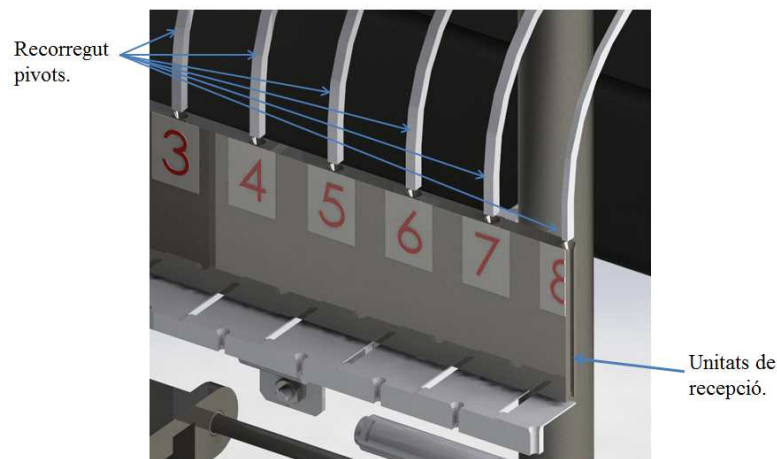


Fig. 5.4. Unitat de recepció del projecte. (Font pròpia)

5.4. Unitats de suport.

Els suport dels vibradors – fixes, telescòpics, giratoris o desplaçables; per a un sol equip, o per a conjunts d'aquests-, deuen presentar un índex de rigidesa suficient com per a garantir un funcionament lliure d'interferències vibratòries.



Fig. 5.5. Unitat de suport del projecte. (Font pròpia)

5.5. Campana d'insonorització.

O també panells aïllants, son una cabina amb portes que envolta totes les unitats necessàries que formen part de l'equip d'alimentació i s'utilitzen per amortir el nivell de

soroll de les unitats de selecció, tant en els casos en que es desitja que aquest sigui inapreciable, com en d'altres en que, per les condicions de treball (peces metàl·liques amb cavitats, especialment), es supera el nivell admissible (75 dB, segons normes d'ús).

I no només aïllaran del so sinó que a més a més també és un bon element de seguretat de cara a un possible risc d'arrapament de les extremitats dels operaris. Tot i que no són equips especialment perillosos.

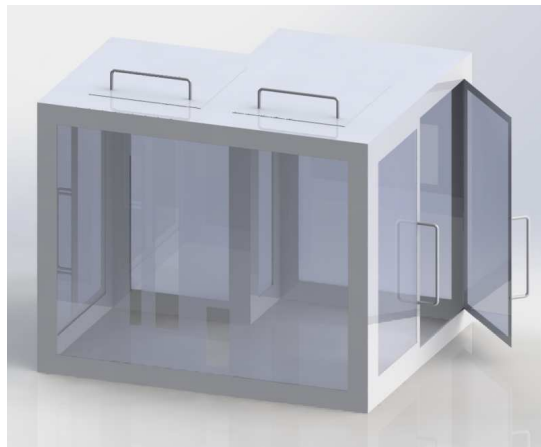


Fig. 5.6. Campana insonorització del projecte. (Font pròpia)

5.6. Sensor de saturació.

S'incorpora habitualment a les guies de les unitats d'enllaç - pulmó per diversos motius, aïllats o complementaris entre sí, però, en tots els casos, amb l'objectiu central d'eludir alguns efectes negatius derivats del funcionament en continu de les unitats de selecció.

Per evitar sobrepressió o posicionaments incorrectes al haver-hi saturació.

Quan es desitgi evitar un nivell de sonoritat constant. Si la unitat d'enllaç - pulmó està carregada de peces, el sensor pot donar l'ordre a la unitat de selecció que es pari. Això proporciona alhora un estalvi energètic i de desgast de peces dels equips.

6. Sistema d'execució.

6.1. Elements que intervenen.

En aquest apartat es vol fer una explicació dels elements més importants que intervenen en el sistema d'execució. Principalment, està compost per elements neumàtics, tant actuadors com motors pas a pas o pinces de subjecció. A continuació es fa un llistat dels elements i la seva funció posteriorment.

- 1 - Cilindre rodó ESNU-8-50-P-A FESTO.
- 2 - Cilindre rodó DSNU-8-16-P-A FESTO.
- 3 - Motor pas a pas EMMS-ST-28-L-SE FESTO.
- 4 - Pinça paral·lela HGPC-12-A-G2 FESTO.
- 5 - Sensor de posició SIED-M12NB-S-L FESTO.
- 6 - Pantalla tàctil 770 FESTO.

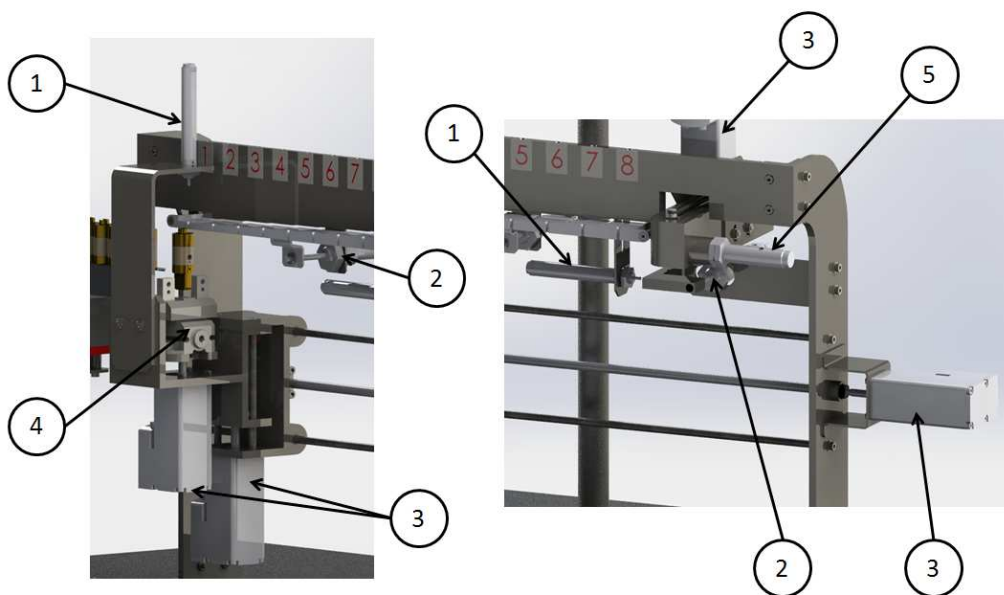


Fig. 6.1. Elements principals sistema execució. (Font pròpia)

6.1.1. Cilindre rodó ESNU-8-50-P-A FESTO.

Aquest cilindre de simple efecte de retorn amb molla, es pot trobar en dos punts del projecte. Per una banda s'encarrega de ficar els pivots als bombins i per una altre de desplaçar els reblons a un altre punt per posteriorment poder realitzar el reblonat.

6.1.2. Cilindre rodó DSNU-8-16-P-A FESTO.

Aquest cilindre de doble efecte, també es pot localitzar en dos punts del sistema d'execució. Per una banda farà possible la càrrega de pivots a la safata de pivots desplaçable i per una altre permet realitzar el reblonat.

6.1.3. Motor pas a pas EMMS-ST-28-L-SE FESTO.

Els motors pas a pas mencionats, s'utilitzen en quatre punts. El primer es fa servir per poder girar la pinça i així poder fer coincidir el forats del bombí amb el forat per on sortirà el pivot. Un segon motor PAP es fa servir per poder pujar i baixar la pinça quan calgui en el seu recorregut. El tercer motor PAP serveix per fer girar la camisa quan no vingui correctament posicionada per poder ser ficada al bombí i reblonar-la. Per últim, el quart motor PAP s'utilitza per desplaçar el carro porta – bombins al llarg del recorregut.

6.1.4. Pinça paral·lela HGPC-12-A-G2 FESTO.

És l'element que s'encarrega de subjectar el bombí fins desar-lo a la safata de sortida.

6.1.5. Sensor de posició SIED-M12NB-S-L FESTO.

L'element encarregat de detectar la posició de com arriba la camisa i donar ordre al motor PAP de posicionar-la com cal per poder ser ficada al bombí.

6.1.6. Pantalla tàctil 770 FESTO.

L'element que permetrà introduir els set codis del bombí i la quantitat desitjada a realitzar.

6.2. Material utilitzat.

Aquest projecte requereix l'ús de peces amb geometries específiques i evitar les unions mitjançant cargols o soldadures. Ja que d'aquesta manera es pot perdre precisió. Per tant, estem parlant de peces úniques i dissenyades exclusivament per al projecte, són peces en gran part, mecanitzades mitjançant control numèric, i que partiran d'un tros de ferro del que només s'aprofitarà una part. I és per això que cal tenir molt en compte el material a utilitzar per temes de costos, temps necessari de mecanització i impacte medi ambiental. Aquestes parts es poden localitzar en el carro porta – bombí, l'arc que subjecte les guies del carro i la recepció dels pivots.

L'acer més adequat després d'haver estudiat les necessitats d'aquest projecte, és l'acer AISI 1008¹, equivalent al F-1110 UNE EB 36009:1972. Són acers utilitzats per construir elements de màquines o equips. Són acers de baix aliatge austenitzats, temperats i revinguts que presenten una sèrie de característiques especials, entre les que destaquen les seva bona temperabilitat, tenacitat i resistència mecànica al desgast i a la corrosió.

El seu contingut de carboni oscil·la entre el 0,1 y 1,0% i els seus principals elements d'aliatge són el crom, níquel, molibdè, alumini, vanadi i silici. Són acers creats per tenir bona maquinabilitat per a la construcció de peces amb formes adequades per al treball que, un cop terminades son tractades tèrmicament per donar les propietats requerides per al consumidor.

Per tant el material que s'ha decidit utilitzar és un acer amb un contingut molt baix de carbó. Es prefereix tenir un acer dur i fràgil que no pas un de mes tou y dúctil, ja que si es necessita precisió i si una de les peces ha de rebre un cop, es prefereix que es trenqui a que no pas la peça absorbeixi el cop, quedi deformada i pugui donar problemes. A més, l'acer és un material molt abundant a la natura i amb un cost baix.

6.3. Funcionament del sistema.

En aquest apartat es vol explicar amb detall el funcionament de la màquina amb l'ajuda de breus descripcions i suport gràfic, pas a pas.

1. Per veure més detall d'aquest material, veure Annex I.II.I. Acer AISI 1008.

El funcionament del sistema d'alimentació no s'explica en aquest apartat per dos motius principalment. El primer perquè ja es fa una breu explicació en el capítol 5 i el segon perquè és una part auxiliar del projecte que es subcontracta.

Abans de que la màquina sigui 100% operativa s'han de posar els 8 pivots a dins dels cubells vibratoris, que vindran a granel del proveïdor del client. Cada codi de pivot a d'anar al seu corresponent cubell. Es fa el mateix per les camisses i pels reblons.



Fig. 6.2. Cubells vibratori. (Font pròpia)

Una vegada el sistema d'alimentació emplenat, es podrà engegar i el sistema començarà a alimentar al sistema d'execució. La safata dels pivots, farà un retrocés per omplir-se de pivots i tornarà a la seva posició inicial. A partir d'ara es podrà posar en marxa la part d'execució de la màquina.

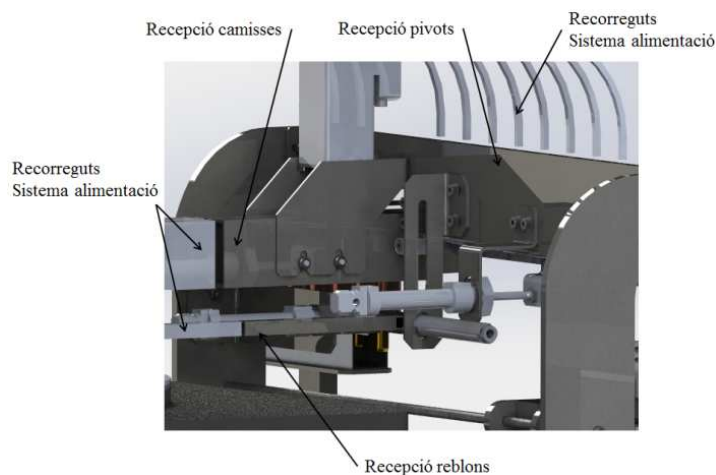


Fig. 6.3. Detall recepció components del cadenat. (Font pròpia)

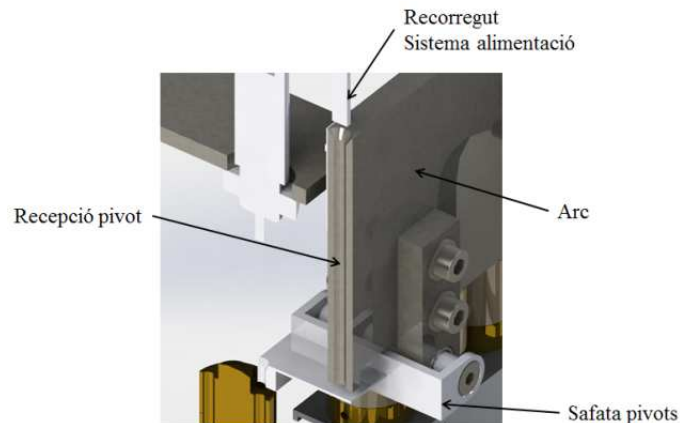


Fig. 6.4. Detall recepció pivot i safata pivots. Vista seccionada. (Font pròpia)

Per començar, els dos operaris que actualment s'encarreguen de muntar els cadenats sencers, s'ubiquen cadascun d'ells a una costat de la màquina, veure Fig. 4.6. A mida que es van ficant les molles i els pivots unitaris (els que tenen tots la mateixa mida), el bombí es va deixant al carril d'entrada o safata de recepció de la màquina.

Aquest carril està unit a un vibrador lineal que fa que els bombins es vagin desplaçant cap al final de carril de manera que estiguin a disposar de la pinça neumàtica.

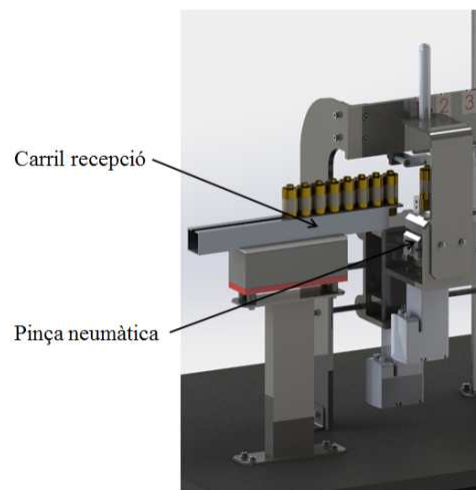


Fig. 6.5. Detall del carril de recepció de bombins. (Font pròpia)

Per altre banda, els operaris disposen d'una pantalla digital i tàctil, on per a cada bombí o sèrie de bombins, podran introduir el codi corresponent a la seva clau i la quantitat demanada. A cada forat del bombí li correspon un número de pivot.

A partir d'aquest moment, comença el procés automatitzat del muntatge de pivots per a cadenats. Un cop es dona la instrucció d'execució a la pantalla tàctil, el carro que conté la pinça es desplaça fins a on estan a disposar els bombins. La pinça tanca i agafa el bombí. Al tornar es para al primer forat que conté el pivot de la mida número 1. Segons el codi introduït a la pantalla la pinça girarà per tal de que el número de forat coincideixi amb el número de pivot. Aquest moviment s'anirà repetint al llarg de l'arc, set vegades fins a omplir tot el bombí de pivots.

Un cop emplenats tots els pivots, la pinça es desplaça un pas més i arriba a la zona on s'inserirà la camisa, però abans de que la camisa arribi al final de seu recorregut i posicionada correctament cal explicar un pas previ que afecta a la mateixa.

La camisa ha de ser ficada al bombí amb una única posició, per a que coincideixin els forats per on ficar el rebló i poder segellar el cadenat. Llavors, la camisa quan arriba al final del seu recorregut es troba amb un sensor de posició, si el sensor no troba el forat la camisa girarà mitjançant un motor pas a pas fins a que el forat coincideixi amb el forat, finalment el motor pas a pas tornarà a fer girar la peça 90° de manera que quedarà posicionada de la manera correcta per ser ficada al bombí i poder ser segellada.

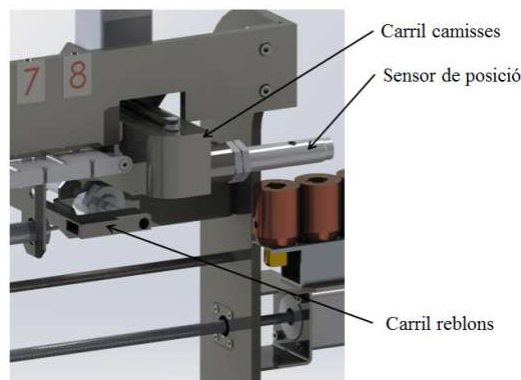


Fig. 6.6. Detall zona camisa i reblons. (Font pròpia)

Reprement el procés de la màquina, la camisa es ficada al bombí i just posteriorment hi ha un actuator neumàtic que reblonarà el rebló i es tindrà el cadenat muntat. Finalment la pinça dipositarà el cadenat al carril de sortida i al final d'aquest s'hi posarà un cubell o dipòsit per recollir els cadenats (aquesta última part queda a disposició del taller).

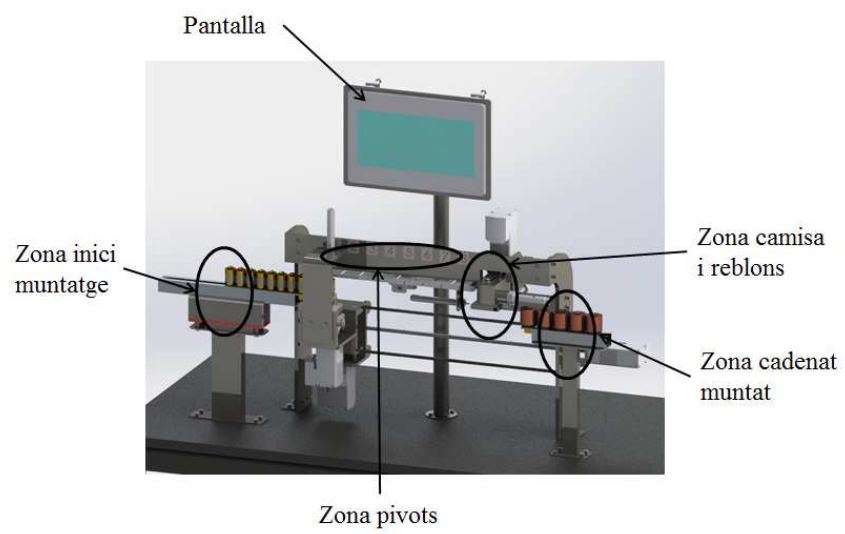


Fig. 6.7. Imatge general del sistema d'execució. Sistema d'alimentació ocult. (Font pròpia)

7. Càlculs.

Primerament s'identificarà els elements més importants de la màquina que es necessitarà calcular. La part d'alimentació com es subcontractarà, arribarà dimensionada i dissenyada pel mateix proveïdor i no es tindrà en compte en els càlculs.

La part d'execució és on és necessari la realització d'una sèrie de càlculs. I a continuació es farà una llista dels elements a calcular.

- Guies horitzontals que permetran el desplaçament del carro porta-bombí.
- Els cargols que agafen les guies horitzontals.
- La bancada que suportarà el pes de tot el sistema d'execució.
- El parell motor mínim necessari dels motors pas a pas.
- Càlcul del perfil que permet el gir del cargol sens fi.

A mida que es desenvolupen els càlculs es va donant la justificació de cadascun i els coeficients de seguretat en els que s'està treballant.

7.1. Càlcul de les guies horitzontals.

Per realitzar aquest càlcul es considera un perfil de secció circular massís isostàtic, en la que aplicarem tota la càrrega que li suposa el pes del carro que subjecta el bombí al bell mig de la biga, ja que aquest plantejament és el cas més crític. I és considerarà com una càrrega uniformement distribuïda al llarg de 50mm suportada per dues guies.

La càrrega del carro suposa

$$P_{\text{carro}} = 2.473 \text{ g.} = 2,473 \text{ Kg.} = 24,26 \text{ N.}$$

$$P_{\text{per guia}} = 24,26 / 2 = 12,13 \text{ N} / 50 \text{ mm} = 0,2426 \text{ N/mm}$$

Amb l'ajuda del software "MDSolids" es procedeix a trobar les reaccions i els moments màxims. A continuació es presenta una imatge dels resultats.

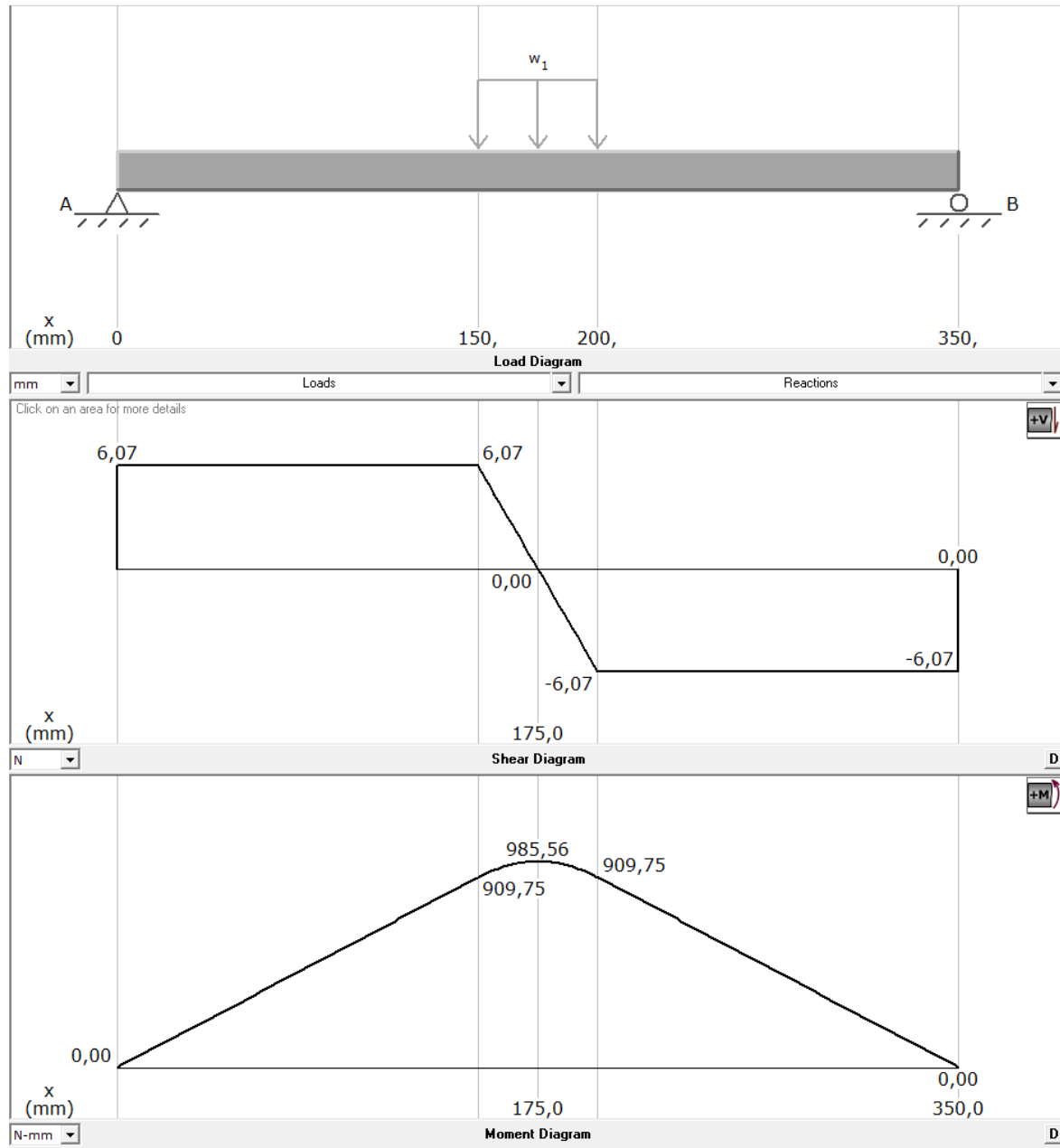


Fig. 7.1. Gràfics de les reaccions i moments flectors. (Font pròpia)

Dimensionament.

El moment màxim es produeix a $x=175$ mm amb una magnitud de 985,56 N·mm.

Segons,

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W} ; \quad (7.1)$$

On,

$\sigma \rightarrow$ Tensió admissible material. O límit elàstic. (N/mm^2).

Es fa servir un acer galvanitzat amb límit elàstic de $\sigma = 203,94 \text{ N}/\text{mm}^2$.

$M_{max} \rightarrow$ Moment màxim que pateix la guia. ($\text{N}\cdot\text{mm}$).

$W \rightarrow$ Moment resistent (mm^3).

S'ha d'aïllar el moment resistent per verificar en una taula de perfils rodons¹ si en funció del diàmetre escollit en el projecte es té el correcte dimensionament. (A l'annex III, apartat Datasheets es pot trobar les característiques d'aquests perfils.)

$$W = \frac{985,56 \text{ N}\cdot\text{mm}}{203,94 \text{ N}/\text{mm}^2} = 4,83 \text{ mm}^3 = 4,83 \cdot 10^{-3} ; \quad (7.2)$$

Com a la taula de perfils rodons el primer diàmetre que apareix és el de 6 i l'utilitzat en aquest projecte és de 5, es realitza un extrapolació per trobar el valor i aquest equival a un moment resistent de 0.008 cm^3 . Si comparem el valor de la taula amb el calculat es pot observar que estem per sota del valor límit en un 1,65 vegades. No hi hauran problemes de dimensionament amb un diàmetre de 5mm.

Per últim es mostra el resultat d'una simulació realitzada amb "SolidWorks".

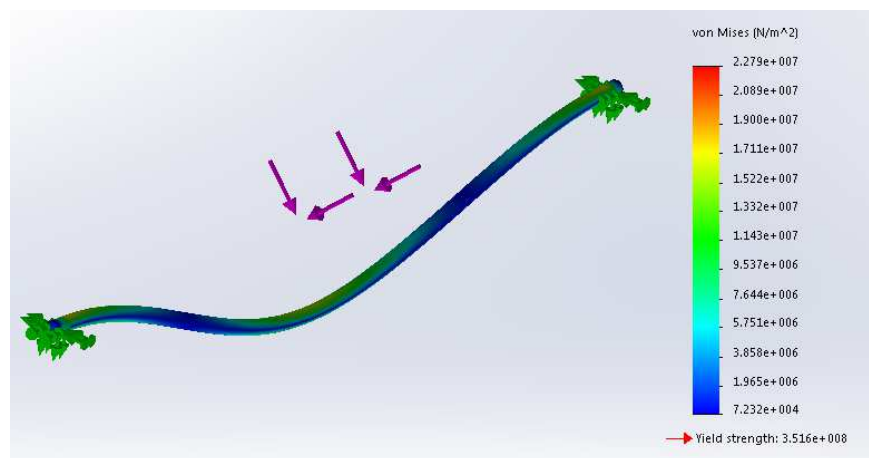


Fig. 7.2. Simulació de la guia. (Font pròpia)

1. Taula de perfil rodons, Annex I.II.II.

7.2. Càlcul dels cargols que agafen les guies horitzontals.

El carro porta - bombí està agafat per dues guies i aquestes agafades a l'arc per dos cargols cadascuna. Per tant, el pes del carro es reparteix entre quatre cargols i els càlculs per a aquests es plantegen de la següent manera.

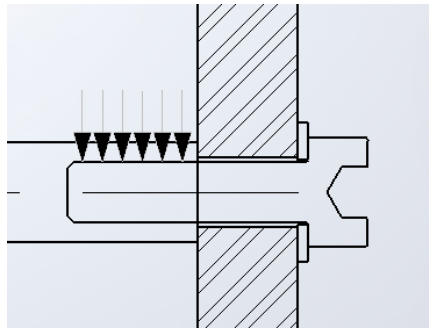


Fig. 7.3. Representació cargol sota càrrega. (Font pròpia)

Pes carro = 2.473 g. = 2,473 Kg. = 24,26 N.

Qualitat dels cargols: 5.8

Límit elàstic cargols = 400 N/mm².

Property classes of screws and bolts										
Examples: Unalloyed and alloy steels DIN EN ISO 898-1					Stainless steels DIN EN ISO 3506-1					
9.8		A 2-70								
Tensile strength R_m	Yield strength R_e	Steel microstr.	Steel group		Tensile strength R_m					
$R_m = 9 \cdot 100 \text{ N/mm}^2$ = 900 N/mm ²	$R_e = 9 \cdot 8 \cdot 10 \text{ N/mm}^2$ = 720 N/mm ²	A austenitic F ferritic	2 alloyed with Cr, Ni 4 alloyed with Cr, Ni, Mo		$R_m = 70 \cdot 10 \text{ N/mm}^2$ = 700 N/mm ²					
Property classes and material properties										
	Material property	Property classes for bolts and screws made of								
		unalloyed and alloyed steels						stainless steels ¹⁾		
	Tens. strength R_m in N/mm ²	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9	A2-50	A4-50	A2-70
	Yield strength R_e in N/mm ²	400	480	640	720	900	1080	210	210	450
Elong. at fracture EL in %	10	8	12	10	9	8	20	20	13	
¹⁾ Material properties apply to threads \leq M20.										

Fig. 7.4. Propietats de les classes de cargols. (Font: Metal Handbook).

Dimensionament del cargol per cisallament.

Al pes aplicarem un coeficient de seguretat de 1,5.

$$P_{\text{TOTAL}} = 24,26 \text{ N} \cdot 1,5 = 36,39 \text{ N}.$$

$$P_{\text{ per cargol}} = 36,39 / 4 = 9,0975 \text{ N}.$$

$$\sigma = \frac{F}{A}; \quad (7.3)$$

$$9,0975 \text{ N} = \sigma \cdot (\pi \cdot r^2); \quad (7.4)$$

$$r = \sqrt{\frac{9,0975 \text{ N}}{\sigma \cdot \pi}} = 0,085 \text{ mm} \rightarrow D_{\text{CARGOL}} = 0,17 \text{ mm}; \quad (7.5)$$

Dimensionament del cargol per aixafament.

$e = 25 \text{ mm}$.

$$9,0975 \text{ N} = \sigma \cdot d \cdot e; \quad (7.6)$$

$$d = \sqrt{\frac{9,0975 \text{ N}}{\sigma \cdot e}} = 0,03 \text{ mm} \rightarrow D_{\text{CARGOL}} = 0,06 \text{ mm}; \quad (7.7)$$

En el càlcul del dimensionament per cisallament surt que cal un diàmetre més gran, però tot i així no arriba al que s'està utilitzant en el projecte que és de M3. Comparant el diàmetre dels càlculs amb els utilitzats, s'està aplicant un coeficient de seguretat de 15 vegades del que realment es necessitaria. Per últim comentar que es fan servir M3 perquè més petits complicaria la tasca als operaris del muntatge, i més grans suposaria un sobre dimensionament de costos i materials.

7.3. Càlcul de la bancada.

En aquest apartat es calcularà l'estructura, formada per dos pòrtics com el de la Fig.7.4, que suportarà tot el pes de la part d'execució del projecte i la placa d'acer que hi va a sobre. Tot el conjunt pesa 89,55 kg. 36,274 kg per part de la placa i 53,278 kg per part dels elements que formen part del sistema d'execució. Aquest pes es repartirà de manera uniforme al llarg del pòrtic de la Fig.7.5, on la separació entre ells és de 360mm i la longitud de 830mm. Per dur a terme aquest càlcul es considerarà una estructura estàtica i per resoldre'l s'utilitzarà el software "AUTODESK FORCEEFFECT".



Fig. 7.5. Imatge de la bancada del sistema execució. (Font pròpia)

Es comenten les dades de les que es parteix. El pes total es divideix entre dos pòrtics i s'expressa en força per unitat de distància. Els perfils que s'utilitzen són de 40x40x4 i les longituds són de 560mm d'alçada i 830mm de llargària.

$$P_{\text{TOTAL}} = 36,274 \text{ kg} = 878,5 \text{ N.}$$

$$P_{\text{PORTIC}} = 878,5 \text{ N} / 2 = 439,24 \text{ N.}$$

$$P_{\text{PORTIC ml}} = 439,24 \text{ N} / 0,83\text{m} = 529 \text{ N/ml.}$$

A continuació es mostra el plantejament de càlcul del pòrtic.

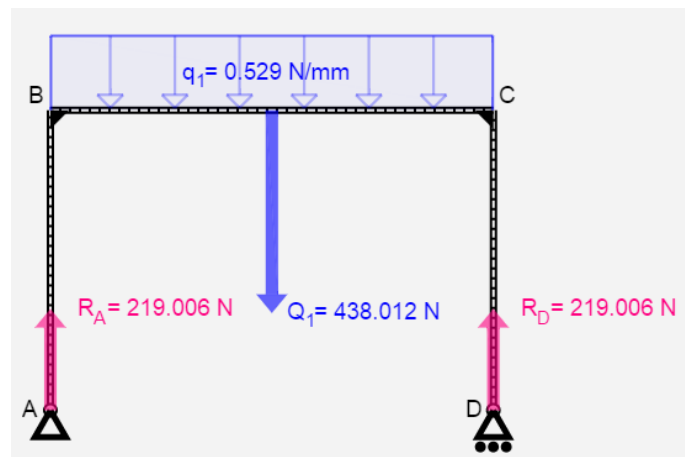


Fig. 7.6. Condicions inicials en el programa. (Font pròpia)

Un cop fet el plantejament en el software i després d'executar els càlculs s'obtenen els resultats. Es mostrarà un resum dels mateixos¹.

El perfil més crític del pòrtic és l'horitzontal, ja que és l'únic que pateix un moment. És per això que només es mostraran els resultats generals del càlcul de tot el pòrtic i d'aquest perfil.

Resultats generals:

Elements

Element	Length	Weight
A-B	560.000 mm	
B-C	830.000 mm	
C-D	560.000 mm	

Distributed Loads

Distributed Load	Direction	Size
Q ₁	↓	438.012 N (0.529 N/mm)

Results:

Reaction Forces

Force	Direction	Size	Angle
R _A	↑	219.006 N	90.0°
R _D	↑	219.006 N	90.0°

Fig. 7.7. Dades inicials i resultats a les reaccions. (Font pròpia)

Resultats perfil horitzontal:

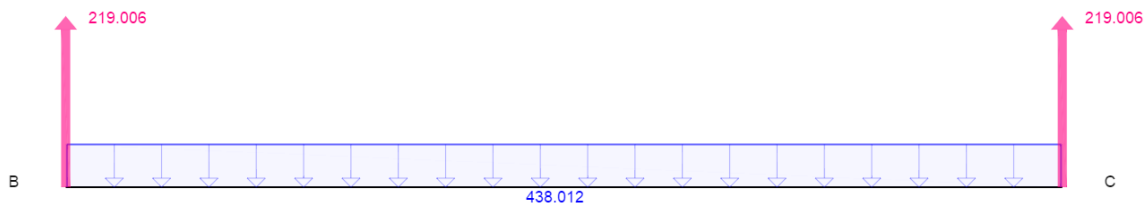


Fig. 7.8. Representació de les forces. (Font pròpia)

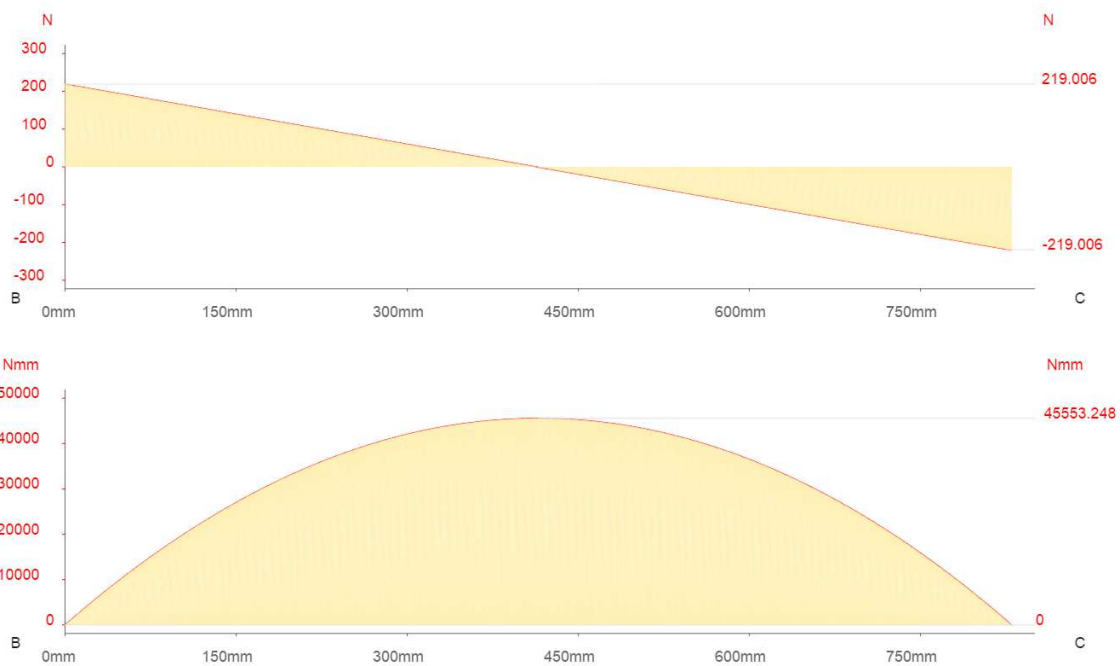


Fig. 7.9. Representació dels esforços tallants i moments flectors. (Font pròpia)

Ara que es té el moment màxim, el perfil que s'està fent servir i el límit elàstic del material utilitzat, un acer galvanitzat amb límit elàstic de $\sigma = 203,94 \text{ N/mm}^2$, s'està en condicions de poder calcular el dimensionament del pòrtic. Com el perfil més crític és l'horitzontal s'agafarà pels càlculs el moment d'aquest i el resultat serà aplicable per a la resta del pòrtic.

Dimensionament.

El moment màxim es produeix a $x = 415 \text{ mm}$ amb una magnitud de $45.553,25 \text{ N}\cdot\text{mm}$.

Segons

$$\sigma = \frac{M.max}{W}; \quad (7.8)$$

S'ha d'aïllar el moment resistent (W) per verificar en una taula de perfils quadrats si en funció de les dimensions escollides en el projecte es té el correcte dimensionament¹.

$$W = \frac{45.553,25 \text{ N}\cdot\text{mm}}{203,94 \text{ N/mm}^2} = 223,36 \text{ mm}^3 = 0,223 \text{ cm}^3; \quad (7.9)$$

El perfil utilitzat és un tub quadrat de 40x40x4 amb un moment resistent de 5,458 cm³. Si comparem el valor de la taula amb el calculat es pot observar que estem per sota del valor límit en unes 24 vegades. I per tancar el perímetre de la taula, s'utilitzaran dos perfils més als extrems. Per tant, no hi hauran problemes de dimensionament amb un perfil de 40x40x4 mm.

Per últim una imatge del resultat de la deformació realitzat amb el programa "WINEVA" on es pot observar que les deformacions són gairebé inexistent.

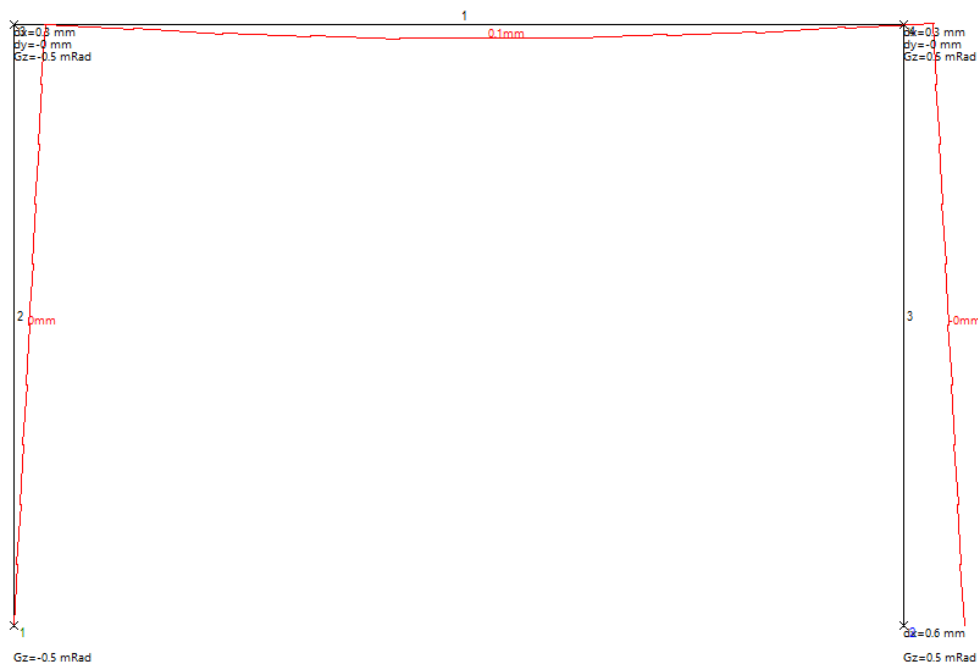


Fig. 7.10. Resultat simulació amb Wineva. (Font pròpia)

1. Taula de perfil quadrats, Annex I.II.III.

En cas de que la vibració del sistema d'alimentació donés problemes per al correcte funcionament de la màquina, s'ha realitzat el càlcul del pòrtic com a estructura hiperestàtica on també queda garantida l'estabilitat del conjunt¹.

1. Per veure els càlculs per pòrtic hiperestàtic a l'Annex I.III.II.

7.4. Càlcul del parell motor d'un sistema lineal.

Per saber si el model del motor pas a pas escollit es correcte per a la seva tasca, és convenient fer uns càlculs que determini el parell motor necessari. L'accionament es realitza amb un motor de $1,8^\circ$ per pas, unit mitjançant un acoblament directament a un cargol sense fi, amb un pas de 1mm. La subjecció està formada per dos suport amb rodaments sense pre-càrrega.

L'element de guiat està format per dues guies lineals amb uns casquets amb un coeficient de lliscament de 0,08. La massa de tots els elements suportats és de 2,473 kg, La força de treball per accionar el carro és menyspreable. Altres dades:

$$J_{\text{motor}} = 25 \text{ g} \cdot \text{cm}^2.$$

$$L_{\text{sens fi}} = 350 \text{ mm}.$$

$$\varnothing_{\text{sens fi}} = 6 \text{ mm}.$$

$$P_{\text{as}_{\text{sens fi}}} = 1 \text{ mm}.$$

$$\mu = 0.08.$$

$$P = 2,473 \text{ Kg.} = 24,26 \text{ N}.$$

Es necessita també esbrinar les necessitats d'acceleració, i com sabem el temps que triga a recórrer el carro el recorregut de pivot a pivot i en quina distància ho executa, es podrà deduir l'acceleració. A continuació es presenta un gràfic on per complir el recorregut de 25mm en 0,25s, permet visualitzar l'acceleració mínima que ha de tenir el motor.

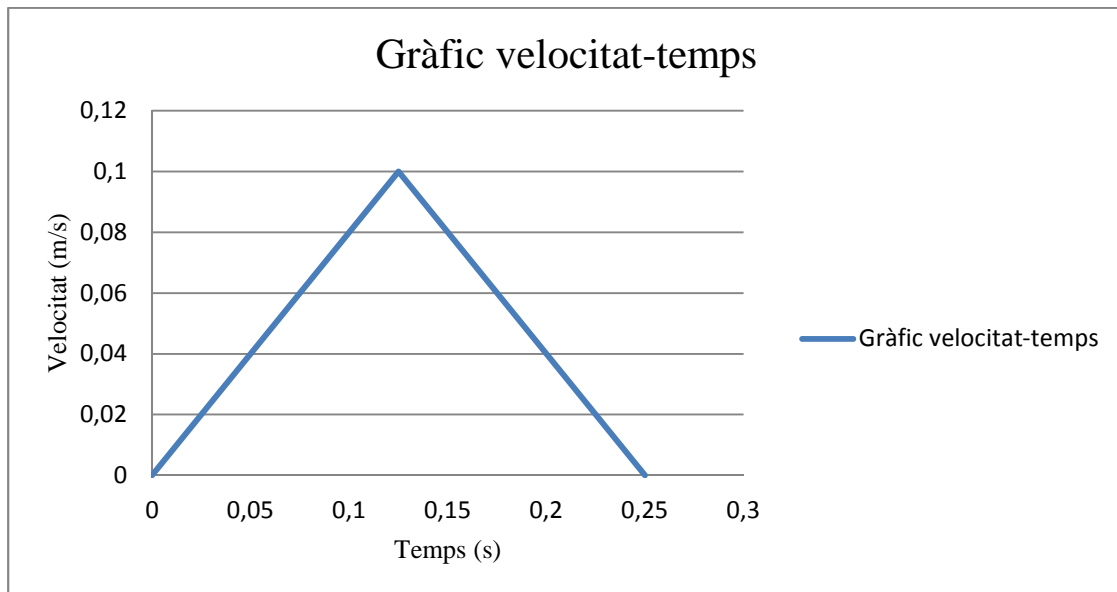


Fig. 7.11. Gràfic velocitat-temps. (Font pròpia)

$x = 25\text{mm}$.

$t = 0,25\text{s}$.

$v = 0,1\text{ m/s}$.

$a = 0,8\text{ m/s}^2$.

L'acceleració mínima és doncs de $0,8\text{ m/s}^2$.

Per altre banda, segons el fabricant "SNR", per a una femella i un pes de 2,473 kg, la precàrrega necessària que cal aplicar-li és de 0,88 kg i això suposa un parell d'arrancada de $0,7\text{ kg}\cdot\text{mm} = 6,87\cdot 10^{-3}\text{ N}\cdot\text{m}$. Equacions (7.10) (7.11).

$$P = \frac{F_{bm}}{2,8} = \frac{2,473}{2,8} = 0,88\text{ kg. ;} \quad (7.10)$$

$$T_d = \frac{K_p \cdot P \cdot L}{2 \cdot \pi} = \frac{5 \cdot 0,88 \cdot l}{2 \cdot \pi} = 0,7\text{ kg}\cdot\text{mm} = 6,87 \cdot 10^{-3}\text{ N}\cdot\text{m} ; \quad (7.11)$$

$$K_p = \frac{l}{n_1 \cdot n_2} = 5 ; \quad (7.12)$$

On,

$P \rightarrow$ Precàrrega (kg).

$F_{bm} \rightarrow$ Càrrega mitja sobre el cargol sens-fi (kg).

$T_d \rightarrow$ Par de resistència a la precàrrega (kg / mm).

$L \rightarrow$ Pas de rosca del cargol sens-fi (mm).

$K_p \rightarrow$ Coeficient de resistència a la precàrrega.

$K_p \rightarrow 1/(n_1-n_2)$ està comprès entre 0.1 y 0.3. n_1 i n_2 son coeficients d'eficiència mecànica.

Un cop presentades totes les dades necessàries, en primer lloc es calcularà el parell degut a la càrrega i posteriorment el parell degut a l'acceleració. Finalment s'obtindrà el parell total amb el sumatori de tots dos.

Parell degut a la càrrega.

La força F_c necessària per moure la càrrega amb una coeficient de fricció entre patinet i guia de $\mu = 0,08$ és $\mu \cdot M$ (resistència a la rodadura) que sumada amb la força d'acceleració s'obté:

$$F_c = \mu \cdot M = 0,08 \cdot 24,26 \text{ N} = 1,9408 \text{ N}; \quad (7.13)$$

$$F_a = a \cdot M = 0,8 \text{ m/s}^2 \cdot 24,26 \text{ N} = 19,408 \text{ N}; \quad (7.14)$$

$$F_T = F_a + F_c = 1,9408 \text{ N} + 19,408 \text{ N} = 21,35 \text{ N}; \quad (7.15)$$

Transformant la força a un parell mitjançant un cargol sens fi de pas 1mm i un rendiment del 90% :

$$T_c = F_c \cdot \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot \eta} = 21,35 \cdot \frac{0,0001}{2 \cdot \pi \cdot 0,9} = 3,78 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}; \quad (7.16)$$

On,

$T_c \rightarrow$ Parell motor (N·m).

$F_c \rightarrow$ Força (N).

$P \rightarrow$ Pas de rosca (mm).

La femella del cargol sens fi és amb pre-càrrega i ofereix un parell resistent de $6,87 \cdot 10^{-3}$. Per tant el parell total del motor necessari per moure el carro o desplaçar-la a velocitat constant és:

$$T_T = T_f + T_c = 6,87 \cdot 10^{-3} + 3,78 \cdot 10^{-3} = 0,0106 \text{ N}\cdot\text{m}. \quad (7.17)$$

Parell degut a l'acceleració.

Si el sistema s'accelera, s'ha de realitzar un anàlisi de les inèrcies. D'un a banda la inèrcia deguda al cargol sens fi d'una longitud de 0,35m i diàmetre de 6 mm, que si observem al catàleg del cargol escollit, es pot observar que la inèrcia és de $I_H = 2,905 \cdot 10^{-8} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

També s'ha de tenir en compte la inèrcia deguda al motor. Que novament es trobarà a la fitxa tècnica de l'element. $I_M = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

I per últim cal trobar la inèrcia de la càrrega, que aplicant la següent expressió es trobarà:

$$I_c = M \cdot \left(\frac{P}{2 \cdot \pi} \right)^2 ; \quad (7.18)$$

On,

$I_c \rightarrow$ Inèrcia de la càrrega (kg/m^2).

$M \rightarrow$ Massa de la càrrega (Kg).

$P \rightarrow$ Pas de rosca (mm).

$$I_c = \frac{22,4}{3} \cdot \left(\frac{0,001}{2\pi}\right)^2 = 1,89 \cdot 10^{-7} \text{ kg/m}^2 ; \quad (7.19)$$

Per tant la inèrcia total és el sumatori de les tres.

$$\begin{aligned} I_T = I_H + I_M + I_C &= 2,905 \cdot 10^{-8} + 2,5 \cdot 10^{-6} + 1,89 \cdot 10^{-7} \\ &= 2,72 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^2 \end{aligned} \quad (7.20)$$

Amb la inèrcia i l'acceleració passada a acceleració angular es podrà trobar el parell motor necessari per cobrir l'acceleració.

$$T_a = I_T \cdot \alpha = 2,72 \cdot 10^{-6} \cdot 5.026,5 = 0,0137 \text{ N}\cdot\text{m} ; \quad (7.21)$$

I el parell motor final serà el sumatori dels dos parells motors trobats.

$$T_T = T_a + T_c = 0,0137 + 0,0106 = 0,0243 \text{ N}\cdot\text{m} ; \quad (7.22)$$

Si ara es compara amb la gràfica de moment i revolucions del motor escollit, es pot comprovar com s'està dins del règim de funcionament del motor.

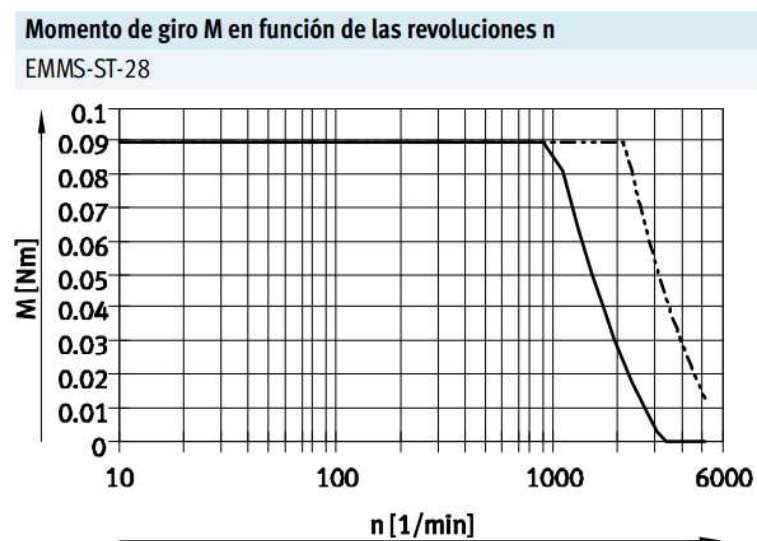


Fig. 7.12. Moment de gir de motor pas a pas. (Font: FESTO)

7.5. Càlcul del perfil que permet el gir del cargol sens fi.

S'ha de verificar que el perfil que es pot observar a la imatge serà capaç de suportar el parell que és capaç de desenvolupar el motor pas a pas. Tot sabent que, aquest perfil té unes dimensions de 4,8 mm d'alçada per 1 mm d'amplada.

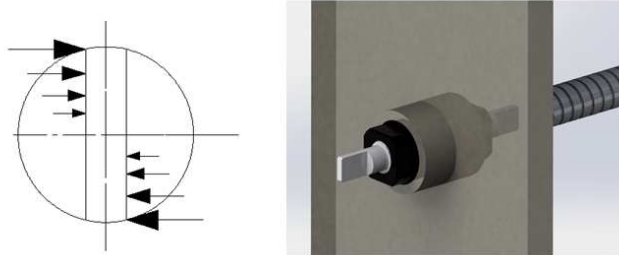


Fig. 7.13. Representació de forces al perfil i imatge virtual. (Font pròpia)

$$T_{\text{Parell motor}} = 0,2 \text{ N}\cdot\text{m}.$$

$$h_{\text{perfil}} = 4,8 \text{ mm}.$$

$$b_{\text{perfil}} = 1 \text{ mm}.$$

Com és una torsió aïllada s'ha d'aplicar la fórmula de l'esforç tallant:

$$\tau = \frac{T \cdot c}{I}; \quad (7.23)$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}; \quad (7.24)$$

On,

$T \rightarrow$ Parell torsor.

$c \rightarrow$ Distància al centre del perfil.

$I \rightarrow$ Moment d'inèrcia del perfil.

$$I = \frac{1 \cdot 4,8^3}{12} = 9,216 \text{ mm}^4; \quad (7.25)$$

$$\tau = \frac{200 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 2,4 \text{ mm}}{9,216 \text{ mm}^4} = 52 \text{ MPa}; \quad (7.36)$$

I si el material utilitzat per aquest perfil és un acer inoxidable AISI 304 amb una límit elàstic de 206,87 MPa, s'està aplicant un coeficient de seguretat de 4.

8. BOM i renders de la màquina.

8.1. Bill of Material.

Es presenta el llistat de peces de tot el projecte amb els diferents nivells, quantitats i pesos.

NIVELL	CODI	DESCRIPCIÓ	UTS.	PES UNITARI	P. TOTAL (g)
0	M0001	MITGE AUTOM. DE PIVOTS DE CADENATS	1	411441,809	411441,809
..1	M0004	BANCADA SIST. EXECUCIÓ	1	54320,28	54320,28
..2	M0002	ESTRUCTURA MÀQUINA	1	17471	17471
..2	M0003	PLACA DE FERRO	1	36274	36274
..2	M0034	XAPA ROSCADA	4	46,95	187,8
..2	C0024	PEUS 80mm	4	93,25	373
..2	C0013	REBLÓ ROSCAT M5	8	1,81	14,48
..1	C0025	GUIA CILINDRICA D5mm L350mm	2	54,08	108,16
..1	M0007	CITO CARRO PORTA - BOMBÍ	1	1964,27	1964,27
..2	C0026	PINCES PARAL·LELES HGPC-12-A-G2 FESTO	1	154	154
..2	C0027	MOTOR PAP EMMS-ST-28-L-SE FESTO	2	380	760
..2	C0029	CILINDRE RODÓ ESN-8-50-P-A FESTO	1	40	40
..2	M0009	PEÇA MECANITZADA	1	419,01	419,01
..2	M0010	PEÇA MECANITZADA 2	1	348,74	348,74
..2	M0008	PLETINA	1	38,39	38,39
..2	M0012	SUPORT L	1	170,11	170,11
..2	C0028	GUIA CILINDRICA D5mm L80mm	2	12,36	24,72
..2	C0011	CASQUILLO EGB0505-E40	8	0,09	0,72
..2	C0018	HUSILLO BSH01205 L40 SNR	1	0,79	0,79
..2	C0016	FEMELLA BSC00601 NSR	2	2,41	4,82
..2	LLSW	COXINET SKF - 618-5 - 10	1	0,19	0,19
..2	LLSW	CARGOL ISO 4762 M3 x 12	10	0,15	1,5
..2	LLSW	CARGOL ISO 4762 M2.5 x 10	8	0,08	0,64
..2	LLSW	CARGOL ISO 4762 M3 x 8	4	0,12	0,48
..2	LLSW	VOLANDERA ISO 7089 - 3	8	0,01	0,08
..2	LLSW	FEMELLA ISO - 4035 - M3	2	0,04	0,08
..1	M0011	CJT. RECEPCIÓ PIVOTS	1	9,03	9,03
..2	M0041	CARRIL RECEPCIÓ PIVOTS	1	5,91	5,91
..2	M0006	PERFIL U	2	0,52	1,04
..2	M0005	PLETINA	1	0,88	0,88
..2	C0010	GUIA CILINDRICA D5mm L27mm	2	0,42	0,84
..2	LSW	CARGOL ISO 10642 - M3 x 8	4	0,07	0,28
..2	LSW	CARGOL ISO 4762 M2 x 4	2	0,03	0,06
..2	LSW	VOLANDERA ISO 7089 - 2	2	0,01	0,02
..1	M0016	ASAFATA D'ENTRADA	1	11245,21	11245,21
..2	M0018	SUPORT SAFATA ENT.	1	208,82	208,82
...3	M0042	TUBO	1	116,52	116,52
...3	M0043	PLETINA	2	46,15	92,3
..2	M0017	PERFIL EXTRUSIÓ	1	35,83	35,83
..2	C0012	VIBRADOR GUIA VL30 TAD	1	11.000	11000
..2	LSW	CARGOL ISO 4762 M3 x 8 --- 8N	4	0,12	0,48
..2	LSW	ARANDELA ISO 7089 - 3	4	0,02	0,08
..1	M0019	ASAFATA DE SORTIDA	1	160,76	160,76
..2	M0020	PERFIL EXTRUSIÓ	1	19,77	19,77
..2	M0029	SUPORT SAFATA SORT.	1	140,99	140,99
...3	M0044	TUBO	1	77,35	77,35
...3	M0045	PLETINA	1	16,96	16,96
...3	M0046	PLETINA	1	46,68	46,68
..1	M0024	CITO ALIMENTACIÓ	1	338505	338505

Fig. 8.1. Llistat de peces 1/3. (Font pròpia)

.1	M0026	PERFIL L	4	79,95	319,8
.1	M0027	ARC	1	2456,439	2456,439
..2	M0047	PLETINA	1	603,07	603,07
..2	M0048	PLETINA	1	609,12	609,12
..2	M0049	XAPA L	4	21	84
..2	M0050	PORTA CASQUILLO	2	10,88	21,76
..2	M0051	XAPA PLEGADA	1	17,52	17,52
..2	C0011	CASQUILLO EGB0505-E40	2	0,09	0,18
..2	M0013	CARRIL RECEPCIÓ CAMISSES	1	207,76	207,76
..2	M0030	XAPA PLEGADA	1	77,55	77,55
..2	M0031	XAPA PLEGADA	1	54,83	54,83
..2	M0052	PLETINA	1	608,83	608,83
..2	M0032	CARRIL RECEPCIÓ REBLÓ	1	28,52	28,52
..2	M0033	XAPA PLEGADA	1	23,97	23,97
..2	C0017	CARGOL SENS FI BSH01205 L350 SNR	1	9,96	9,96
..2	C0019	ANYELL ALEACIO D5	2	0,12	0,24
..2	C0020	FEMELLA QUADRADA M5	1	0,26	0,26
..2	C0021	OBTURADOR D5	2	0,09	0,18
..2	M0038	TUB D13 L6	1	2,14	2,14
..2	M0039	TAPA	1	4,13	4,13
..2	M0040	SUPORT MOTOR	1	42,41	42,41
..2	C0022	PERNO SOLDABLE M3x0.5 L6	4	0,05	0,2
..2	M0015	EIX CAMISA	1	0,16	0,16
..2	M0059	XAPA SUPORT	1	0,019	0,019
..2	C0025	GUIA CILINDRICA D5mm L350mm	1	54,08	54,08
..2	LSW	RODAMENT SKF - 618-5 - 10,SI,NC,10 68	3	0,19	0,57
..2	LSW	CARGOL ISO 4762 M3 x 12	14	0,15	2,1
..2	LSW	CARGOL ISO 4762 M3 x 8	4	0,12	0,48
..2	LSW	CARGOL ISO 4762 M3 x 5	6	0,1	0,6
..2	LSW	CARGOL ISO 4762 M2 x 3	4	0,03	0,12
..2	LSW	CARGOL ISO 10642 - M3 x 8	2	0,07	0,14
..2	LSW	VOLANDER Truarc 5555-18 - OS	2	0,03	0,06
..2	LSW	VOLANDERA ISO 7089 - 3	38	0,02	0,76
..2	LSW	FEMELLA HEX. ISO - 4035	18	0,04	0,72
.1	C0030	CILINDRE RODÓ DSNU-8-16-P-A FESTO	2	40	80
.1	C0031	ETIQUETES NUMERADES	1	0,01	0,01
.1	M0028	CJT PANTALLA	1	1427,82	1427,82
..2	M0054	CJT SOLDAT PANTALLA	1	427,82	427,82
...3	M0036	SUPORT PANTALLA	1	214,3	214,3
...3	M0037	CILINDRE	1	193,62	193,62
...3	M0053	PLETINA	1	19,9	19,9
..2	C0032	PANTALLA 573905 FED-770 2 03 FESTO	1	1000	1000
.1	C0033	SENSOR PROX. 538269 SIED-M12NBZOSL203	1	20	20
.1	C0029	CILINDRE RODÓ ESNU-8-50-P-A FESTO	1	40	40
.1	C0014	PERFIL ESPONJOS 5MM	4	0,05	0,2
.1	C0027	MOTOR PAP EMMS-ST-28-L-SE FESTO	2	380	760
.1	C0023	CORRETJA CAUTXÚ	1	0,01	0,01
.1	LSW	CARGOL ISO 4762 M3 x 12	20	0,15	3
.1	LSW	CARGOL ISO 4762 M2.5 x 10	8	0,08	0,64
.1	LSW	CARGOL ISO 4014 - M5 x 25	24	0,68	16,32

Fig. 8.2. Llistat de peces 2/3. (Font pròpia)

.1	LSW	VOLANDERA ISO 7089 - 3	20	0,02	0,4
.1	LSW	VOLANDERA ISO 7089 - 5	32	0,06	1,92
.1	LSW	FEMELLA ISO - 4035 - M4 - N	2	0,07	0,14
.1	LSW	FEMELLA ISO 7042-M5	12	0,2	2,4

Fig. 8.3. Llistat de peces 3/3. (Font pròpia)

8.2. Renderitzats de la màquina.



Fig. 8.4. Màquina en perspectiva. (Font pròpia)

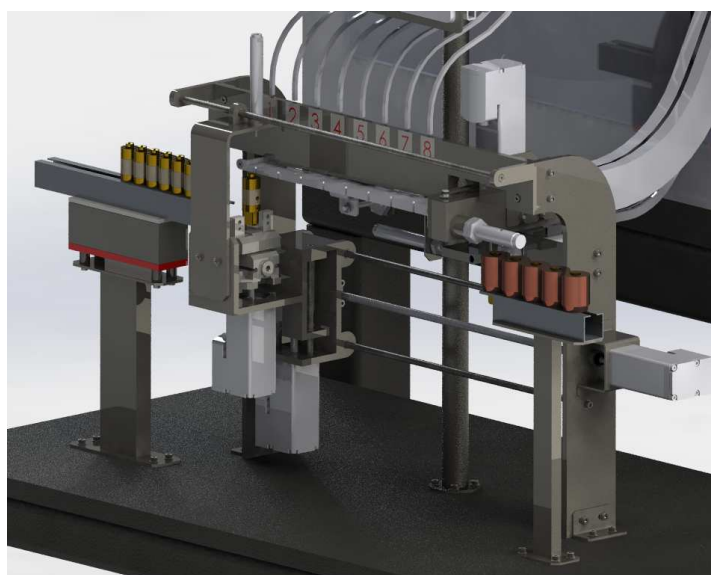


Fig. 8.5. Detall del sistema execució de la màquina. (Font pròpia)

9. Tancament del projecte.

9.1. Desviacions en la planificació.

Comparant la planificació inicial que es va realitzar a l'avantprojecte amb el procediment que s'ha seguit fins al final, cal comentar clares diferències entre el que es va estimar i la realitat. La major diferència es pot trobar en tres punts importants.

El primer es troba en les hores destinades a desenvolupar la solució mecànica, ja que al llarg d'aquesta tasca han aparegut diferents punts del projecte que han dificultat l'avanç normal de la planificació i han fet que les hores augmentessin.

Com a segon punt important, la tasca de programació i desenvolupament de la part elèctrica de la màquina, es va considerar dins de la planificació i és una activitat aliena a les hores desenvolupades en aquest projecte. Ha quedat substituïda per una altre.

I el tercer punt, de la mateixa manera que la tasca anterior, el procés de muntatge i posada en marxa de la màquina, es va considerar com a hores d'aquest projecte i no ho són. I també ha quedat substituïda per una altre

Aquests tres punts han suposat canvis significatius a la planificació i que han afectat també al pressupost. Al final han calgut 680 hores de treball, cosa que suposa 80 hores extres. A continuació es mostren els diagrames de Gantt corresponents a l'avantprojecte i al projecte respectivament.

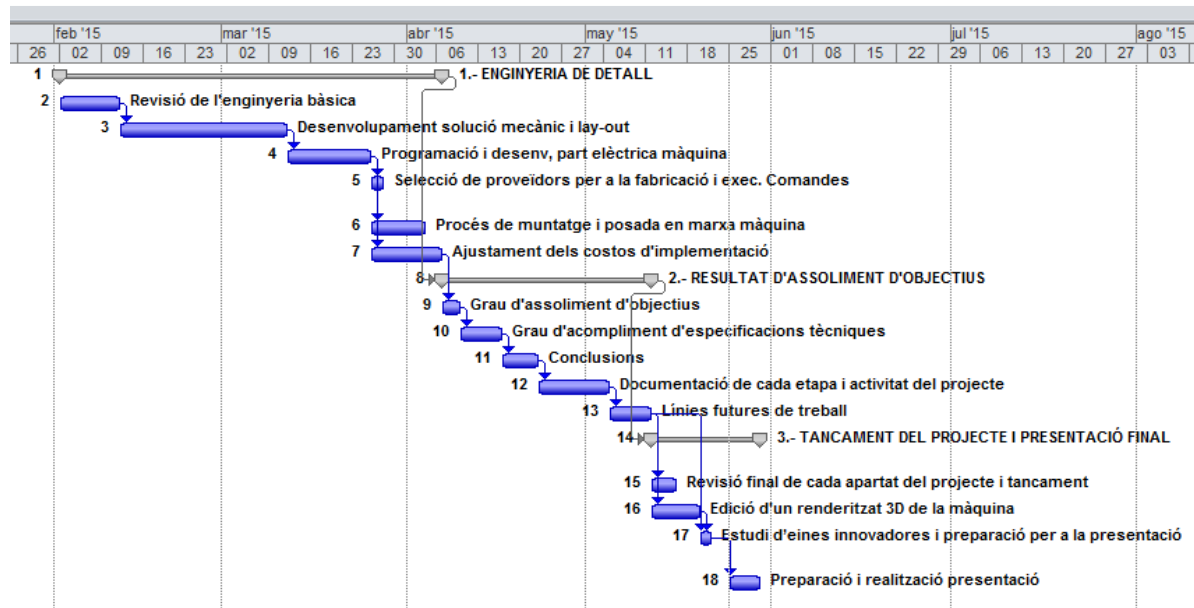


Fig. 9.1. Planificació avantprojecte. (Font pròpia)

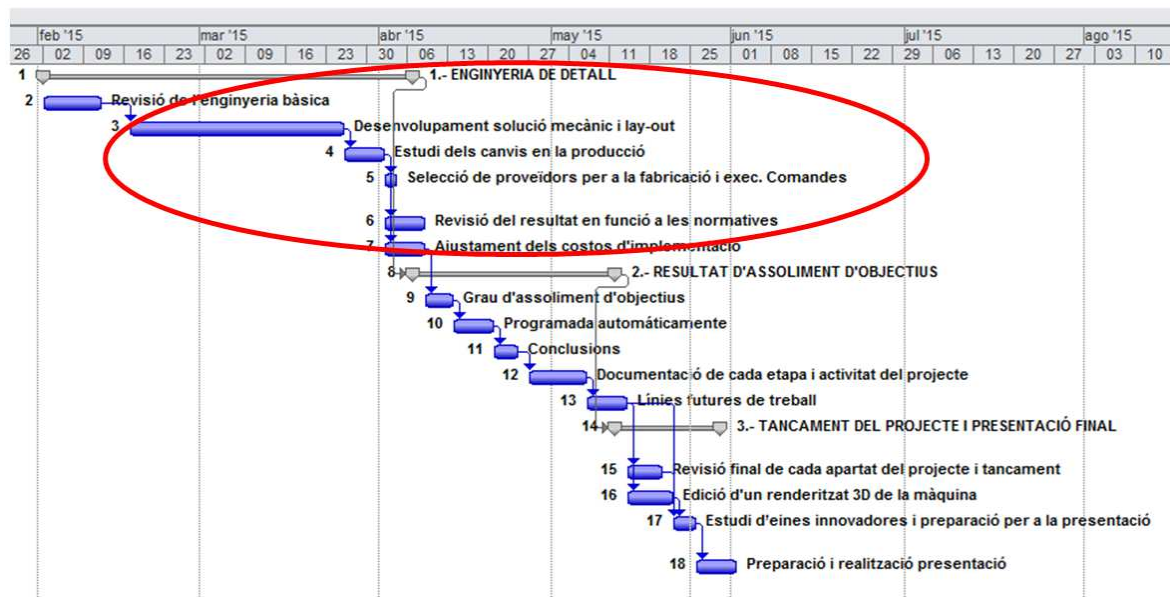


Fig. 9.2. Planificació memòria. (Font pròpia)

9.2. Desviacions en el pressupost.

Les desviacions que han aparegut en el pressupost, en primer lloc han estat degudes a la planificació. A les activitats que s'han allargat i activitats que estaven fora de la planificació d'aquest projecte. Tot això ha afectat de manera important al pressupost.

En segon lloc, el sistema d'alimentació, que en un inici es va considerar comprar les peces de manera individual i fer-se la instal·lació pròpia. Però, a arrel de fer una visita al proveïdor i conèixer la fabricació d'aquests sistemes, s'ha decidit comprar tot el sistema al proveïdor i així evitar futurs problemes. I en tercer lloc i de manera menys significativa, petites desviacions en els preus dels elements utilitzats en el projecte.

El pressupost ha passat d'un inici de 84.471,63 € a 97.979,35 € cosa que suposa una desviació en el pressupost de un 15,9 %.

9.3. Línies futures de treball.

Com a línies futures de treball, es vol mencionar un sèrie de punts que convindria tenir en compte de cara a una millora de la màquina o de funcions alternatives.

El temps total que triga la màquina en fer tot el muntatge és de uns 19 segons aproximadament i en els objectius es va marcar que no es superessin els 15 segons. Per tant un dels punts a treballar és la velocitat dels elements que intervenen en el muntatge. Mencionar que una vegada l'operari s'acostumi a treballar amb la màquina és molt probable que baixi aquest temps.

En el mercat dels cadenats, existeixen multituds d'alternatives, de diferents geometries, amb clau de tub, amb clau plana, i d'altres... Doncs un estudi acurat de la màquina per a que sigui apte per aquestes altres diferents opcions de cadenats seria molt interessant de cara un futur.

9.4. Assoliment objectius.

ID.	ESPECIFICACIÓ TÈCNICA	RESULTAT
1.1	L'equip ha de ser capaç de col·locar totes les peces en la posició correcte amb un marge d'error 0%.	Ho garanteix el proveïdor.
1.2	La posició final del peça ha de ser una posició tal que un braç robòtic o uns actuadors lineals els puguin agafar o empènyer respectivament.	Es soluciona amb un actuator lineal.
2.1	Garantir demandes de 500 pivots per dia amb una alimentació continuada.	Ho garanteix el proveïdor.
3.1	Un cop les peces surtin de les cubes, no han de recórrer una distància superior a 0,5m	Hi ha un parell de casos que es supera en un 15%.
4.1	Augmentar la productivitat de l'empresa en un 50% com a mínim.	Assolit i amb >50%.
4.2	Des de l'inici fins al final de la col·locació dels pivots i camissa no ha de durar més de 15 segons.	Aproximadament 19 segons però amb un estudi acurat
5.1	No sobrepassar una superfície d'ús de 1m2.	0,93 m2.
5.2	La màquina s'ha de poder utilitzar amb l'operari assegut	Assolit.
5.3	L'alçada de manipulació mitja de la màquina ha de ser de 1,5 metres des de el terra.	Assolit.
5.4	La màquina s'ha de poder desplaçar amb facilitat	Assolit en certa manera. La màquina es divideix en dues parts.
5.5	La màquina s'ha de poder utilitzar per dos costats	Assolit.
5.6	Nivell de sonoritat per sota dels 75 dB.	El problema ve dels vibradors i el proveïdor ho garanteix.
5.7	La màquina ha de funcionar amb 230V-50/60HZ.	No hi ha problema de que així sigui.
5.8	Ha de disposar del botó de parada d'emergència.	Ho porta el sistema d'alimentació.
6.1	L'equip ha de complir amb les directives i normes que li siguin aplicables	S'han tingut en compte en el disseny.

Taula 8.1. Taula d'assoliment d'objectius. (Font pròpia)

9.5. Conclusió.

Aquest treball vol demostrar per una banda la capacitat de poder aplicar els coneixements adquirits durant aquests anys invertits en formació, aprofunditzar-los i adquirir-ne de nous, i per una altra la capacitat de respondre davant de nous reptes. Al llarg d'aquest treball, s'ha treballat de forma autònoma amb ajuda de professionals, docents i del tutor.

Cal destacar la importància de realitzar una bona planificació perquè marca tot el procés del projecte, com per exemple tenir ben clar les activitats que hi formen part. El disseny de la màquina s'ha pogut du a terme en part a la experiència laboral com a projectista i l'ajuda de treballadors de "Cierres LYF", per donar orientacions i consells per millorar el projecte.

També s'ha vist com un bon estudi econòmic pot ser una eina amb molt de poder per convèncer sobre la viabilitat d'un projecte. Aquest projecte ha patit desviacions en el pressupost i hores de planificació i encara i així es continua tenint la viabilitat econòmica. I de la mateixa manera que ho és la viabilitat econòmica important, la medi ambiental tampoc s'ha de deixar de banda ni de bon tros i més avui en dia on en aquest aspecte, les lleis són cada vegada més estrictes ja que em de cuidar d'aquest planeta.

Finalment, l'assoliment dels objectius són satisfactoris i el més important, es que s'ha pogut donar solució tècnica mecànica, per poder automatitzar el muntatge de pivots per a cadenats.

10. Referències.

- [1] M. HERNANDEZ. UNIVERSITAS. Servicio de Prevención de Riesgos Laborales Màquinas y equipos de trabajo. Requisitos mínimos de Seguridad màquinas y equipos de Trabajo. <http://www.umh.es/>
- [2] CIERRES LYF. Cierres de Seguridad. <http://www.cierreslyf.com/>
- [3] J. HORRILLO (2.013). Apunts d'Organització de la Producció.
- [4] PABLO A. GENOVESE (2.014). Apunts Validació i Assaig de Màquines. Tema: DFMA.
- [5] TAD. Especialistes en equips vibratoris d'alimentació i posicionament de peces. <http://www.tad.es/index.php>
- [6] R. BUDYNAS (2.012). Diseño en ingeniería mecànica de Shigley (9^a ed.). McGraw-Hill.
- [7] GAES. Sistemas mecánicos. <http://www.grupogaes.com/productos/movimiento-lineal/>
- [8] SNR. Productos y accesorios mecánicos para el movimiento lineal. <http://www.grupogaes.com/productos/movimiento-lineal/>
- [9] ICEX España exportación e Inversiones, es una entidad pública empresarial de ámbito nacional que tiene como misión promover la internacionalización de las empresa españolas. <http://www.icex.es/icex/es/index.html>. (Deseembre 2.015)
- [10] Nota sectorial realitza per ICEX sobre el sector dels cadenats i ferratges (2.010). <http://www.spaintechnology.com/technology/wcm/idc/groups/public/documents/document/mda0/ntm5/~edisp/4539524.pdf>
- [11] Estudi de mercat. El mercat de la ferreteria a Alemanya (2.014). <http://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros->

servicios/informacion-de-mercados/estudios-de-mercados-y-otros-documentos-de-comercio-exterior/DOC2014358070.html

- [12] Informació econòmica del sector dels cadenats i ferratges espanyoles.
<http://www.nuevaferreteria.com/>
- [13] Associació espanyola sense ànim de lucre que assegura als seus associats la màxima eficàcia en la programació dels productes de l'alumini a través del seu reciclat. <http://aluminio.org/>
- [14] INE. Institut nacional d'estadística. Índex de preus industrials (IPRI).
http://www.ine.es/prensa/ipri_prensa.htm (Desembre 2.015).
- [15] Productos CNC. Pàgina web especialitzada en la venda de productes específics per poder fer control de màquines. <http://www.productoscnc.es/hyperpages/servo.htm>
- [16] Posimat. Posicionadors, orientadors, transportadors per aire, tremuges i transportadors.
<http://www.posimat.com>
- [17] A. GARCIA (2.006). Proyecto técnico-económico de diseño de una máquina vibratoria para el acabado de piezas.
- [18] PJ. EDINER (2.006). Diseño y simulación de una máquina automática alimentadora de caolín.

