



Escola Universitària  
Politécnica de Mataró

**Enginyeria tècnica Industrial. Especialitat Electrónica industrial**

**“Automatització d’una envasadora i millora de la seva productivitat”**

**MEMÒRIA DESCRIPTIVA**

**Alumne: Carlos Carrillo Fernández**

**Ponent: Jordi Ayza Graells**

**TARDOR 2010**



## **Resum**

Amb aquest projecte, es pretén millorar l'automatització d'una màquina d'envasar amb sistema vertical, per augmentar la seva productivitat. Posteriorment es realitzarà un estudi per determinar les millores obtingudes.

La primera secció del projecte, estarà centrada en l'estudi analític de les parts a millorar i es proposarà la solució. També es determinaran una sèrie d'especificacions, que s'han de complir per tal d'implementar de manera òptima la solució adoptada.

En la segona secció del projecte es durà a terme la implementació de la solució, efectuant una descripció detallada de totes les parts implicades (hardware i software).

En la darrera secció del projecte es realitzarà una estudi de camp, per tal de comprovar en cada punt de la màquina els resultats obtinguts i es farà la valoració final.



## **Resumen**

Con este proyecto, se pretende mejorar la automatización de una máquina de embasar con sistema vertical, para aumentar su productividad. Posteriormente se realizará un estudio para determinar las mejoras obtenidas

La primera sección del proyecto, estará centrada en el estudio de las partes a mejorar i se propondrá una solución. También se determinarán las especificaciones que se deben cumplir para poder implementar, de manera óptima la solución adoptada.

En la segunda sección del proyecto se llevará a cabo la implementación de la solución, efectuando una descripción detallada de todas las partes implicadas (hardware y software).

En la última sección del proyecto se realizará en estudio de campo, para comprobar en cada punto de la máquina los resultados obtenidos y se hará la valoración final



## **Abstract**

This project aims to improve the automation of a vertical system packing machine in order to increase its productivity. Subsequently a study will be carried out to state the improvements.

The first section of the project concentrates on the analytical study of the parts to be improved and its corresponding solution. Moreover a series of specifications to be met in order to optimally implement the solution will be stated.

In the second section of the project the implementation of the solution takes place. Every involved part (hardware and software) is fully described.

The last part of the project consists of a field study to check the results which have been obtained in every point of the machine as well as a final assessment.





## ÍNDEX DE PÀGINES

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓ</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>2. OBJECTIU DEL PROJECTE</b> .....                                   | <b>3</b>  |
| <b>3. FUNCIONAMENT D'UNA ENVASADORA AMB SISTEMA VERTICAL</b> .....      | <b>5</b>  |
| 3.1 FUNCIÓ PRINCIPAL DE L'EQUIP .....                                   | 5         |
| 3.2 MÒDULS PRINCIPALS DE L'ENVASADORA I FUNCIONAMENT MODULAR .....      | 6         |
| 3.3 FUNCIONAMENT SEQÜENCIAL DETALLAT .....                              | 8         |
| <b>4. LOCALITZACIÓ D'ASPECTES A MILLORAR</b> .....                      | <b>17</b> |
| 4.1. ASPECTES A MILLORAR A NIVELL HARDWARE.....                         | 17        |
| 4.1.1. <i>Temps perdut en el sinfí.</i> .....                           | 18        |
| 4.1.2. <i>Temps de reacció de l'arrossegament</i> .....                 | 19        |
| 4.1.3. <i>Temps de retard del pistó principal</i> .....                 | 20        |
| 4.1.4 <i>Resum dels aspectes a millorar a nivell de hardware.</i> ..... | 21        |
| 4.2. ASPECTES A MILLORAR A NIVELL DE SOFTWARE .....                     | 22        |
| 4.2.1 <i>Solapament de funcions.</i> .....                              | 22        |
| 4.2.2 <i>Ajust dels accionaments</i> .....                              | 23        |
| 4.3 ALTRES INCONVENIENTS NO QUANTIFICABLES .....                        | 24        |
| 4.4 RESUM DELS ASPECTES A MILLORAR I PUNTS D'INCIDÈNCIA.....            | 25        |
| <b>5. ELECCIÓ DE LA SOLUCIÓ</b> .....                                   | <b>27</b> |
| <b>6. ESPECIFICACIONS</b> .....   | <b>29</b> |
| 6.1. MOVIMENT DE LA LLEVA DE LES MORDACES .....                         | 30        |
| 6.2. MOVIMENT DE L'ARROSSEGAMENT .....                                  | 30        |
| 6.3. MOVIMENT DEL SINFI .....   | 31        |
| 6.4. INTERFÍCIE HMI.....  | 31        |
| 6.5. AUTÒMAT.....   | 32        |
| <b>7. ELECCIÓ DELS DISPOSITIUS</b> .....                                | <b>33</b> |
| 7.1 DISPOSITIUS .....   | 33        |
| 7.1.1. <i>Moviment de la lleva de les mordaces.</i> .....               | 33        |
| 7.1.2. <i>Moviment de l'arrossegament</i> .....                         | 34        |

|  |           |
|--|-----------|
| 7.1.3. <i>Moviment del sinfí</i> .....                           | 36        |
| 7.1.4. <i>Interfície HMI</i> .....                               | 37        |
| 7.1.5. <i>Control (PLC)</i> .....                                | 38        |
| 7.2 COMUNICACIONS .....  | 38        |
| 7.3 SOFTWARE .....   | 41        |
| 7.3.1 <i>Programació dels drivers</i> .....                      | 41        |
| 7.3.2 <i>Disseny de la interfície HMI</i> .....                  | 42        |
| 7.3.3 <i>Programació del PLC</i> .....                           | 42        |
| 7.3.4 <i>Altres eines</i> .....                                  | 43        |
| <b>8. IMPLEMENTACIÓ DE LA SOLUCIÓ</b> .....                      | <b>45</b> |
| 8.1 ENTRADES I SORTIDES .....                                    | 46        |
| 8.2 PROGRAMA DE L' AUTÒMAT .....                                 | 48        |
| 8.2.1 <i>Tasca cíclica 0 (INICIAL (00))</i> .....                | 48        |
| 8.2.2 <i>Tasca cíclica 1 (PRINCIPAL (01))</i> .....              | 49        |
| 8.2.3 <i>Tasca cíclica 2 (ALARMAS (02))</i> .....                | 53        |
| 8.2.4 <i>Subrutina de test (INT (00))</i> .....                  | 54        |
| 8.3. PROGRAMA DELS CONTROLADORS DELS MOTORS (DRIVERS) .....      | 54        |
| 8.3.1 <i>Programa “Arrastre”</i> .....                           | 54        |
| 8.3.3 <i>Programa “Mordazas”</i> .....                           | 55        |
| 8.3.4 <i>Programa “Seguridad_Mordazas”</i> .....                 | 55        |
| 8.3.5 <i>Programa “Sinfín”</i> .....                             | 55        |
| 8.4. PROGRAMA DE LA PANTALLA .....                               | 56        |
| 8.4.1 <i>Presentació</i> .....                                   | 56        |
| 8.4.2 <i>Pantalla principal</i> .....                            | 57        |
| 8.4.3 <i>Pantalla de configuració</i> .....                      | 58        |
| 8.4.4 <i>Pantalla ajustos</i> .....                              | 58        |
| 8.4.5 <i>Pantalla de test</i> .....                              | 65        |
| 8.4.6 <i>Receptes</i> .....                                      | 66        |
| 8.4.7 <i>Alarmes</i> .....                                       | 68        |
| <b>9. RESULTATS</b> .....  | <b>71</b> |
| 9.1 ESTUDI DEL TEMPS GUANYATS EN ELS DIFERENTS ACCIONAMENTS..... | 72        |
| 9.1.1 <i>Estudi del temps guanyat en el sinfí</i> .....          | 72        |

|  |           |
|--|-----------|
| 9.1.2 <i>Estudi del temps guanyat en l'arrossegament</i> ..... | 73        |
| 9.1.3 <i>Estudi del temps guanyat en les mordaces</i> .....    | 74        |
| 9.2 MILLORES EN EL SOFTWARE .....                              | 75        |
| 9.2.1 <i>Solapament de funcions</i> .....                      | 75        |
| 9.2.2 <i>Ajust d'accionaments</i> .....                        | 76        |
| 9.3 ESTUDI DELS INCONVENIENTS NO QUANTIFICABLES .....          | 76        |
| 9.3.1 <i>Retard en l'intercanvi d'instruccions</i> .....       | 76        |
| 9.3.2 <i>Relació velocitat/parell</i> .....                    | 79        |
| 9.4 ESTUDI DEL DIMENSIONAMENT DELS DISPOSITIUS .....           | 82        |
| <b>10. COSTOS</b> .....  | <b>85</b> |
| <b>11. CONCLUSIONS</b> .....                                   | <b>87</b> |
| <b>12. BIBLIOGRAFIA</b> .....                                  | <b>89</b> |
| <b>13. ANNEXES</b> .....                                       | <b>91</b> |
| ANNEX I  |           |
| ANNEX II   |           |
| ANNEX III  |           |
| ANNEX IV   |           |

## ÍNDIX DE FIGURES

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3. FUNCIONAMENT D'UNA ENVASADORA AMB SISTEMA VERTICAL.....</b>           | <b>5</b>  |
| FIGURA 3.1 A L'ESQUERRA FARINA I A LA DRETA CAFÈ SOLUBLE.....               | 5         |
| FIGURA 3.2 EXEMPLE DE BOBINA DE MATERIAL TERMOSELLABLE .....                | 6         |
| FIGURA 3.4 EL FORMAT DOYBAG ES EL MES DEMANDAT .....                        | 6         |
| FIGURA 3.5 IMATGE MODULAR DE LA MÀQUINA D'ENVASAR .....                     | 7         |
| FIGURA 3.6 FUNCIONAMENT SEQÜENCIAL D'UNA MÀQUINA D'ENVASAR.....             | 8         |
| FIGURA 3.7 VISTA GENERAL DE L'ARROSSEGAMENT I EL DESBOBINADOR .....         | 9         |
| FIGURA 3.8 DETALL DEL SISTEMA DE COMPENSACIÓ .....                          | 9         |
| FIGURA 3.9 DETALL DE LA FORMACIÓ DEL FILM .....                             | 10        |
| FIGURA 3.10 VISTA POSTERIOR DEL SISTEMA DE CADENES .....                    | 10        |
| FIGURA 3.11 IMATGE DE LA IMPLEMENTACIÓ REAL DE “L'ENCODER LONGITUD BOSSA” . | 11        |
| FIGURA 3.12 DETALL DEL FUNCIONAMENT DEL SISTEMA DE LA LLEVA MORDACES .....  | 12        |
| FIGURA 3.13 VISTA COMPLETA DEL SISTEMA DE MORDAÇA I SOLDADOR VERTICAL.....  | 12        |
| FIGURA 3.14 DETALL DEL MOLL I EL DETECTOR DE SEGURETAT MORDACES.....        | 13        |
| FIGURA 3.15 DETALL DE LA SOLDADURA HORITZONTAL .....                        | 13        |
| FIGURA 3.16 SEQÜÈNCIA DEL FUNCIONAMENT DE LA FULLA DE TALL.....             | 14        |
| FIGURA 3.17 DOSIFICADOR SINFI.....  | 15        |
| <b>4. LOCALITZACIÓ D'ASPECTES A MILLORAR .....</b>                          | <b>17</b> |
| FIGURA 4.1. GRÀFIC DE COMPORTAMENT DEL VARIADOR.....                        | 18        |
| FIGURA 4.2. GRÀFIC DE COMPORTAMENT DEL VARIADOR.....                        | 19        |
| FIGURA 4.3. GRÀFIC/RESUM DELS ASPECTES A MILLOR EN EL HARDWARE .....        | 21        |
| FIGURA 4.4. GRAFCET PRINCIPAL DEL PROGRAMA DE LA MÀQUINA.....               | 22        |
| <b>7. ELECCIÓ DELS DISPOSITIUS.....</b>                                     | <b>33</b> |
| FIGURA 7.1. COMPARATIVA FÍSICA DE LES INTERFÍCIES HMI .....                 | 37        |
| FIGURA 7.2 ESQUEMA DE XARXES DE COMUNICACIÓ I CABLEJAT PRINCIPAL.....       | 40        |
| FIGURA 7.3 PANTALLA DE PRESENTACIÓ DEL PAQUET DE PROGRAMACIÓ DE OMRON.....  | 41        |
| FIGURA 7.4 PANTALLA DE PRESENTACIÓ DEL PAQUET DE PROGRAMACIÓ DELS DRIVERS.. | 41        |
| FIGURA 7.6 PANTALLA DE PRESENTACIÓ DEL PAQUET DE PROGRAMACIÓ DE L' AUTÒMAT  | 42        |
| FIGURA 7.7 PANTALLA DE PRESENTACIÓ DEL PAQUET DE MONITORITZACIÓ .....       | 43        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>8. IMPLEMENTACIÓ DE LA SOLUCIÓ</b> .....                            | <b>45</b> |
| FIGURA 8.1. ICONES GENERALS .....                                      | 56        |
| FIGURA 8.2. PANTALLA DE PRESENTACIÓ.....                               | 56        |
| FIGURA 8.3. PANTALLA PRINCIPAL.....                                    | 57        |
| FIGURA 8.4. PANTALLA DE CONFIGURACIÓ .....                             | 58        |
| FIGURA 8.5. PANTALLA D'AJUSTOS .....                                   | 59        |
| FIGURA 8.6 PANTALLA D'AJUSTOS DE LA CINTA DE SORTIDA .....             | 59        |
| FIGURA 8.7. PANTALLA D'AJUSTOS DE LA CORRECCIÓ DE LA BOBINA.....       | 60        |
| FIGURA 8.8. PANTALLA D'AJUST DE LES TEMPERATURES .....                 | 61        |
| FIGURA 8.9. PANTALLA D'AJUST DE LA LLEVA DE LES MORDACES .....         | 61        |
| FIGURA 8.10. PANTALLA D'AJUST DE L'ARROSSEGAMENT .....                 | 62        |
| FIGURA 8.11. PANTALLA D'AJUST DEL DOSIFICADOR .....                    | 63        |
| FIGURA 8.12. PANTALLA D'AJUST DE VELOCITAT DE LA MÀQUINA .....         | 64        |
| FIGURA 8.13. PANTALLA D'AJUST D'OBERTURA DE LES MORDACES.....          | 65        |
| FIGURA 8.14. SEQÜÈNCIA DE NAVEGACIÓ PER LES PANTALLES DE TEST.....     | 66        |
| FIGURA 8.15. PANTALLA DE RECEPTES.....                                 | 67        |
| FIGURA 8.16. PANTALLA DE REGLATGES.....                                | 68        |
| FIGURA 8.17. PANTALLA D'HISTÒRIC D'ALARMES.....                        | 68        |
| FIGURA 8.18. PANTALLA D'ALARMA ACTUAL .....                            | 69        |
| FIGURA 8.19. ESQUEMA DE NAVEGACIÓ PER LES PANTALLES.....               | 70        |
| <b>9. RESULTATS</b> .....  | <b>71</b> |
| FIGURA 9.1. TEMPS DE CICLE .....                                       | 71        |
| FIGURA 9.2 TEMPS D'ACCELERACIÓ I DESCELERACIÓ DEL SINFI.....           | 72        |
| FIGURA 9.3 TEMPS D'ACCELERACIÓ I DESCELERACIÓ DE L'ARROSSEGAMENT ..... | 73        |
| FIGURA 9.4 CICLE TOTAL DE LES MORDACES .....                           | 74        |
| FIGURA 9.5 TEMPS DE TANCAR I OBRIR MORDACES.....                       | 75        |
| FIGURA 9.6 GRÀFICA DE LA SINCRONITZACIÓ DE DIPOSITIUS .....            | 76        |
| FIGURA 9.7 RETARD EN L'ORDRE DE MARXA DEL SINFI.....                   | 77        |
| FIGURA 9.8 RETARD EN L'ORDRE DE MARXA DEL SINFI.....                   | 78        |
| FIGURA 9.9 RETARD EN L'ORDRE DE MARXA DE LES MORDACES.....             | 79        |
| FIGURA 9.10 RELACIÓ VELOCITAT/PARELL EN EL SINFI.....                  | 80        |
| FIGURA 9.11 RELACIÓ VELOCITAT/PARELL EN L'ARROSSEGAMENT .....          | 80        |

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 9.12 RELACIÓ VELOCITAT/PARELL EN LES MORDACES .....     | 81 |
| FIGURA 9.13 MONITORITZACIÓ DEL PARELL EN EL SINFI .....        | 82 |
| FIGURA 9.14 MONITORITZACIÓ DEL PARELL EN L'ARROSSEGAMENT ..... | 83 |
| FIGURA 9.15 MONITORITZACIÓ DEL PARELL EN LES MORDACES .....    | 83 |

## 1. INTRODUCCIÓ

El món de les màquines d'envasar es molt ampli i es compon d'una gran quantitat de sectors i subsectors. La nostra empresa, es troba dintre del sector de l'envasament de productes en bosses, fabricades a partir de material termosellable. Aquest sector es divideix principalment en dos grans grups, definits pel sistema que utilitzen per a l'envasat del producte. Les màquines d'envasat vertical i d'envasat horitzontal. Les màquines reben aquests noms degut al sentit en que es desplaça el material termosellable (film) durant la confecció de l'envàs.

En el cas de les **màquines verticals**, el material termosellable (film) està enrotllat en una bobina, a partir de la qual se li dona forma, s'omple i finalment es tanca per dalt i per baix mitjançant un procés de termosellat.

El material termosellable es força flexible i es conduit, mitjançant rodets, fins al formador. Posteriorment surt del formador, guiat i formant un tub continu al voltant de la boca de dosificació, on s'ha de sellar longitudinalment. El tub de film ja format, s'arrossega mitjançant les corretges d'arrossegament fins arribar a les mordaces horitzontals, on s'acaba de sellar i tallar. En el moment que les mordaces estan tancades es produeix la dosificació de producte. Un cop acabada la dosificació, les corretges tornen a arrossegar per a realitzar el següent cicle.

Aquests equips només poden produir una bossa en cada cicle, però es poden trobar màquines amb capacitat per dosificar grans quantitats de producte (fins a 20 o 30 Kilograms). En aquest tipus de maquinaria se solen produir bosses de capacitat mitja (entre 100 i 500g) i alguns fabricants, han aconseguit produir a un ritme de fins a 90 cicles per minut.

A les **màquines horitzontals**, el film es desplaça de manera horitzontal i també s'alimenta des d'una bobina, a partir de la qual se li dona forma, s'omple i finalment es tanca per dalt i si cal, per baix.

Les màquines horitzontals son capaces de produir fins a quatre bosses per cicle (quàdruplex) i poden rendir a velocitats força elevades (fins a 120 cicles per minut) . Per contra, en aquest tipus de maquinaria se solen produir grans quantitats de bosses però amb

poc producte (des de uns pocs grams fins a 500 g, reduint molt la velocitat de la màquina i sent aquesta de tipus simple).

Els equips per a envasament horitzontal son, en general, molt mes complexes de fabricar i mes costosos que els equips que utilitzen el sistema vertical. Totes aquestes particularitats fan que el sector estigui fraccionat i diferenciat. En funció del ritme de producció, el pressupost i la quantitat de producte que es vulgui envasar es tendirà cap a un tipus de maquinària o cap a l'altre.

Es per tot això pel que es difícil trobar una empresa que es dediqui als dos tipus de maquinària i mes difícil encara que o faci amb èxit. En el nostre cas, ens movem al sector de les màquines d'envasar verticals, on estan començant a sorgir equips amb uns rendiments força elevats.

Actualment la nostra empresa conta amb una producció de varis models de maquinaria amb sistema d'envasament vertical que son capaces de produir a ritmes de 25 a 40 cicles per minut (per a paquets d'uns 100 gr).

En vista del desenvolupament que s'està fent en el sector, la direcció, ens proposa al departament d'enginyeria elèctrica el repte de millorar la productivitat de les màquines d'envasar, modificant els dispositius d'accionament que estan implementats actualment.

Poques vegades es te la oportunitat de desenvolupar projectes nous. Aquesta oportunitat ens suposa una motivació excepcional i ens mou a posar-nos de seguida a proposar idees per millorar aquesta productivitat, des de el punt de vista elèctric i de software.

En el meu cas personal, la relació directa entre el projecte professional i els meus estudis d'enginyeria tècnica electrònica, fa que aquest sigui un treball idoni per presentar com a projecte final de carrera.



## 2. OBJECTIU DEL PROJECTE

Per tal de treure tot el suc possible al projecte, no només es realitzarà un treball de documentació tècnica, també es realitzarà un estudi rigorós de tots els aspectes que estiguin implicats en la millora de la productivitat. Per tant, els objectius principals del projecte seran:

- Automatitzar el funcionament d'una màquina amb sistema d'envasat vertical afegint una sèrie de modificacions per tal de fer-la més competitiva a nivell productiu, de manteniment i d'ajust.
- Fer un estudi comparatiu, de la tecnologia antiga amb la nova modificació (ja funcionant), extreure'n les conclusions i determinar si es rendible.

L'experiència dels darrers anys en el sector, determina a grans trets, quins son els punts a millorar per assolir aquest objectiu:

- La interfície d'ajust dels diferents punts de la màquina es complexa i poc versàtil.
- La precisió i repetitivitat en alguns dels moviments crítics no es la desitjada i fa que no es tregui tot el partit possible a la mecànica.
- Optimitzar el programa de control, solapant algunes fases del procés.

#### 4 *Objectiu del projecte*

### 3. FUNCIONAMENT D'UNA ENVASADORA AMB SISTEMA VERTICAL

La descripció del funcionament d'una equip mecànic es pot abordar des de vàries perspectives. En funció de per a qui va adreçat el document, es pot encarar des de la perspectiva del client, de l'operari, de manteniment, etc... En aquest cas, s'intenta donar una perspectiva global, per tal de donar una idea general abans d'abordar la part més específica del projecte.

#### 3.1 Funció principal de l'equip

A grans trets, una envasadora vertical rep com a entrades, la matèria prima que es vol envasar i el film de material termosellable que formarà el paquet final. Com a sortida obtenim el paquet format amb la quantitat exacte de producte.

La matèria prima que es vol envasar, pot ser des de farina, blat i tota classe de fruits secs, fins a caramels, olives, etc... Gairebé qualsevol producte es pot envasar automàticament i en funció del tipus de producte que es vulgui envasar, es farà servir un tipus de dosificador o un altre. L'objectiu d'aquest projecte es envasar productes en pols, per tant es farà servir un dosificador sinfí.

La figura 2.1, mostra exemples de productes que es poden envasar amb una envasadora que utilitza sistema vertical i dosificador sinfí.



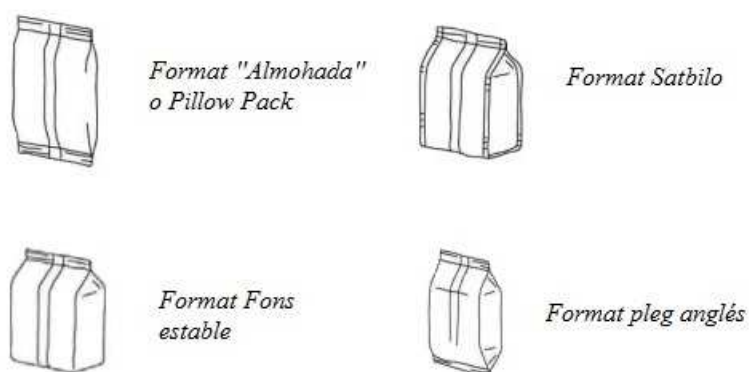
*Figura 3.1 A l'esquerra farina i a la dreta cafè soluble*

El film de material termosellable ve en format de bobina i l'envasadora l'ha de desenrotllar, de manera que arribi al formador sense interrupció i sense variacions en la tensió.

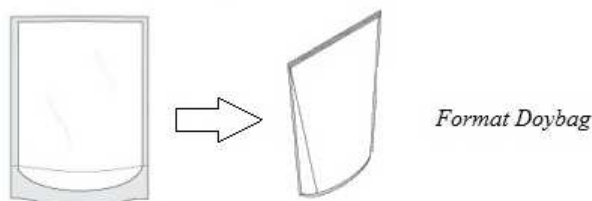


*Figura 3.2 Exemple de bobina de material termosellable*

El paquet, omplert amb la quantitat de producte necessària pot tenir varis formats. La nostra empresa realitza equips capaços de generar els següents formats:



*Figura 3.3 Formats que s'han implementat fins al moment*



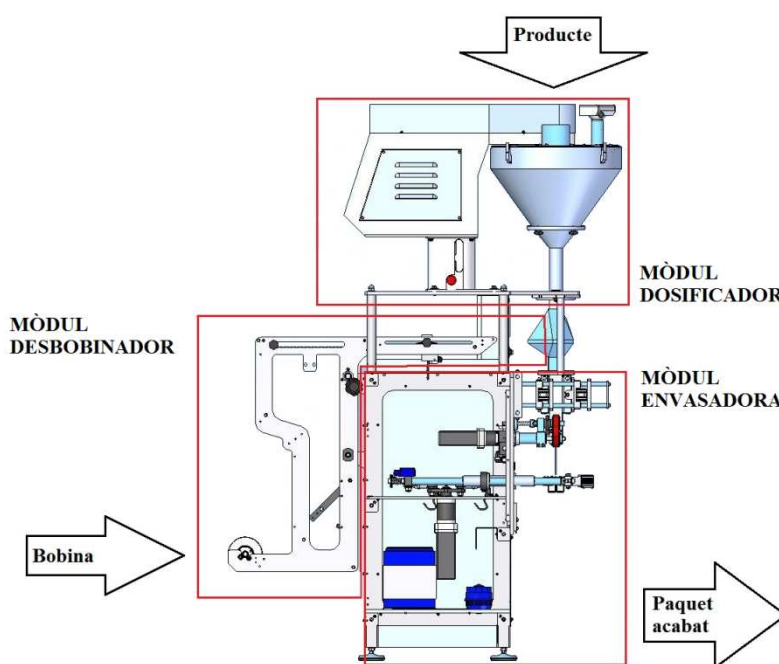
*Figura 3.4 El format Doybag es el mes demandat*

Aquest projecte, fa referència a una envasadora destinada a un els clients mes importants amb els que conta l'empresa i estarà preparada per al format Pillow Pack.

### **3.2 Mòduls principals de l'envasadora i funcionament modular**

La envasadora es pot dividir en tres mòduls. Aquests tres mòduls tenen funcionaments gairebé independents, ja que únicament estan comunicats per tres variables de control que els fan interactuar.

- El **mòdul desbobinador**, que s'encarrega de desenrotllar la bobina de film i condicionar-la per a entrar al mòdul d'envasat.
- El **mòdul d'envasar** es la part principal de la màquina i on es troba el quadre de control. Es aquí on es dona forma i s'omple el paquet.
- El **mòdul dosificador**, que s'encarrega del control de la dosi necessària a envasar i la fa caure dintre del paquet format dins del mòdul d'envasat.



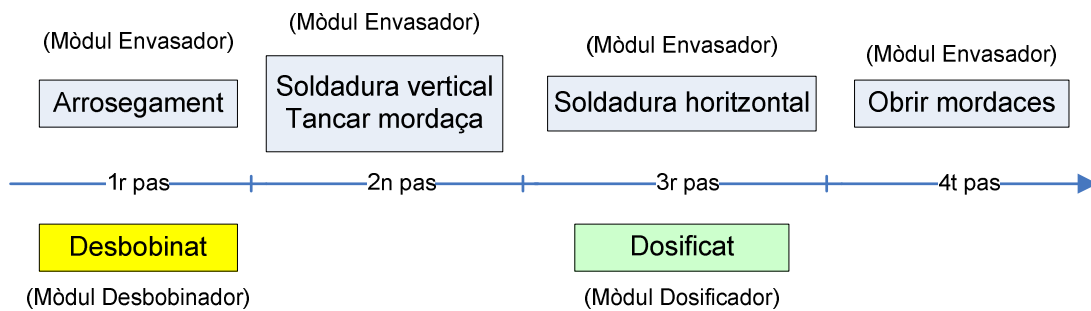
*Figura 3.5 Imatge modular de la màquina d'envasar*

Quan el mòdul d'envasar comença a arrossegar el film termosellable, s'activa una variable anomenada "longitud de bossa". Aquesta variable s'incrementa a través d'un encoder equipat amb una rodeta, col·locat a l'entrada de film. Quant la variable ha arribat a la longitud de bossa predeterminada, s'atura l'arrossegament i deixa que el mòdul d'envasar continuï amb la tasca següent.

Quan al mòdul d'envasar, hi ha la longitud predeterminada i el paquet format, aquest està llest per a rebre una descàrrega de producte i envia una senyal de "petició de descàrrega" al dosificador. El dosificador fa la descàrrega de producte i quan ha acabat dona una senyal de "fi de descàrrega" al mòdul d'envasar per a que finalitzi el procés.

### 3.3 Funcionament seqüencial detallat

Un cop exposades les parts que componen la màquina, es pot aprofundir en el seu funcionament de forma més detallada. Per tal de fer més entenedor el procés d'envasar, s'ha dissenyat una línia cronològica, que indica quines tasques es desenvolupen en un cicle de la màquina i a quina part de la màquina es realitzen (mòdul desbobinador, d'envasar o dosificador).



*Figura 3.6 Funcionament seqüencial d'una màquina d'envasar*

Com es pot observar, el cicle total queda repartit en quatre passes. Les accions que es desenvolupen en cada una d'aquestes passes, comencen i acaben dintre de la mateixa passa per tant queden totalment definides. Un cop assimilats aquests quatre passos i explicats els tres mòduls que componen la màquina, es pot abordar el funcionament de l'equip d'una manera més específica i esquemàtica.

#### 1er pas. Arrossegament i desbobinat

Al mòdul desbobinador es troba la bobina de film de material termosellable. Aquesta bobina tibada per les corretges d'arrossegament, es desenrotlla a través d'una sèrie de rodets.

Mitjançant els detectors inductius de “paro film” i “avanç film” i el pistó pneumàtic de “frenada de film” es controla el braç de compensació, que manté la tensió constant del film a l'entrada del conformador.

Quan el detector inductiu superior detecta el braç, allibera el fre de la bobina i el braç compensador comença a caure per gravetat, arrossegant bobina. En el moment que el braç arriba al detector inferior es bloqueja la bobina i la màquina s'alimenta de la bobina

alliberada pel compensador, fins que aquest torna a pujar. Aquest procés es va repetint contínuament i es independent de la resta dels accionaments de la màquina.

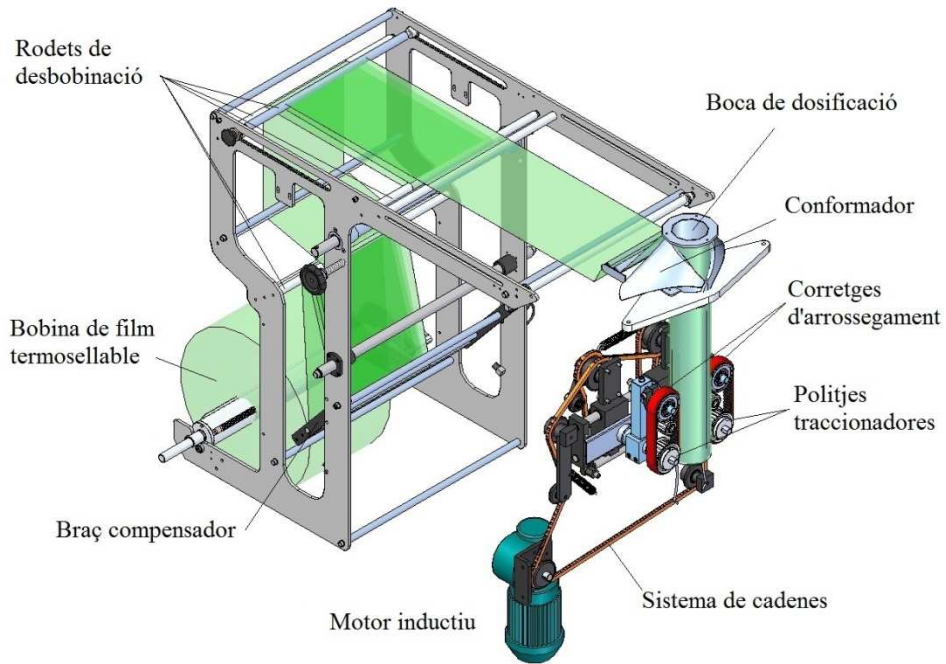


Figura 3.7 Vista general de l'arrossegament i el desbobinador

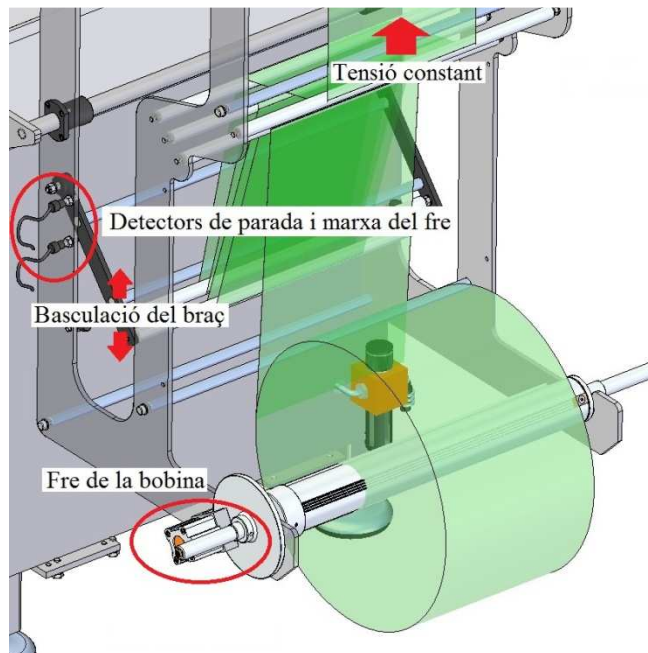


Figura 3.8 Detall del sistema de compensació

El conformador s'encarrega de guiar el film, de manera que quedi encaixat a la boca de dosificació i agafi la forma cilíndrica necessària del paquet.



Figura 3.9 Detall de la formació del film

Al mòdul d'envasar, a sota del conformador, es troba l'arrossegament del film. Aquest arrossegament es realitza mitjançant unes corretges. Les corretges són traccionades a través de dos sistemes simètrics de tres politges, on només hi ha una politja traccionadora i dos que tenen l'objectiu de guiar la corretja. Aquesta tracció es realitza amb un sistema de cadenes, unit a un motor inductiu controlat per un variador de freqüència.

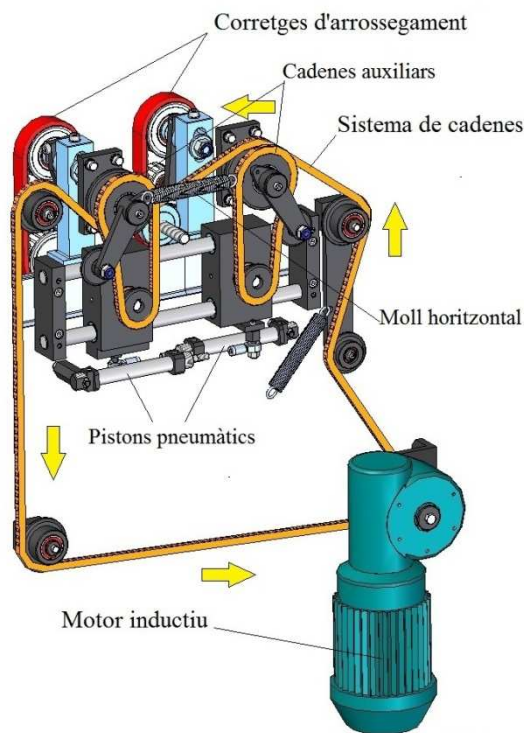


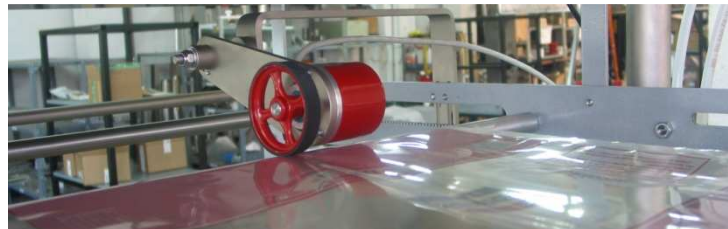
Figura 3.10 Vista posterior del sistema de cadenes



En la figura 3.10 es pot observar la direcció que segueix la cadena d'accionament. Els dos pistons pneumàtics que es veuen a la part inferior del sistema, s'encarreguen de separar i apropar el grup de les corretges cap al tub del formador. Quan els pistons estan accionats, les corretges estan tocant amb el film i arrosseguen el film cap a baix.

També es poden observar dos cadenes mes curtes. Aquestes son les cadenes auxiliars i son les que traccionen directament sobre la politja traccionadora. El moll horitzontal, situat entre els dos grups de politges, s'encarrega de que el film rebi la pressió justa per a ser arrossegat.

Mitjançant "l'encoder de longitud de bossa" es realitza el control de l'arrossegament de les corretges. D'aquesta manera s'obté la longitud de bossa desitjada.



*Figura 3.11 Imatge de la implementació real de "l'encoder de longitud de bossa"*

Hi ha casos en que la bossa està serigrafia amb el logotip de l'empresa i d'altres coses. En aquests casos, l'arrossegament es finalitza mitjançant una fotocèl·lula, que detecta una marca dibuixada al film. Aquesta marca s'anomena, comunament, Màcula.

## **2on pas. Tancament de mordaces i soldadura vertical**

Un cop tenim el paper al seu lloc, es pot procedir al sellat. Un cop que les corretges han arrossegat la longitud correcte de film, les mordaces comencen a tancar-se i entra el soldador vertical.

Les mordaces es mouen mitjançant una lleva mecànica, accionada per un pistó pneumàtic. La lleva junt amb les ròtules, fan que es pugui regular la pressió de tancament de les mordaces.

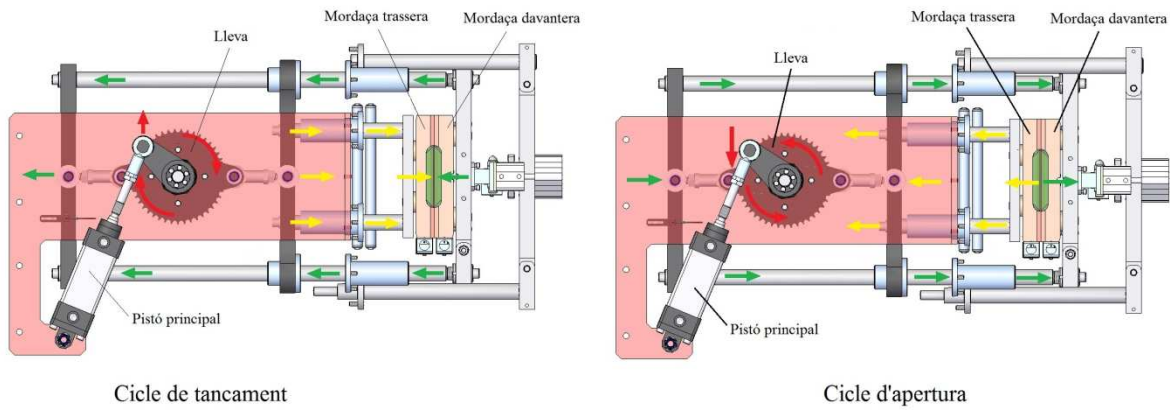


Figura 3.12 Detall del funcionament del sistema de la lleva de les mordaces

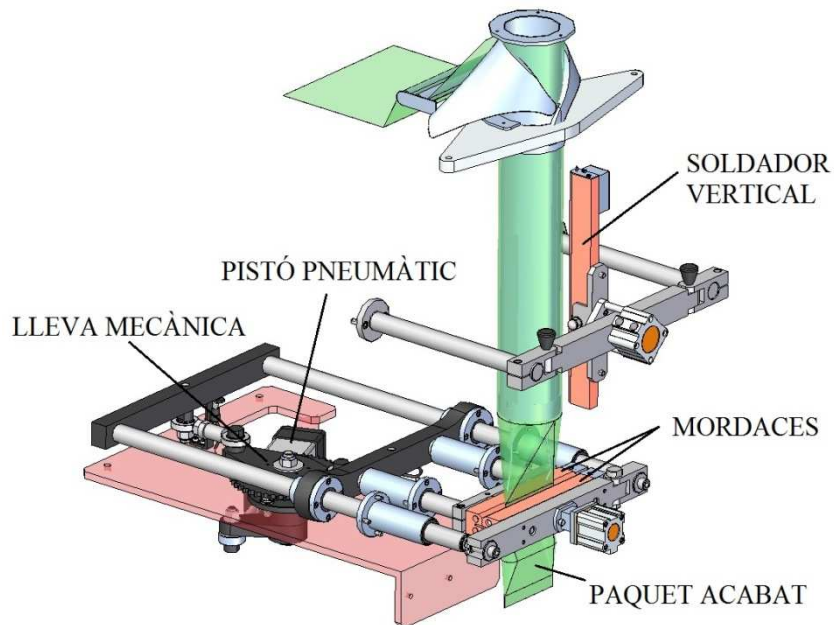
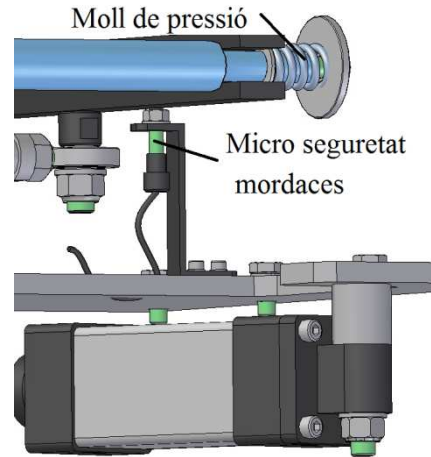


Figura 3.13 Vista completa del sistema de mordança i soldador vertical

Amb el moll de pressió s'aconsegueix que les mordaces tanquin correctament i facin la pressió correcta per soldar. Aquest moll de pressió ens proporciona també un plus de seguretat, ja que està calculat de manera que les mordaces no puguin xafar la mà, en cas d'atrapament. A la vegada, un detector inductiu s'encarrega de detectar l'anomalia i activar l'alarma corresponent.

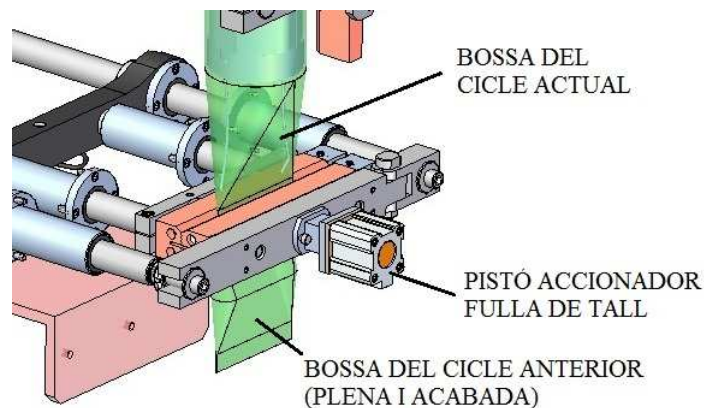


*Figura 3.14 Detall del moll i el detector de seguretat mordaces*

A la mateixa vegada que es tanquen les mordaces, entra en acció un pistó pneumàtic que fa avançar el soldador vertical. Aquest soldador consta d'una resistència de 500w a 60v controlada per un termopar mitjançant un PID i s'encarrega de sellar el paquet verticalment.

Ara el film que al principi era de forma plana a agafat forma cilíndrica i continua i queda llest per poder ser omplert i sellat.

### **3r pas. Soldadura horitzontal**

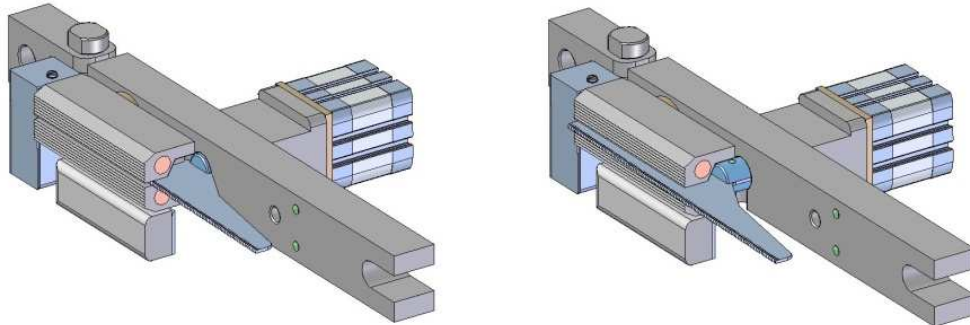


*Figura 3.15 Detall de la soldadura horitzontal*

Les mordaces contenen amb dos soldadors, també de 500w. Al juntar-se les mordaces, aquests soldadors s'encarreguen de fer el sellat horitzontal. D'aquesta manera la bossa

queda sellada per sota i la del cicle que està finalitzant, queda definitivament sellada per dalt.

El soldador de la mordaga davantera te una ranura longitudinal. A través d'aquesta ranura entra la fulla de tall, accionada per un pistó pneumàtic. La fulla talla la bossa pel mig de la soldadura horitzontal i així es separa la bossa anterior de la següent.

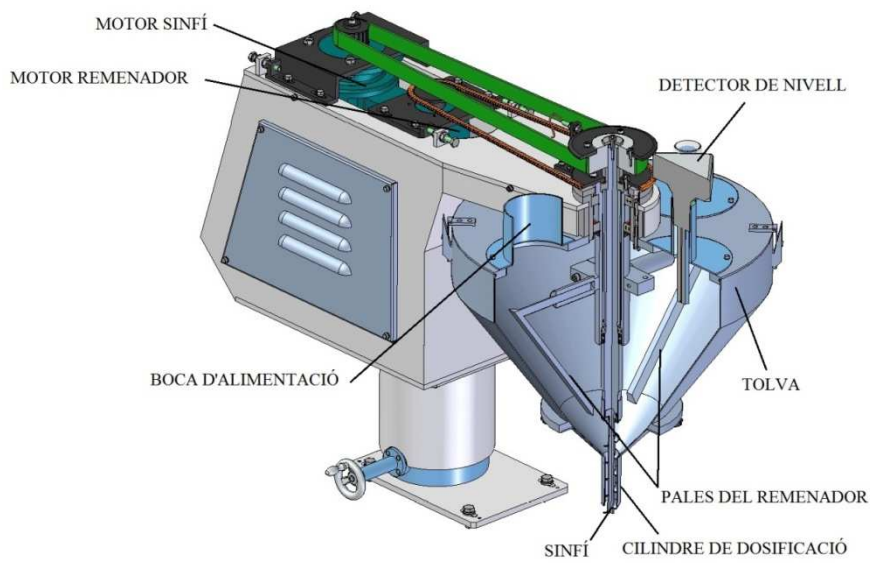


*Figura 3.16 Seqüència del funcionament de la fulla de tall*

En el moment en que les mordaces son tancades, s'acciona un dels processos mes crítics del cicle, el dosificat. Quan el PLC rep la senyal de que les mordaces estan tancades, aquest dona la senyal de dosificat al sinfí.

El dosificador sinfí consta d'una tolba, un remenador, un detector de nivell i un sinfí encastat en un cilindre.

- El remenador s'encarrega de moure les pales per remenar el producte, de manera que aquest no es compacti i sigui complicat de dosificar. Del moviment del remenador s'encarrega un motor inductiu.
- El detector de nivell s'encarrega de que la tolba es mantingui amb el nivell just de producte, de manera que a l'entrada del sinfí i hagi sempre el mateix pes.
- El tub de dosificació arriba fins al final de la boca de dosificació. Dintre del tub de dosificació es troba el sinfí. El sinfí es accionat per un motor inductiu controlat per un variador de freqüència. Des de la pantalla tàctil, se li consignen un número de voltes, que equival a un pes concret i el sinfí les repeteix cada cop que el PLC envia la senyal de “descàrrega”.



*Figura 3.17 Dosificador Sinfí*

El producte cau dins la bossa, que ja està tancada per sota i finalment el dosificador envia la senyal de “fi de descàrrega” al PLC per a que la màquina continuï amb el procés següent.

#### **4rt pas. Obertura de mordaces**

Finalment s'obren les mordaces i cau la bossa finalitzada. Quant les mordaces estan totalment obertes es comença de nou el cicle.



## 4. LOCALITZACIÓ D'ASPECTES A MILLORAR

Per tal de millorar el rendiment de la màquina, primer s'han de definir els punts on es creu que la màquina no treballa d'una manera òptima. Hi ha parts de la màquina on la millora no es qüestió elèctrica o de software, ja que les limitacions mecàniques son mes restrictives.

En aquest apartat, s'exposen i s'analitzen les parts on es creu que pot haver una millora per treure un millor rendiment a la màquina. Finalment, es planteja el punt exacte on es creu que s'ha d'incidir, per a obtenir la millora plantejada. L'apartat es divideix en tres parts:

- Aspectes a millorar a nivell de Hardware.
- Aspectes a millorar a nivellde software.
- Altres inconvenients no quantificables.

### 4.1. Aspectes a millorar a nivell Hardware

Un dels grans inconvenients del hardware que tenim implementat actualment, son les transicions entre les etapes de la seqüència principal. Com que totes les senyals d'aturada i marxa es realitzen a través d'entrades i sortides digitals que actuen sobre dispositius físics, es inevitable patir els retards típics de refresc del PLC, les rampes i retards de reacció en els variadors, etc...

A continuació s'enumeren aquests retards, que sumats, allarguen considerablement cada cicle màquina.

- Temps perdut en el sinfi.
- Temps perdut en l'arrossegament.
- Temps perdut en el pistó principal.

Per tal de quantificar els retards esmentats, s'ha realitzat un petit estudi detallat de cadascun d'ells.

#### 4.1.1. Temps perdut en el sinfí.

Aquesta demora estarà compresa entre el moment en que el PLC refresca la sortida d'activació del sinfí i aquest es posa en marxa. La mateixa demora es vàlida per a la desactivació, contant que el sinfí a d'estar completament parat. Aquest temps de demora està definit en les rampes d'acceleració i de desacceleració que tingui configurades el variador.

Com que el sinfí, actualment ha d'actuar entre 15 i 45 vegades per minut, s'ha de tenir cura de no fer acceleracions i desacceleracions molt brusques que desgastin excessivament el motor.

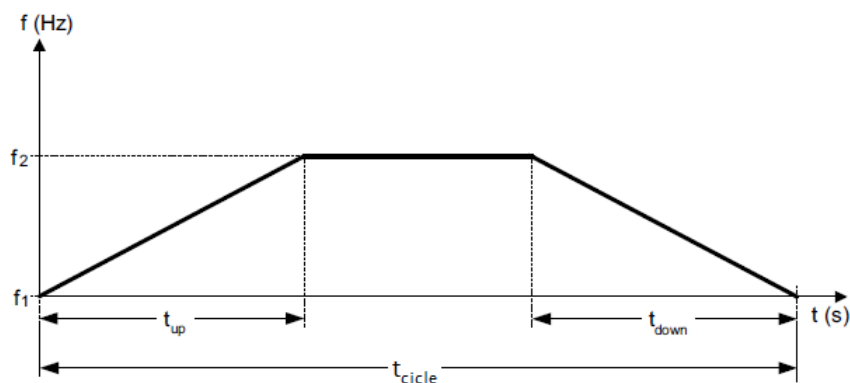


Figura 4.1. Gràfic de comportament del variador

Actualment la configuració de les rampes es la següent:

$$t_{up} = 0,4$$

$$t_{down} = 0,3$$

$t_{cycle}$  = en funció de la quantitat de producte a dosificar

$f_1$  = freqüència de partida (normalment = 0Hz)

$f_2$  = freqüència màxima que es vol assolir



#### 4.1.2. Temps de reacció de l'arrossegament

Aquesta demora es la que està compresa entre el moment en que el PLC refresca la sortida i el moment en que les corretges comencen a moure's. També en aquest cas, el retard es vàlid per a la parada.

Les corretges, igual que el sinfi, també han d'actuar entre 15 i 45 vegades per cada cicle i s'ha de tenir cura de no fer acceleracions molt brusques que desgastin excessivament el motor i les cadenes.

Actualment la configuració de les rampes a l'arrossegament, es la següent:

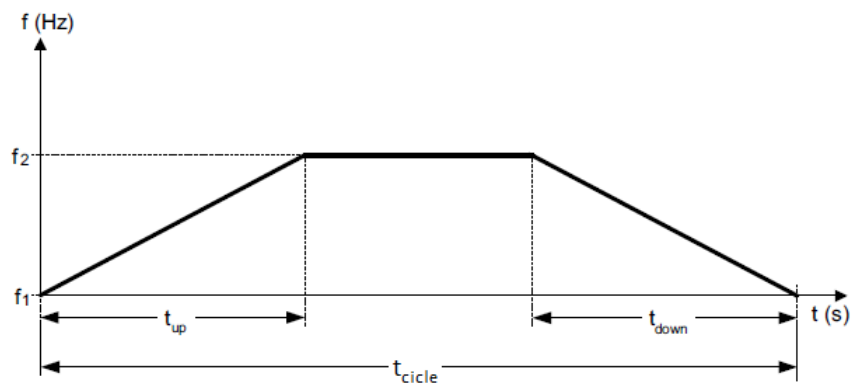


Figura 4.2. Gràfic de comportament del variador

$$t_{up} = 0,3$$

$$t_{down} = 0,2$$

$t_{cicle}$  = en funció de la longitud de bossa seleccionada

$f_1$  = freqüència de partida (normalment = 0Hz)

$f_2$  = freqüència màxima que es vol assolir

En el cas de l'arrossegament, es troba una altra problemàtica. El sistema de cadenes te varis inconvenients:

- Les cadenes no poden tenir una tensió excessiva, ja que el motor patiria un esforç radial massa elevat. El fet de no poder donar una tensió òptima, fa que aparegui un retard degut a la fulgura de les cadenes.

- Amb el temps i els esforços, les cadenes perden tensió i es desgasten, per tant s'han de reajustar o canviar.
- El motor necessita un parell més elevat del real, ja que ha de moure tot el sistema de cadenes.

s'haurà contemplar el retard provocat pel sistema de cadenes.

#### 4.1.3. Temps de retard del pistó principal

El pistó pneumàtic que fa el moviment principal, té unes dimensions molt considerables. Aquest fet, fa que s'hagi de regular a una velocitat molt lenta per a que no doni cops deguts a la inèrcia. És evident que això contribueix a una demora molt important en cada cicle de màquina.

Per tal de comprovar el retard real del moviment del pistó, s'ha realitzat un petit experiment:

1. Ajustem la màquina de manera que el pistó funcioni de manera ideal, tancant-se el més ràpid possible, sense donar cops. Això s'aconsegueix escanyant els reguladors de cabdal d'entrada i sortida al pistó.
2. Aprofitem les senyals de mordassa oberta i de mordassa tancada, per fer un programa que mesuri els temps d'entrada i sortida del pistó.
3. Omplim una taula de mesures i fem una mitjana per obtenir els temps mitjans de demora d'entrada i sortida del pistó.
4. Els resultats són els següents:

*temps de sortida del bàstag (tancar mordaces)  $T_{out} = 0,4 \text{ s}$*

*temps d'entrada del bàstag (obrir mordaces)  $T_{in} = 0,6 \text{ s}$*

Aquest fet està limitant excessivament la màquina, ja que estem perdent 1 s per cicle, només en obrir i tancar la mordassa. Com que el programa està fet de manera que no es realitza cap operació paral·lela a l'obertura i tancament de les mordaces, aquest temps es perd i s'ha de reduir considerablement si volem aconseguir una bona productivitat.

D'altra banda, l'obertura de les mordaces es fixa i vàlida per a totes les mides de paquet. Si el paquet es d'una mida petita, no cal tanta obertura en les mordaces. També aquí, es pot fer un bon estalvi de temps si obrim les mordaces d'una manera òptima per a cada mida de paquet.

#### 4.1.4 Resum dels aspectes a millorar a nivell de hardware.

Totes les dades obtingudes, es poden expressar d'una manera mes entenedora, fent servir un gràfic cronològic de funcionament. Aquest cop s'inclouen els temps estimats per a cada part del cicle i els temps de demora que introdueixen els actuadors estudiats.

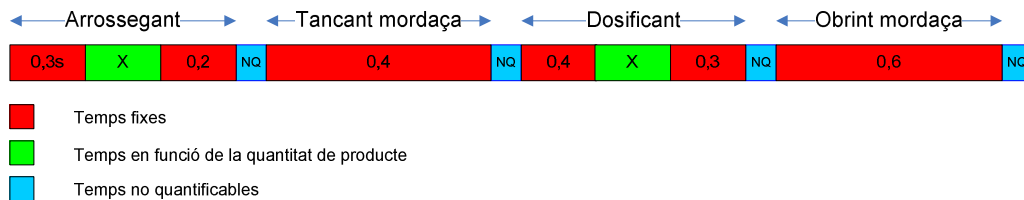


Figura 4.3. Gràfic/Resum dels aspectes a millor en el hardware

Al gràfic es pot observar, que si sumem tots els temps fixes, obtenim un resultat de 2,2s. Tenint en compte que els temps variables siguin nuls (paquet d'uns 100 grams), la productivitat de la màquina es com a màxim d'uns 28 paquets per minut.

$$T_{cicle} = 2,2 + T_{variables}$$

$$Producció_{max} = \frac{60s}{2,2s} = 22,27 \text{ paquets/minut}$$

Per a paquets de menys de 100 grams el temps s'escurça notablement, ja que les rampes d'acceleració i desacceleració generades pels variadors, no arriben fins a la freqüència màxima. Això es degut a que el sinfí a de donar poques voltes per dosificar quantitats inferiors a aquests 100 grams i les corretges han de fer poques voltes per aconseguir la longitud de bossa necessària. Com que la majoria de clients es dediquen a envasar per sobre dels 100 grams (habitualment 100, 500 i 1000 grams) no es tindran en compte pesos inferiors a 100 grams per al projecte.

Els temps de cicle estan definits per a un funcionament ideal, amb un producte fàcil de dosificar, com pot ser el cafè molt i un film fàcil de sellar i de material mal-leable. Cal tenir

en compte que, tot i que cada producte i cada film tenen les seves particularitats, els resultats son aplicats al procés i no als materials.

## 4.2. Aspectes a millorar a nivell de software

La base del programa es un grafcet seqüencial, on estan incloses del funcions bàsiques de la màquina (arrossegament, tancar mordança, dosificar i obrir mordança).

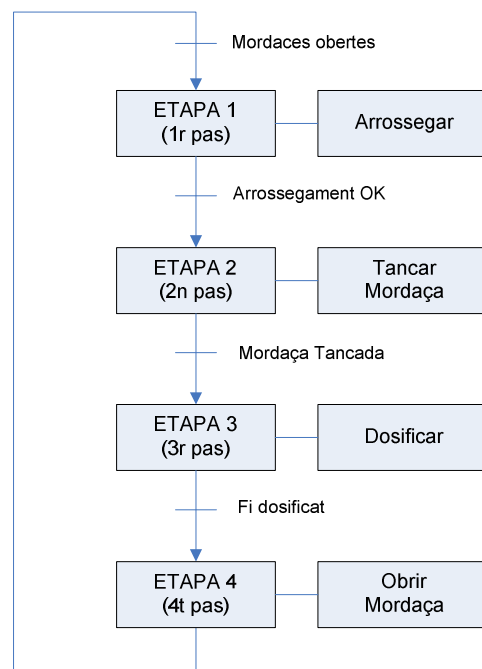


Figura 4.4. Grafcet principal del programa de la màquina

Mes endavant, s'exposa la problemàtica que genera, tant a nivell de funcionament com a nivell d'ajustos, el fet de basar l'automatització de la màquina en un sistema seqüencial.

### 4.2.1 Solapament de funcions.

Un dels grans inconvenients del programa es la seva seqüencialitat, ja que no es poden solapar les funcions de la màquina.

- Etapa 1: L'arrossegament no pot començar fins que les mordaces s'han obert del tot. Realment, no es estrictament necessari, ja que un cop es comencen a obrir les mordaces, l'arrossegament ja podria començar a actuar i així es guanyarien unes dècimes de segon.

- Etapa 2: La mordaçca no es pot començar a tancar fins que l'arrossegament no a acabat. En aquest cas també podria començar a tancar-se unes dècimes abans de que s'acabi de d'arrossegar.
- Etapa 4: No es pot dosificar fins que la mordaçca està tancada. Hi ha unes dècimes de segon, des de que comença a caure el producte fins que arriba al fons del paquet. Aquestes dècimes es podrien aprofitar per començar a dosificar un moment abans de que s'acabin de tancar les mordaces.
- Etapa 3. Ha d'haver acabat de dosificar per poder obrir les mordaces. No es necessari, ja que es pot estar dosificant a la vegada que s'obren les mordaces i s'arrossega el film.

#### 4.2.2 Ajust dels accionaments

Per activar i desactivar altres funcions de la màquina (bomba de buit, injecció de líquid, fulla de tall, etc...), es fa servir un detector inductiu, col·locat en la roda dentada de la lleva principal. Aquest detector inductiu està cablejat a una entrada ràpida del PLC que va incrementant una variable anomenada "Posició lleva". Per pantalla s'introdueix el punt de inici i de parada dels accionaments.

La variable "Posició lleva" te una resolució molt baixa (12 punts per cicle) i hi han accionaments que requereixen uns temps força precisos.

Un bon exemple per a il·lustrar aquest problema es l'accionament de la bomba de buit. En ocasions, els clients demanen que el producte estigui envasat al buit. Per a realitzar el buit s'equipa la màquina amb una bomba de buit que extreu l'aire al paquet, just després de dosificar. Aquest buit, a d'estar accionat el temps just, ja que si es queda curt no es fa el buit i si es passa, pot arribar a trencar el paquet.

Si contem que un cicle de màquina, per a un paquet d'uns 300gr, esta rondant els 3 segons obtenim el següent càlcul:

$$T_{resolució} = \frac{3}{12} = 0,25 \text{ segons}$$

Imaginem els cas extrem de que el producte necessités 0,55 segons per a realitzar el buit.

- Si escollim dos punts de la variable “Posició lleva”, obtindrem un temps de buit insuficient.
- Si escollim 3 punts de la variable “Posició lleva”, obtindrem un temps de buit massa elevat, que pot arribar a trencar el film.

El cas del buit es pot extrapolar a d'altres accionaments crítics, com el soldador vertical (poc temps = no solda, molt temps = crema el film), o l'accionament per plegar el paquet que es fa servir en alguns formats de bossa, com Pillow Pack o plec anglès (si entra molt aviat deforma la soldadura, si entra tard pot trencar-la).

### **4.3 Altres inconvenients no quantificables**

Hi ha una sèrie de retards que s'observen a les màquines quan estan funcionant. Tot i que son molt difícils de quantificar, poden ser força significatius.

- Retard en les ordres marxa i atur del motor del sinfí. Des de que la mordaga es tanca totalment fins que el motor del sinfí es posa en marxa, s'observa un lleu retard i des de que el sinfí acaba de dosificar fins que es comença a obrir la mordaga, també s'aprecia un lleu retard.
- Retard en les ordres marxa i atur de les corretges. Des de que la mordaga s'obre totalment, fins que el motor de les corretges es posa en marxa, s'observa un lleu retard. També s'observa, que al acabar d'arrossegar les mordaces tenen un lleu retard per començar a obrir-se.

Actualment, com que el retard de marxa es pràcticament igual al d'atur, un contraresta a l'altre. En productes complicats de dosificar (com el sucre o la pols de talc) la demora en la marxa pot ser mes elevada que la d'atur, degut a la densitat i la compactació que sofreix el producte a la boca del sinfí i per tant el dosificador no manté una precisió constant. De igual manera, si el film es molt rígid o està mal bobinat, l'arrossegament també actua de manera imprecisa.

#### 4.4 Resum dels aspectes a millorar i punts d'incidència

Fins ara, s'ha parlat únicament dels punts dèbils on la màquina perd productivitat. A continuació es fa una sintetització d'aquests punts i es definiran les accions que s'hauran de prendre per a poder millorar-los.

##### *Temps perdut en el sinfi*

Implementant un equip amb una capacitat d'acceleració i desceleració més elevada, es podria escurçar el temps del cicle de dosificat. Ara mateix s'estan fent servir 0,4 segons, només per a posar a velocitat nominal el motor del dosificador i 0,3 segons per aturar-lo.

##### *Temps perdut en l'arrossegament.*

Al contrari que al dosificador, aquí no te sentit escurçar la rampa d'acceleració, ja que aquest fet provocaria que el film s'arrugués al tibar de cop. Tampoc es pot escurçar la rampa de desceleració, ja que la inèrcia del propi film faria que aquest s'arrugués.

Per tal de solucionar les problemàtiques derivades del sistema de cadenes, s'hauria de trobar la forma d'actuar directament sobre la politja traccionadora. D'aquesta manera, a mes a mes de solucionar els problemes exposats en l'apartat 3.1.2, s'estalviaria el material que compona el sistema de cadenes i es simplificaria el manteniment de la màquina

##### *Temps perdut en el pistó principal.*

Després de realitzar l'estudi dels punts febles, s'ha arribat a la conclusió de que el pistó principal es l'element físic que més influeix en el baix rendiment de la màquina, introduint un retard d'un segon en el cicle total de la màquina.

S'ha d'implementar un sistema que permeti el control total i a temps real del moviment de les mordaces i que disposi d'una bona resolució (mínim 100 punts per cicle).

També seria molt interessant aconseguir una regulació en l'obertura de les mordaces, per adaptar-la a cada tipus de paquet.

*Solapament de funcions.*

Actualment, la limitació més important a nivell de software, es el mode en que està programat. S'ha de canviar la filosofia i idear-ne una que permeti, que determinades funcions es puguin solapar.

*Ajust d'accionaments.*

La resolució actual de cada cicle de màquina es força limitada (12 punts/cicle). El nou disseny ha de ser capaç de treballar a resolucions de, com a mínim, 100 punts/cicle.

*Altres inconvenients no quantificables.*

Els sistemes implementats, han de millorar el temps d'acció reacció entre els dispositius i la velocitat de comunicació entre ells.

També es imprescindible que els dispositius treballin de manera òptima a baixes revolucions, mantenint el parell motor o la força d'una manera constant.



## 5. ELECCIÓ DE LA SOLUCIÓ

La proliferació d'accionaments mitjançant servomotors sembla una de les solucions que s'està imposant al sector. Degut a l'abaratiment i el control cada vegada més simplificat d'aquest tipus de tecnologia, les empreses més modestes es poden permetre adquirir aquests equips amb les conseqüents avantatges.

En una primera ullada, les característiques principals que aporta un servomotor, cobreixen sobradament les nostres necessitats:

A nivell de mecànica (motor):

- Parell constant a velocitats baixes. D'aquesta manera ens assegurem un control precís a baixes velocitats.
- Inèrcia molt baixa al rotor. Aquesta característica es molt important, sobretot en el moment de l'aturada del motor, ja que no aplica càrrega afegida a la massa i pot fer parar l'eix en el punt desitjat.
- Rampes d'acceleració, pràcticament instantànies sense que el motor pateixi sobreesforços.
- Velocitats molt elevades.
- Capacitat de mantenir una posició concreta en qualsevol punt del seu rang.

A nivell de software de control:

- Les comunicacions entre mòduls de control, motors i PLC son molt ràpides (50us).
- Resolució molt elevada (milers de punts per volta).
- El control sobre el motors, per part dels drivers, es en temps real.
- Es poden crear encoders i eixos virtuals, per a sincronitzar tots els moviments dels servomotors i accionaments que estiguin connectats al PLC.
- Modelització de funcions de relació parell/temps, parell/velocitat, etc...

També cal destacar, que el fet d'escollir servomotors facilita molt la implementació mecànica de la solució, ja que només cal substituir els motors inductius per motors servo, que tenen una morfologia i un principi de funcionament molt similar. A mes a mes, en el

cas de l'arrossegament, els motors servo es poden acoblar directament a la politja traccionadora, eliminant el problemàtic sistema de cadenes.

Totes aquestes característiques, fan que la implementació de servomotors ens aporti una gran flexibilitat. Aquesta flexibilitat es imprescindible, ja que ens pot ajudar a salvar els imprevistos propis d'un prototip.

Un cop determinada la solució, cal escollir el fabricant que compleixi les especificacions determinades, amb un preu i un assessorament tècnic adequat. Hi ha moltes marques al mercat que ens poden proporcionar els dispositius adequats, però en aquest cas, les especificacions del client son clares en aquest aspecte. Totes les màquines que fan servir estan equipades amb dispositius Omron y per tant la nostra màquina haurà d'implementar aquesta marca.

## 6. ESPECIFICACIONS

Hi han varies maneres de determinar les especificacions en un equip mecànic d'aquestes característiques. Es poden realitzar uns càlculs teòrics d'esforços, moments, forces, etc... També es poden realitzar proves de camp, fent servir dinamomètriques y softwares de mesura i diagnosi mecànica, per tal de determinar les forces i moments necessaris.

En aquest cas, una manera molt pràctica d'obtenir el valors necessaris, es aplicar les especificacions dels dispositius que es fan servir actualment. D'aquesta manera s'assegura el correcte dimensionament dels dispositius, sense necessitat de recórrer a càlculs complexes ni a invertir capital en estudis mecànics.

S'ha de tenir en compte, que si les dades provenen dels dispositius que es col·locaven anteriorment, poden haver-hi sobredimensionaments deguts a:

- Canvi de proveïdors al llarg dels anys. Al canviar de proveïdor, si aquest no conta amb el dispositiu que compleixi estrictament les especificacions, es tendeix a posar un que compleixi les especificacions mes restrictives o un mes barat i estandarditzat.
- Estandardització de maquinari. Al tenir varis models de maquinaria, s'estandarditzen els dispositius tenint en compte el model de màquina amb les especificacions mes restrictives. D'aquesta manera, s'aconsegueixen bonificacions econòmiques per part dels distribuïdors, però en ocasions els dispositius estan sobredimensionats.
- Els estudis mecànics son cars i no es poden realitzar per a cada màquina. Els estudis que es van fer en aquests equips, son molt antics (uns 20 anys) i no s'han pogut recuperar.

Cal recalcar, que uns dels avantatges dels dispositius que s'han triat per a implementar a la maquina, es que es poden monitoritzar totes les variables que fan referència a esforços, parells, consums, etc... D'aquesta manera es pot realitzar un estudi a posteriori i redimensionar els dispositius que s'implementaran en futures aplicacions de les mateixes característiques.

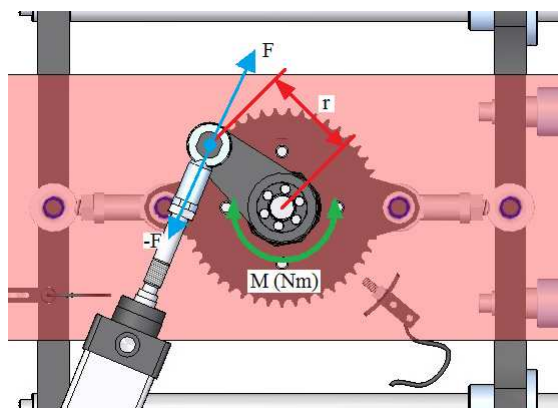
## 6.1. Moviment de la lleva de les mordaces

Com s'ha exposat anteriorment, el moviment de la lleva de les mordaces es realitza a través d'un pistó pneumàtic. Aquest pistó, es de tipus lineal i de doble efecte de la marca Metal Works. Concretament el model:

1210630070CP CIL.ISO 6431VDMA

El model implementat actualment te un diàmetre del bastag de 63mm i un carrera de 70mm. Segons el fabricant, aquest pistó realitza una força lineal de 1683 Newtons al empènyer i de 1516 Newtons al contraure's.

Com que el moviment del pistó es lineal, s'ha de calcular el parell que cal per a moure la lleva principal:



$$M = r \cdot F$$

$$M_{empenyer} = 0,1m \cdot 1683N = 168,3 N \cdot m$$

$$M_{contraure} = 0,1m \cdot 1516N = 151,6 N \cdot m$$

## 6.2. Moviment de l'arrossegament

El moviment de tot el sistema d'arrossegament el genera un motor inductiu trifàsic, amb reductor i controlat per un variador. El proveïdor del motor amb reductor es Pujol Muntalà i el model es:

LBCM 49/71K-4/71

Segons el catàleg del fabricant, el conjunt te les següents característiques:

- *Potència elèctrica*  $\rightarrow P = 0,25 \text{ kW}$
- *Velocitat màxima de sortida*  $\rightarrow n_2 = 71 \text{ rpm}$
- *Parell màxim admissible de tot el conjunt*  $\rightarrow M_2 = 24 \text{ Nm}$
- *Relació de reducció*  $\rightarrow i_R = 19$

El motor, es controla mitjançant el variador 6SL3 211-0AB15-5UA1 de la sèrie SINAMICS G110 de siemens que es capaç de controlar motors de fins 0,55kW.

### 6.3. Moviment del siní

El moviment del siní el genera un motor inductiu trifàsic, controlat per un variador. El proveïdor del motor amb reductor es Pujol Muntalà i el model es:

M-90SA 4 1,1kW B5 230/400v

Segons el catàleg del fabricant, el motor te les següents característiques:

- *Potència elèctrica*  $\rightarrow P = 1,1 \text{ kW}$
- *Velocitat de sortida*  $\rightarrow n_2 = 1500 \text{ rpm}$
- *Parell màxim*  $\rightarrow M_2 = 7,5 \text{ Nm}$

El motor, es controla mitjançant el variador 6SL3 211-0AB21-5UA1 de la sèrie SINAMICS G110 de siemens que es capaç de controlar motors de fins 2,2kW.

### 6.4. Interfície HMI

Actualment la interfície home/màquina es realitza a través d'una pantalla tàctil analògica/resistiva de la marca Siemens. La pantalla es programa amb el software WinCC Flexible Compact Version i les seves especificacions son:

- Area de memòria per a l'usuari de 512Mb.
- 4 tons de blau
- Resolució de 320 x 240 píxels i 5,7 polsades.
- 1 port RS422 a 1,5Mbit/s.

- 1 port RS485 a 1,5Mbit/s.

## **6.5. Autòmat**

El control de les entrades i sortides del sistema es fa mitjançant un autòmat programable, també de la casa Siemens i que es programa amb el paquet STEP 7 - Micro/WIN. Les característiques principals de l'autòmat son les següents:

- CPU 226 DC 24ED/16SD 12/24KB 2P.
- 24 entrades digitals.
- 16 sortides digitals.
- No compta amb e/s analògiques.
- 2 ports de comunicació RS485.

La CPU conta amb suficients entrades, però li manquen sortides quant la màquina porta tot l'equipament possible. Degut a això, normalment s'ha de complementar amb un mòdul de 8 sortides digitals EM222 6ES7 222-1BF22-0XA0, també de Siemens.

També li manca el control per als termopars, que mesuren la temperatura dels soldadors. En aquest cas, se li afegeix un o dos mòduls de 4 entrades analògiques per a termopar 6ES7 231-7PD22-0XA0 de Siemens.

## 7. ELECCIÓ DELS DISPOSITIUS

Per tal de dimensionar els mecanismes que s'implementaran al projecte, es fan servir els manuals facilitats pel fabricant. Amb aquests manuals i les especificacions obtingudes en l'apartat 5, es podran escollir els dispositius que millor s'adaptin a la nostra aplicació. Els dispositius no han d'estar sobredimensionats, ja que el cost es mes elevat. Tampoc es poden escollir dispositius que compleixin les especificacions massa acuradament, ja que es corre perill de quedar-se curt i sobrecarregar el dispositiu.

### 7.1 Dispositius

#### 7.1.1. Moviment de la lleva de les mordaces.

Les especificacions ens marquen que el motor ha de poder entregar un parell, de com a mínim 168 Nm (aplicable només a l'arrencada). Com es vol treure la màxima productivitat possible a la màquina, s'estipula que aquesta pugui arribar als 120 cicles per minut. Per tant el servomotor a de poder entregar aquest parell a una velocitat de, com a mínim 120 rpm.

Segons el catàleg del fabricant, els dispositius mes adients son els següents:

Servomotor: R88M-K2K030F-S2

- *Potència elèctrica*  $\rightarrow P = 2 \text{ kW}$
- *Velocitat nominal*  $\rightarrow n_2 = 3000 \text{ rpm}$
- *Parell nominal*  $\rightarrow M = 6,37 \text{ N} \cdot \text{m}$

Segons el fabricant aquests motors son capaços d'entregar el triple del parell nominal de sortida en un moment puntual (durant 1/2 segon aproximadament)

- *Parell màxim puntual*  $\rightarrow M = 3 \cdot 6,37 \text{ N} \cdot \text{m} = 19,11 \text{ N} \cdot \text{m}$

1 reductor de relació 1:16: PE120/16R88MKN2K030

- *Relació de reducció*  $\rightarrow i_R = 1:16$
- *Velocitat nominal màxima d'entrada*  $\rightarrow n_2 = 3000 \text{ rpm}$

- *Velocitat nominal màxima de sortida*  $\rightarrow n_2 = 3 \cdot 3000 \text{ rpm} = 9000 \text{ rpm}$
- *Parell nominal admissible de sortida*  $\rightarrow M = 176 \text{ N} \cdot \text{m}$

De la mateixa manera que el motor pot donar fins al triple de parell nominal en un moment puntual, el reductor pot arribar a suportar el triple del parell màxim de sortida en aquest moment puntual.

- *Parell màxim admissible de sortida*  $\rightarrow M = 3 \cdot 176 \text{ N} \cdot \text{m} = 528 \text{ N} \cdot \text{m}$

Amb la combinació d'aquests dos dispositius s'obté un conjunt final, que compleix amb les especificacions següents:

- *Velocitat nominal màxima*  $\rightarrow n = \frac{3000 \text{ rpm}}{16} = 187,5 \text{ rpm}$
- *Parell nominal de sortida*  $\rightarrow M = 6,37 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 16 = 101,92 \text{ N} \cdot \text{m}$
- *Parell màxim de sortida*  $\rightarrow M = 19,11 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 16 = 305,76 \text{ N} \cdot \text{m}$

Tot i que el motor pot entregar un parell màxim del 300% en un moment puntual, el fabricant aconsella que no es superi aquest parell puntual en mes d'un 200%:

$$M_{puntual} = \frac{305,76}{168} \cdot 100 = 182\%$$

El mateix fabricant ens aconsella el controlador (driver) mes adequat per a cada un dels seus motors:

Servoaccionament de 2kW: R88D-KN20F-ML2

### **7.1.2. Moviment de l'arrossegament**

Les especificacions ens marquen que els motors han de poder entregar un parell, de com a mínim 24 Nm (aplicable només a l'arrencada). Com que es realitzarà tracció directa sobre la politja, s'elimina tot el sistema de cadenes i es col·loquen dos motors. Per tant el parell es reparteix a raó d'uns 12 Nm per cada motor.

Com es vol treure la màxima productivitat possible a la màquina, s'ha de calcular la velocitat nominal necessària per arrossegar el paquet mes llarg possible a un ritme de 120 paquets per minut.



Tenint en compte que el diàmetre primitiu de les politges ( $d$ ) es de 60mm i el gruix primitiu de les corretges ( $Gp$ ) es de 3mm, podem obtenir la longitud de bossa ( $L$ ) que es capaç d'arrossegar la corretja en cada volta de motor:

$$L = \pi \cdot (d + 2 \cdot Gc) = \pi \cdot (60 + 2 \cdot 3) = 207,34 \text{ mm}$$

Si la longitud de bossa màxima ( $L_{max}$ ) es de uns 500 mm, en cada cicle a de donar  $n$  voltes:

$$n = \frac{400}{207,34} = 2,41 \approx 2,5 \text{ voltes/cicle}$$

la velocitat mínima ( $V$ ) que ha de subministrar el motor es:

$$V_{min} = 2,5 \cdot \frac{\text{voltes}}{\text{cicle}} \cdot 120 \frac{\text{cicles}}{\text{minut}} = 300 \text{ rpm}$$

Segons el catàleg del fabricant, els dispositius mes adients son els següents:

2 servomotors: R88M-K40030H-S2

- *Potència elèctrica*  $\rightarrow P = 400 \text{ W}$
- *Velocitat nominal*  $\rightarrow n_2 = 3000 \text{ rpm}$
- *Parell nominal*  $\rightarrow M = 1,3 \text{ N} \cdot \text{m}$

Segons el fabricant aquests motors son capaços d'entregar el triple del parell nominal de sortida en un moment puntual (durant 1/2 segon aproximadament)

- *Parell màxim puntual*  $\rightarrow M = 3 \cdot 6,37 \text{ N} \cdot \text{m} = 3,9 \text{ N} \cdot \text{m}$

2 reductors de relació 1:5: PE070/3R88MG40030H

- *Relació de reducció*  $\rightarrow i_R = 1:5$
- *Velocitat nominal màxima d'entrada*  $\rightarrow n_2 = 4000 \text{ rpm}$
- *Velocitat nominal màxima de sortida*  $\rightarrow n_2 = 3 \cdot 4000 \text{ rpm} = 12000 \text{ rpm}$
- *Parell nominal admissible de sortida*  $\rightarrow M = 39 \text{ N} \cdot \text{m}$

De la mateixa manera que el motor pot donar fins al triple de parell nominal en un moment puntual, el reductor pot arribar a suportar el triple del parell màxim de sortida en aquest moment puntual.

- *Parell màxim admissible de sortida*  $\rightarrow M = 3 \cdot 39 \text{ N} \cdot \text{m} = 117 \text{ N} \cdot \text{m}$

Amb la combinació d'aquests dos dispositius s'obté un conjunt final, que compleix amb les especificacions següents:

- *Velocitat nominal màxima*  $\rightarrow n = \frac{3000 \text{ rpm}}{5} = 600 \text{ rpm}$
- *Parell nominal de sortida*  $\rightarrow M = 1,3 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 5 = 6,5 \text{ N} \cdot \text{m}$
- *Parell màxim de sortida*  $\rightarrow M = 3,9 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 5 = 19,5 \text{ N} \cdot \text{m}$

Tot i que el motor pot entregar un parell màxim del 300% en un moment puntual, el fabricant aconsella que no es superi aquest parell puntual en mes d'un 200%:

$$M_{puntual} = \frac{19,5 \cdot 2}{24} \cdot 100 = 162,25\%$$

El mateix fabricant ens aconsella els controladors (drivers) mes adequats per a cada un dels motors:

2 servoaccionaments de 400w: R88D-KN04F-ML2

### **7.1.3. Moviment del sinfi**

Les especificacions ens marquen que el motor ha de poder entregar un parell, de com a mínim 7,5 Nm a una velocitat de 1500rpm. En aquest cas el parrell ha de ser constant, ja que el sinfi es pot arribar a clavar.

Segons el catàleg del fabricant, els dispositius mes adients son els següents:

1 servomotor: R88M-K3K030F-S2

- *Potència elèctrica*  $\rightarrow P = 3 \text{ kW}$
- *Velocitat nominal*  $\rightarrow n_2 = 3000 \text{ rpm}$
- *Parell nominal*  $\rightarrow M = 9,55 \text{ N} \cdot \text{m}$

- Parell màxim puntual  $\rightarrow M = 3 \cdot 9,55 \text{ Nm} = 28,65 \text{ N} \cdot \text{m}$

El mateix fabricant ens aconsella els controladors (drivers) més adequats per a cada un dels motors:

1 Servoaccionament de 3kW: R88D-KN30F-ML2

#### 7.1.4. Interfície HMI

Una de les coses que més crida l'atenció a l'hora de vendre una màquina d'aquestes característiques, es la seva pantalla tàctil. Una interfície gran, en color i amb bona resolució crida molt més l'atenció dels clients que una pantalla petita, monocrom i amb poca resolució. Per tal de millorar l'aspecte de la màquina, es farà un salt en aquest aspecte i es milloraran les prestacions de l'anterior pantalla tàctil de Siemens.

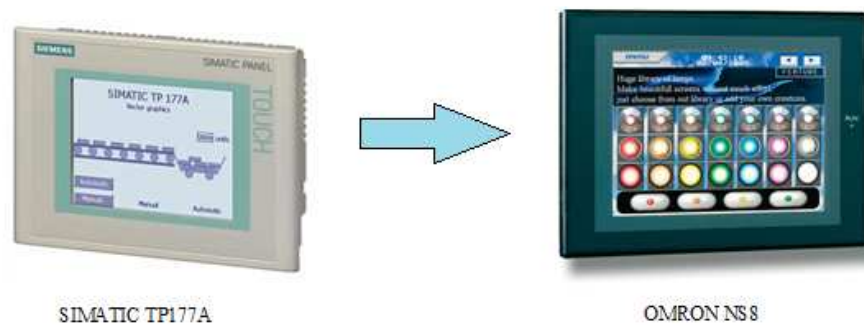


Figura 7.1. Comparativa física de les interfícies HMI

Les especificacions de la nova interfície son les següents:

- Pantalla tàctil OMRON NS8-TV00B-V2.
- Area de memòria:
  - 32767 bits.
  - 32767 words.
  - 8192 bits retentius.
  - 8192 words retentius.
  - Total = 700 Mb de memòria per l'usuari.
- 256 colors
- Resolució de 640 x 480 (VGA) píxels i 8 polsades.
- 1 port RS232.

- 1 port RS485/422/232.
- Ranura per a Compact Flash

Una de les avantatges, a banda de les merament visuals, es la possibilitat de salvar les receptes dels formats, prèviament ajustats, a la targeta Compact Flash. D'aquesta manera es pot protegir la pèrdua d'aquestes dades tant valuoses.

### **7.1.5. Control (PLC)**

El concepte de control es totalment nou, per tant no es pot fer una comparació directe entre les CPU's que es feien servir fins ara i les que es faran servir per a controlar els drivers dels servomotors. La targeta de control d'eixos de la marca Omron (MCH72) ens obliga a fer servir, com a mínim, una CPU de la gama CJ2M. Aquesta gama es superior en tots els aspectes a la Gama S7-200 de Siemens que es feia servir fins ara.

Els dispositius necessaris per implementar el sistema de control son:

- 1 Targeta Motion Control CJ1W-MCH72
  - Aquesta Targeta es capaç de controlar fins a 30 eixos (servomotors) a través d'un sol bus de comunicacions. Implementa un bus de comunicacions anomenat Mechatrolink, optimitzat expressament per al control d'eixos.
- 1 CPU RS232C 10 Kpasses: CJ2M-CPU12
  - S'escull la CPU mes bàsica de la gama CJ2M, ja que compleix sobradament amb les especificacions necessaries.
- 2 mòduls de 16 entrades a 24Vdc: CJ1W-ID211
- 2 mòduls de 16 sortides PNP a 24Vdc: CJ1W-OD212
- 1 mòdul de 6 entrades termopar: CJ1W-TS561

## **7.2 Comunicacions**

La màquina conta amb tres xarxes de comunicació diferents:

- La pantalla tàctil es comunica directament amb l'autòmat mitjançant una xarxa RS-485 en configuració a dos fils.
- Les variables que fan referència a les rampes d'acceleració i desceleració i velocitat nominal del remenador, s'escriuen directament des de la pantalla al variador. El

variador es comunica directament amb la pantalla tàctil, mitjançant una xarxa RS-422 en configuració a 2 fils.

- Per a la comunicació entre els drivers i l'autòmat, es fa servir la el prtocol Mechatrolink, creat expressament per aquest tipus de dispositius.

Mechatrolink es un bus de camp obert, especialment dissenyat per al control de moviment (Motion). La xarxa Mechatrolink permet comunicacions a una velocitat de 10Mbps entre dispositius i es capaç d'enviar i executar instruccions en un temps de 250us. També permet connectar dispositius de I/O sense necessitat de sincronització i suporta fins a 30 esclaus en una sola línia.

La comunicació entre el PC i els drivers, es realitza a través d'un connector USB de tipus A mascle a la part del PC i miniUSB mascle a la part del driver.

La comunicació entre el PC i la pantalla/autòmat, es realitza a través d'un connector USB de tipus A mascle a la part del PC i un USB de tipus B mascle a la part del dispositiu. Cal destacar, que al no ser un bus de camp, s'han tingut varis problemes d'interferències a l'hora de comunicar amb la pantalla tàctil i l'autòmat, principalment quan el cable es col·loca a prop dels drivers, quan aquests estan funcionant.

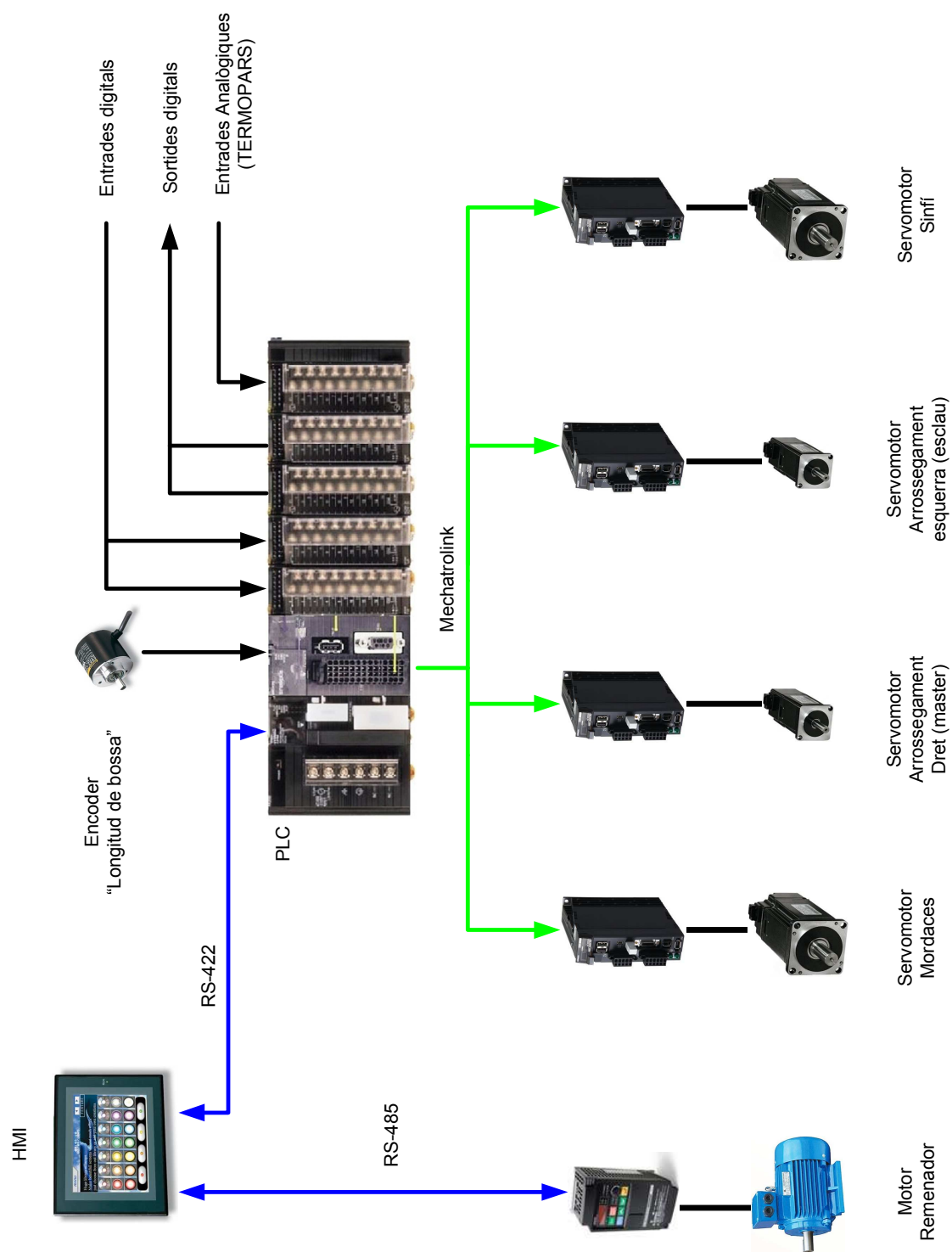


Figura 7.2 Esquema de xarxes de comunicació i cablejat principal

## 7.3 Software

Cada dispositiu es programa amb una aplicació concreta. El proveïdor ens proporciona el paquet complet d'aplicacions CX-ONE, necessari per a programar i configurar tots els dispositius de la marca Omron.



*Figura 7.3 Pantalla de presentació del paquet de programació de Omron*

L'avantatge principal que té el paquet d'aplicacions de Omron és la seva versatilitat. Només cal adquirir una llicència, un cop registrada la llicència desde un PC, el software es pot instal·lar, sense problemes, en tants PC's com sigui necessari.

### 7.3.1 Programació dels drivers

Els controladors drivers es programen desde l'aplicació CX-Motion-Pro. Aquesta aplicació és compatible amb tots els drivers de la marca Omron.



*Figura 7.4 Pantalla de presentació del paquet de programació dels drivers*

L'aplicació Motion-Pro, permet la compilació i el depurat dels programes generats per als drivers

### 7.3.2 Disseny de la interfície HMI

Per dissenyar la interfície HMI es fa servir l'aplicació CX-Designer. Amb CX-Designer es pot dissenyar i simular el projecte que s'està realitzant.



*Figura 7.5 Pantalla de presentació del paquet de programació de la pantalla tàctil*

L'aplicació resulta força senzilla d'utilitzar y es molt completa. Incorpora objectes per ala gestió d'alarmes, receptes, bases de dades, etc... En les darreres actualitzacions, s'han afegit fons de pantalla, botons i varis extres amb colors degradats i alta resolució. No cal realitzar les teves pròpies icones, ja que les llibreries son força complertes.

### 7.3.3 Programació del PLC

L'autòmat es programa amb la eina CX-Programmer. Amb Cx-Programmer es poden programar totes les CPU's de la marca Omron.



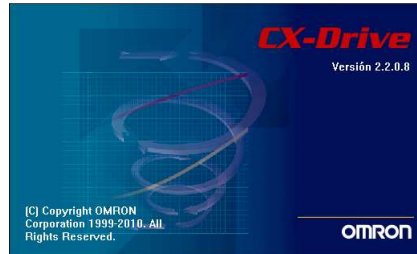
*Figura 7.6 Pantalla de presentació del paquet de programació de l'autòmat*

Permet la programació en llenguatge Ladder (contactes) i en text estructurat, que son els llenguatges mes comuns en el mon de l'automatització. També incorpora eines molt completes de simulació, monitorització i mode de seguiment online.



### 7.3.4 Altres eines

Una eina molt interessant del paquet CX-ONE, es l'aplicació CX-Drive, que permet extreure informació molt útil dels dispositius en temps real.



*Figura 7.7 Pantalla de presentació del paquet de monitorització*

Compta amb assistent d'auto-tuning, analitzador de freqüències de ressonància. Es pot accedir a qualsevol dispositiu de la xarxa des de qualsevol punt. El punt més útil es la monitorització i seguiment a temps real de variables. Es poden extreure dades graficades, per poder-les analitzar a posteriori. Fins i tot es poden exportar les dades a un fitxer \*.csv per editar-les amb un altre software (excel, matlab, etc...)



## 8. IMPLEMENTACIÓ DE LA SOLUCIÓ

En aquest apartat es pretén explicar de manera detallada tots els aspectes referents a la programació de la màquina. Degut a la poca experiència amb que es conta a l'empresa, en la programació de controladors per servomotors, aquesta feina s'ha subcontractat i seran els tècnics de Omron els que s'encarregaran, en major part, de realitzar-la. Tot i això, la programació es realitzarà a la nostra empresa i paral·lelament es farà un curs de formació, amb l'objectiu de programar nosaltres les futures aplicacions que implementin servomotors.

La nova aplicació ens obliga a fer un canvi en la filosofia de programació. També cal tenir en compte, que el fet de fer servir una tecnologia basada en servomotors, ens obre un món de possibilitats que em de saber sintetitzar.

Les premisses més rellevants de la nova filosofia de programació són les següents:

- Cada servomotor equival a un "eix real". Per tant hi hauran 4 eixos reals.
- Per sincronitzar tots els eixos es crea un eix virtual, que gira 360 graus. En cada volta de l'eix virtual la màquina realitza 2 cicles.
- L'eix principal és el servomotor de les mordaces, que fa un moviment continu de 0° a 180°. Quan l'eix mordaça té valor 0° les mordaces estan obertes, quan té valor 90° la mordaça és totalment tancada i quan val 180° torna a estar oberta.
  - Com que l'eix de la mordaça també està sincronitzat amb l'eix virtual i aquest té valors compresos entre 0° i 360° s'ha d'implementar un subrutina que compleixi el següent.

*If* ( $0^\circ < \text{eix virtual} < 180^\circ$ )

*Then*  $\text{eix mordaça} = \text{eix virtual}$

*If* ( $180^\circ < \text{eix virtual} < 360^\circ$ )

*Then*  $\text{eix mordaça} = \text{eix virtual} - 180^\circ$

D'aquesta manera, l'eix de la mordaça sempre tindrà valors compresos entre 0° i 180°.

- Els accionaments de la màquina són activats/desactivats en funció del valor de l'eix de la mordaça.

## 8.1 Entrades i sortides

Cada mòdul d'entrades digitals de l'autòmat, conta amb 16 entrades. Aquestes 16 entrades s'anomenen, mes comunament, amb el nom de "Channel" o "Canal". Els mòduls de sortides digitals es distribueixen de la mateixa manera.

El mòdul d'entrades analògiques conta amb 6 entrades per a sonda de temperatura del tipus termopar. En aquest cas, cada entrada analògica ocupa un canal.

Per tant, si es té en compte que la numeració comença pel canal 0, la distribució final dels canals de l'autòmat queda com s'expressa a la taula 7.1.

| CANAL | FUNCIÓ                       | MÒDUL |
|-------|------------------------------|-------|
| 0     | 16 ENTRADES DIGITALS         | 1     |
| 1     | 16 ENTRADES DIGITALS         | 2     |
| 2     | 16 SORTIDES DIGITALS         | 3     |
| 3     | 16 SORTIDES DIGITALS         | 4     |
| 4     | 1 ENTRADA ANALÒGICA TERMOPAR | 5     |
| 5     | 1 ENTRADA ANALÒGICA TERMOPAR |       |
| 6     | 1 ENTRADA ANALÒGICA TERMOPAR |       |
| 7     | 1 ENTRADA ANALÒGICA TERMOPAR |       |
| 8     | 1 ENTRADA ANALÒGICA TERMOPAR |       |
| 9     | 1 ENTRADA ANALÒGICA TERMOPAR |       |

*Taula 8.1. Distribució dels Canals de l'autòmat*

La distribució de les entrades i les sortides s'ha realitzat tenint en compte les futures configuracions que pot incloure la màquina. Degut a això, queden entrades i sortides sense connectar. També s'han reservat algunes entrades i sortides lliures, per a futurs dispositius o per a imprevistos.

Les entrades mes crítiques del sistema, com poden ser els límits d'acció dels servomotors o les d'aturada immediata, estan cablejades directament al controlador corresponent. D'aquesta manera s'aconsegueix que el temps d'acció/reacció sigui el mínim possible.

L'entrada de Home, es fa servir per posicionar el servomotor de les mordaces. Si es vol posar en marxa la màquina i el servomotor a perdut la posició (degut a una aturada d'emergència, perquè s'ha mogut quan la màquina no tenia tensió. Etc..) aquest es posicionarà anant a buscar el detector inductiu de Home.

| CONTROLADOR (Driver)   | ENTRADA | FUNCIÓ            |
|------------------------|---------|-------------------|
| Mordaces               | SI.1    | Aturada immediata |
| Mordaces               | SI.12   | Límit Forward     |
| Mordaces               | SI.13   | Límit Reverse     |
| Mordaces               | SI.14   | Referència (Home) |
| Arrossegament Dret     | SI.1    | Aturada immediata |
| Arrossegament Dret     | SI.13   | Màcula            |
| Arrossegament Esquerra | SI.1    | Aturada immediata |
| Sinfi                  | SI.1    | Aturada immediata |

*Taula 8.2. Relació d'entrades crítiques del sistema*

Els límits Forward i Reverse, que també son de tipus inductiu, s'encarreguen de que el servomotor no vagi mes enllà d'un punt concret. En aquest cas, no interessa que el servomotor arribi a girar, ja que xocarien les ròtules i es podria produir una incidència important.

La fotocèl·lula de la màcula es cableja directament al driver, d'aquesta manera s'assegura la reacció mes ràpida possible.

Tots els drivers tenen cablejada una entrada d'aturada immediata. Aquesta entrada està associada al relé de seguretat de la màquina. Aquest relé de seguretat compleix amb la normativa de seguretat vigent de classe 3 i te cablejat l'atur d'emergència i el micro de seguretat de les portes. D'aquesta manera ens assegurem que qualsevol emergència externa ens aturarà la màquina de manera instantània i en la posició actual.

L'encoder de longitud de bossa està cablejat directament a la tarja de control d'eixos (MCH72). Com que el valor de l'encoder, es una variable que s'utilitza tant a l'autòmat com al driver de l'arrossegament dret, es convenient que els dos dispositius hi tinguin un accés ràpid.

A l'annex I es pot trobar el llistat complet de tags de l'autòmat on es pot veure la realció d'entrades i sortides.

A l'annex II es poden trobar els esquemes elèctrics de la màquina. Als esquemes es pot veure quin tipus de sensor i actuator correspon a cada entrada o sortida i com estan cablejats.

## 8.2 Programa de l'autòmat

L'autòmat es l'encarregat d'interactuar amb la interfície HMI i amb els drivers que controlen els servomotors. Per tant, podríem dir que es el cervell de la màquina.

El programa principal de la màquina es divideix en tres tasques cícliques i inclou una subrutina:

- Tasca cíclica 0 (Inicial (00)). En aquesta part del programa es configuren els paràmetres inicials i s'executen les parts del programa que no es poden aturar mai.
- Tasca cíclica 1 (Principal (01)). En aquest apartat es troba gairebé tot el programa.
- Tasca cíclica 2 (Alarmes (02)). En aquesta part es troba la gestió d'alarmes.
- Subrutina de test. En aquesta subrutina s'executen les accions necessàries a l'entrada de la pantalla de test.

Cada tasca cíclica es subdivideix en seccions, que gestionen una part concreta de la màquina o realitzen una tasca concreta.

A continuació es farà una breu explicació de cada secció del programa. L'objectiu es transmetre, en la mesura del possible, la filosofia de programació que s'ha fet servir. Aquesta explicació, juntament amb l'annex III (on es troba una còpia impresa del programa) pot servir com a eina per a comprendre molt millor i mes detalladament el funcionament de la màquina.

### 8.2.1 Tasca cíclica 0 (INICIAL (00))

**ConfiguraCalefaccion.** En aquesta secció es configuren les funcions TPO i PID de totes les zones de calefacció. També es gestiona l'aturada i marxa (seleccionable per pantalla) de la calefacció.

**ConfiguraBCMP2.** Es configuren la quantitat de comparacions que tindrà el bloc BCMP2. Aquest bloc de comparacions es farà servir per comparar el valor de l'eix mordaça amb l'inici i final de cada accionament. En aquest cas, es configuren 50 valors (inici i final de cada accionament, per a un màxim de 25 accionaments).

**PaginaDeTest.** Al entrar a la pàgina de test de la pantalla tàctil, s'han de desactivar certes parts del programa. Aquesta part del programa crida a la subrutina "Subrutina de test" que posa a zero totes les sortides i desactiva les tasques cícliques 1 i 2 (Principal (01) i Alarmes (02)).

**CalculaVelocidad.** Aquesta secció s'encarrega de calcular la velocitat de la màquina en cicles per minut i la mostra per pantalla.

**GestionLineaDeTexto.** La pantalla principal té un diplay que s'encarrega, en tot moment, de visualitzar l'estat de la màquina (aturada, en emergència, marxa, etc...). En aquesta secció es gestiona aquest diplay. En funció de l'estat en que es troba la màquina, s'activa el bit corresponent. Al programa de la pantalla cada bit té associat un missatge, que serà el que mostri el diplay.

### 8.2.2 Tasca cíclica 1 (PRINCIPAL (01))

**HomeMordazas.** Cada cop que s'engega la màquina o aquesta surt d'una emergència, és necessari que es posicionin les mordaces. Aquesta part del programa, s'encarrega de comunicar al driver quan s'ha de reposicionar.

**ManSemiAuto.** La màquina té tres modes de funcionament, seleccionables per pantalla:

- Manual. Mentre es manté accionat el polsador de marxa, la màquina funciona lentament. Quan es deixa de polsar, la màquina queda aturada. És un mode molt útil per ajustar els accionaments de la màquina.
- Semiautomàtic. Quan es posa en marxa la màquina, aquesta fa un únic cicle i torna a parar en posició.
- Automàtic. La màquina funciona en mode de producció normal, a la velocitat consignada i de manera cíclica.

En aquesta secció del programa es gestionen aquests tres modes de funcionament.

**Continuo.** Aquesta secció s'ha creat per a facilitar el canvi de format de bobina. Només s'acciona l'arrossegament i el soldador vertical, de manera contínua. D'aquesta manera el paper no es pot torçar i es facilita molt el canvi de format.

**Calefaccion.** En aquesta part del programa, es gestiona la part restant de la zona de calefacció:

- Primer es carreguen els valors de la lectura de les sondes de temperatura a la zona de memòria corresponent.
- Es gestiona l'entrada del paràmetre SetPoint per pantalla.
- Finalment s'habilita el bloc PID i TPO de cada zona de soldadura.

La diferència principal amb la part “*ConfiguraCalefaccion*” de la tasca cíclica 0, es que en aquella només s'omplen les dades necessàries i en aquest s'apliquen.

**FuncionBCMP2.** Compara el valor actual de l'eix mordaga (entre 0° i 180°) amb els 25 valors d'inici i final de cada actuator. Si el valor es troba dins del rang, s'activa un bit concret. Aquest bit es el que es farà servir posteriorment per a activar l'accionament corresponent.

Exemple:

Es te configurat, que el soldador vertical ha d'actuar quan l'eix mordaga (DM1800) està en la posició de 80° (DM1005 introduïda per pantalla) i s'ha de parar quan està al grau 110° (variable DM1006 introduïda per pantalla). En aquest cas, quan es compleixi  $DM1006 > DM1800 > DM1005$ , s'activarà el bit corresponent (bit = D1600.2). Aquest bit activarà la sortida Q3.02, on està connectada l'electrovàlvula del soldador vertical.

**CintaSalida.** Gestiona l'activació de la cinta de sortida. Aquest actuator te dos modes de funcionament, seleccionables per pantalla:

- En el mode continu, la cinta de sortida funciona sempre que la màquina està en marxa.
- En el mode automàtic, la cinta de sortida actua a través de la “Leva Cinta Salida”, en funció dels paràmetres introduïts per pantalla.

**SoldadorVerticalIzquierdo.** Aquest actuator, està previst per al cas de que la màquina estigués equipada amb format stabilo i actua a través de la “Leva Soldador Vertical Izquierdo”, en funció dels paràmetres introduïts per pantalla.

També es pot actuar manualment, des de la pantalla de TEST.



**SoldadorVerticalDerecho.** Gestiona la soldadura vertical del film i actua a través de la “Leva Soldador Vertical Derecho”, en funció dels paràmetres introduïts per pantalla.

També es pot actuar manualment, des de la pantalla de TEST.

**Cuchilla.** Gestiona l' actuator de la fulla de tall i actua a través de la “Leva Cuchilla”, en funció dels paràmetres introduïts per pantalla.

Es dona la possibilitat de fer tires de vàries bosses seguides sense tallar. Aquesta opció s'anomena “ristras” i es poden seleccionar la quantitat de bosses seguides que es volen a través del camp “Nº ristas” de la pantalla.

Exemple:

Al camp “Nº ristas” de la pantalla, s'ha introduït un “3”. La màquina comença a produir de manera normal, però la fulla de tall entra cada tres cicles. D'aquesta manera s'aconsegueixen tires de tres bosses juntes.

També es pot actuar manualment, des de la pantalla de TEST.

**Pliegue.** Aquest actuator, està previst per al cas de que la màquina estigués equipada amb format estable i actua a través de la “Leva Pliegue”, en funció dels paràmetres introduïts per pantalla.

També es pot actuar manualment, des de la pantalla de TEST.

**Marcador.** Gestiona l' actuator del marcador i actua a través de la “Leva Marcador”, en funció dels paràmetres introduïts per pantalla.

El marcador es el dispositiu que s'encarrega d'imprimir o marcar la data de caducitat, el lot, etc... del producte embassat.

També es pot actuar manualment, des de la pantalla de TEST.

**Correas.** Aquest actuator s'encarrega de fer la pressió de les corretges contra la boca del formador. El seu accionament es fa de forma manual amb una botó, des de la pantalla principal o des de la pantalla de TEST.

**CentradorBobina.** Quan la màquina està funcionant, el film pateix desviacions degudes a la flexibilitat que té el material. Aquesta secció gestiona la correcció lateral del film. Mitjançant els detectors de desviació, es pot saber cap a quin costat s'està desviant el film. Un cop determinat el sentit de la desviació s'actua sobre un motor de corrent contínua que fa una petita correcció del film, cap a la banda contrària.

També es pot actuar manualment, des de la pantalla de TEST.

**Elevador.** Aquest actuador, gestiona el dispositiu que alimenta la tolba de producte i actua a través de la "Leva Elecador", en funció dels paràmetres introduïts per pantalla.

També es pot actuar manualment, des de la pantalla de TEST.

**Removedor.** Gestiona l'activació del remenador de producte. Aquest actuador té dos modes de funcionament, seleccionables per pantalla:

- En el mode continu, el remenador funciona sempre que la màquina està en marxa.
- En el mode automàtic, el remenador actua a través de la "Leva Removedor", en funció dels paràmetres introduïts per pantalla.

També es pot actuar manualment, des de la pantalla de TEST.

**FrenoBobina.** Gestiona la interacció entre el braç compensador i el fre de la bobina, de la manera explicada a l'Annex 1.

També es pot actuar manualment, sobre el fre, des de la pantalla de TEST.

**ContadorBolsas.** Aquest apartat s'encarrega de monitoritzar per pantalla dos valors:

- Contador de bosses dosificades. Conta les bosses plenes que s'han produït des de la darrera posada a "0".
- Contador de bosses. Conta les bosses que s'han realitzat des de la darrera posada a "0". Aquest valor és molt útil per a controlar el rendiment que dona una bobina sencera. Cal tenir en compte, que al ajustar la màquina es desaprofitem una quantitat força elevada de bosses sense omplir.

**Arrastre.** Aquesta part del programa, s'encarrega de comunicar al driver el moment d'aturada i marxa de l'arrossegament.

**Dosificador.** Aquesta part del programa, s'encarrega de comunicar al driver el moment d'aturada i marxa del dosificador.

### 8.2.3 Tasca cíclica 2 (ALARMAS (02))

En aquesta tasca es gestionen totes les alarmes que es poden produir durant el servei de la màquina. La tasca està subdividida en vàries parts (una per a cada alarma). Com que totes les alarmes funcionen pràcticament igual, només es farà una descripció general, aplicable a cadascuna d'elles.

- Si es produeixen una sèrie de condicions, s'activa el bit corresponent d'alarma.
- El bit d'alarma activa el bit de visualització d'alarma. El bit de visualització d'alarma està associat a un missatge que es mostra a la pantalla "alarma actual" i es registra a la pantalla "historial d'alarmes".
- Quan l'operari veu l'alarma i l'accepta (mitjançant el botó d'acceptar de la pantalla "alarma actual"), surt de la pantalla d'alarma actual i es desactiva el bit de visualització d'alarma.
- Mentre el problema persisteix, el bit d'alarma segueix actiu i cada cop que l'operari premi el botó de marxa, activarà el bit de visualització d'alarma, saltarà a la pantalla "alarma actual" i no podrà posar en funcionament la màquina.
- En el moment que es restableix la incidència i es prem el polsador de reset, els dos bits d'alarma es posen a "0" i la màquina pot continuar funcionant.

Exemple:

L'operari prem el paro d'emergència:

- S'activa el bit d'alarma corresponent (50.0 = 1) i aquest activa el bit de visualització d'alarma corresponent (51.0 = 1).
- El bit 51.0 visualitza per pantalla el missatge "Paro de emergencia" a la pantalla "alarma actual".

- Si l'operari accepta l'alarma (51.0 = 0) i sense desenclavar el paro d'emergència, intenta donar marxa a la màquina (51.0 = 1), torna a la pantalla d'alarma actual.
- Si l'operari accepta l'alarma (51.0 = 0), desenclava el paro d'emergència i intenta donar marxa a la màquina, a la pantalla principal es visualitza el missatge "Falta rearmar".
- Si l'operari accepta l'alarma (51.0 = 0), desenclava el paro d'emergència i rearma la màquina (50.0 = 0), aquesta estarà en condicions de funcionar.

#### **8.2.4 Subrutina de test (INT (00))**

Al entrar a la pantalla de test s'han de desactivar totes les sortides. Aquesta subrutina posa el valor zero als canals de sortida.

### **8.3. Programa dels Controladors dels Motors (drivers)**

En aquest apartat, es pretén fer una petita descripció de la tasca que desenvolupa cada una de les parts del programa dels servomotors. Com que aquesta tasca a estat subcontractada no podem determinar, tan detalladament com la resta de programes, el seu funcionament.

El programa dels servos interactua directament amb el programa del plc a través d'una sèrie de variables, que estan definides al principi de cada segment de codi del programa.

#### **8.3.1 Programa "Arrastre"**

Aquesta part del programa s'encarrega de que les corretges arrosseguin la longitud de bossa configurada per pantalla. Te tres modes de funcionament, que es s'executen en funció del mode seleccionat des de la pantalla tàctil:

- Arrossegament en mode normal. Aquest mode fa servir l'encoder intern del servomotor per determinar la longitud de la bossa.
- Arrossegament en mode normal amb fotocèl·lula. En aquest mode, la longitud no depèn d'un encoder, sinó de la marca que porta la bobina (màcula)
- Arrossegament en mode normal amb encoder extern. Aquest mode fa servir un encoder extern del servomotor per determinar la longitud de la bossa.

- Arrossegament en mode continu. En aquest mode el motor arrossega la longitud mes llarga possible. Es fa servir per al canvi de bobina.

### **8.3.2 Programa “Encoder\_Maestro”**

Aquest programa s'encarrega de generar l'eix virtual que es fa servir de guia per a la resta d'eixos reals.

### **8.3.3 Programa “Mordazas”**

Aquest es el programa mes important, ja que s'encarrega de gestionar el moviment de les mordaces. Les seves tasques principals son:

- Regula l'obertura de les mordaces, en funció del valor introduït per pantalla.
- Regula les velocitats d'obertura i soldadura.
- S'encarrega de que l'eix mordaça faci moviments de 180° mentre l'eix virtual fa voltes de 360°.

### **8.3.4 Programa “Seguridad\_Mordazas”**

Gestiona l'aturada d'emergència de les mordaces, en cas d'atrapament. S'han diferenciat dos tipus d'aturada d'emergència.

- Aturada forçada. S'executa quan cau el relè d'emergència i talla la potència dels servomotors.
- Aturada per atrapament. S'executa mitjançant el detector de seguretat mordaces. Mitjançant un moviment molt lent, separa les mordaces per poder escapar de l'atrapament i deixa l'eix lliure per a que es pugui moure a mà.

### **8.3.5 Programa “Sinfin”**

S'encarrega de llegir la variable de polsos introduïda per pantalla i fer que el sinfí faci les voltes necessaries.

## 8.4. Programa de la pantalla

Des de d'interfície tàtil es poden configurar tots els paràmetres necessaris de la màquina. Les dos premisses mes importants que s'han tingut en compte, son:

- Navegació intuïtiva i senzilla.
- Disseny atractiu, espaiós i senzill de les pantalles, sense carregar-les excessivament. S'ha de posar molta atenció en aquesta part, ja que es una de les primeres coses que veu un client quan se li presenta la màquina.

Els següents botons tenen la mateixa funció en totes les pantalles:



*Figura 8.1. Icones generals*

- Fletxa a la dreta. Passa a la següent pantalla.
- Fletxa a l'esquerra. Torna a la pantalla anterior.
- Casa. Torna a la pantalla principal.

### 8.4.1 Presentació

La pantalla de presentació apareix al engegar la màquina. Quan es toca a sobre de la pantalla es passa a la pantalla següent (Pantalla principal).



*Figura 8.2. Pantalla de presentació*

### 8.4.2 Pantalla principal

La pantalla principal es la mes important de totes. En aquesta pantalla es visualitzen o es configuren els paràmetres de la màquina que han de tenir un accés o lectura mes ràpida.



*Figura 8.3. Pantalla principal*

- RECETA ACTUAL. Visualitza la recepta que s'està fent servir actualment.
- ESTADO MÀQUINA. Visualitza l'estat actual de la màquina, en marxa, paro posició, etc...
- FOTOCÉLULA CORRECCIÓN. Els leds indiquen cap a quin costat es desvia la bobina.
- VELOCIDAD MÀQUINA. Indica la velocitat real de la màquina, en bosses per minut.
- CONTADOR DE BOLSAS. Indica el total de bosses produïdes, tant plenes com buides. D'aquesta manera es pot controlar el rendiment de les bobines.
- PULSOS SINFÍN. Des d'aquest display es poden configurar la quantitat de polsos que ha de fer el sinfí, per a dosificar la quantitat de producte desitjada. Amb els polsadors "+" i "-" es poden modificar els polsos un a un.
- CICLO TRABAJO. Des d'aquest apartat es selecciona un dels tres modes de funcionament de la màquina. Al pulsar un botó s'nullen els altres dos, d'aquesta manera no es poden tenir dos modes activats a l'hora.
- SOLDADORES. A través d'aquests diplays es poden controlar les zones de calefacció.

- CORREAS. Amb aquest botó es tanquen i s'obren les corretges.
- la resta de botons, CONFIGURACIÓN, AJUSTES, TEST, RECETAS i ALARMES, porten cadascun a l'apartat corresponent.

### 8.4.3 Pantalla de configuració

En la pantalla de configuració es poden seleccionar els accionaments que porta la màquina. Polsant a sobre de la casella blanca s'activa i desactiva l'accionament corresponent al text.



Figura 8.4. Pantalla de configuració

### 8.4.4 Pantalla ajustes

Des d'aquesta pantalla s'accedeix a tots els ajustos de la màquina. Cada botó dona accés a una pantalla diferent. En cadascuna d'aquestes pantalles es poden configurar els paràmetres relacionats amb un grup concret d'accionaments de la màquina.





Figura 8.5. Pantalla d'ajustos

**Pantalla d'ajust de la cinta de sortida.** En aquesta pantalla es pot ajustar el mode de funcionament i el moment en que actua la cinta de sortida.



Figura 8.6 Pantalla d'ajustos de la cinta de sortida

- LEVA CINTA SALIDA. Al camp “inicio” s’introdueix el moment en que ha de començar ha actuar la cinta de sortida i en el camp “final” el moment en que ha de parar, sempre respecte a la variable “eix mordaga”.
- CINTA SALIDA. Amb aquest botó es configura el mode de funcionament de la cinta. En mode continu, la cinta funciona sempre que la màquina està en marxa i en automàtic, funciona a través de la lleva.

**Pantalla d'ajust de la correcció de la bobina de film.** Des d'aquesta pantalla es poden realitzar els ajustos necessaris per al control automàtic de la correcció de la bobina.

La correcció es fa controlant un motor de corrent contínua. Aquest motor corregeix les desviacions de la bobina movent el carro del desbobinador en el sentit contrari en que s'està desviant la bobina.

De la detecció del desviament s'encarreguen les fotocèl·lules de correcció i els límits de correcció s'encarreguen de que el carro no surti dels límits físics.



Figura 8.7. Pantalla d'ajustos de la correcció de la bobina

- **CORRECCIÓN CENTRADOR.** Mitjançant aquests dos botons , es pot corregir el desviament de forma manual, ja que actuen directament a les sortides que alimenten el motor de cc.
- **FOTOCÉLULAS DE CORRECCIÓN.** Si el film està desviat s'encén el led corresponent al costat de la desviació.
- **LÍMITES DE CORRECCIÓN.** Si el carro arriba al límit físic, s'encén el led corresponent al costat del límit i deixa de corregir.
- **T. ACTUACIÓN CENTRADOR.** En aquest camp es pot configurar el temps que la sortida està actuant sobre el motor de cc cada cop que ha de corregir.
- **T. ESPERA CENTRADOR.** Quan es dona un impuls de correcció, la desviació no es corregeix a l'instant, necessita un temps per a ser efectiva. En aquest camp es pot variar el temps d'espera entre correccions. D'aquesta manera evitem que la correcció sigui excessiva.

**Pantalla d'ajust de temperatures.** Des de aquesta pantalla es poden ajustar i visualitzar, en temps real, les temperatures de les diferents zones de calefacció de la màquina.

- La lectura actual ens la dona la sonda termopar que hi ha col·locada a cada resistència.
- La consigna la introduïm a mà.
- Els leds indiquen quan la sortida del PLC està activant el relè estàtic.

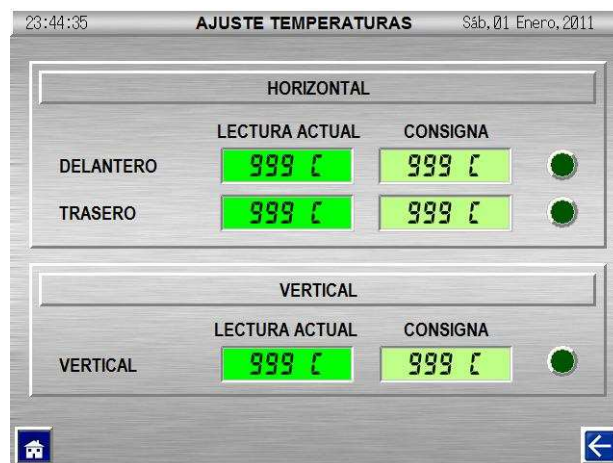


Figura 8.8. Pantalla d'ajust de les temperatures

**Pantalla d'ajust de la lleva de les mordaces.** Aquí es configuren les lleves que tenen relació directa amb la lleva de les mordaces. Es habitual que els paràmetres que s'han inclòs en aquesta pàgina es manipulin a la vegada, aquest es el motiu de s'hagin agrupat en un mateix context.



Figura 8.9. Pantalla d'ajust de la lleva de les mordaces

- **ABERTURA ACTUAL.** Visualitza en tot moment la posició de les mordaces.
- **LEVA CUCHILLA.** Al camp “inicio” s’introdueix el moment en que ha de començar ha actuar la fulla de tall i en el camp “final” el moment en que ha de parar, sempre respecte a la variable “eix mordaça”.
- **LEVA SOLDADOR VERTICAL.** Al camp “inicio” s’introdueix el moment en que ha de començar ha actuar el soldador vertical i en el camp “final” el moment en que ha de parar, sempre respecte a la variable “eix mordaça”.

**Pantalla d’ajust de l’arrossegament.** Aquí es configuren les lleves que tenen relació directa amb l’arrossegament. Es habitual que els paràmetres que s’han inclòs en aquesta pàgina es manipulin a la vegada, aquest es el motiu de s’hagin agrupat en un mateix context.



*Figura 8.10. Pantalla d’ajust de l’arrossegament*

- **LEVA ARRASTRE.** En aquest cas, només cal indicar el moment en que l’arrossegament començarà a actuar, ja que pararà quan acabi.
- **VEL. ARRASTRE.** En aquest camp es configura la velocitat de l’arrossegament.
- **RANGO MÁCULA.** En aquest camp s’especifica durant quants mm estarà inhibida la fotocèlula de la màcula.
- **T. RETARDO FRENO.** Si la longitud de bossa es molt elevada, es dona el cas que el braç compensador no dona a bast. Amb aquest retard, s’aconsegueix que cada cop que cau el braç compensador cau, es passi de llarg i extregui mes film del normal.

- LONGITUD BOLSA. Aquí es determina la longitud de bossa desitjada, quan es treballa amb encoder.
- N° RISTRAS. Dertermina cada quants cicles actua la fulla de tall.

**Pantalla d'ajust del dosificador.** Aquí es configuren els paràmetres que tenen relació directa amb la dosificació. Es habitual que els paràmetres que s'han inclòs en aquesta pàgina es manipulin a la vegada, aquest es el motiu de s'hagin agrupat en un mateix context.



Figura 8.11. Pantalla d'ajust del dosificador

- SINFIN
  - INICIO LEVA. Només cal indicar el moment en que començarà a dosificar. El motor s'aturarà automàticament quan acabi de contar els polsos que se li han configurat.
  - VELOCIDAD. Aquí s'indica la velocitat, en revolucions per minut
  - DIRECCIÓN GIRO. Aquest botó permet invertir el sentit de gir del sinfí. D'aquesta manera es pot desencallar, en cas de que quedi enganxat.
  - N°PULSOS. S'indica el número de polsos que farà el sinfí. En funció d'aquest valor, es dosificarà mes o menys producte.
  - N°PULSOS REALES. Aquest display només permet la lectura dels polsos reals que està fent el sinfí.
  - ANTICIPACIÓN DEL CLAPET A LA DOSIFICACIÓN. Per tal de no fer malbé cap peça, el clapet ha d'estar obert abans de que el sinfí comenci a girar. En aquest display es pot configurar aquest temps d'avançament.

- REMOVEDOR
  - VELOCIDAD DE GIRO. Aquí es pot configurar la velocitat de gir de les pales del remenador. Les unitats estan en Hz, ja que el remenador es controlat per un variador de freqüència.
  - FUNCIONAMIENTO. Aquest botó permet invertir el sentit de gir del remenador. D'aquesta manera es pot desencallar, en cas de que quedi enganxat.
- ALIMENTADOR
  - TIEMPO ESPERA. El temps d'espera està comprés entre el moment en que es comença a buidar la tolba i el moment que volem que comenci a emplenar-se de nou.

**Pantalla d'ajust de velocitat de la màquina.** En aquesta pantalla es poden modificar les velocitats de la màquina en mode manual y automàtic.

També es pot visualitzar la velocitat real a la que està funcionant, ja que la màquina no sempre pot assolir la demanda de velocitat consignada



Figura 8.12. Pantalla d'ajust de velocitat de la màquina

**Pantalla d'ajust d'obertura de les mordaces.** En aquesta pantalla es poden regular l'obertura de les mordaces i les velocitats d'obertura i soldadura de les mordaces. També es pot configurar el rang de temperatura en qual ha de ser activa l'alarma de temperatura.



*Figura 8.13. Pantalla d'ajust d'obertura de les mordaces*

#### **8.4.5 Pantalla de test**

A les pantalles de test es pot forçar de forma manual les sortides i es pot comprovar visualment el funcionament de les entrades.

Al polsar el botó de test de la pantalla principal s'entra en la pantalla de selecció. En la pantalla de selecció es determina se es vol entrar en la pantalla d'entrades o de sortides.

- Test Sortides. Al polsar un dels botons, el PLC força la sortida directament, activant l'actuador corresponent.
- Test entrades. Es fa servir per comprovar el correcte funcionament dels dispositius d'entrada de la màquina. Al forçar un detector, es pot comprovar mitjançant el led corresponent, que el PLC està rebent l'entrada corresponent.

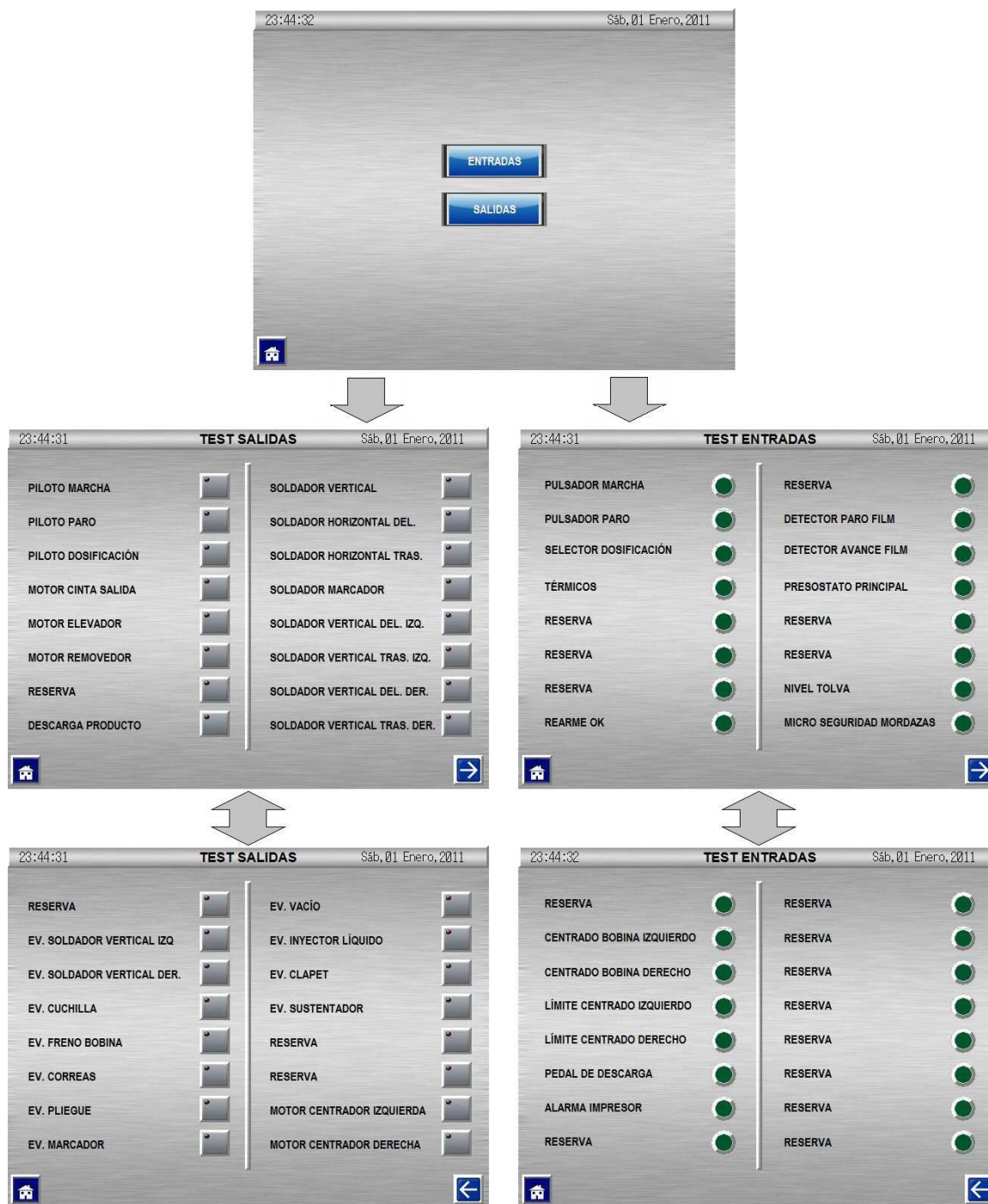


Figura 8.14. Seqüència de Navegació per les pantalles de Test

### 8.4.6 Receptes

La pantalla de receptes es una pantalla de recolzament per a l'operari. En aquesta pantalla es pot guardar el valor de les variables d'ajust de la màquina, per a cada producte.



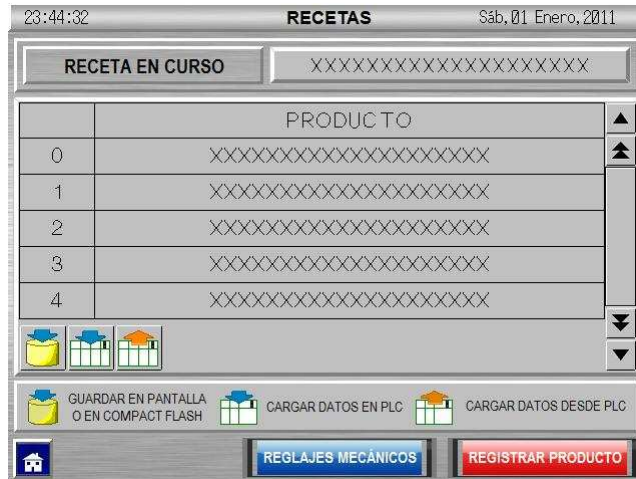


Figura 8.15. Pantalla de recetas

Quan l'operari té la màquina ajustada per al producte actual, pot registrar el producte:

- Al pulsar el botó “Registrar Producto”, el sistema demana un Password. Al introduir el password, es visualitzen els botons de “Guardar en pantalla o en Compact Flash” i de “Cargar datos desde PC. Al demanar el password s’assegura que els paràmetres només siguin modificats per el personal autoritzat.
- Es selecciona el nº de producte (1, 2, 3, etc...) i nombra.
- Es polsa el botó “Cargar datos desde PLC”. Aquest botó carrega totes les variables necessàries des de el PLC.
- Es polsa el botó “Guardar en pantalla o en Compact Flash”. Un diàleg preguntarà en qui dels dos suports es vol guardar, es selecciona un d’ells i la recepta quedarà guardada i disposada per ser recuperada en qualsevol moment.

Des de la pantalla “Recetas” es pot accedir a una pantalla anomenada “Reglajes Mecánicos”. En aquesta pantalla, l’operari pot registrar manualment, tots els ajustos físics que es fan a la màquina. Aquests valors son informatius i no afecten al funcionament del programa.

Es poden guardar els següents reglatges:

- Reglaje soldador vertical. Es la distància que separa el soldador vertical de la boca de dosificació

- Reglage fotocélula. Es la distància des de el canto del carro de la bobina i el suport on està situada la fotocèl·lula de la màcula.
- Reglage posición bobina. Es la distància entre el disc del fre de la bobina i el canto de la bobina.



Figura 8.16. Pantalla de reglatges

### 8.4.7 Alarmes

Hi ha dos pantalles dedicades a la gestió de les alarmes:

- Històric d'alarmes. Indica la data, la hora, i l'alarma que s'ha produït. Es visualitzen les darreres 25 alarmes que s'han produït. Mitjançant el botó "Borrar Historial" es pot borrar el llistat.



Figura 8.17. Pantalla d'Històric d'alarmes

- Pantalla d'alarma actual. Aquesta pantalla apareix en el moment que es produeix l'alarma, independentment de l'estat o moment en que es trobi i no s'hi pot accedir de forma manual. La única manera de sortir de la pantalla es polsant el botó de "Borrar Alarma", d'aquesta manera s'assegura que l'operari a vist i ha acceptat la situació d'alarma i es torna a la pantalla anterior. En cas de que no es restableixi l'alarma, quan es vulgui posar en marxa la màquina, es tornarà a aquesta pantalla.



*Figura 8.18. Pantalla d'Alarma actual*

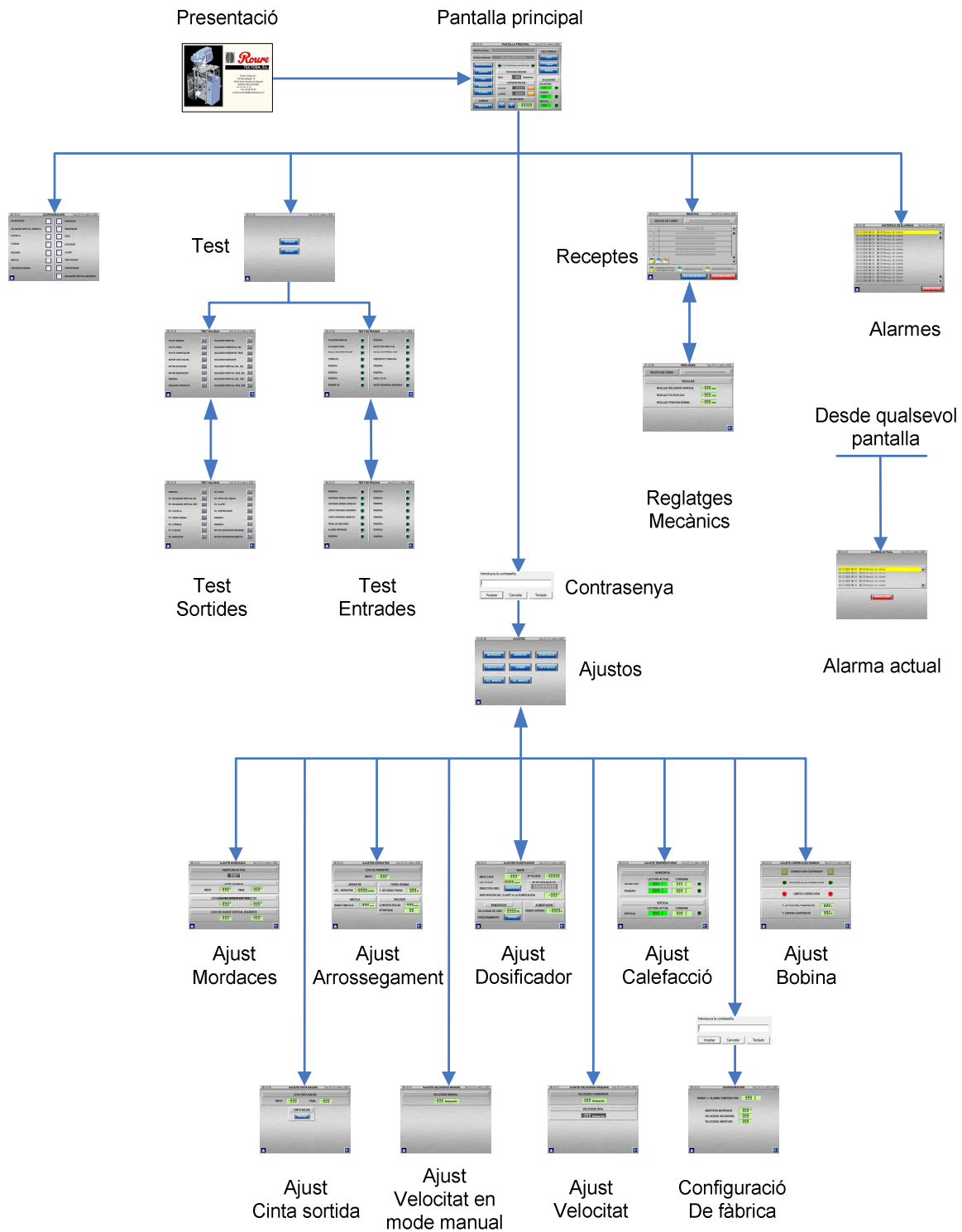


Figura 8.19. Esquema de navegació per les pantalles

## 9. RESULTATS

Una de les grans avantatges que te treballar amb els servomotors, es la possibilitat de fer una monitorització a temps real de les variables. Aquestes variables, es poden guardar per a estudis posteriors i fins i tot es poden exportar les dades a un arxiu \*.csv, per tractar-les amb el programa que es desitgi.

En aquets cas, només s'han monitoritzat les variables necessàries per l'estudi final del rendiment de la màquina amb els nous dispositius.

- Velocitat real. Ens indica la velocitat del motor en cada moment del cicle
- Instrucció de control de velocitat. Ens indica en tot moment el valor de la consigna de velocitat que està enviant el driver al motor. D'aquesta manera es pot controlar si la reacció del motor es la desitjada i es pot quantificar el temps de reacció d'aquest.
- Parell. Aquesta variable indica el parell que està fent en tot moment el motor. Serà molt útil per determinar el correcte dimensionament dels motors.

S'han realitzat monitoritzacions a velocitat màxima (entre 65 i 70 bosses/minut) amb un pes de 100gr. A totes les gràfiques es pot observar el temps de cicle.

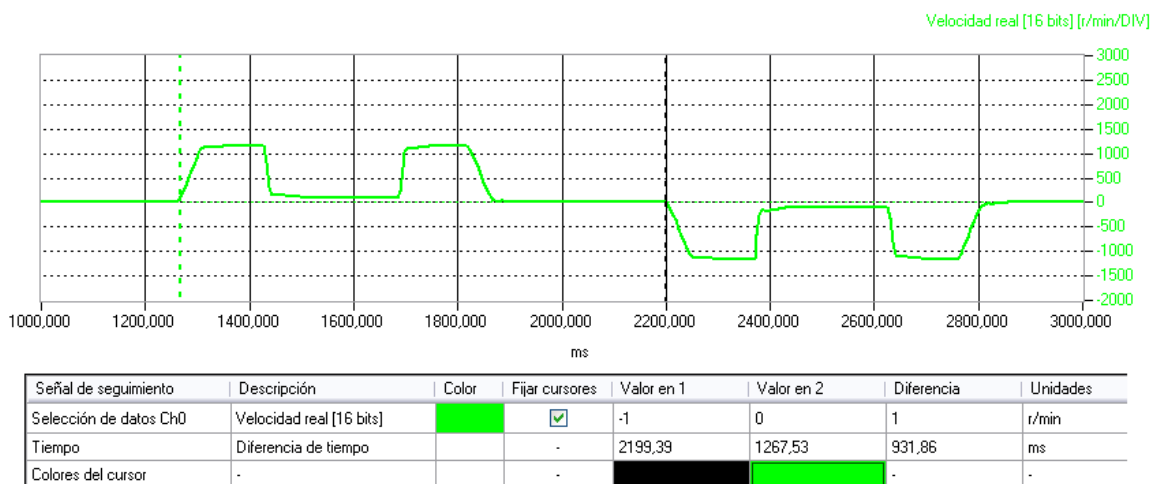


Figura 9.1. Temps de cicle

A la gràfica de la figura 9.1 es pot veure com s'ha mesurat aquest temps de cicle sobre la variable de velocitat de les mordaces. En aquest cas concret la màquina estava funcionant a una velocitat de:

$$v_{màquina} = \frac{60}{0,931} \approx 65 \text{ Bosses/ minut}$$

Per a explicar de manera estructurada els resultats obtinguts, s'ordenarà l'apartat seguint l'ordre de l'apartat 4.3 on es feia un resum dels aspectes a millorar.

## 9.1 Estudi del temps guanyats en els diferents accionaments

### 9.1.1 Estudi del temps guanyat en el sinfi

Un dels inconvenients més importants, era el temps que es perdia en l'acceleració i desceleració del motor del sinfi. A la gràfica de la figura 9.2 es pot observar com els temps d'acceleració i desceleració del sinfi han disminuït d'una manera considerable.

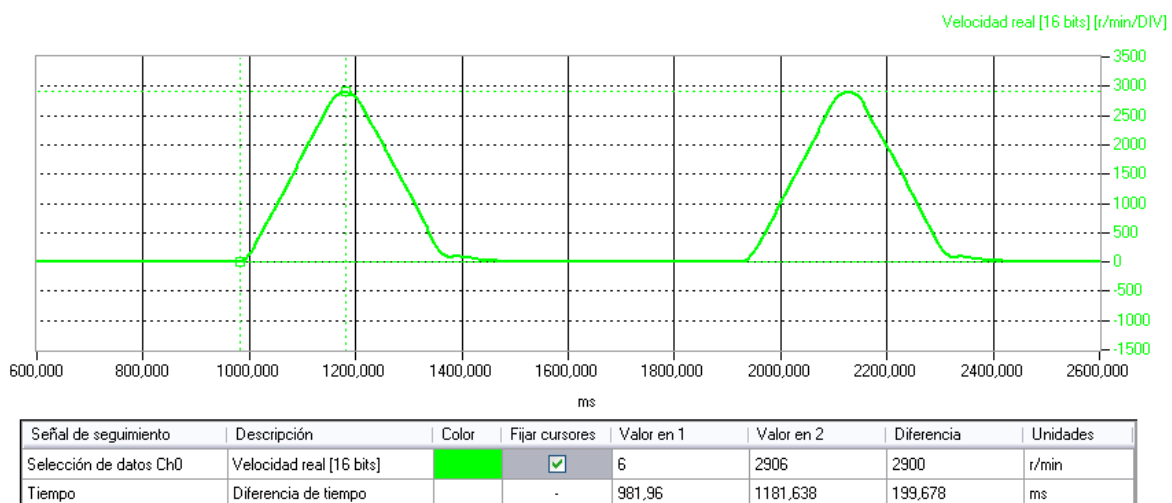


Figura 9.2 Temps d'acceleració i desceleració del sinfi

Els cursors ens indiquen que el temps d'acceleració es d'uns 200 ms. També es pot apreciar que el temps de desceleració es igual al d'acceleració. Tenint en compte que amb l'anterior solució teníem uns temps de 0,4 i 0,3 segons respectivament, podem determinar el guany de temps aconseguit:

$$T_{guanyat\ sinfi} = (0,4 + 0,3) - (0,2 + 0,2) = 0,3 \text{ segons}$$

També es pot observar que el sinfí no arriba a estar a velocitat nominal en cap moment (tot i que s'apropa moltíssim  $v = 2906$  rpm). Això es degut a que la quantitat de producte es molt baixa i abans d'arribar a la velocitat nominal ja ha dosificat la quantitat necessària de producte.

### 9.1.2 Estudi del temps guanyat en l'arrossegament

Els inconvenients mes importants eren, per una banda, el temps que es perdia en l'acceleració del motor de l'arrossegament i d'altra banda, la impossibilitat de realitzar una frenada gaire brusca degut a la inèrcia del propi paper. A la gràfica de la figura 9.3 es pot observar com els temps d'acceleració i desceleració del sinfí han disminuït d'una manera considerable.

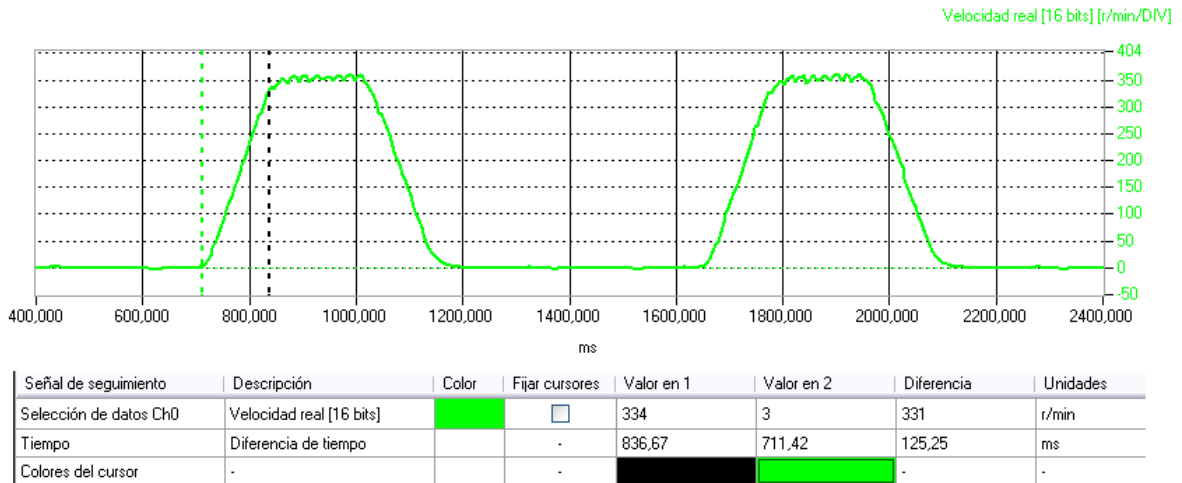


Figura 9.3 Temps d'acceleració i desceleració de l'arrossegament

Els cursors ens indiquen que el temps d'acceleració es d'uns 125 ms. La desceleració també té un temps de 125ms. Això a estat una grata sorpresa, ja que s'ha pogut escurçar un temps que no es creia viable. Certament el film es deforma lleugerament, però s'ha comprovat que això no afecta al resultat final de la bosseta.

Tenint en compte que amb l'anterior solució teníem uns temps de 0,3 i 0,2 segons respectivament, podem determinar el guany de temps aconseguit:

$$T_{\text{guanyat sinfí}} = (0,3 + 0,3) - (0,125 + 0,125) = 0,35 \text{ segons}$$

### 9.1.3 Estudi del temps guanyat en les mordaces

El concepte de funcionament de les mordaces es totalment diferent. Amb el nou sistema, les mordaces només estan aturades si l'arrossegament encara no a finalitzat i la lleva que les mou va fent girs de 180°. Quan les mordaces es troben obertes es mouen a una velocitat concreta i quan estan gairebé tancades es mouen a una velocitat mes lenta, per tal de controlar el temps que estan tancades realitzant la soldadura.

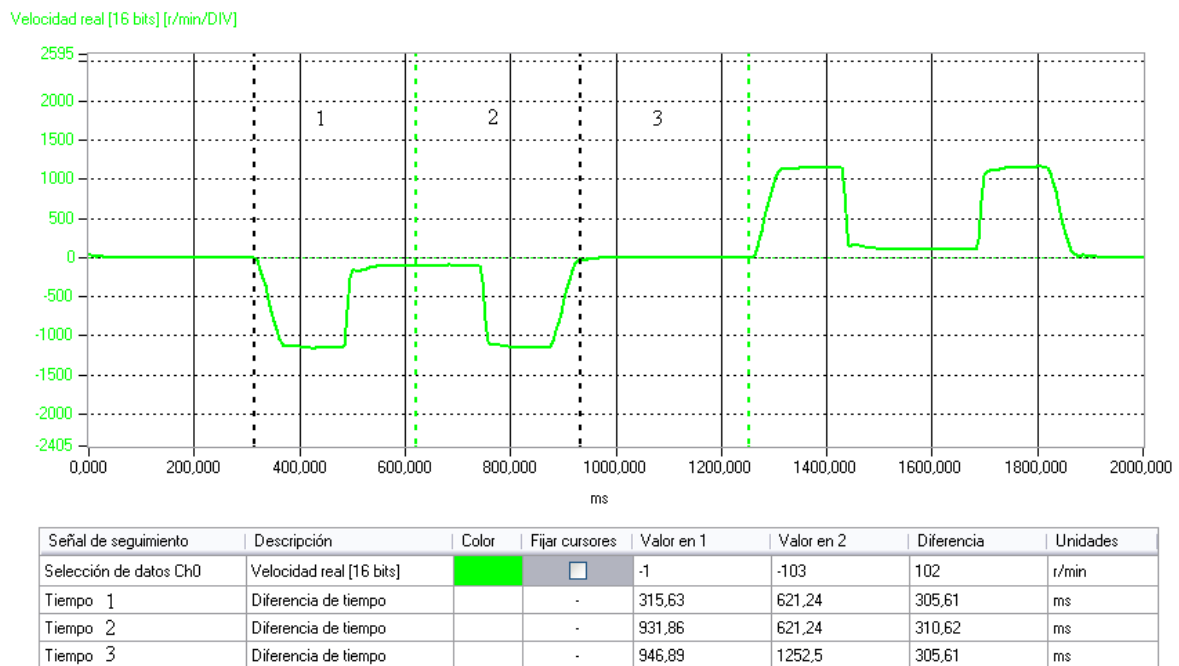


Figura 9.4 Cicle total de les mordaces

A la gràfica de la figura 9.4, el temps 1 pertany al temps de tancament de mordaces, el temps 2 a l'obertura de les mordaces i el 3 al temps que les mordaces estan esperant a que acabi l'arrossegament. El temps total es:

$$T_{total} = 0,305 + 0,310 + 0,305 = 0,92 \text{ ms}$$

En realitat, com veurem mes endavant, les mordaces només actuen soles (sense cap accionament principal solapat) durant els moments de velocitat nominal, per tant els temps de tancar i obrir mordaça son els que s'indiquen a la figura 9.5:

$$T_{\text{tancar mordaça}} = 115\text{ms}$$

$$T_{\text{obrir mordaça}} = 115\text{ms}$$



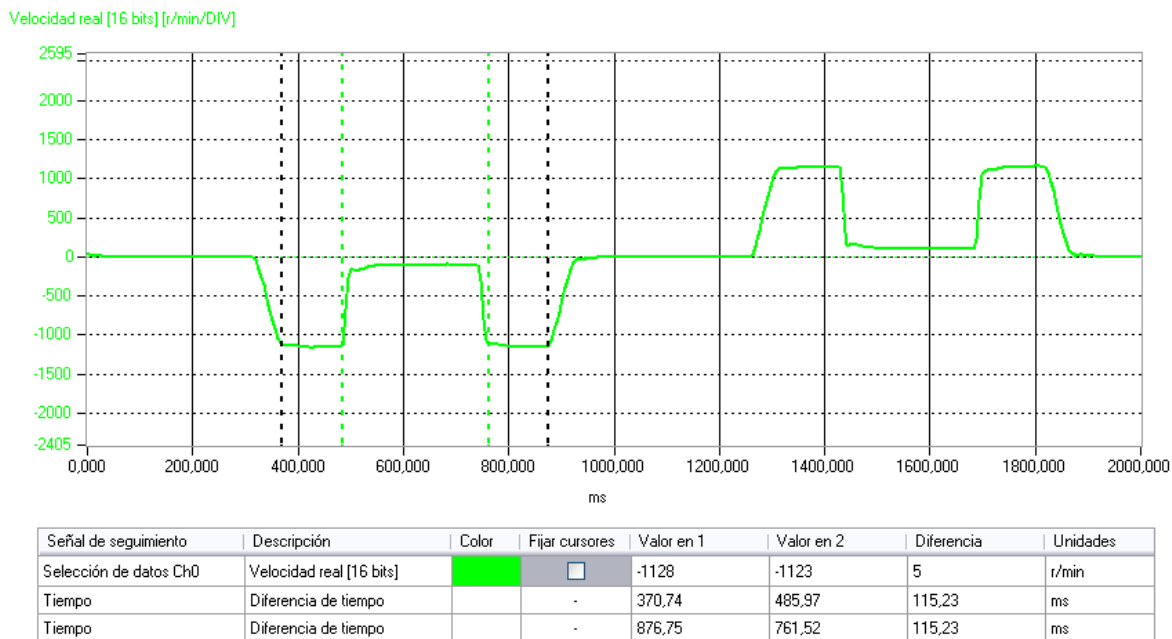


Figura 9.5 Temps de tancar i obrir mordaces

## 9.2 Millors en el software

### 9.2.1 Solapament de funcions

El solapament de funcions era uns dels inconvenients mes importants. Fent servir el mateix guió de l'apartat 4.2.1 (on s'exposava la problemàtica) i el gràfic de la figura 9.12 s'intenta explicar la nova filosofia amb que treballa la màquina.

- Etapa 1. Al acabar l'arrossegament, les mordaces comencen a tancar-se.
- Etapa 2. Quan les mordaces estan tancades, comença la dosificació
- Etapa 3. Quan les mordaces estan lleugerament obertes, comença l'arrossegament.

En aquest cas, encara es necessita que l'arrossegament hagi finalitzat per a poder iniciar el següent cicle. Es una condició que es pot anul·lar i que faria guanyar una mica mes de temps.

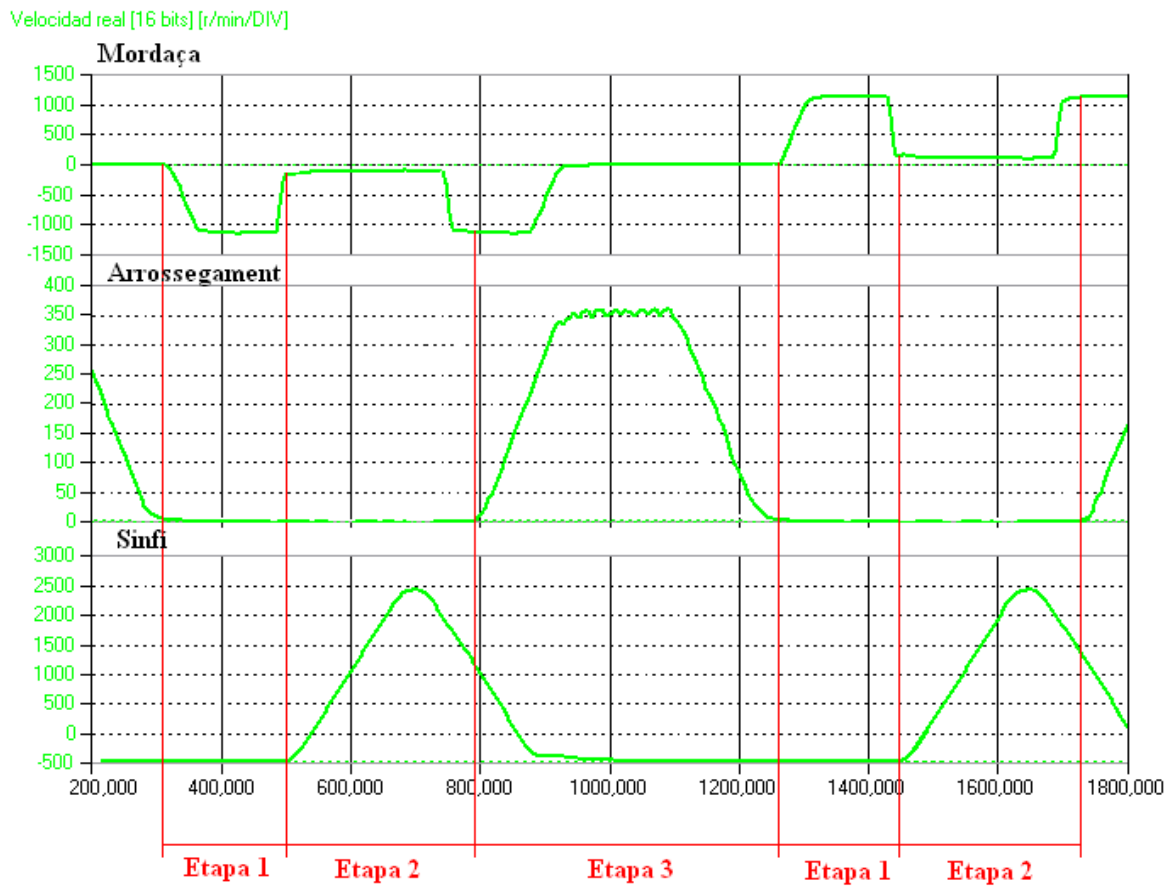


Figura 9.6 Gràfica de la sincronització de dipositius

## 9.2.2 Ajust d'accionaments.

Com que els servomotors permeten fer un seguiment de la posició en temps real a una resolució molt alta (mil.lers de punts), el problema queda solucionat.

Per tal de fer l'ajust més intuïtiu, s'ha escollit una resolució de 180 punts per cicle, que es una resolució més que acceptable per a l'aplicació.

$$T_{\text{resolució}} = \frac{1}{180} = 5,55 \text{ ms}$$

## 9.3 Estudi dels inconvenients no quantificables

### 9.3.1 Retard en l'intercanvi d'instruccions

Un dels inconvenients no quantificables més destacat fa referència als retards que poden sofrir els dispositius quan intercanvien instruccions.

A la gràfica de la figura 9.6 es fa l'estudi del temps que passa entre que el driver dona la ordre de marxa i el motor del sinfí reacciona. S'ha afegit la senyal de consigna de velocitat i s'ha fet un zoom de la gràfica de la figura 9.2, centrat en el moment en que el motor comença a accelerar.

Tot i que es molt difícil acurar tant, s'ha extret un temps de reacció de 5 ms. Cal sumar aquest temps amb el retard de les comunicacions entre els servos i la targeta controladora del plc (MCH72), que es de 50us:

$$T_{retard} = 5 + 0,05 = 5,05ms$$

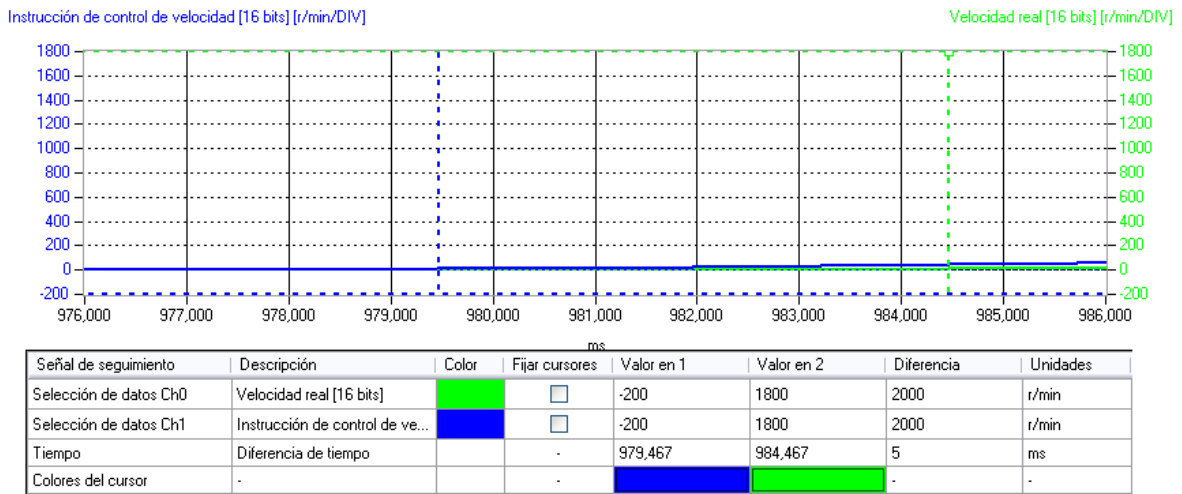
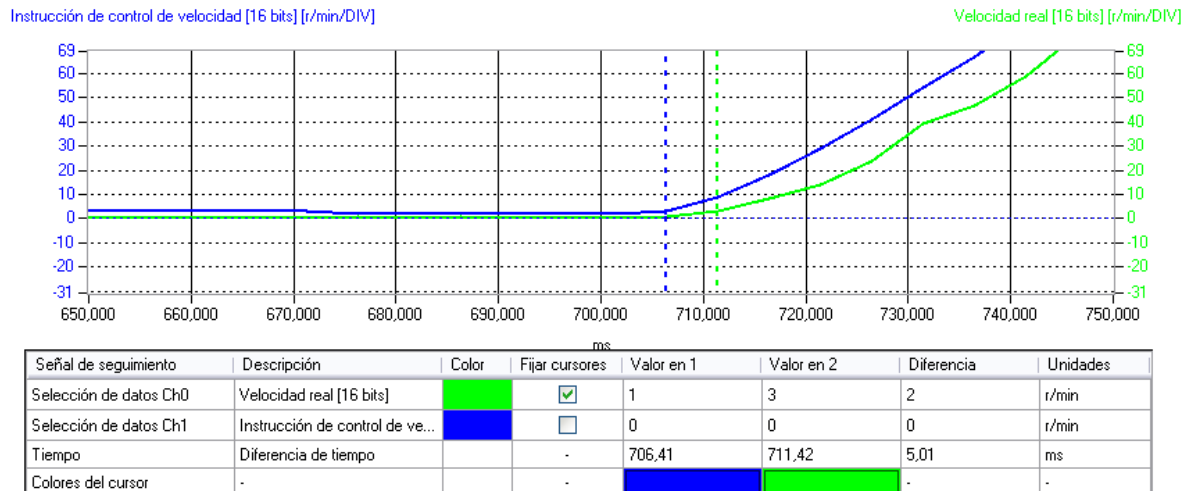


Figura 9.7 Retard en l'ordre de marxa del sinfí

A la gràfica de la figura 9.7 es fa l'estudi del temps que passa entre que el driver dona la ordre de marxa i el motor de l'arrossegament reacciona. S'ha afegit la senyal de consigna de velocitat i s'ha fet un zoom de la gràfica de la figura 9.3, centrat en el moment en que el motor comença a accelerar. S'ha extret un temps de reacció de 5 ms al que cal sumar-li el retard de les comunicacions entre els servos i la targeta controladora del plc (MCH72), que es de 50us:

$$T_{retard} = 5 + 0,05 = 5,05ms$$



**Figura 9.8 Retard en l'ordre de marxa del sinfi**

Cal destacar, que el fet de que la tracció dels servomotors es directa a les politges, s'anul·la el retard no quantificable que existia amb el sistema de cadenes antic.

Una altre observació que es pot fer i que no es va tenir en compte es la velocitat nominal del motor de l'arrossegament. Amb el sistema anterior es tenia un velocitat nominal de 71 rpm al eix del motor, per tant les politges d'arrossegament s'obtenia:

$$v_{\text{arrossegament}} = v_{\text{motor}} \cdot \frac{d_{\text{pinyó motor}}}{d_{\text{pinyó polotja}}} = 71 \cdot \frac{12}{10} \approx 85 \text{rpm}$$

Els servomotors de l'arrossegament poden desenvolupar una velocitat de fins a 600rpm. A les proves es va observar que amb una velocitat de 350 rpm el funcionament era òptim, tenint en compte que la frenada havia de ser el més ràpid possible.

A la gràfica de la figura 9.8 es fa l'estudi del temps que passa entre que el driver dona la ordre de marxa i el motor de les mordaces reacciona. S'ha afegit la senyal de consigna de velocitat i s'ha fet un zoom de la gràfica de la figura 9.4, centrat en el moment en que el motor comença a accelerar. S'ha extret un temps de reacció de 5 ms al que cal sumar-li el retard de les comunicacions entre els servos i la targeta controladora del plc (MCH72), que es de 50us:

$$T_{\text{retard}} = 5 + 0,05 = 5,05 \text{ms}$$

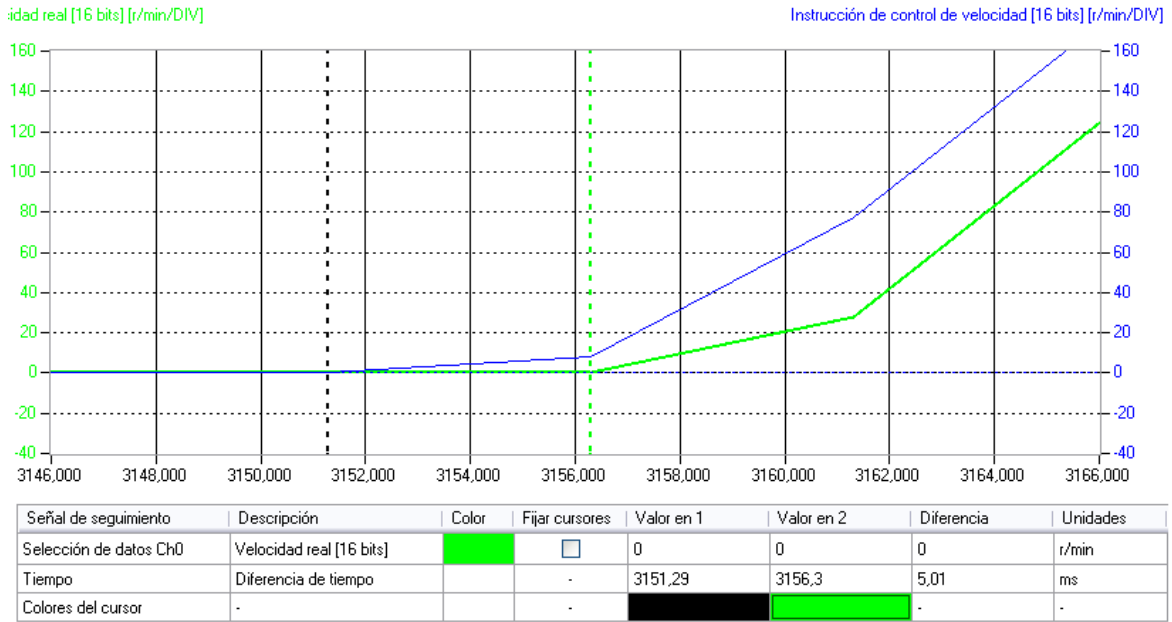


Figura 9.9 Retard en l'ordre de marxa de les mordaces

### 9.3.2 Relació velocitat/parell

Un altre dels inconvenients no quantificables, es la capacitat dels dispositius de mantenir el parell necessari a qualsevol velocitat.

En la gràfica de la figura 9.10 es pot observar la relació velocitat/parell del motor del siní, de manera molt detallada. Els cursors indiquen el moment en que el motor del siní desenvolupa el parell mes elevat a la velocitat mes petita. Aquest moment coincideix amb el moment de màxima acceleració del motor i aquest desenvolupa un parell que correspon a un 56% del parell màxim que pot desenvolupar. Per tant queda demostrat la gran capacitat que tenen aquest tipus de motors a l'hora de generar parells elevats a baixes velocitats.

El moment en que el parell es torna negatiu, fa referència a la frenada del motor i es degut a la inèrcia que porta el motor quan està a màxima velocitat. En aquest cas, el parell es només d'un 28% aproximadament del parell màxim que pot desenvolupar el dispositiu.

Un altre dada que crida l'atenció a la gràfica, es el 15% aproximadament de parell positiu que genera el motor al estar aturat. Aquest parell es el mínim necessari per tenir bloquejat el siní i el driver el regula automàticament.

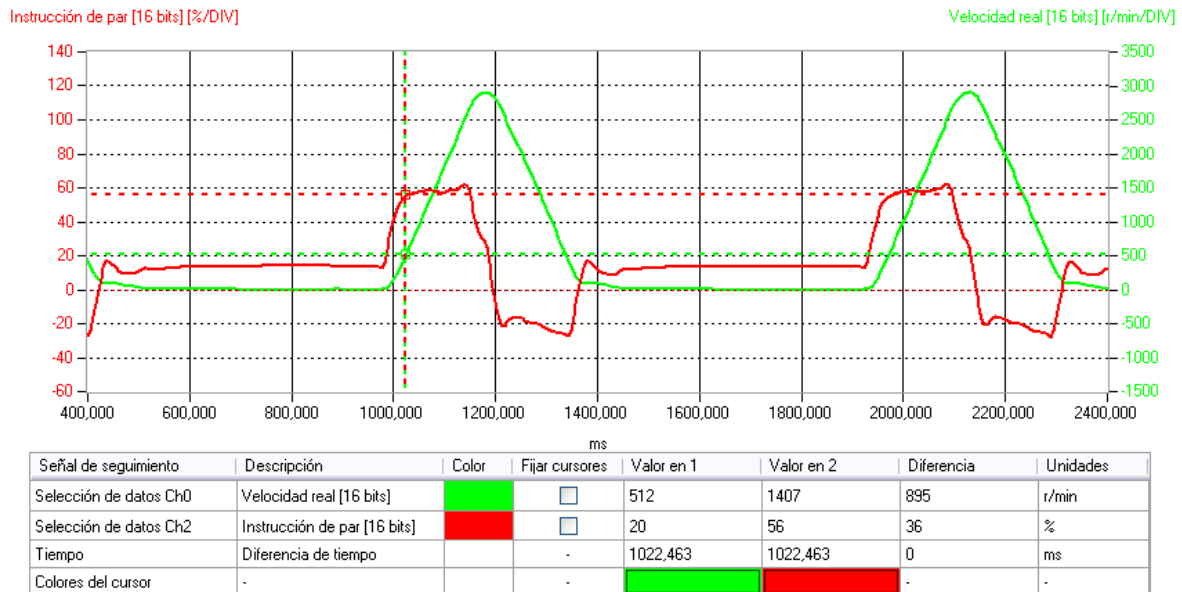


Figura 9.10 Relació velocitat/parell en el sinfi

També es molt interessant el punt on el motor comença a frenar, ja que es veu com es capaç de canviar d'un parell del 62% a un parell del -28% en menys de 50 ms.

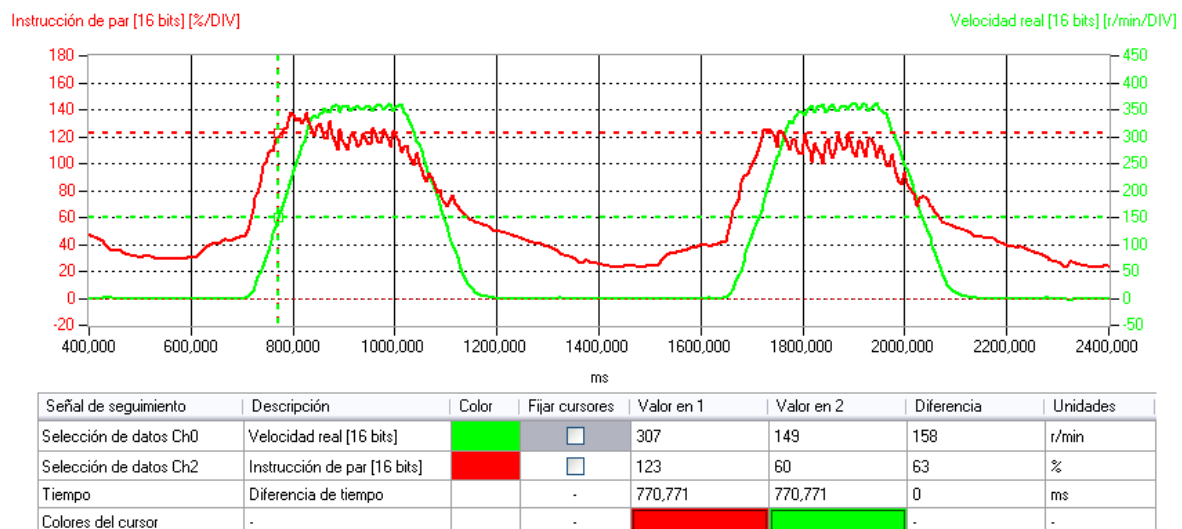


Figura 9.11 Relació velocitat/parell en l'arrossegament

En la gràfica de la figura 9.11 es pot observar la relació velocitat/parell del motor de l'arrossegament, de manera molt detallada. Els cursors indiquen el moment en que el motor de l'arrossegament desenvolupa el parell més elevat a la velocitat més petita. Aquest moment coincideix amb el moment de màxima acceleració del motor i aquest desenvolupa un parell que correspon a un 123% del parell màxim que pot desenvolupar. Per tant queda

demostrat la gran capacitat que tenen aquest tipus de motors a l'hora de generar parells elevats a baixes velocitats.

Un dada que crida l'atenció a la gràfica, es el fet de que no calgui generar parell negatiu per frenar els motors. Això es degut a que l'arrossegament no crea pràcticament inèrcia.

En la gràfica de la figura 9.12 es pot observar la relació velocitat/parell del motor de les mordaces, de manera molt detallada. Els cursors indiquen el moment en que el motor de les mordaces desenvolupa el parell mes elevat a la velocitat mes petita. Aquest moment coincideix amb el moment de màxima acceleració del motor i aquest desenvolupa un parell que correspon a un 270% del parell màxim que pot desenvolupar. Per tant queda demostrat la gran capacitat que tenen aquest tipus de motors a l'hora de generar parells elevats a baixes velocitats.

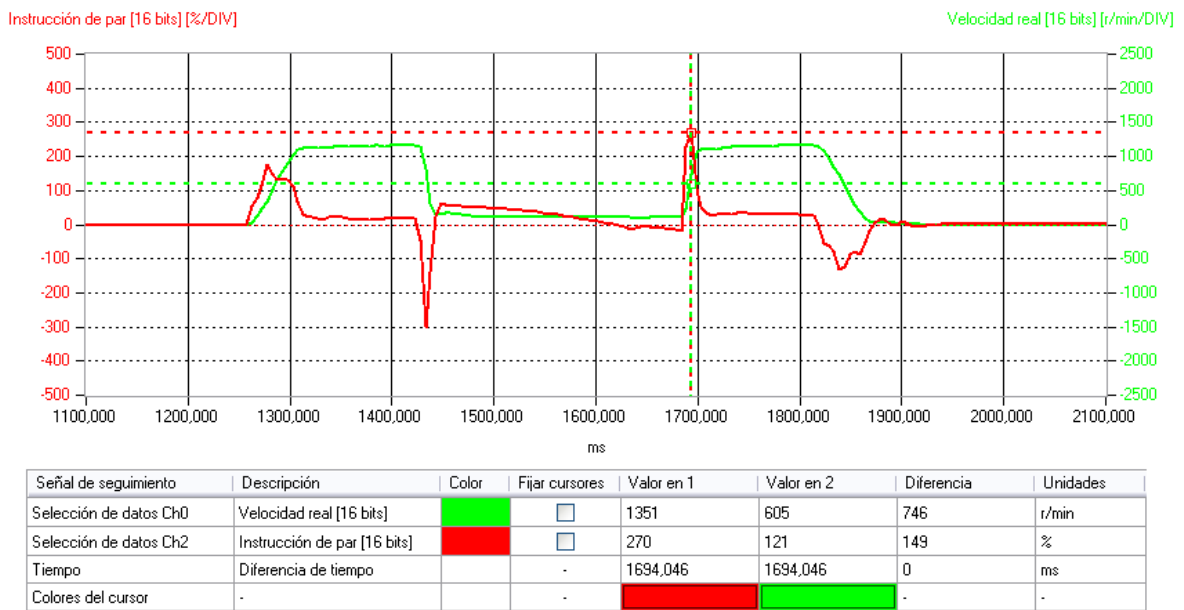


Figura 9.12 Relació velocitat/parell en les mordaces

El moment en que el parell es torna negatiu, fa referència a la frenada del motor i es degut a la inèrcia que porta el motor quan està a màxima velocitat. En aquest cas, el parell es només d'un 300% del parell màxim que pot desenvolupar el dispositiu. Aquesta dada es molt significativa, com podem veure mes endavant.

També es molt interessant el punt on el motor comença a frenar, per ajustar-se a la velocitat de soldadura. Aquí es veu com el motor es capaç de canviar, d'un parell del 20%

a un parell del -300% en menys de 15 ms. Aquesta dada es molt significativa, ja que es el punt de la màquina on el motor treballa mes al límit.

## 9.4 Estudi del dimensionament dels dispositius

Quan es va fer l'elecció dels dispositius, aquesta es va basar en els dispositius implementats anteriorment. Pels diferents motius que es van exposar a l'apartat 6, aquesta fórmula no garanteix al 100% que els dispositius estiguin correctament dimensionats.

En aquest apartat farem servir les gràfiques que fan referència al parell desenvolupat per cada un dels dispositius.

Les especificacions del fabricant, determinen que es pot arribar a un 300% del parell màxim en els dispositius de la seva marca en un moment puntual, però aconsella que no es sobrepassi el 200%. Per tant, es donarà com a vàlid, qualsevol valor que estigui per sota del 200% o del 300% si es un moment molt puntual ( uns 100 ms).

A la gràfica de la figura 9.12 es pot observar, que l'esforç que realitza el motor del sinfí es troba en un 62% del seu màxim. En aquest cas es dona per acceptable, ja que el l'esforç en el sinfí està relacionat directament amb el tipus de producte que es vol dosificar, la humitat i la densitat del mateix.

Les probes s'han realitzat amb un producte (Flan Royal) de densitat mitja i considerat “no problemàtic”. Per tant el dispositiu està ben dimensionat.

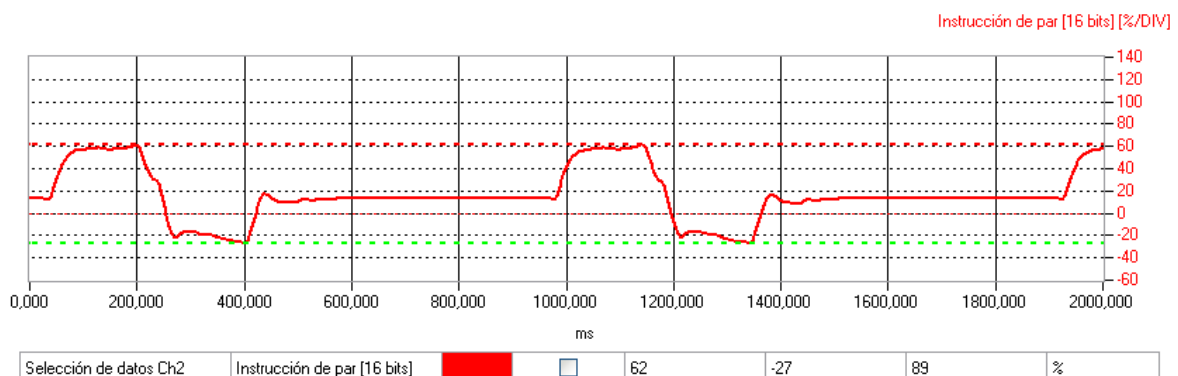


Figura 9.13 Monitorització del parell en el sinfí



A la gràfica de la figura 9.13 es pot observar, que l'esforç que realitza el motor de l'arrossegament es troba en un 138% del seu màxim. El dimensionament del dispositiu es correcte

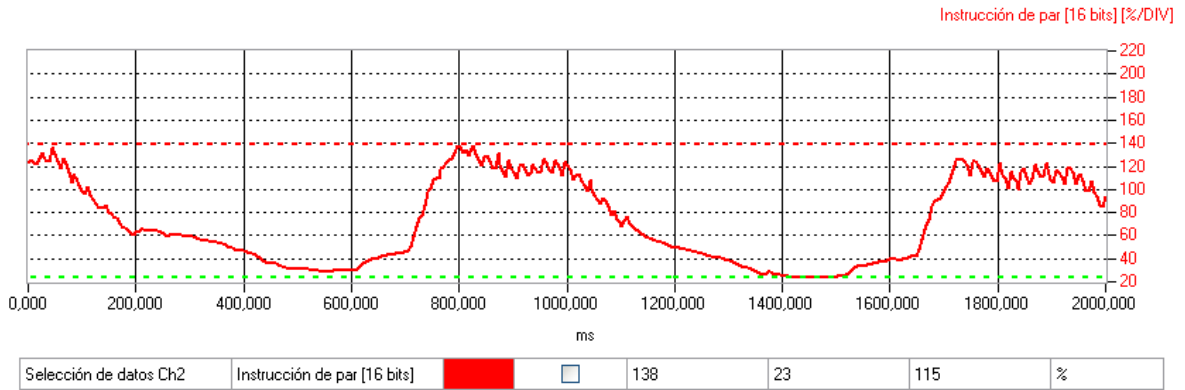


Figura 9.14 Monitorització del parell en l'arrossegament

A la gràfica de la figura 9.14 es pot observar, que l'esforç que realitza el motor de les mordaces arriba a estar en un 300% del seu màxim, tot i que es troba gairebé durant tot el cicle per sota del 100%. Els cursors verticals ens indiquen que el valor del parell només està per sobre del 200% durant 10 ms. Per tant, també en aquest cas, es pot considerar el dimensionament com a correcte.

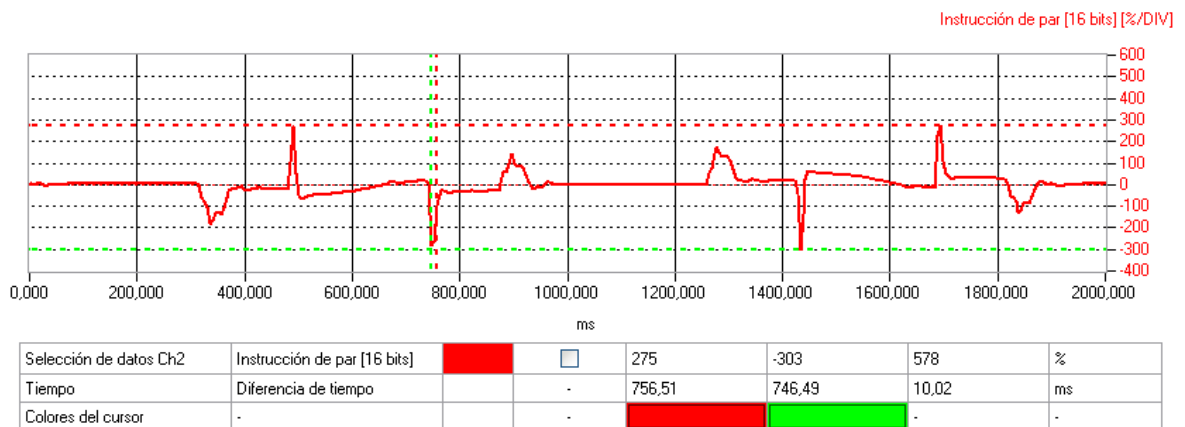


Figura 9.15 Monitorització del parell en les mordaces



## 10. COSTOS

Després de veure els resultats, queda patent que la millora a sigut considerable respecte al sistema que s'utilitzava abans. Tot i això, la rendibilitat del projecte també esta subjecte als costos que suposa el canvi de tecnologia.

A continuació, es fa un pressupost general dels costos en material elèctric, tant de la màquina antiga com de la nova.

A l'hora de calcular els pressupostos, no s'ha tingut en compte els costos de desenvolupament. Al ser un prototip, els costos de desenvolupament han sigut elevats. Tot i això, cal tenir en compte que s'ha treballat de manera que es puguin minimitzar els costos de muntatge de cara a la producció futura.

Els costos de manteniment i d'ajust mecànic també s'han escurçat, ja que s'han eliminat elements mecànics (cadena i pinyons) i s'ha simplificat el mètode d'ajust en uns altres (sistema de mordaces, autocorrecció de la bobina, etc...).

| Pressupost màquina antiga amb sinfí |                                  |                         |            |          |
|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|------------|----------|
| Qnt.                                | Referència                       | Destí/descripció        | Preu/u (€) | Preu (€) |
| 1                                   | LBCM 49/71K-4/71                 | Motor arrossegament     | 223,85     | 223,85   |
| 1                                   | 6SL3 211-0AB15-5UA1              | Variador 0,55 kw        | 96,6       | 96,6     |
| 1                                   | M-90SA 4 1,1kW B5 230/400v       | Motor sinfín            | 104        | 104      |
| 1                                   | 6SL3 211-0AB21-5UA1              | Variador 2,2 kw         | 143,3      | 143,3    |
| 1                                   | 1210630070CP CIL.ISO<br>6431VDMA | Cilindro                | 100,23     | 100,23   |
| 1                                   |                                  | Grupo piñones arrastre  | 453,24     | 453,24   |
| 1                                   |                                  | Material varis elèctric | 2160,52    | 2160,52  |

**TOTAL 3281,74€**

Taula 10.1 Presupost màquina antiga amb sinfí

| Presupost màquina nova |                   |                             |            |          |
|------------------------|-------------------|-----------------------------|------------|----------|
| Qnt.                   | Referència        | Destí/descripció            | Preu/u (€) | Preu (€) |
| 1                      | R88M-K2K030F-S2   | Servoaccionamiento / Motion | 816'00     | 816'00   |
| 1                      | R88A-CAGD003SR-E  | Servoaccionamiento / Motion | 71'40      | 71'40    |
| 1                      | R88A-CAGD003SR-E  | Servoaccionamiento / Motion | 82'20      | 82'20    |
| 1                      | R88D-KN20F-ML2    | Servoaccionamiento / Motion | 948'00     | 948'00   |
| 1                      | R88M-K3K030F-S2   | Servoaccionamiento / Motion | 984'00     | 984'00   |
| 1                      | R88A-CRKC003NR-E  | Servoaccionamiento / Motion | 71'40      | 71'40    |
| 1                      | R88A-CAGD003SR-E  | Servoaccionamiento / Motion | 82'20      | 82'20    |
| 1                      | R88D-KN30F-ML2    | Servoaccionamiento / Motion | 1.008'00   | 1008'00  |
| 2                      | R88M-K40030H-S2   | Servoaccionamiento / Motion | 252'00     | 504'00   |
| 2                      | R88A-CRKA003CR-E  | Servoaccionamiento / Motion | 55'80      | 111'60   |
| 2                      | R88A-CAKA003SR-E  | Servoaccionamiento / Motion | 28'20      | 56'40    |
| 2                      | R88D-KN04H-ML2    | Servoaccionamiento / Motion | 486'00     | 972'00   |
| 1                      | JX-AB004-EF       | Convertidor de frecuencia   | 95'15      | 95'15    |
| 1                      | CJ1W-CIF11        | Automata programable        | 84'00      | 84'00    |
| 1                      | CJ1W-MCH72        | Servoaccionamiento / Motion | 1.734'00   | 1734'00  |
| 4                      | JEPMC-W6003-01-E  | Servoaccionamiento / Motion | 69'60      | 278'40   |
| 1                      | JEPMC-W6022-E     | Servoaccionamiento / Motion | 22'20      | 22'20    |
| 1                      | CJ1W-PA202        | Automata programable        | 97'50      | 97'50    |
| 1                      | CJ2M-CPU12        | Automata programable        | 450'00     | 450'00   |
| 2                      | CJ1W-ID211 CHN    | Automata programable        | 108'75     | 217'50   |
| 2                      | CJ1W-OD212 CHN    | Automata programable        | 131'25     | 262'50   |
| 1                      | CJ1W-TS561        | Automata programable        | 326'25     | 326'25   |
| 1                      | AX-CUSBM002-E     | Convertidor de frecuencia   | 24'72      | 24'72    |
| 1                      | E6B2-CWZ1X 1000P/ | E6B2-CWZ1X Encoder          | 111'54     | 111'54   |
| 1                      | CXONE-AL01-EV4-UP | Automata programable        | 1'00       | 1'00     |
| 1                      | CXONE-DVD-EV4     | Automata programable        | 1'00       | 1'00     |
| 4                      | MINI DELTA 26-V1  | Conector Motion             | 15'60      | 62'40    |
| 1                      | NS8-TV00B-V2      | Terminal programable        | 1.122'00   | 1122'00  |
| 2                      | R88MK40030H       | Servoaccionamiento / Motion | 226'10     | 452'20   |
| 1                      | R88MK2K030F       | Servoaccionamiento / Motion | 504'00     | 504'00   |
| 1                      |                   | Material varis              |            | 1055,20  |
| 1                      |                   | Material altres proveidors  |            | 2983,80  |

|              |                  |
|--------------|------------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>15592,56€</b> |
|--------------|------------------|

Taula 10.2 Presupost màquina nova amb sinfi

El cost extra en material elèctric queda:

$$\text{Cost extra} = 15592.56 - 3281.74 = \mathbf{12310,82€}$$

## 11. CONCLUSIONS

L'objectiu professional que se'ns proposava al departament elèctric fa uns mesos era el següent:

“Automatitzar el funcionament d'una màquina amb sistema d'envasar vertical afegint una sèrie de modificacions per tal de fer-la més competitiva a nivell productiu, de manteniment i d'ajust”

Segons l'estudi realitzat queda patent que l'objectiu principal queda cobert. Si més no, s'ha augmentat la productivitat de la màquina en un 50% i s'han simplificat les tasques de manteniment i ajust. Aquest augment de productivitat, a superat força les expectatives i es degut, en gran part, a la bona col·laboració entre els departaments implicats més directament.

També s'ha millorat estèticament la imatge de la màquina, que amb una interfície tàctil de 8” en color i amb bona resolució, dona una imatge més modernitzada i més visual.

Una altre millora que queda molt patent quan es veu funcionar la màquina, es que no fa gens de soroll. Això es degut al baix índex de soroll que tenen els servomotors i a l'eliminació de peces mecàniques.

L'inconvenient principal del projecte es el cost extra que suposa la implementació de la tecnologia basada en servomotors. Queda en mans d'altres persones, el fet de valorar la viabilitat econòmica del projecte. Tot i així es pot aventurar un raonament final encarat a justificar aquesta viabilitat:

“L'anterior màquina tenia un preu de venda d'uns 54000€, produïa entre 25 i 40 bosses per minut i necessitava una supervisió i manteniment exhaustiu.”

“La màquina nova te un preu de venda d'uns 70000€, produeix fins a 70 bosses per minut i necessitava una supervisió i manteniment molt menys exhaustiu.”

L'altre objectiu era el personal i es el que a donat sentit, al fet de convertir tot aquest projecte professional en un el meu Projecte de Final de Carrera:

“Fer un estudi comparatiu, de la tecnologia antiga amb la nova modificació (ja funcionant), extreure'n les conclusions i determinar si es rendible”

Finalment, queda la sensació d'haver fet un estudi molt exhaustiu i de gran rigurositat. S'han extret les conclusions de manera precisa i transparent. Això es degut al bon plantejament inicial i al fet de no haver trobat entrebancs greus durant el desenvolupament.

## **12. BIBLIOGRAFIA**

- [1] CJ1W-MCH72 Motion control Unit “Operation Manual”
- [2] SYSMAC serie CJ “Manual de programación”
- [3] Variador de frecuencia JX “Manual del usuario”
- [4] OMNUC G5-Series AC-Servodrives “User Manual”
- [5] Apex dynamics “Planetary Gearboxes catalog”

