

## Treball final de grau

**Estudi:** Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

**Títol:** Automatització de tres talladores i una envasadora per reduir els residus plàstics a la indústria càrnia

**Document:** 1. Memòria

**Alumne:** Adrià Quintana i Usan

**Tutor:** Miquel Rustullet i Reñé

**Departament:** Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

**Àrea:** Enginyeria de Sistemes i Automàtica

**Convocatòria (mes/any):** Juny / 2020

## ÍNDIX

<b>1. INTRODUCCIÓ</b> .....	3
1.1. Antecedents .....	3
1.2. Objecte.....	3
1.3. Abast.....	3
<b>2. TALLADORA</b> .....	4
<b>3. PROCÉS</b> .....	5
3.1. Alineadora .....	5
3.1.1 Descripció .....	5
3.1.2. Senyals d'entrada .....	6
3.1.3. Senyals de sortida .....	6
3.2. Envasadora .....	7
3.2.1 Descripció .....	7
3.2.2. Senyals d'entrada .....	8
3.2.3. Senyals de sortida .....	8
<b>4. SELECCIÓ DE DISPOSITIUS</b> .....	9
4.1. Autòmat.....	9
4.1.1. Configuració d'entrades del PLC.....	9
4.1.2. Configuració de sortides del PLC .....	10
4.2. Mòdul d'entrades analògiques.....	11
4.3. Mòdul de sortides digitals .....	12
4.4. Variador de freqüència .....	13
4.5. Pantalla .....	13
4.6. Relé.....	14
4.7. Sensors .....	14
4.7.1. Fotocèl·lula .....	15
4.7.2. Inductiu .....	15
4.7.3. Inductiu dels cilindres.....	15
4.7.4. Sensor de pressió .....	16
4.7.5. Termoparell.....	17
4.8. Controlador de temperatura.....	17
4.9. Link 150.....	18
4.10. Fonts d'alimentació.....	18
4.10.1. Control .....	18
4.10.2. Potència.....	19

4.11.1. Motor de corrent continu .....	19
4.11.2. Motor de corrent altern .....	20
<b>5. PROGRAMACIÓ .....</b>	<b>21</b>
5.1. Màquina alineadora .....	24
5.1.1. Cinta transportadora .....	24
5.1.2. Cinta alineadora .....	27
5.1.3. Cinta envasadora .....	28
5.2. Màquina envasadora .....	29
5.2.1. Transport .....	30
5.2.2. Forma .....	31
5.2.3. Buit .....	32
5.2.4. Etiquetatge .....	33
5.2.5. Tall .....	35
5.2.6. Bobines .....	35
<b>6. INTERFÍCIE D'USUARI .....</b>	<b>37</b>
6.1. Jerarquia pantalla .....	37
6.2. Disseny pantalla .....	37
6.3. Variables PLC .....	42
6.3.1. Variables de visualització .....	42
6.3.2. Variables d'actuació .....	44
<b>7. COMUNICACIONS .....</b>	<b>45</b>
<b>8. RESUM DEL PRESSUPOST .....</b>	<b>50</b>
<b>9. CONCLUSIONS .....</b>	<b>51</b>
<b>10. RELACIÓ DE DOCUMENTS .....</b>	<b>52</b>
<b>11. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>53</b>
<b>12. GLOSARI .....</b>	<b>54</b>
<b>A. Càlculs de la secció del cablejat i proteccions .....</b>	<b>55</b>
A.1. Trifàsic .....	55
A.2. Monofàsic .....	56
<b>B. PROGRAMA .....</b>	<b>57</b>

## 1. INTRODUCCIÓ

### 1.1. Antecedents

La indústria càrnia, com la majoria d'indústries, requereix d'una innovació constant tant en el procés de fabricació de productes com en la seva oferta al consumidor que cada vegada és més exigent.

I és que en els últims temps, s'ha pogut veure com la majoria d'empreses que no s'han adaptat al mercat han estat absorbides per d'altres que sí han fet un pas endavant. La innovació constant és la que permet a les empreses adaptar-se a les demandes del mercat.

Actualment aquestes busquen evitar l'ús excessiu de plàstics i la minimitzar els residus orgànics generats per l'excés de menjar que es compra i acaba llençat. Per això, algunes empreses de la indústria càrnia han optat per vendre diferents embotits envasats en un únic recipient. No obstant, el mètode utilitzat en aquestes empreses consisteix en la col·locació manual dels llescats a l'interior de sobres de plàstic no biodegradable.

### 1.2. Objecte

En aquest projecte es proposa una solució al problema mitjançant una automatització de tres talladores verticals i una envasadora juntament amb la unificació del control de tota la instal·lació des d'una pantalla tàctil i una botonera.

Cal doncs, automatitzar aquest procés amb noves tecnologies i nous materials que permetin complir les exigències del mercat. Buscant així una reducció dels residus orgànics i que els plàstics utilitzats siguin biodegradables per tal de minimitzar l'impacte ambiental.

### 1.3. Abast

El projecte es centrarà doncs en la instal·lació elèctrica, la programació dels diferents sistemes de control mitjançant PLCs, el sistema de visualització per pantalla juntament amb les comunicacions necessàries que hi pugui haver entre els diferents dispositius de la instal·lació per obtenir una completa integració de l'automatització. En cap cas s'inclourà la part mecànica de la instal·lació, ja que aquesta es considera feta.

## 2. TALLADORA

Les talladores utilitzades en aquest projecte són de la marca Bizerba, concretament el model VSI T. Destaquen de la competència per la seva higiene, flexibilitat, ergonomia i eficiència.

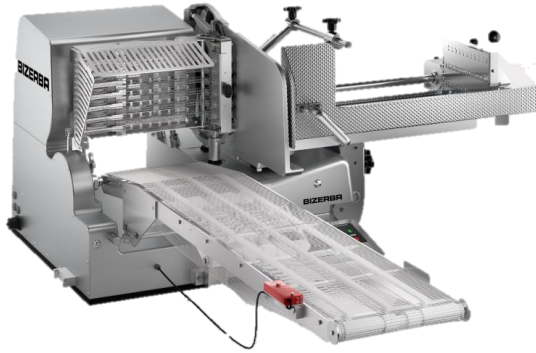


Figura 1. Talladora Bizerba VSI T

La higiene és clau en el sector de l'alimentació, per això compta amb un grau de protecció IPx5 que permet rentar-la amb aigua a pressió. Les peces de la màquina poden ser desmuntades sense l'ús de cap eina fet que augmenta la velocitat en que aquesta és netejada.

La flexibilitat rau en el seu sistema operatiu i el conjunt d'accessoris que disposa, entre ells una pantalla tàctil que facilita el seu funcionament. Es poden crear diferents programes que permeten modificar les característiques del llescat ja sigui el pes, la distància entre llesques, la velocitat de tall, separació entre llescats i formes de col·locació dels llescats.

Els accessoris permeten adequar-se encara més a les necessitats de la producció i entre ells hi trobem discs de tall per diferents tipus de productes, carregadors llargs on caben diferents embotits, cintes transportadores i sensors.

Aquest tipus de talladores verticals compten amb un sistema de control que regula el gruix del llescat a mesura que va tallant el producte garantint que el pes total del seguit de llescats sigui l'indicat en el programa que s'ha configurat.

Disposa de connexions del tipus Ethernet, que permeten la connexió amb el sistema de control des d'on se li donaran ordres.

### 3. PROCÉS

El procés està dissenyat per envasar diferents tipus de llescat, que ja han complert el seu temps d'elaboració, en un únic sobre de forma automàtica.

Per fer-ho, s'ha cregut oportú dividir la instal·lació en dues parts, l'alineadora i l'envasadora. La primera s'encarrega d'alinejar el producte provinent de les tres talladores juntament amb les ordres que s'han de donar a les talladores. Per altre banda, la segona s'encarrega de recollir el producte alineat prèviament, envasar-lo i etiquetar-lo.

#### 3.1. Alineadora

L'alineadora és la solució pensada per ajuntar els tres productes llescats provinents de cada una de les talladores en un únic grup de diferents productes. Donat que la distància entre talladores és àmplia, es necessita tenir el producte unificat per tal d'envasar-lo conjuntament.

##### 3.1.1 Descripció

Les tres talladores estan posades una al costat de l'altre i cadascuna d'elles juntament amb els processos de funcionament de les cintes transportadores funciona independentment.

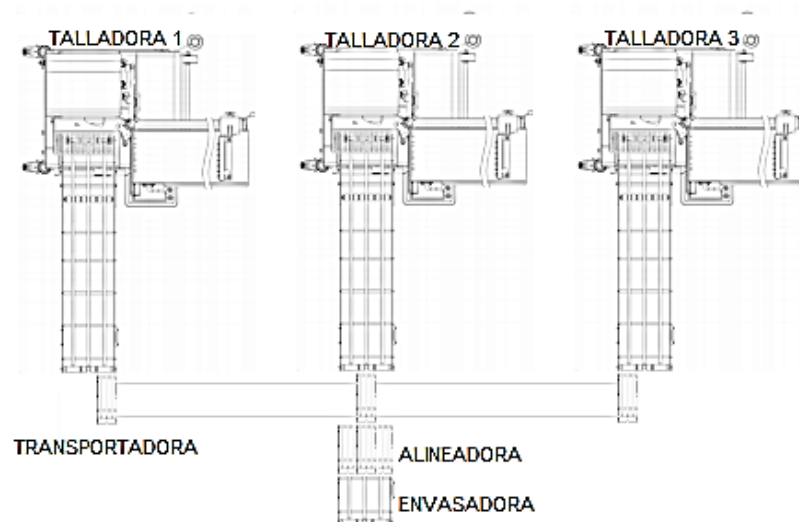


Figura 2. Cintes del procés.

Inicialment és recull el producte llescat provinent de la talladora i queda guardat en una cinta transportadora on hi caben dos grups de llescats. Aquí, depenent de la cinta passaran dues coses diferents.

En la primera i la tercera cinta, al no estar centrades respecte la segona, es desplaçaran a una posició adjacent a la cinta transportadora de la talladora dos. Un cop assolida la posició es buidarà la cinta transportadora. Aquesta emplenarà una cinta alineadora encarregada d'alinejar els productes provinents de les tres màquines. La primera i la tercera cinta transportadora retornaran a la seva posició inicial per tornar a carregar.

Per altre banda, la segona cinta, un cop estigui plena descarregarà el seu producte a la cinta alineadora, ja que no s'ha de desplaçar.

Un cop els alineadors estiguin carregats s'esperarà fins que hi hagi una demanda per envasar el producte, que activarà les cintes i permetrà tenir el producte ajuntat i preparat per entrar en una envasadora.

### 3.1.2. Senyals d'entrada

Es creu oportú necessitar dels següents sensors i polsadors per tal de garantir el correcte funcionament de l'alineadora.

Descripció	Unitats
Sensor inductius per la posició de les cintes transportadores	4
Sensor capacitius per la posició de l'embotit	14
Polsador de parada d'emergència	1
Polsadors de marxa	1
Polsadors de parada	1
Polsadors de rearmament	1
<b>Total</b>	<b>22</b>

Taula 1. Senyals d'entrada alineadora.

### 3.1.3. Senyals de sortida

És necessària la utilització de les següents sortides per tal de controlar els moviments de l'alineadora.

Descripció	Unitats
Activació dels motors de les cintes transportadores	7
Activació dels motors de desplaçament	4
Senyalització d'emergència	1
<b>Total</b>	<b>12</b>

Taula 2. Senyals de sortida alineadora.

## 3.2. Envasadora

L'envasadora és l'encarregada d'agafar el producte alineat i envasar-lo en sobres de PLA, etiquetar-los i deixar-los apunt per ser encapsats i distribuïts. La diferència principal entre el plàstic de les bobines PLA i el de les bobines PET, utilitzades normalment a la indústria, és que les primeres, són totalment biodegradables ja que estan formades a partir de polímers d'origen natural com el blat de moro. No obstant, el PLA no és tant resistent i requereix mètodes de manipulació i transport molt curosos. De la mateixa manera, una temperatura elevada pot malmetre el plàstic.

### 3.2.1 Descripció

L'envasadora consta de dues bobines, una per la part inferior i l'altre per la part superior. La bobina de la part inferior és la que se li donarà forma de recipient mitjançant una formadora amb el motlle corresponent.

Per donar-li la forma, es necessita escalfar el plàstic a una temperatura de 100°C, temperatura inferior als 125°C que demana el PET. Per fer-ho s'utilitzen varies resistències calefactores juntament amb un controlador de temperatura que s'encarregarà de realitzar el control mitjançant l'activació d'un relé. Un cop escalfat el plàstic, el motlle es desplaça i amb l'ajut d'una vàlvula de buit, es dona forma a l'envàs.

El plàstic es va desplaçant fins que arriba a la zona de recollida del producte, allà s'esperarà fins que hi hagi producte a la cinta envasadora de l'alineador. El desplaçament del plàstic de l'envasadora i el producte de la cinta envasadora de l'alineador aniran coordinades per tal de garantir que el producte es diposita a l'interior del sobre.

Un cop el producte està a l'interior del sobre, el plàstic de la bobina superior cobreix el producte i s'endinsa a la zona de buit. On es realitzarà el buit i la soldadura del llescat mitjançant dos cilindres de desplaçament, un per fer el buit i l'altre per soldar i una vàlvula de buit per extreure l'aire de l'interior de l'envàs.

Finalment s'etiquetarà el producte mitjançant el desplaçament d'una bobina d'etiquetes i l'ús d'un cilindre per clavar-les, i es tallaran la forma dels envasos mitjançant dues guillotines i una serra motoritzada.



### 3.2.2. Senyals d'entrada

Es creu oportú necessitar dels següents sensors per tal de garantir el correcte funcionament de l'envasadora.

Descripció	Unitats
Sensor inductius per la posició dels cilindres	18
Sensor capacitius per la posició	2
Senyals provinents dels controladors de temperatura	2
Sensors de pressió	3
<b>Total</b>	<b>25</b>

Taula 3. Senyals d'entrada envasadora.

### 3.2.3. Senyals de sortida

És necessària la utilització de les següents sortides per tal de controlar els moviments de l'envasadora.

Descripció	Unitats
Activació dels motors	7
Activació del compressor	1
Activació d'electrovàlvules de cilindres	11
Activació d'electrovàlvules per fer buit	2
Senyals controlar temperatura	2
<b>Total</b>	<b>23</b>

Taula 4. Senyals de sortida envasadora.

## 4. SELECCIÓ DE DISPOSITIUS

La instal·lació està composta per diversos elements, que integrats entre sí conformen la instal·lació. S'explicaran només els elements que es considera que tenen un impacte més rellevant en el projecte.

### 4.1. Autòmat

És l'element encarregat de gestionar les dades obtingudes dels sensors i actuar en conseqüència per tal de garantir el correcte funcionament de l'automatització. S'han escollit dos PLC de la casa Schneider Electric, concretament, el model TM241CE40R ja que disposa d'entrades i sortides suficients per complir amb els requisits de l'alineadora i una gran quantitat de les de l'envasadora, que requerirà l'ús de dos mòduls.



Figura 3. TM241CE40R SE.

#### 4.1.1. Configuració d'entrades del PLC

A partir del PLC escollit, indicarem el nom i la posició e les diferents entrades que necessitem per l'alineadora. Indicades a les Taules 5 i 6.

Nom	Descripció	Adreça PLC
DI_FCT1E	Detector inductiu final de cursa talladora 1 esquerra	IX0.0
DI_FCT1D	Detector inductiu final de cursa talladora 1 dreta	IX0.1
DI_FCT3E	Detector inductiu final de cursa talladora 3 esquerra	IX0.2
DI_FCT3D	Detector inductiu final de cursa talladora 3 dreta	IX0.3
F_FCT1	Fotocèl·lula final cinta talladora 1	IX0.4
F_FCT2	Fotocèl·lula final cinta talladora 2	IX0.5
F_FCT3	Fotocèl·lula final cinta talladora 3	IX0.6
F_TR1M	Fotocèl·lula transportadora 1 mig	IX0.7
F_TR1F	Fotocèl·lula transportadora 1 final	IX1.0
F_TR2M	Fotocèl·lula transportadora 2 mig	IX1.1

Taula 5. Configuració d'entrades del PLC de l'alineadora 0.0 a 1.1.

Nom	Descripció	Adreça PLC
F_TR2F	Fotocèl·lula transportadora 2 final	IX1.2
F_TR3M	Fotocèl·lula transportadora 3 mig	IX1.3
F_TR3F	Fotocèl·lula transportadora 3 final	IX1.4
F_A1	Fotocèl·lula cinta alineadora 1	IX1.5
F_A2	Fotocèl·lula cinta alineadora 2	IX1.6
F_A3	Fotocèl·lula cinta alineadora 3	IX1.7
F_ENM	Fotocèl·lula cinta envasadora mig	IX2.0
F_ENF	Fotocèl·lula cinta envasadora final	IX2.1
PM	Polsador de marxa	IX2.2
RE	Polsador de rearmament	IX2.3
PS	Polsador de parada	IX2.4
PE	Polsador de parada d'emergència	IX2.5

Taula 6. Configuració d'entrades del PLC de l'alineadora 1.1 a 2.5.

Seguidament s'indicarà el nom i la posició de les diferents entrades que es necessiten per l'envasadora.

Nom	Descripció	Adreça PLC
DI_FCDEP	Detector inductiu final de cursa desplaçament etiquetadora +	IX0.0
DI_FCDEL	Detector inductiu final de cursa desplaçament etiquetadora -	IX0.1
DI_FCCEP	Detector inductiu final de cursa clavar etiqueta +	IX0.2
DI_FCCEL	Detector inductiu final de cursa clavar etiqueta -	IX0.3
DI_FCSP	Detector inductiu final de cursa cilindre soldadura +	IX0.4
DI_FCSSL	Detector inductiu final de cursa cilindre soldadura -	IX0.5
DI_FCBP	Detector inductiu final de cursa cilindre buit +	IX0.6
DI_FCBL	Detector inductiu final de cursa cilindre buit -	IX0.7
DI_FCTBIP	Detector inductiu final de cursa tensor bobina inferior +	IX1.0
DI_FCTBIL	Detector inductiu final de cursa tensor bobina inferior -	IX1.1
DI_FCTBSP	Detector inductiu final de cursa tensor bobina superior +	IX1.2
DI_FCTBSL	Detector inductiu final de cursa tensor bobina superior -	IX1.3
DI_FCGHP	Detector inductiu final de cursa tensor bobina superior +	IX1.4
DI_FCGHL	Detector inductiu final de cursa tensor bobina superior -	IX1.5
DI_FCGVP	Detector inductiu final de cursa tensor bobina superior +	IX1.6
DI_FCGVL	Detector inductiu final de cursa tensor bobina superior -	IX1.7
DI_FCFP	Detector inductiu final de cursa formadora +	IX2.0
DI_FCFL	Detector inductiu final de cursa formadora -	IX2.1
F_PB1	Fotocèl·lula posició bandeja	IX2.2
F_PB2M	Fotocèl·lula posició bandeja 2	IX2.3
F_FET	Fotocèl·lula etiquetes	IX2.4
R1_OK	Senyal controlador de temperatura formadora OK	IX2.5
R2_OK	Senyal controlador de temperatura soldadura OK	IX2.6

Taula 7. Configuració d'entrades del PLC de l'envasadora.

#### 4.1.2. Configuració de sortides del PLC

De la mateixa manera, s'indica a continuació quin nom i quina posició tindran les diferents sortides de l'alineadora a la Taula 8 de la pàgina següent.

Nom	Descripció	Adreça PLC
R_CT1	Relé cinta transportadora 1	QX0.0
R_CT2	Relé cinta transportadora 2	QX0.1
R_CT3	Relé cinta transportadora 3	QX0.2
R_CAT1	Relé cinta alineadora 1	QX0.3
R_CAT2	Relé cinta alineadora 2	QX0.4
R_CAT3	Relé cinta alineadora 3	QX0.5
R_CE	Relé cinta envasadora	QX0.6
R_MDT1A	Relé motor desplaçar talladora 1 anar	QX0.7
R_MDT1T	Relé motor desplaçar talladora 1 tornar	QX1.0
R_MDT3A	Relé motor desplaçar talladora 3 anar	QX1.1
R_MDT3T	Relé motor desplaçar talladora 3 tornar	QX1.2
H1	Senyalització lluminosa	QX1.3

Taula 8. Configuració de les sortides de l'alineadora.

També observarem com queden distribuïdes les diferents sortides de PLC de l'envasadora.

Nom	Descripció	Adreça PLC
R_SERR	Relé serra	QX0.0
R_COMP	Relé compressor	QX0.1
R_BOIN	Relé motor bobina inferior	QX0.2
R_BOSU	Relé motor bobina superior	QX0.3
R_CADR	Relé motor cadena dreta	QX0.4
R_CAES	Relé motor cadena esquerra	QX0.5
R_BORE	Relé bobina recollida	QX0.6
R_BOET	Relé bobina etiquetes	QX0.7
E_PBI	Electrovàlvula pressió bobina inferior	QX1.0
E_PBS	Electrovàlvula pressió bobina superior	QX1.1
E_TBI	Electrovàlvula tensor bobina inferior	QX1.2
E_TBS	Electrovàlvula tensor bobina superior	QX1.3
E_GHO	Electrovàlvula guillotina horitzontal	QX1.4
E_GVE	Electrovàlvula guillotina vertical	QX1.5
E_DET	Electrovàlvula desplaçament etiquetadora	QX1.6
E_BET	Electrovàlvula clavar etiqueta	QX1.7

Taula 9. Configuració de les sortides de l'envasadora.

#### 4.2. Mòdul d'entrades analògiques.

Donat que no es disposa de suficients entrades analògiques es requereix l'ús d'un mòdul de quatre entrades per tal de registrar les lectures de pressió de la instal·lació. S'opta per el mòdul TM3AI4/G de la casa Schneider Electric, compatible amb el PLC i el mòdul d'entrades digitals seleccionats.



Figura 4. TM3AI4/G.

Les entrades dels sensors de pressió connectades al mòdul analògiques queden distribuïdes de la següent manera.

Nom	Descripció	Adreça PLC
SP_C	Sensor de pressió compressor	IW3
SP_BF	Sensor pressió buit formadora	IW4
SP_BE	Sensor de pressió buit envasadora	IW5

Taula 10. Configuració de les entrades analògiques de l'envasadora.

Posteriorment, mitjançant el llenguatge de programació, es realitza un escalat dels valors que donen els sensors de pressió segons la seva pròpia configuració. Ho podrem veure més endavant.

#### 4.3. Mòdul de sortides digitals

Donat que no podem complir amb les especificacions de sortides de PLC de l'envasadora, s'utilitzarà el mòdul de Schneider Electric TM3DQ16R/G per complementar el PLC. Aquest dispositiu conté 16 sortides digitals, que juntament amb les 16 que ja tenim del PLC ens serviran per complir amb els requisits de la instal·lació i donar disponibilitat a futures ampliacions.



Figura 5. TM3DQ16R/G.

Així doncs, les sortides digitals que no hem pogut assignar a cap dispositiu les col·locarem en aquest mòdul i seran les de la Taula 11 de la pàgina següent.

Nom	Descripció	Adreça PLC
E_DBU	Electrovàlvula desplaçament buit	QX4.0
E_DSO	Electrovàlvula desplaçament soldadura	QX4.1
E_BUE	Electrovàlvula buit envasar	QX4.2
E_BUF	Electrovàlvula buit forma	QX4.3
E_DFO	Electrovàlvula desplaçament formadora	QX4.4
R1_ON	Senyal engegar control temperatura formadora	QX4.5
R2_ON	Senyal engegar control temperatura formadora	QX4.6

Taula 11. Configuració de les sortides de l'envasadora.

#### 4.4. Variador de freqüència

És l'element encarregat d'activar els motors que desplacen les cintes transportadors i els diferents motors de l'envasadora. S'han escollit dos variadors ATV12H075M3 de 0,75kW de la casa Schneider Electric, més que suficients tenint en compte que els motors a controlar són de 0,55kW. Disposa de varies entrades de control, més que suficient per poder decidir el sentit de gir del motor. Disposa de la capacitat de programar els cicles d'arrencada i velocitat que volem que giri el motor.



Figura 6. ATV12H075M3 SE.

#### 4.5. Pantalla

El panell tàctil emprat a la instal·lació és un Schneider Electric HMISTU855. Consisteix en una pantalla tàctil QVGA TFT a color de 5.7" amb connexió Ethernet i una tensió d'alimentació de 24V. S'ha escollit aquest model degut a la facilitat de comunicació i programació que hi ha amb els PLCs de la mateixa marca. Aquesta s'ha ubicat en la part frontal del quadre elèctric. Permet la selecció de programa de les tres talladores des d'un únic dispositiu i ajuda a les tasques de manteniment permetent observar els diferents sensors i actuadors.



Figura 7. Panell tàctil Schneider Electric HMISTU855.

#### 4.6. Relé

Els relés s'encarreguen d'activar els motors de corrent continua que desplacen les cintes transportadores i els diferents variadors de la instal·lació per separar les potències. Donat que s'utilitzen motors de continua i tenen un consum de 5A és necessari escollir un relé que deixi passar més intensitat per tal de no fer-lo malbé. Amb la qual cosa s'utilitzen el model 40.31S de la casa Finder, ja que permeten fins a 10A. Disposen d'un contacte commutat, suficient per la tasca que es vol desenvolupar. Aquests estaran col·locats sobre la base 95.63 de Finder que disposa d'un contacte NO



Figura 8. 40.31S Finder.

#### 4.7. Sensors

Els sensors són els elements encarregats de donar informació del que està succeint. Per el desenvolupament del projecte es necessiten diferents tipus de sensors analògics i digitals. D'aquests últims es necessiten unes fotocèl·lules per determinar la posició dels productes llescats, uns d'inductius per la posició de les cintes transportadores i uns d'inductius pels finals de cursa dels cilindres. D'analògics en necessitarem per la pressió de buit i la temperatura.

#### 4.7.1. Fotocèl·lula

Com a sensor fotoelèctric s'utilitza el model OGH300 de la casa IFM. Detecta distàncies de fins a 100mm i té un grau de protecció IP69K que permet ser rentat a altes pressions inclús amb vapor. S'alimenta a 24V i el contacte que s'utilitza és el NO, que es tanca en detectar l'embotit.



Figura 9. OGH300.

#### 4.7.2. Inductiu

Com a sensor inductiu s'utilitza el model IGS290 de la casa IFM. Detecta distàncies de fins a 10mm i igual que el sensor anterior també té un grau de protecció IP69K, amb la qual cosa pot ser rentat a altes pressions d'aigua. També s'alimenta a 24V i el contacte que s'utilitza és el NO, que es tanca en detectar parts metàl·liques de l'estructura.



Figura 10. IGS290.

#### 4.7.3. Inductiu dels cilindres

Per detectar els finals de cursa dels cilindres s'opta per un sensor inductiu amb la capacitat d'acoblar-se a les guies que incorporen els cilindres. El model utilitzat és el MK5311 de la



casa IFM. De la mateixa manera que els cilindres anteriors, s'ha prioritzat un grau de protecció elevat per que es puguin malmetre els elements de la instal·lació, que en aquest cas és de IP67. La tensió d'alimentació del sensor és de 24V i s'utilitzarà el contacte NO.



Figura 11. MK5311.

#### 4.7.4. Sensor de pressió

El sensor de pressió utilitzat en aquesta instal·lació també és de la casa IFM, concretament el model PM1704. La seva tensió d'alimentació i el grau de protecció, igual que en els casos anteriors serà de 24V i IP68 respectivament. Té diferents opcions de configuració que permeten determinar diferents zones de treball i segons les que escollim es realitza un escalat automàticament respecte els 4mA i 20mA de la senyal de sortida del sensor.



Figura 12. PM1704.

En el nostre cas, s'ha ajustat el sensor de pressió del compressor entre els 0 i 10 Bars, això vol dir que, quan tinguem 0 Bars, ens donarà 4 mA i que quan en tinguem 10, 20 mA. Els dos restants, com que han de realitzar el buit, els configurarem entre -1 i 2 Bars. De la mateixa manera, a -1 Bar ens donen 4 mA i a 2 Bars, 20 mA.

#### 4.7.5. Termoparell

El termoparell utilitzat per mesurar les temperatures de la formadora i la soldadura és del tipus J, aquest anirà connectat directament al HotControl C296 que s'encarrega automàticament de realitzar l'ajust corresponent segons el tipus de termoparell. El rang de temperatures que ens permet és de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $750^{\circ}\text{C}$ , més que suficient tenint en compte que la temperatura de consigna és de  $100^{\circ}\text{C}$  per la formadora i de  $295^{\circ}\text{C}$  per la soldadura.



Figura 13. Termoparell J.

#### 4.8. Controlador de temperatura

Aquest és l'element responsable de realitzar els control de temperatura necessaris per garantir el funcionament de la formadora i la soldadura. És de la casa hotset, concretament el model HotControl c296. Disposa de diferents entrades digitals des de les quals es donarà l'ordre d'activació i diferents sortides digitals que permetran activar el relé per engegar les resistències per escalfar. Es pot configurar el tipus de termoparell que utilitza i té la possibilitat de comunicar-se per R485 per enviar les temperatures.



Figura 14. HotControl C296

#### 4.9. Link 150

Aquest dispositiu s'encarrega de realitzar la comunicació entre el PLC de l'alineadora i el controlador de temperatura HotControl C296. Utilitza el protocol de comunicació RS485 per comunicar-se amb el controlador i seguidament permet enviar la temperatura mitjançant una comunicació Ethernet al nostre PLC.



Figura 15. Link 150.

#### 4.10. Fonts d'alimentació

Les fonts d'alimentació són els elements que transformen el corrent altern que ens arriba de les línies d'alimentació a corrent continu. S'utilitzen dues fonts diferents per cada quadre per tal de complir al màxim amb les necessitats del projecte. D'aquesta manera s'evitarà un mal funcionament dels sensors i el PLC en cas de baixades d'intensitat provocades per el funcionament dels diferents motors i actuadors.

##### 4.10.1. Control

La font que s'utilitza en la part de control transforma les 3 línies trifàsiques a 24V. El model escollit és el TRIOPS2G/3AC/24DC/5 de la casa Phoenix i té una potència màxima de 120W, suficient per alimentar els sensors i el control del PLC.

En el cas de l'envasadora, s'utilitzarà també aquesta font per la part de potència ja que no disposem aquí, dels motors de corrent continua.



Figura 16. TRIOPS2G/3AC/24DC/5 Phoenix.

#### 4.10.2. Potència

La font que s'utilitza en la part de control transforma les 3 línies trifàsiques a 24V. El model escollit és el TRIO-PS-2G/3AC/24DC/20 de la casa Phoenix i té una potència màxima de 480W, que ens servirà per alimentar els motors de CC.



Figura 17. TRIO-PS-2G/3AC/24DC/20 Phoenix.

#### 4.11. Motors

Els motors són els elements encarregats de transformar l'energia elèctrica rebuda en un altre tipus d'energia, aquí serveixen per desplaçament. S'utilitzen dos tipus de motors, uns de corrent continua i uns altres de corrent altern.

##### 4.11.1. Motor de corrent continu

Aquest tipus de motor es l'encarregat de desplaçar el producte a través de les cintes transportadores. És un motor síncron del model CPB de la casa Bosch. S'alimenta a 24V i té una potència de 87,2W amb un corrent nominal de 5A.



Figura 18. Motor CC CPB Bosch

#### 4.11.2. Motor de corrent altern

Aquest tipus de motor utilitzat en tota la instal·lació. Es tracta d'un motor petit però amb prous recursos per realitzar les diferents tasques que se li proposen. Des de desplaçar les cintes transportadores provinents de la primera i la tercera talladora al moviment de les bobines de plàstic. És el model IEC1 B3 de 0,55kW de da casa TEC. La seva alimentació és trifàsica i estaran controlats majoritàriament per els variadors de freqüència explicats anteriorment.



Figura 19. Motor CA TEC IEC1 B3

## 5. PROGRAMACIÓ

La programació referent a la automatització es divideix en dos apartats. El primer d'ells s'encarrega del control de l'alineadora juntament amb les tasques que se'n deriven i el segon de l'envasadora.

No obstant, per aconseguir un control complet de l'automatització s'opta per utilitzar la guia GEMMA, un esquema gràfic que intenta preveure tots els estats possibles d'un automatisme. Aquests estats inclouen els de producció, els de parada i els de defecte. Així doncs per intentar estandarditzar la programació de les diferents maquetes s'utilitza aquest mètode per tal de definir el funcionament general d'aquestes.

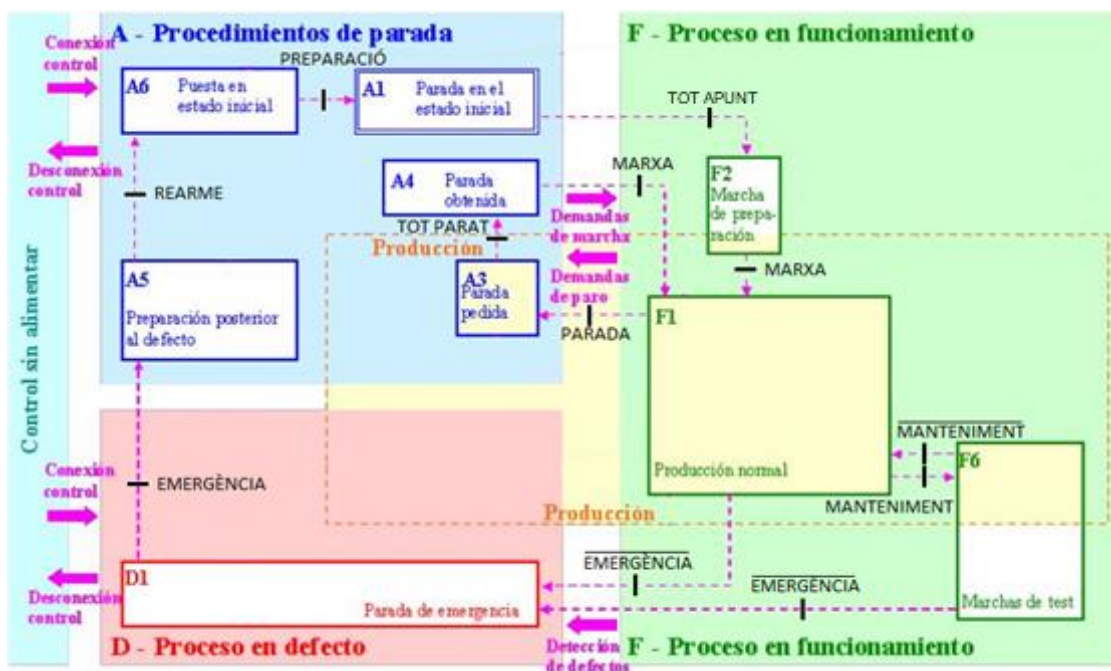


Figura 20. Guia GEMMA

Tal i com podem observar s'utilitzen els estats A1, A3, A4, A5 i A6 en quan a procediment de parada. Els estats F1, F2 i F6 en el procés de funcionament. I finalment l'estat D1 en procés de defecte. El seu funcionament s'explica a continuació.

Sempre que hi hagi el polsador d'emergència activat fa que s'activi l'estat D1, que correspon a l'aturada d'emergència. En aquest estat es desactiven totes les sortides i etapes de GRAFCETS adjacents deixant tot el sistema aturat.

Un cop es desclava el polsador d'emergència, passa a estar a l'estat A5. Aquí el sistema s'espera fins que es premi el polsador de rearmament. Un cop polsat es passa a l'estat A6 i es configuren les condicions inicials del sistema, la posició de la primera i la tercera cinta transportadora. Un cop a la seva posició, s'activa un bit de preparació que serveix per engegar les resistències calefactores i el compressor per tal de garantir les temperatures i pressió de treball de l'envasadora.

Quan hi hagi les temperatures i pressions òptimes, obtindrem un bit de tot apunt i podrem passar a l'estat F2. Aquí el sistema s'esperarà fins que es premi el polsador de marxa i passar a l'estat de normal funcionament F1.

Des d'aquest estat es realitzarà la producció i es podrà sortir de diferents maneres. La primera a través del polsador de parada, que desplaçarà el sistema a l'estat A3 i aturarà el procés, un cop aturat, A4, es podrà seguir amb el funcionament tornant a prémer el polsador de marxa.

La segona manera consta de l'activació d'un bit mitjançant el panell tàctil. Aquesta opció la realitzaran els tècnics per realitzar les tasques de manteniment, F6. En sortir de la opció de manteniment el sistema continua des d'allà on es trobava. I finalment, la tercera, que s'hi accedirà mitjançant el polsador d'emergència, es passa a l'estat D1 i el mètode per tornar al funcionament normal de la màquina és l'explicat a l'inici.

A partir de la guia GEMMA surten dos GRAFCETS principals sobre els quals es basarà tota l'estructura de la programació. Ja que com s'ha comentat anteriorment, la guia GEMMA preveu tots i cadascun dels estats possibles en que es pot trobar una automatització.

El primer d'ells és el de parada d'emergència. Aquest GRAFCET determina si es compleixen les condicions de servei per el funcionament de l'automatització. Sempre i quan no hi hagi l'estat d'emergència s'obté un bit de servei que ens servirà per alimentar el GRAFCET de conducció.

En cas d'estar polsat s'entrarà a l'etapa 102 corresponent a l'etapa D1 de la Guia GEMMA que s'encarrega de reiniciar tots els GRAFCETS que disposem.

Seguidament, hauríem de solucionar l'averia. Un cop solucionada, mitjançant el polsador de rearmar el sistema es col·locarien les cintes transportadores a lloc i s'activaria un bit de

preparació. Aquest bit s'enviaria a l'envasadora per tal de preparar la màquina per el funcionament.

Un cop estigues llesta rebríem la senyal de confirmació de que està a punt. Fet que ens tornaria a iniciar el GRAFCET a l'etapa 100 i entrant a l'estat 101 de funcionament.

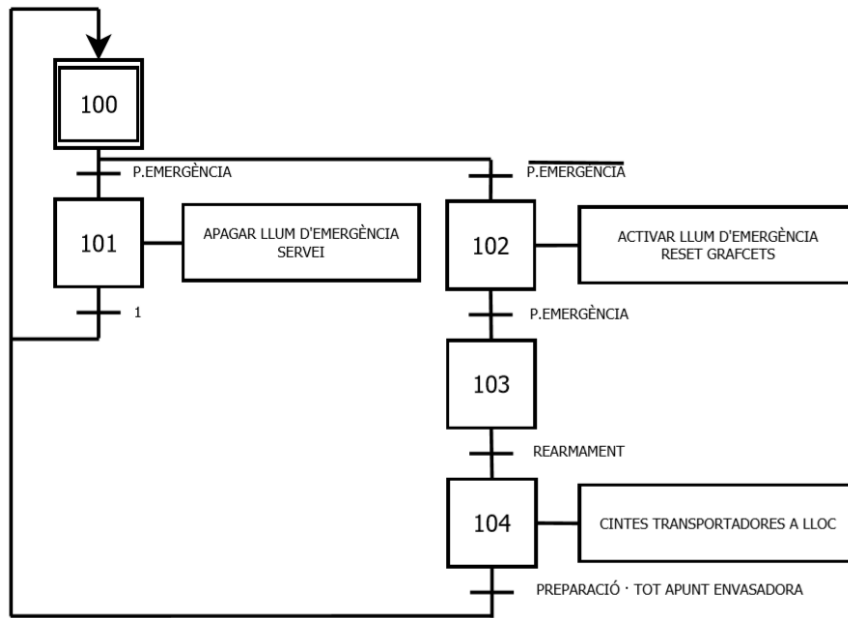


Figura 21. GRAFCET parada d'emergència

Per determinar els estats referents al procés de funcionament i parades que pugin sorgir durant el procés d'aquest sorgeix el GRAFCET de conducció. Des d'aquí s'habiliten tots els GRAFCETS del procés.

Inicialment no realitzarà cap acció, no obstant, si hi ha l'estat de servei i les temperatures i pressions són òptimes, passarem a l'estat F2 corresponent a l'estat 11 del GRAFCET. Quan es premi marxa començarà la producció ja que s'iniciaran tots els GRAFCETS degut a l'habilitació d'aquests amb l'estat numero 12, també conegut com a F1.

En cas de tenir la senyal de manteniment aniríem a l'estat 13, corresponent a l'F6. Sortint de manteniment es tornaria a l'estat 12. Per altra banda, en prémer el polsador d'aturada seria l'estat numero 14 el que aturaria tots els GRAFCETS. Un cop aturats, només podríem tornar al funcionament normal de la màquina prement el polsador de marxa.



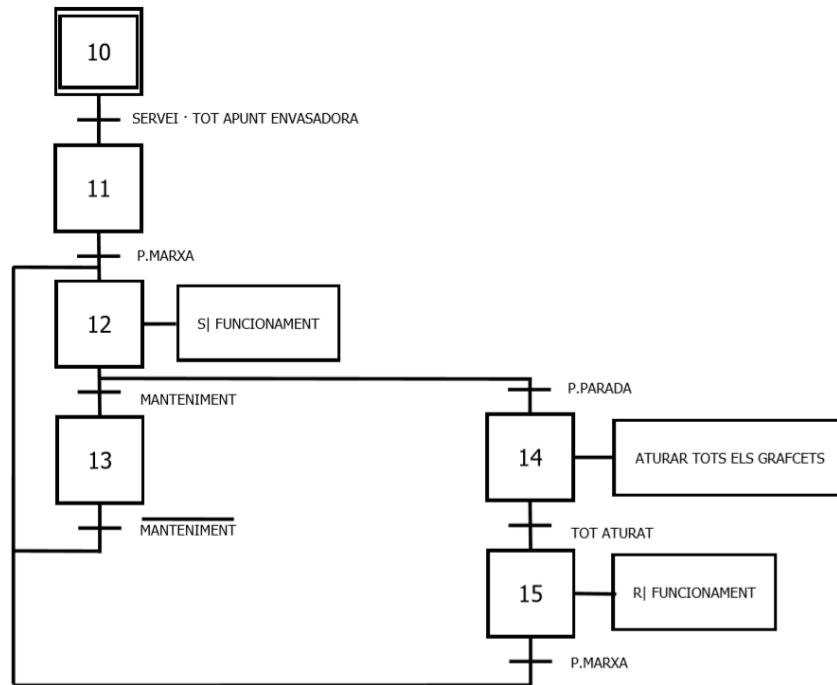


Figura 22. GRAFCET de conducció

## 5.1. Màquina alineadora

El programa de l'alineadora es pot dividir en tres subprogrames segons les diferents cintes que tenim. En aquest PLC també hi trobem la programació referent a les comunicacions i a la visualització de pantalla. Cadascuna d'elles es comentaran en el seu degut apartat. Les activacions de les talladores, al no tenir complexitat ni estar comunicades amb els altres GRAFCETS no es comentaran.

### 5.1.1. Cinta transportadora

Abans de començar cal dir que els programes que es comenten són els mateixos per a cadascuna de les tres cintes, per això es pot observar que en la majoria de noms es conte la lletra X, aquesta lletra correspondria al numero 1, 2 o 3 depenent de la cinta que tractéssim. Per això només es comentarà un programa en comptes dels tres.

Tots els programes explicats aquí consten d'una etapa inicial que no passa a la següent si no està activat l'etapa F1 de la guia GEMMA corresponent a la etapa 11 del GRAFCET de conducció.

Els subprogrames de la cinta transportadora s'han dividit en tres subprogrames més, ja que s'ha tingut en compte la carrega, el desplaçament i la descarrega del producte. El procés de carrega consta d'un GRAFCET de sis etapes que es comunica amb el GRAFCET de desplaçament. Per fer-ho s'utilitzen les variables de posició de carregat i carregat.

Per a carregar s'observa inicialment si s'està a l'estat de funcionament que s'havia comentat anteriorment, si es així, aquesta part de programa queda a l'espera de noves ordres. En aquest cas, és la detecció de la fotocèl·lula del final de la cinta talladora i la posició de carregat. La posició de carregat només apareix en els programes 1 i 3 per tal de confirmar que la cinta està en el lloc idoni per carregar.

El fet de detectar el producte activa la cinta, no obstant, aquesta parerà en el moment que detecti el sensor situat al mig de la cinta talladora.

Quan torni a detectar la fotocèl·lula del final de la talladora es tornarà a desplaçar la cinta, però ara ho farà fins que detecti la fotocèl·lula situada al final de la cinta transportadora. Aquest fet ens para la cinta i com que s'ha de desplaçar, indiquem que ja no estem a la posició de carregat. Aquí s'activa també una memòria conforme la cinta esta carregada.

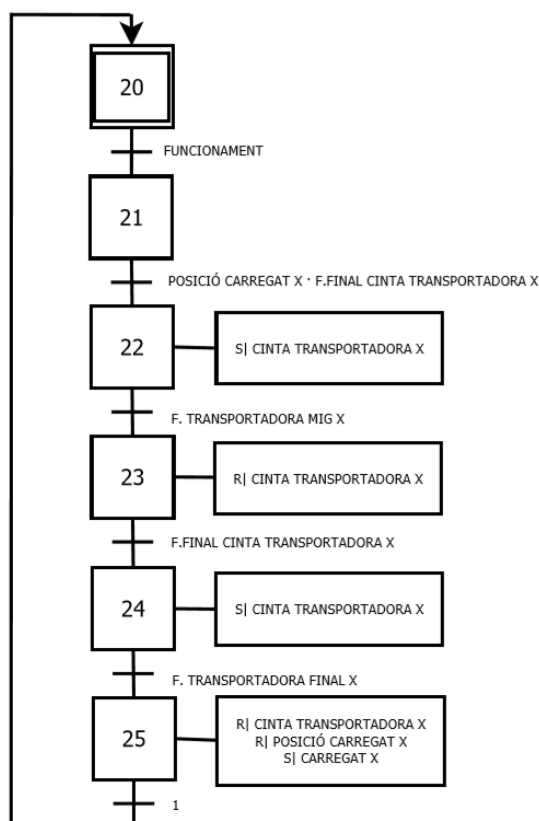


Figura 23. GRAFCET carregar

El GRAFCET de descarregar consta tan sols de 4 etapes, no obstant, necessita comunicar-se amb els GRAFCETS de desplaçament i el de la cinta alineadora per funcionar correctament.

Inicialment, es troba en repòs i un cop es detecta l'etapa de funcionament, passa a l'etapa 31. Aquí s'espera fins que es troba en la posició de descarregar i té l'ordre de descarregar de l'alineador.

Un cop rep l'ordre de l'alineador comença a descarregar fins que la fotocèl·lula situada al final de la cinta talladora ha detectat dues vegades, amb la qual cosa vol dir que ha descarregat el grup de dos llescats.

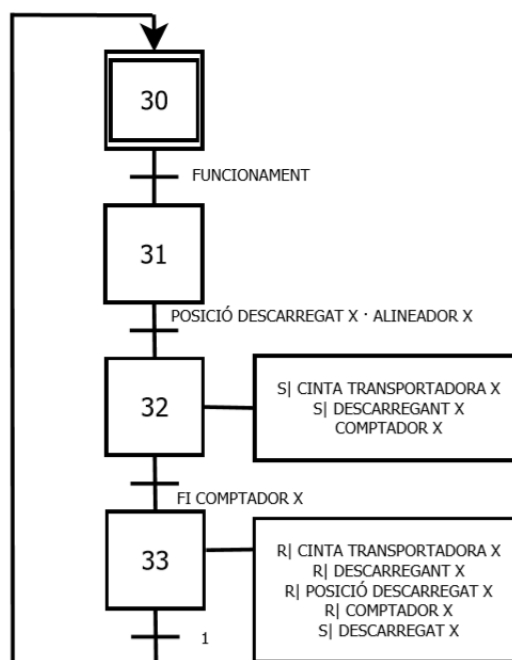


Figura 24. GRAFCET descarregar.

Amb la qual cosa, ja podrà parar la cinta i tornar a desplaçar-se a la posició de carregat. No obstant, es confirmarà que ja està descarregat i es posarà a zero el comptador.

Entre el procés de carregar i descarregar apareix el desplaçament. Aquest és el que es comunica amb els dos GRAFCETS en funció de si està al lloc de carregar o de descarregar i si està ple o buit.

El programa de carregar i descarregar és el mateix per els dos casos, tan sols canvien els sensors i les variables depenent de cap on anem. Per això només comentarem un dels quatre programes que hi ha.

Igual que en els casos anteriors, aquí es troba en repòs fins que hi ha l'estat de funcionament. S'espera a que estigui carregat i activa la sortida que desplaça la cinta fins que detecta el sensor inductiu.

Es confirma la parada i s'atura el motor, s'indica que s'ha descarregat i la posició que es troba.

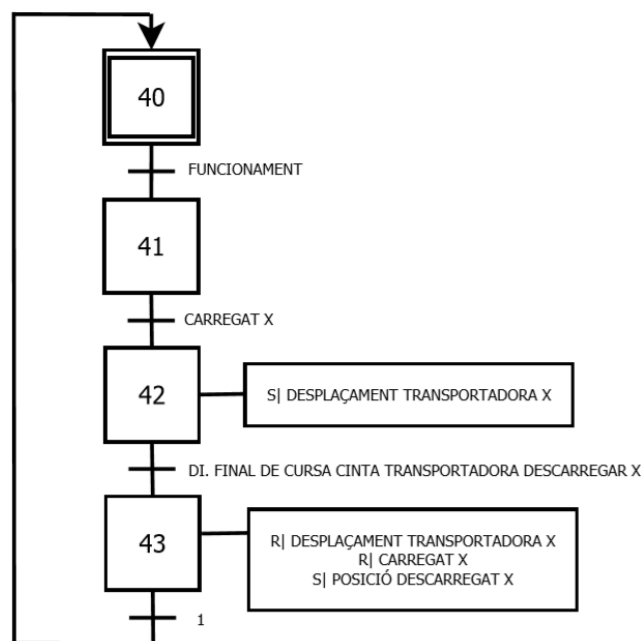


Figura 25. GRAFCET desplaçament.

### 5.1.2. Cinta alineadora

Aquesta cinta es l'encarregada de mantenir tots els productes de costat i tenir-los preparats per a envasar-los. Funciona amb tres cintes independents que guardaran el producte fins que la cinta envasadora ho indiqui. En el moment d'indicar-ho s'activaran les tres cintes per poder col·locar el producte a dins del sobre.

Inicialment s'està esperant constantment a que hi hagi l'estat de funcionament. En activar-se, espera a que la cinta transportadora estigui descarregant.

Un cop la cinta transportadora descarrega s'activa automàticament la cinta de l'alineadora fins que el sensor situat al final de la cinta, que indica que aquesta està plena, s'activa.

Seguidament s'espera aquí fins que les tres alineadores estan plenes i la cinta envasadora d'ona l'ordre de que aquesta es desplaci.

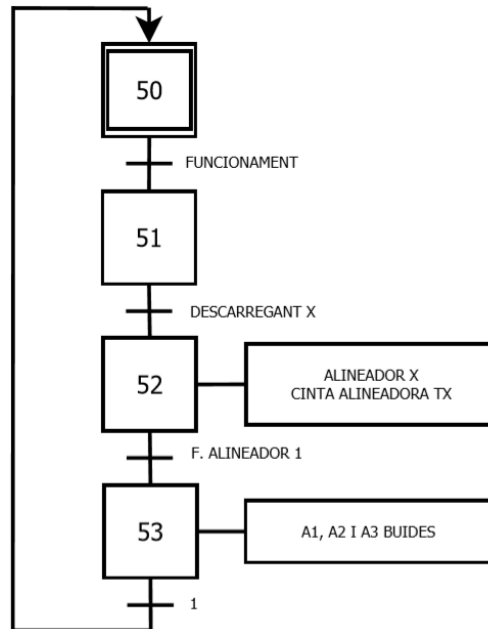


Figura 26. GRAFCET cinta alineadora.

### 5.1.3. Cinta envasadora

Finalment, la cinta envasadora és la que es comunica amb la cinta alienadora, li dona l'ordre d'activar-se quan les tres alineadores estan plenes i la cinta envasadora té capacitat per guardar tots els diferents grups de productes llescats.

Aquesta cinta és més llarga que les altres i admet quatre grups de llescat en comptes dels dos que admeten tan l'alineador com la transportadora.

Inicialment, sempre la tindrem en repòs fins que es doni l'ordre de funcionament. Un cop estigui en funcionament es mantindrà en aquest estat fins que detectin les tres fotocèl·lules de l'alineador juntament amb la senyal provinent de la cinta envasadora corresponent a que es pot envasar producte.

Això ens activarà totes les cintes de l'alineador juntament amb la cinta envasadora fins que el producte arribi a la meitat de la cinta envasadora.

En aquest moment es comunicarà amb el GRAFCET de la cinta alineadora permetent que aquesta es pugui tornar a carregar de nou.

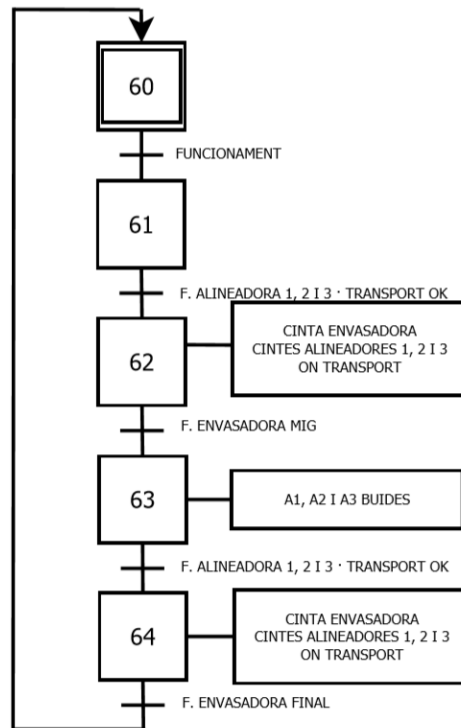


Figura 27. GRAFCET cinta envasadora.

Un cop estiguin les tres cintes de l'alineador plenes, es tornarà a activar la cinta envasadora juntament amb les tres cintes alineadores fins que es tingui el producte al final de tot de la cinta. Aquest procés anirà carregant l'envasadora de producte, fet que ja podrà començar a envasar.

## 5.2. Màquina envasadora

El programa de l'envasadora es pot dividir en sis subprogrames que queden dividits segons els diferents processos que tenim. Són el transport, la forma, el buit, l'etiquetatge, el tall i el control de les bobines de plàstic.

Les activacions dels GRAFCETS venen donades per els estats de la Guia GEMMA provinents del PLC de l'alineadora mitjançant la comunicació entre PLCs via Ethernet. De la mateixa

manera que s'ha comentat anteriorment amb l'alineadora, aquestes es comentaran en el seu degut apartat de comunicacions. Igualment amb les variables de pantalla.

### 5.2.1. Transport

El GRAFCET de transport és l'encarregat d'enviar les ordres de funcionament a la resta de GRAFCETS de l'envasadora i al programa de la cinta envasadora de l'alineadora. Per tant, podríem dir que és el GRAFCET principal de l'envasadora.

Inicialment, no realitza cap acció fins que detecta l'estat de funcionament. Seguidament posa a zero tots els estats de finalització dels processos i s'espera. En rebre l'ordre del transport provinent de la cinta envasadora activarà el bit de les bobines. Aquest iniciarà el seu GRAFCET propi, juntament amb la serra i les cadenes de desplaçament del plàstic.

Un cop assolida la posició de carregat de la bandeja, s'activaran els bits corresponents als GRAFCETS de forma, buit, etiquetatge i tall. Un cop acabats els processos anomenats anteriorment, juntament amb un estat de la temperatura correcte habilitarien el bit de que es pot realitzar el transport i seguir emplenant els envasos de producte.

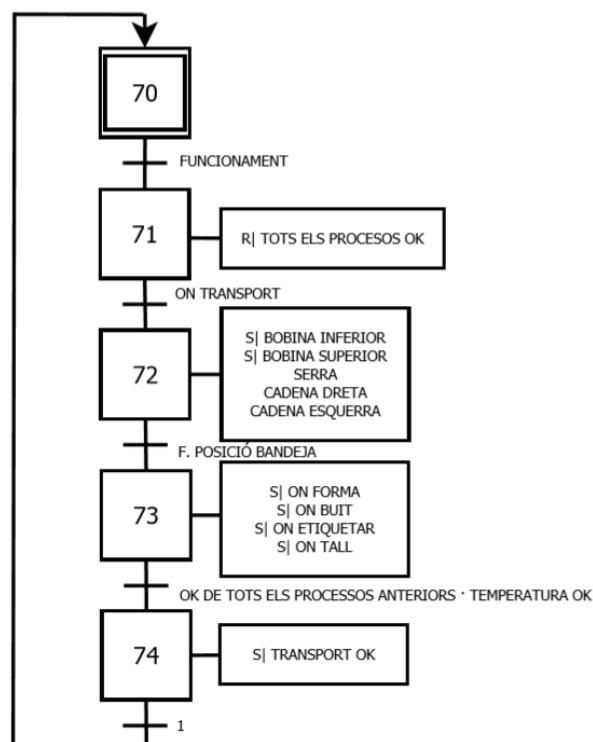


Figura 28. GRAFCET transport.

### 5.2.2. Forma

Per realitzar la forma de l'envàs s'ha utilitzat un GRAFCET que ve activat per l'estat de funcionament, juntament amb una etapa d'espera. Es començarà a iniciar el procés de forma en el moment en que s'hagi aturat el transport a la posició corresponent i ens hagi donat l'ordre.

Així doncs, un cop donada l'ordre, es desplaçarà el cilindre amb el motlle de la forma de l'envàs. Aquest subjectarà el plàstic i en detectar el sensor de final de cursa realitzarà el buit per tal de que aquest adquireixi la forma del motlle. Aquest procés s'ha de realitzar durant dos segons sempre i quant s'estigui fent el buit a la pressió corresponent.

Un cop acabat el temps es desactiva la vàlvula de buit i es retira el cilindre amb el motlle de la forma, que en arribar a la seva posició de descans, ens envia la senyal que el procés de forma ha finalitzat.

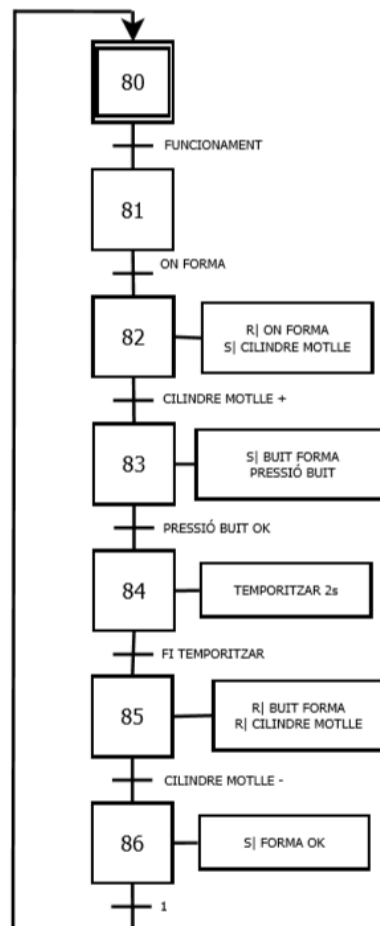


Figura 29. GRAFCET forma.



## 5.2.3. Buit

El GRAFCET de buit té un procediment semblant al de la forma explicada anteriorment, per tant no el comentarem. No obstant, en aquest cas s'activa un bit de soldadura que s'encarrega de soldar el producte un cop finalitzat el buit.

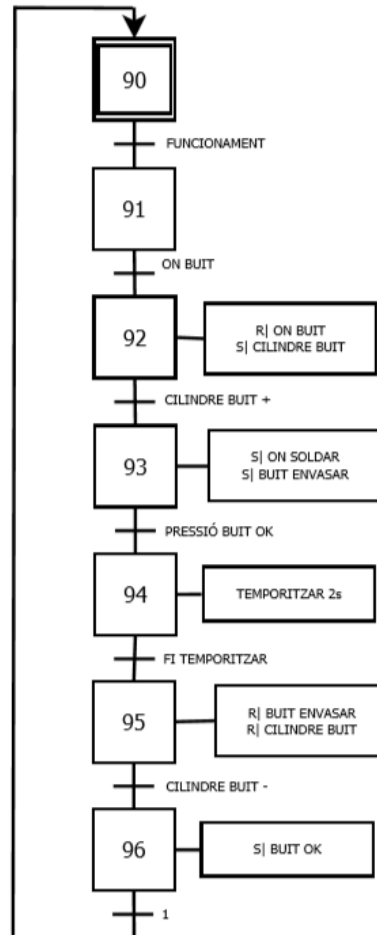


Figura 30. GRAFCET buit.

El procés de soldadura consta de sis etapes i ve activat per l'estat de funcionament que el deixa en repòs. Seguidament quan el programa del buit activa el bit de soldadura aquest GRAFCET passa a la següent etapa.

El que fa a continuació és activar el cilindre de soldadura fins que arriba al final del seu recorregut i seguidament temporitza mig segon. Un cop ha acabat la temporització el cilindre torna a la seva posició originària i ens avisa que ha acabat de soldar.

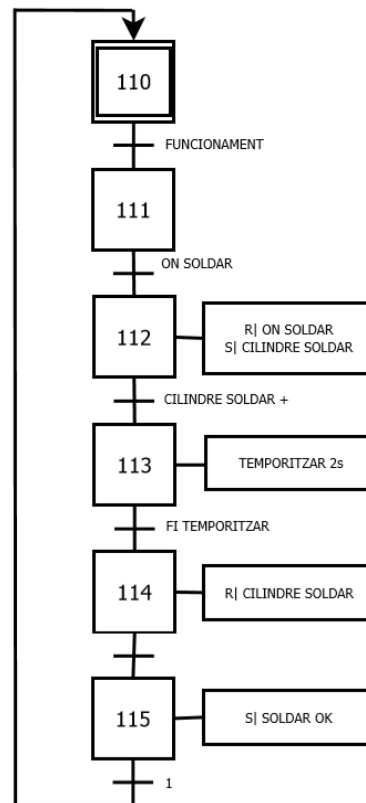


Figura 31. GRAFCET soldar.

#### 5.2.4. Etiquetatge

Pel que fa a l'etiquetatge dels diferents envasos s'utilitza un GRAFCET d'onze etapes. Igual que a passa amb la resta, inicialment es troba en repòs fins que hi ha el bit de funcionament. Seguidament s'espera fins que té l'ordre provinent de la talladora per etiquetar.

Un cop ha rebut l'ordre activa el motor de les bobines de l'etiqueta fins que ens detecta la fotocèl·lula de final d'etiqueta. Aquest fet ens fa activar un cilindre que ens enganxa l'etiqueta en el producte, que cop ha arribat a la seva màxima elongació recula a la seva posició inicial.

Seguidament es desplaça la bobina amb les etiquetes a l'envàs de producte del darrera. Un cop assolida la posició repeteix el procés, treu etiqueta i l'enganxa en l'envàs.

Per acabar, retorna a la posició inicial i activa un bit conforme ha acabat el procés d'etiquetatge.

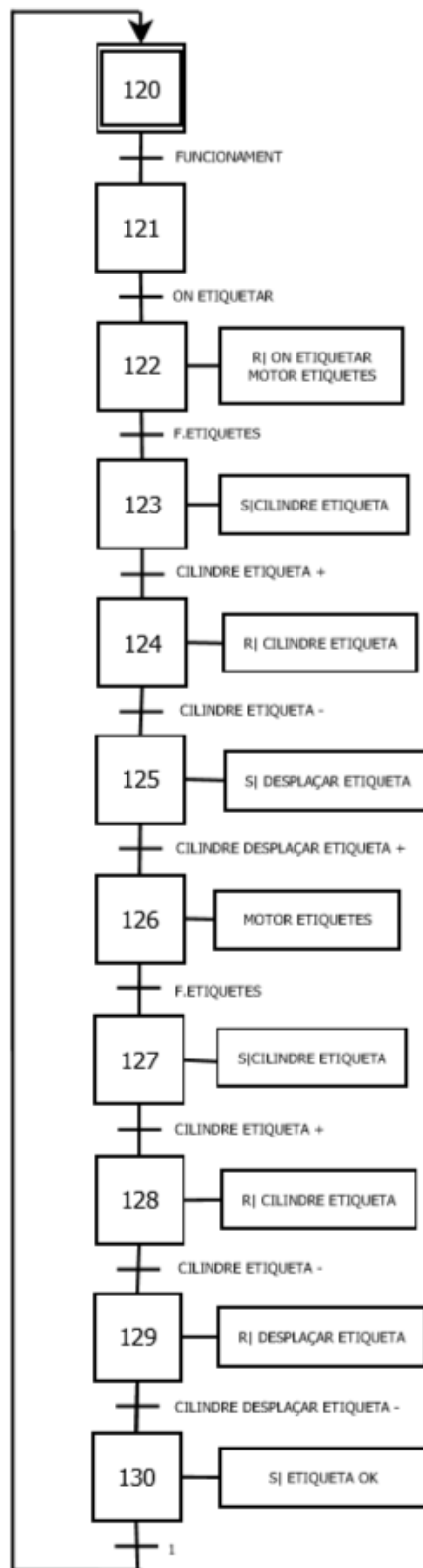


Figura 32. GRAFCET etiquetatge

### 5.2.5. Tall

Per el procés de tall s'utilitza un GRAFCET de cinc etapes. Inicialment, ens trobem en repòs fins l'activació del bit de funcionament. Seguidament en rebre l'ordre de tallar provinent de la transportadora ens activa el desplaçament dels cilindres amb les guillotines fins als seus finals de cursa.

Un cop assolits els finals de cursa, es realitza la maniobra de retorn dels cilindres fins a la seva posició d'origen i s'activa un bit conforme ha acabat el procediment de tall del plàstic.

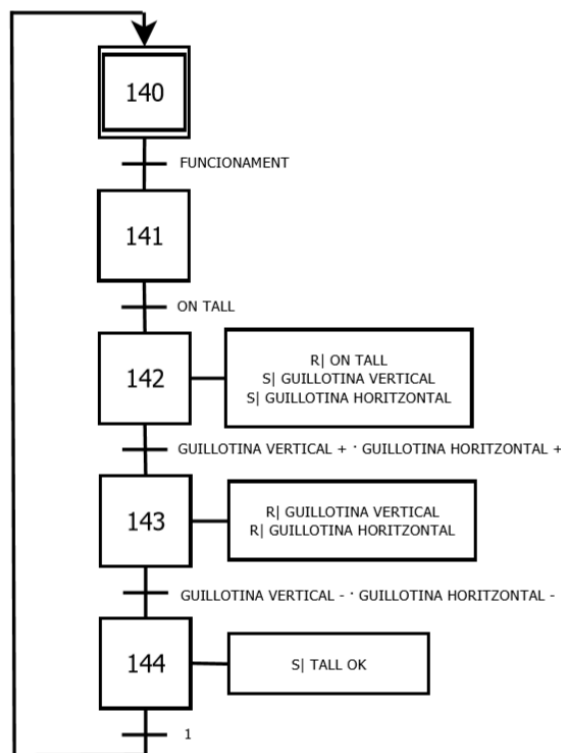


Figura 33. GRAFCET tall.

### 5.2.6. Bobines

Per acabar, s'ha dividit aquest programa en dos programes, un per cada una de les bobines. No obstant, el funcionament és el mateix ja que tan sols canvien el nom dels sensors i actuadors.

Inicialment ens trobem a l'espera del bit de funcionament i del d'activació de les bobines. En el cas de les bobines, el bit s'activa abans, ja que les bobines han de subministrar el plàstic que ha de servir per el transport.

En activar-se el bit provinent de la transportadora s'activa el motor de la bobina juntament amb el cilindre. El motor segueix activat mentre el cilindre realitza un desplaçament de retorn a la posició d'origen. És a les hores, quan para el desplaçament del motor i obtenim la senyal de que el GRAFCET de la bobina ha finalitzat.

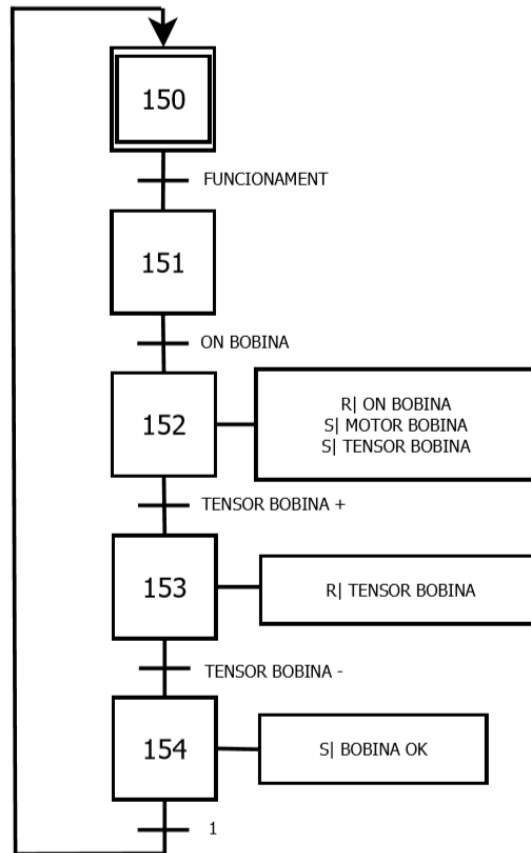


Figura 34. GRAFCET bobina.

## 6. INTERFÍCIE D'USUARI

La interfície d'usuari és l'eina proposada per unificar el control de l'automatització i manar les tres talladores des d'una única pantalla. De la mateixa manera, es podran observar l'estat dels diferents sensors i actuar sobre els actuadors per les tasques de manteniment.

### 6.1. Jerarquia pantalla

La interfície de sistema amb l'usuari consta d'un menú principal que desemboca en dues opcions diferents depenent de l'usuari al qual estigui adreçat. Una destinada als operaris de la fabrica on permet la selecció dels diferents programes, i una altre destinada al manteniment que permetrà observar els sensors i actuadors de l'alineadora i l'envasadora.

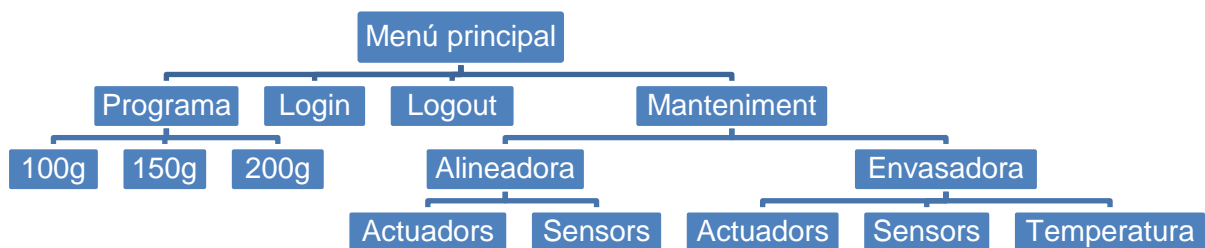


Figura 35. Estructura SCADA.

### 6.2. Disseny pantalla

Tal i com s'ha esmentat anteriorment, la pantalla principal correspon a un menú des del qual podrem accedir a la selecció de programa o bé a les tasques de manteniment.

Per accedir al menú de manteniment és necessari un usuari i contrasenya per evitar que els operaris de la fàbrica puguin remenar els diferents actuadors i puguin prendre mal o xafar alguna part de la instal·lació, ja que es pot actuar directament sobre els actuadors de la instal·lació.

Els botons de manteniment i logout no seran visibles ni accessibles fins que s'accedeixi amb l'usuari i la contrasenya.

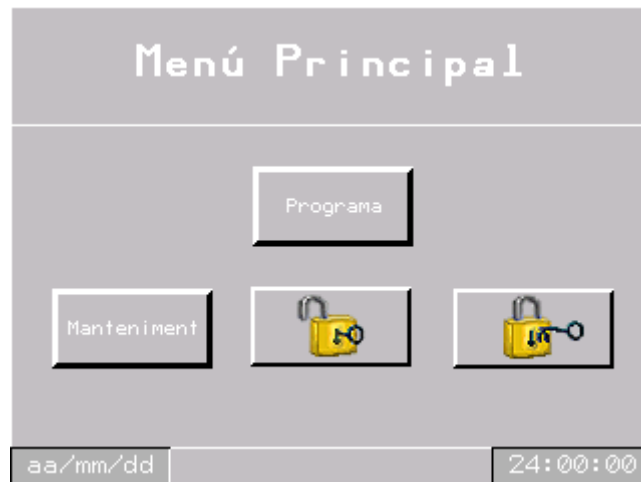


Figura 36. Menú principal.

En clicar sobre el botó programa, s'obrirà una finestra que deixarà escollir un dels tres programes que es volen dur a terme a les talladores. També inclou un indicador lluminós per tal de mostrar quin dels programes s'està executant.

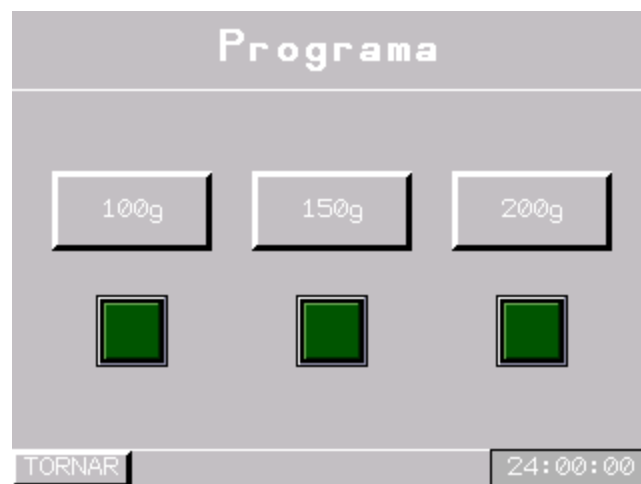


Figura 37. Programes.

En clicar algun d'aquests botons es necessitarà una confirmació de la selecció del programa per tal d'assegurar a l'operari el programa escollit. Això enviarà un bit de confirmació que servirà tant per l'indicador lluminós de la figura anterior com per l'ordre d'enviar el programa a la talladora a través de l'autòmat. Només s'observarà una de les tres pantalles de selecció de programa en el document per agilitzar la visualització.

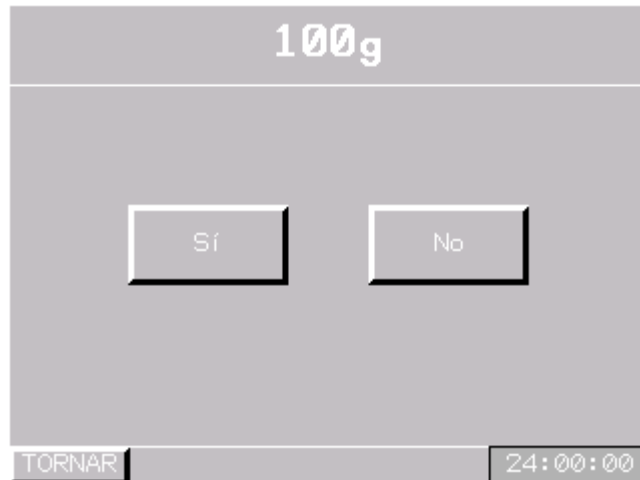
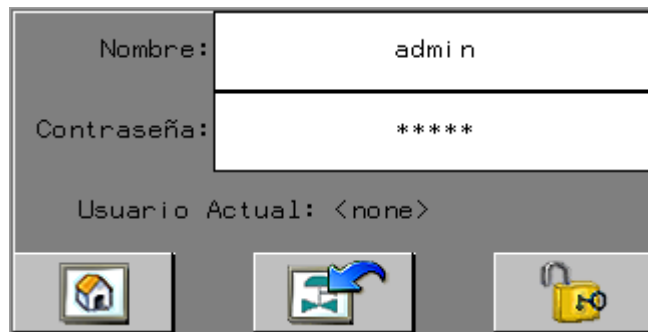


Figura 38. Programa 100g.

Per altre banda, si es volen realitzar les tasques de manteniment s'haurà de polsar el login. Això en obrirà una pantalla on haurem d'accedir amb usuari i contrasenya. Un cop ingressats amb l'usuari i la contrasenya ja tindrem accés al botó de manteniment del menú principal.



9

En prémer el polsador de manteniment, s'accedeix a una pantalla que deixa escollir entre l'alineadora o l'envasadora.

En cas que s'hagin finalitzat les tasques de manteniment, es podrà sortir mitjançant el botó de logout.

Aquesta polsador és el que ens activa el bit de manteniment que permetrà passar a l'estat F6 de la guia GEMMA.



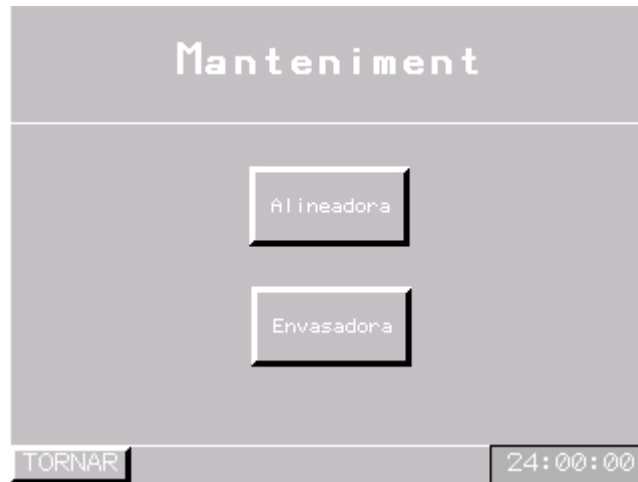


Figura 40. Manteniment.

En accedir a l'alineadora, podrem observar dos menús. Un referit a sensors i l'altre a actuadors.



Figura 41. Alineadora.

En el cas d'accedir a sensors, tindrem una visualització de tots i cadascun dels sensors de la instal·lació referida a l'alineadora. Aquesta visualització es duu a terme mitjançant una marca de memòria que hi ha en el PLC. Per tant, realment visualitzarem l'estat d'una memòria que vindrà definida segons la lectura del sensor.

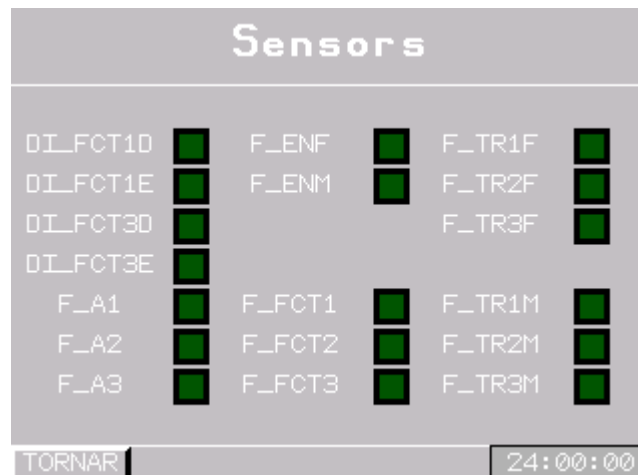


Figura 42. Sensors.

En el cas de prémer el botó d'actuadors, accedirem a la pantalla següent, on tots i cadascun dels polsadors de la figura 27 tenen associada una marca en la memòria que permet activar directament les sortides del PLC.



Figura 43. Actuadors .

Referent a l'envasadora, aquesta també consta de les pantalles de sensors i actuadors juntament amb una altra de temperatura. Com en el cas dels programes, donat que les pantalles són semblants només visualitzarem les de l'alineadora. No obstant, si que observarem la de temperatura.

Aquesta permet observar els valors de temperatura provinents del controlador de temperatura i si l'estat és el correcte.

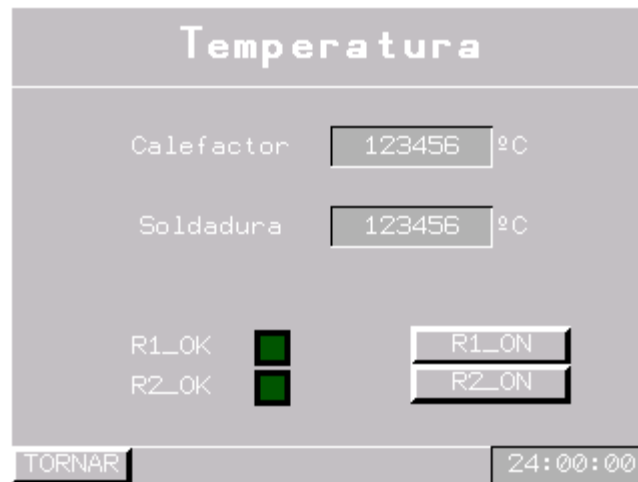


Figura 44. Temperatura.

Totes i cadascuna de les pantalles permeten tornar a la pantalla anterior a partir del polsador situat a l'extrem inferior.

### 6.3. Variables PLC

Per realitzar la visualització explicada anteriorment és necessari compartir les diferents variables dels dos PLC. Per fer-ho es necessita assignar aquestes variables com a variables globals i seguidament, a la configuració de símbols indicar quines volem importar a la pantalla.

Per acabar, faltaria incloure-les al Vijeo mitjançant la importació des de SoMachine. Aquestes variables s'han dividit en dos tipus, de visualització i actuació.

#### 6.3.1. Variables de visualització

Considerem variables de visualització aquelles que ens aportaran informació del procés, és a dir, tot tipus de sensors.

Per poder observar aquestes variables és necessari crear un programa en el PLC que permeti adquirir el valor dels sensors, guardar-los en una memòria global i seguidament observar-la per la pantalla mitjançant la vinculació d'un indicador lluminós.

El programa creat a l'alineadora i que ens permet observar els diferents sensors és la mostrada a la Figura 45 de la pàgina següent.

```

IF (DI_FCT1E = TRUE) THEN M_DI_FCT1E := 1; ELSE M_DI_FCT1E :=0; END_IF
IF (DI_FCT1D = TRUE) THEN M_DI_FCT1D := 1; ELSE M_DI_FCT1D :=0; END_IF
IF (DI_FCT3E = TRUE) THEN M_DI_FCT3E := 1; ELSE M_DI_FCT3E :=0; END_IF
IF (DI_FCT3D = TRUE) THEN M_DI_FCT3D := 1; ELSE M_DI_FCT3D :=0; END_IF

IF (F_FCT1 = TRUE) THEN M_F_FCT1 := 1; ELSE M_F_FCT1 :=0; END_IF
IF (F_FCT2 = TRUE) THEN M_F_FCT2 := 1; ELSE M_F_FCT2 :=0; END_IF
IF (F_FCT3 = TRUE) THEN M_F_FCT3 := 1; ELSE M_F_FCT3 :=0; END_IF

IF (F_TR1M = TRUE) THEN M_F_TR1M := 1; ELSE M_F_TR1M :=0; END_IF
IF (F_TR2M = TRUE) THEN M_F_TR2M := 1; ELSE M_F_TR2M :=0; END_IF
IF (F_TR3M = TRUE) THEN M_F_TR3M := 1; ELSE M_F_TR3M :=0; END_IF
IF (F_TR1F = TRUE) THEN M_F_TR1F := 1; ELSE M_F_TR1F :=0; END_IF
IF (F_TR2F = TRUE) THEN M_F_TR2F := 1; ELSE M_F_TR2F :=0; END_IF
IF (F_TR3F = TRUE) THEN M_F_TR3F := 1; ELSE M_F_TR3F :=0; END_IF

IF (F_A1 = TRUE) THEN M_F_A1 := 1; ELSE M_F_A1 :=0; END_IF
IF (F_A2 = TRUE) THEN M_F_A2 := 1; ELSE M_F_A2 :=0; END_IF
IF (F_A3 = TRUE) THEN M_F_A3 := 1; ELSE M_F_A3 :=0; END_IF

IF (F_ENM = TRUE) THEN M_F_ENM := 1; ELSE M_F_ENM :=0; END_IF
IF (F_ENF = TRUE) THEN M_F_ENF := 1; ELSE M_F_ENF :=0; END_IF

```

Figura 45. Variables visualització PLC Alineadora.

Per altre banda, el programa creat a l'envasadora i que ens permet observar els diferents sensors és la següent.

```

IF (DI_FCDEP = TRUE) THEN M_DI_FCDEP := 1; ELSE M_DI_FCDEP :=0; END_IF
IF (DI_FCDEL = TRUE) THEN M_DI_FCDEL := 1; ELSE M_DI_FCDEL :=0; END_IF
IF (DI_FCCEP = TRUE) THEN M_DI_FCCEP := 1; ELSE M_DI_FCCEP :=0; END_IF
IF (DI_FCCEL = TRUE) THEN M_DI_FCCEL := 1; ELSE M_DI_FCCEL :=0; END_IF
IF (DI_FCSP = TRUE) THEN M_DI_FCSP := 1; ELSE M_DI_FCSP :=0; END_IF
IF (DI_FCSSL = TRUE) THEN M_DI_FCSSL := 1; ELSE M_DI_FCSSL :=0; END_IF
IF (DI_FCBP = TRUE) THEN M_DI_FCBP := 1; ELSE M_DI_FCBP :=0; END_IF
IF (DI_FCBL = TRUE) THEN M_DI_FCBL := 1; ELSE M_DI_FCBL :=0; END_IF
IF (DI_FCTBIP = TRUE) THEN M_DI_FCTBIP := 1; ELSE M_DI_FCTBIP :=0; END_IF
IF (DI_FCTBIL = TRUE) THEN M_DI_FCTBIL := 1; ELSE M_DI_FCTBIL :=0; END_IF
IF (DI_FCTBSP = TRUE) THEN M_DI_FCTBSP := 1; ELSE M_DI_FCTBSP :=0; END_IF
IF (DI_FCTBSL = TRUE) THEN M_DI_FCTBSL := 1; ELSE M_DI_FCTBSL :=0; END_IF
IF (DI_FCGHP = TRUE) THEN M_DI_FCGHP := 1; ELSE M_DI_FCGHP :=0; END_IF
IF (DI_FCGHL = TRUE) THEN M_DI_FCGHL := 1; ELSE M_DI_FCGHL :=0; END_IF
IF (DI_FCGVP = TRUE) THEN M_DI_FCGVP := 1; ELSE M_DI_FCGVP :=0; END_IF
IF (DI_FCGVL = TRUE) THEN M_DI_FCGVL := 1; ELSE M_DI_FCGVL :=0; END_IF
IF (DI_FCFP = TRUE) THEN M_DI_FCFP := 1; ELSE M_DI_FCFP :=0; END_IF
IF (DI_FCFL = TRUE) THEN M_DI_FCFL := 1; ELSE M_DI_FCFL :=0; END_IF
IF (F_PB1 = TRUE) THEN M_F_PB1 := 1; ELSE M_F_PB1 :=0; END_IF
IF (F_PB2M = TRUE) THEN M_F_PB2M := 1; ELSE M_F_PB2M :=0; END_IF
IF (F_FET = TRUE) THEN M_F_FET := 1; ELSE M_F_FET :=0; END_IF
IF (R1_OK = TRUE) THEN M_R1_OK := 1; ELSE M_R1_OK :=0; END_IF
IF (R2 OK = TRUE) THEN M R2 OK := 1; ELSE M R2 OK :=0; END_IF

```

Figura 46. Variables visualització PLC Envasadora.

### 6.3.2. Variables d'actuació

Pel que fa a les variables d'actuació, és l'accionament d'un polsador el que ens habilita alguna d'aquestes marques de memòria, per seguidament assignar l'actuador corresponent a la variable. En aquest cas, al actuar sobre un polsador ens activaria els motors, o les vàlvules de la instal·lació.

El programa utilitzat a l'alineadora és el següent.

```

IF (M_R_CT1 = TRUE) THEN R_CT1 := 1; ELSE R_CT1 :=0; END_IF
IF (M_R_CT2 = TRUE) THEN R_CT2 := 1; ELSE R_CT2 :=0; END_IF
IF (M_R_CT3 = TRUE) THEN R_CT3 := 1; ELSE R_CT3 :=0; END_IF

IF (M_R_CAT1 = TRUE) THEN R_CAT1 := 1; ELSE R_CAT1 :=0; END_IF
IF (M_R_CAT2 = TRUE) THEN R_CAT2 := 1; ELSE R_CAT2 :=0; END_IF
IF (M_R_CAT3 = TRUE) THEN R_CAT3 := 1; ELSE R_CAT3 :=0; END_IF

IF (M_R_CE = TRUE) THEN R_CE := 1; ELSE R_CE :=0; END_IF

IF (M_R_MDT1A = TRUE) THEN R_MDT1A:= 1; ELSE R_MDT1A :=0; END_IF
IF (M_R_MDT1T = TRUE) THEN R_MDT1T:= 1; ELSE R_MDT1T :=0; END_IF
IF (M_R_MDT3A = TRUE) THEN R_MDT3A:= 1; ELSE R_MDT3A :=0; END_IF
IF (M_R_MDT3T = TRUE) THEN R_MDT3T:= 1; ELSE R_MDT3T :=0; END_IF

IF (M_H1 = TRUE) THEN H1 := 1; ELSE H1 :=0; END_IF

```

Figura 47. Variables actuació PLC Alineadora.

Mentre que el de l'envasadora, al constar de mes actuadors és més llarg.

```

IF (M_R_SERR = TRUE) THEN R_SERR := 1; ELSE R_SERR :=0; END_IF
IF (M_R_COMP = TRUE) THEN R_COMP := 1; ELSE R_COMP :=0; END_IF
IF (M_R_BOIN = TRUE) THEN R_BOIN := 1; ELSE R_BOIN :=0; END_IF
IF (M_R_BOSU = TRUE) THEN R_BOSU := 1; ELSE R_BOSU :=0; END_IF
IF (M_R_CADR = TRUE) THEN R_CADR := 1; ELSE R_CADR :=0; END_IF
IF (M_R_CAES = TRUE) THEN R_CAES := 1; ELSE R_CAES :=0; END_IF
IF (M_R_BORE = TRUE) THEN R_BORE := 1; ELSE R_BORE :=0; END_IF
IF (M_R_BOET = TRUE) THEN R_BOET := 1; ELSE R_BOET :=0; END_IF
IF (M_E_PBI = TRUE) THEN E_PBI := 1; ELSE E_PBI :=0; END_IF
IF (M_E_PBS = TRUE) THEN E_PBS := 1; ELSE E_PBS :=0; END_IF
IF (M_E_TBI = TRUE) THEN E_TBI := 1; ELSE E_TBI :=0; END_IF
IF (M_E_TBS = TRUE) THEN E_TBS := 1; ELSE E_TBS :=0; END_IF
IF (M_E_GHO = TRUE) THEN E_GHO := 1; ELSE E_GHO :=0; END_IF
IF (M_E_GVE = TRUE) THEN E_GVE := 1; ELSE E_GVE :=0; END_IF
IF (M_E_DET = TRUE) THEN E_DET := 1; ELSE E_DET :=0; END_IF
IF (M_E_BET = TRUE) THEN E_BET := 1; ELSE E_BET :=0; END_IF
IF (M_E_DBU = TRUE) THEN E_DBU := 1; ELSE E_DBU :=0; END_IF
IF (M_E_DSO = TRUE) THEN E_DSO := 1; ELSE E_DSO :=0; END_IF
IF (M_E_BUE = TRUE) THEN E_BUE := 1; ELSE E_BUE :=0; END_IF
IF (M_E_BUF = TRUE) THEN E_BUF := 1; ELSE E_BUF :=0; END_IF
IF (M_E_DFO = TRUE) THEN E_DFO := 1; ELSE E_DFO :=0; END_IF
IF (M_R1_ON = TRUE) THEN R1_ON := 1; ELSE R1_ON :=0; END_IF
IF (M_R2_ON = TRUE) THEN R2_ON := 1; ELSE R2_ON :=0; END_IF

```

Figura 48. Variables actuació PLC Envasadora.

## 7. COMUNICACIONS

Pel que fa a comunicacions és necessari connectar tots els dispositius de la instal·lació mitjançant connexions Ethernet. Cadascun dels elements aniran connectats als mòduls d'Ethernet, aquest es trobaran adjacents al PLC de l'alineadora. Els mòduls que disposem són els TM4ES4 de la casa Schneider Electric.

Cada un d'ells disposa de 4 connexions del tipus Ethernet, amb la qual cosa en necessitarem dos mòduls per tal de tenir els ports suficients per establir la comunicació entre tots els dispositius.

Les adreces IP assignades a tots i cadascun dels dispositius que tenim connectats en xarxa seran les següents.

Dispositiu	Adreça IP
Autòmat TM241CE40R PLC Alineadora	192.168.0.100
Pantalla HMISTU855	192.168.0.101
Talladora 1 VSI T Bizerba	192.168.0.102
Talladora 2 VSI T Bizerba	192.168.0.103
Talladora 3 VSI T Bizerba	192.168.0.104
Autòmat TM241CE40R PLC Envasadora	192.168.0.105
Link 150 Temperatura Formadora	192.168.0.106
Link 150 Temperatura Buit	192.168.0.107

Taula 12. Adreces IP

La comunicació entre els PLCs i la pantalla es realitza mitjançant les variables globals generades en el programa del PLC i importades al del disseny de la pantalla tal i com s'ha explicat anteriorment. De totes maneres, haurem d'assignar la direcció IP de la pantalla en el programa.

Per altra banda, per fer les comunicacions entre els dos PLCs necessitarem intercanviar blocs de dades d'un PLC a l'altre. En el nostre cas, enviarem un WORD amb la informació prèviament guardada.

```

FUNCIONAMENT AT %MX10.0: BOOL;
PREPARACIO AT %MX10.1: BOOL;
MANTENIMENT AT %MX10.2: BOOL;
RESET_GRAFCETS_ENVASADORA AT %MX10.3: BOOL;
PARADA AT %MX10.4: BOOL;

```

Figura 49. Assignació de les variables a llocs de memòria del PLC de l'Alineadora.

Aquí s'han guardat les dades de la Guia GEMMA a cinc bits de la MW10, i a continuació hem assignat aquesta memòria a l'ARRAY següent.

```
ARRAY_GEMMA_E:= %MW10;
```

Figura 50. Assignació ARRAY.

Seguidament s'inicia la comunicació mitjançant l'execució d'algun dels diferents bits assignats a l'entrada d'Execute del bloc ADDM. S'assigna l'adreça a la qual volem dirigir les nostres dades. En aquest cas, ens dirigirem via Ethernet, número 3, i la direcció del PLC de l'envasadora, ja que l'adreça és la 192.168.0.105.

S'escriuran les dades assignades al Buffer, en el nostre cas, la cadena definida anteriorment. També indicarem a quina ubicació de memòria del dispositiu assignarem aquestes dades i quan ocupen. Per tant, a l'adreça MW10 del PLC de l'envasadora hi trobaríem les dades que hem escrit a l'adreça MW10 del PLC de l'alineadora.

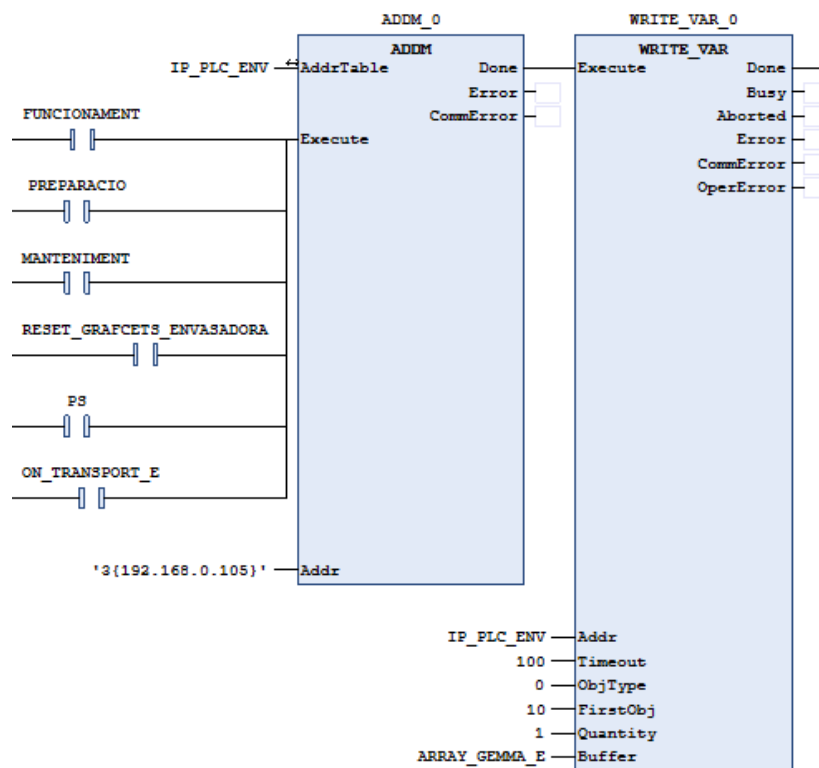


Figura 51. Escriptura PLC Alineadora a PLC Envasadora.

Per realitzar les comunicacions amb les talladores es realitza un programa que s'encarrega de donar l'ordre d'engegar i parar les talladores juntament amb el numero de programa que s'ha d'executar.

L'activació de les talladores ve donada per un bit generat en un programa, mentre que el canvi de programa ve des d'una marca generada per una pulsació de la pantalla. Totes dues opcions activen una escriptura d'una variable per via Ethernet.

Les comandes que es necessiten per fer el control de les talladores venen determinades per la taula següent.

Funció	Comanda
Activar talladora	!AW01 1
Aturar Talladora	!AW01 0
Programa 1 Talladora	!XV00 GL19 GL1A LX02 1 0
Programa 2 Talladora	!XV00 GL19 GL1A LX02 2 0
Programa 3 Talladora	!XV00 GL19 GL1A LX02 3 0

Taula 13. Comandes talladora

Per enviar la senyal d'activació a les talladores, s'utilitza la línia de programa de la Figura 53 de la pàgina següent. Qualsevol dels canvis que tinguem en el bit d'activació ens executa la funció de comunicació i seguidament la d'escriptura.

Les dades enviades corresponen a la MW36 fins a la MW47, que es guarden en un ARRAY. El missatge d'aquest ARRAY varia segons la senyal d'activació. En aquest cas correspondria a les activacions de la primera talladora.

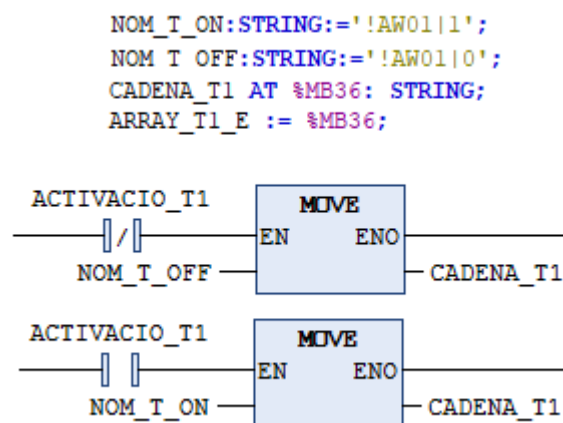


Figura 52. Assignació de les dades de activació a l'ARRAY.

Igual que en el cas anterior, s'inicia la comunicació mitjançant l'execució d'algun dels diferents bits assignats al bloc de funció ADDM. Seguidament s'assigna l'adreça a la qual volem dirigir



les nostres dades. En aquest cas, ens dirigiríem via Ethernet, número 3, i la direcció de la primera talladora, ja que l'adreça és la 192.168.0.102.

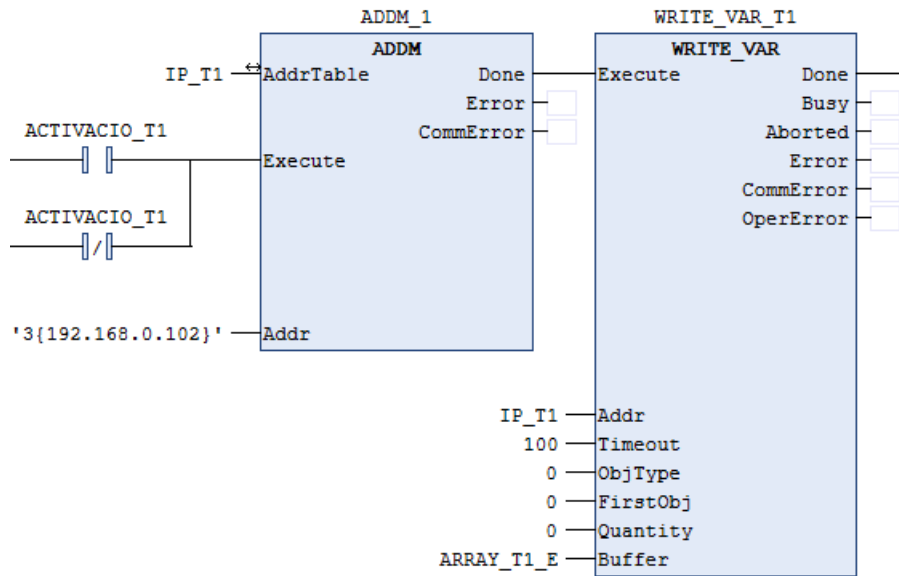


Figura 53. Enviar activació a talladora.

De la mateixa manera, per enviar el programa a les talladores s'utilitzaria la línia de programa següent.

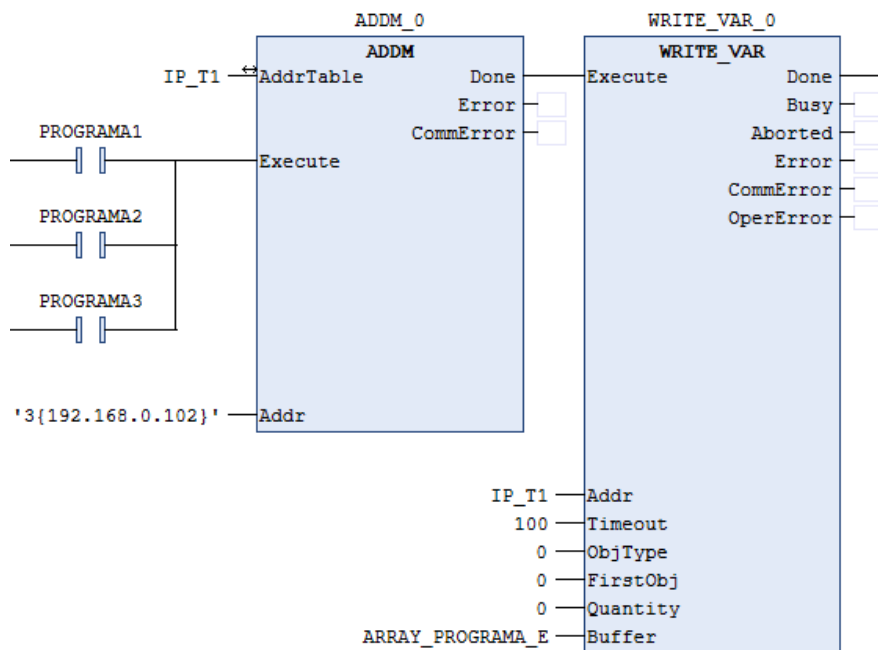


Figura 54. Enviar programa a talladora.

Per altra banda, si volem realitzar lectures de temperatura, s'ha de realitzar el procés invers, és a dir, hem d'assignar a quina dada de memòria volem anar a buscar la nostre informació. Assignem un ARRAY que haurem de guardar per seguidament observar el valor de temperatura llegit.

En aquest cas, accediríem al valor de la temperatura de la formadora segons l'estat de diferents bits per tal d'accedir-hi bastant sovint. La IP és la del Link 150 que està connectada mitjançant RS485 al Hotcontrol 296c.

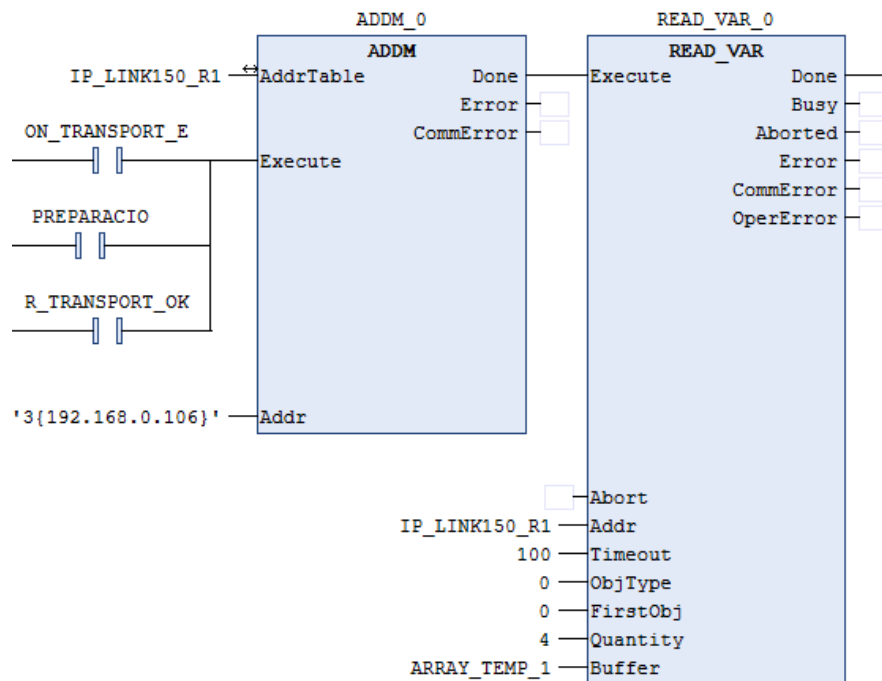


Figura 55. Lectura de temperatura Link150 formadora.

## **8. RESUM DEL PRESSUPOST**

El cost econòmic de l'automatització i control de tres talladores i una envasadora ascendeix un total de cent quaranta-quatre mil dos-cents catorze euros amb noranta-un cèntims, sense IVA.

## 9. CONCLUSIONS

Aquest projecte s'ha realitzat amb la finalitat de trobar una solució òptima a l'automatització i control d'una línia de producció que fins a dia d'avui no estava automatitzada o es feia tot de manera manual.

Gràcies a l'automatització s'ha augmentat el rendiment de producció. Considerant que una talladora permet de 80 a 90 llescats cada minut, i que el sobre consta de tres productes diferents, obligava a guardar el producte fins a tenir els tres productes diferents. Això feia augmentar significativament el temps de producció. De la mateixa manera, haver de canviar de material constantment feia augmentar el temps de producció d'un sobre, que ascendia a 48 segons. Actualment, amb l'automatització s'està produint un sobre cada 9 segons mig, és a dir, es produeix 5,05 vegades més.

A més a més, s'ha dissenyat la programació de l'autòmat programable i de la interfície d'usuari SCADA, de manera clara i entenedora, per facilitar la seva utilització a l'operari i evitant realitzar les configuracions pertinents a cadascuna de les tres talladores, ja que ara, des d'una sola pantalla es poden controlar les tres talladores. De la mateixa manera, queden facilitades les tasques de manteniment degut a la possibilitat de visualitzar la detecció dels sensors i la capacitat de manipular els diferents actuadors.

Les noves tecnologies han permès elaborar plàstics a partir de matèria natural com el blat de moro, tot i que les característiques que té actualment el fan més sensible a la temperatura. Tot i així, s'ha pogut incorporar a l'envasadora mitjançant una disminució dels valors de les temperatures d'emmotllat i soldadura respecte les envasadores convencionals, generant així un menor impacte en el medi ambient.

Per tant, finalment es pot afirmar s'han assolit els objectius inicials correctament i s'ha aconseguit realitzar l'automatització i control juntament amb les comunicacions entre PLCs, talladores i diferents dispositius de la instal·lació tot simulant la tecnologia que hi ha realment en el procés.

Adrià Quintana i Usan

Graduat en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

Olot, 20 de maig de 2020

## **10. RELACIÓ DE DOCUMENTS**

Aquest projecte consta dels següents documents: memòria, plànols, plec de condicions, estat d'amidaments i pressupost.

## 11. BIBLIOGRAFIA

Bizerba, VSI T, (<https://www.bizerba.com/en/products/slicers/industrial-slicers/vsi-t/vsi-t.html>, 10 de novembre de 2019)

Bizerba, brochure\_vsi\_en.pdf, ([https://www.bizerba.com/media/produkt\\_downloads/schneidemaschinen\\_1/automatische\\_vertikalschneidemaschinen/vsi\\_4/brochure\\_vsi\\_en.pdf](https://www.bizerba.com/media/produkt_downloads/schneidemaschinen_1/automatische_vertikalschneidemaschinen/vsi_4/brochure_vsi_en.pdf), 10 de novembre de 2019)

RS, Variador de frecuencia, (<https://es.rs-online.com/web/p/variadores-de-velocidad/6695796/>, 11 de novembre de 2019)

Schneider electric, HMISTU855, (<https://www.se.com/es/es/product/HMISTU855/terminal-t%C3%A1ctil-de-5%2C7%22-a-color/>, 11 de novembre de 2019)

Schneider electric, TM241CE40R, ([https://www.se.com/es/es/product/TM241CE40R/controller-m241-40-io-relay-ethernet-%28%28\\*%29%29/](https://www.se.com/es/es/product/TM241CE40R/controller-m241-40-io-relay-ethernet-%28%28*%29%29/), 11 de novembre de 2019)

Wikipedia, SCADA, (<https://es.wikipedia.org/wiki/SCADA>, 10 de novembre de 2019)

## 12. GLOSARI

CA: Corrent Altern

CC: Corrent Continu

GEMMA: Guide d'Études des Modes de Marxes et d'Arrêts.

GRAF CET: GRAPhe Fonctionnel de Commande Etape Transition.

HMI: Human Machine Interface.

IP: Protocol d'Internet.

NO: Normalment Obert

PET: Tereftalat de polietilè

PLA: Àcid polilàctic

PLC: Programmable Logic Controller.

QVGA: Quarter Video Graphics Array.

SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition.

TFT: Thin Film Transistor

## A. CÀLCULS DE LA SECCIÓ DEL CABLEJAT I PROTECCIONS

### A.1. Trifàsic

Les connexions dels motors de corrent altern trifàsics amb el quadre elèctric es realitzen mitjançant un cable que haurà de suportar una intensitat determinada per la següent equació:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi} \quad (\text{Eq. 1})$$

Així doncs, la intensitat dels motors serà la següent:

Element	Potència (W)	Voltatge (V)	cos $\phi$	Intensitat (A)
Motors de CA	550,00	400,00	0,79	1,01

Taula 14. Intensitat elements trifàsics

Al tractar-se d'un cable multi conductor en tub de muntatge superficial, li correspon al grup B2. Per aquest grup, i al ser una mànega de 3xXLPE, li correspondrien 1,5 mm<sup>2</sup> de secció ja que aquest permet fins a 16 A, no obstant es sobredimensionarà a 2,5 mm<sup>2</sup> per evitar el sobreescalfament i les pèrdues de tensió que els cables puguin patir, sent així 22 A la intensitat màxima permesa.

La protecció utilitzada haurà de complir

$$I_b \leq I_n < I_z \quad (\text{Eq. 2})$$

D'aquesta manera, es compleix que

Element	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>n</sub> (A)	I <sub>z</sub> (A)
Magnetotèrmics motors de CA	1,01	22,00	25,00

Taula 15. Valors magnetotèrmics trifàsics

La protecció dels magnetotèrmic trifàsics ha de ser de 25 A.



## A.2. Monofàsic

Les connexions dels elements monofàsics de la instal·lació, dels quals nosaltres disposem de motors de corrent continu i les talladores, es connecten amb el quadre elèctric mitjançant un cable que haurà de suportar una intensitat de:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \phi} \quad (\text{Eq. 3})$$

Així doncs, la intensitat dels motors i les talladores serà la següent:

Element	Potència (W)	Voltatge (V)	cos $\phi$	Intensitat (A)
Talladores	700,00	230,00	0,85	3,58
Motors de CC	87,20	24,00	1,00	3,63

Taula 16. Intensitat elements monofàsics

Al tractar-se d'un cable multi conductor en tub de muntatge superficial, li correspon al grup B2. Per aquest grup, i al ser una mànega de 2xXLPE, li correspondrien 1,5 mm<sup>2</sup> de secció ja que aquest permet fins a 18 A. Donat que el cable és relativament curt, no arriba als 10m en cap dels casos i les intensitats relativament baixes, es considera que la secció és més que suficient per garantir no sobrepassar les caigudes de tensió.

La protecció utilitzada per les talladores haurà de complir:

$$I_b \leq I_n < I_z \quad (\text{Eq. 2})$$

D'aquesta manera, es compleix que:

Element	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>n</sub> (A)	I <sub>z</sub> (A)
Magnetotèrmics Talladores	3,58	18,00	20,00

Taula 17. Valors magnetotèrmics monofàsics

La protecció dels magnetotèrmics de les talladores ha de ser de 20 A.

## **B. PROGRAMA**

La programació d'aquesta automatització, s'ha realitzat amb el programa SoMachine de Schneider Electric mitjançant diferents llenguatges de programació. Tots els programes realitzats es troben adjunts dins la carpeta Programació al CD que acompanya aquest document.