

**Grau en Enginyeria Electrònica industrial i automàtica**

**POSADA EN MARXA D'UN ROBOT DE 6 EIXOS.  
CÀRREGA I CONTROL DE MOVIMENT AMB SEGURETAT  
APLICADA**

**“SCORBOT STUDIO 2.0”**

**Memòria**

**MARC TORRENTS DOMÈNECH  
PONENT: JOSEP LÓPEZ XARBAU**

**PRIMAVERA 2019**



## **Dedicatòria**

M'agradaria dedicar aquest projecte a totes aquelles persones que sé que sempre hi són i puc comptar amb elles, a aquelles persones que sempre han apostat per mi i aquelles que m'han patit d'aprop al llarg de la meva carrera, sobretot aquestes últimes setmanes abans de l'entrega final d'aquest projecte.

Per últim, a una de les persones més especials que ha existit al llarg de la meva vida. Una persona que m'ha ensenyat moltíssim la qual porto dins meu ara i sempre. Li dedico sobretot perquè ja no hi és i no podrà veure'm acabar els meus estudis. Allà on siguis avi, la meva dedicatoria va principalment per a tu.



## **Agraïments**

M'agradaria agrair a Ferran Iglesias per a donar-me l'oportunitat d'haver format part del seu meravellós equip dins Rockwell Automation. Dins d'aquest, sobretot a l'Eudald, per guiar-me en el món dels plcs i l'automatització industrial sense esperar res a canvi, als Jordis i al Dani.

També agrair al meu ponent, Josep López, per tot el suport, atenció i paciència que ha tingut durant tot el projecte.

A tots aquells que han dedicat un moment a ensenyar-me al llarg de la meva vida.

Per últim agrair el suport a la meva família i a la meva parella.



## **Resum**

Aquest projecte sorgeix de la pròpia iniciativa de treballar amb una mecànica controlada per diferents elements d'Allen-Bradley que hi ha en un dels laboratoris del Tecnocampus. Partint com a base de tot aquest hardware i de la seva aplicació més recent, implementar els dispositius adients per dissenyar una nova aplicació on conviuran l'operativa que ja hi havia anteriorment i una de nova. Aquesta última, serà possible gràcies al disseny d'un sistema de moviment de mercaderies i la implementació d'un sistema de seguretat per treballar dins d'uns límits que respectin normatives que no respectaven anteriorment. Es pretén millorar la funcionalitat del robot, donant-li més ús i més terreny en l'àmbit docent.

## **Resumen**

Este proyecto surge de la propia iniciativa de trabajar con una mecánica controlada por diferentes elementos de Allen-Bradley que hay en uno de los laboratorios del Tecnocampus. Partiendo como base de todo este hardware y de su aplicación más reciente, implementar los dispositivos adecuados para diseñar una nueva aplicación donde convivirán la operativa que ya había anteriormente y una nueva. Esta última, será posible gracias al diseño de un sistema de movimiento de mercancías y la implementación de un sistema de seguridad para trabajar dentro de unos límites que respeten normativas que no respetaban anteriormente. Se pretende mejorar la funcionalidad del robot, dándole más uso y más terreno en el ámbito docente.

## **Abstract**

This project arises from the initiative of working with a mechanics controlled by different elements of Allen-Bradley that exists in one of the Tecnocampus laboratories. Starting as the basis of all this hardware and its most recent application, implement the appropriate devices to design a new application where the previously existing and one new functionality will coexist. This latter will be possible thanks to the design of a movement of goods system and the implementation of a security system to work within limits that respect regulations that previously did not respect. It aims to improve the functionality of the robot, giving it more use and more ground in the teaching field.





# Índex.

Índex de figures.....	III
Índex de taules.....	IX
Glossari de termes. ....	XI
Marc normatiu. ....	XIII
1. Objectius.....	1
1.1. Propòsit. ....	1
1.2. Finalitat. ....	1
1.3. Objecte. ....	1
1.4. Abast. ....	2
1.5. Context en les línies de recerca.....	3
2. Introducció.....	5
2.1. Revisió d’antecedents i necessitats d’informació. ....	5
2.1.1. Història del nostre Robot.....	5
2.1.2. Entitats col·laboradores.....	6
2.2. Revisió de les mancances i necessitats. ....	8
2.3. Revisió de les alternatives seleccionades.....	10
2.3.1. Reselecció d’una alternativa: Servodrives i Servomotors. ....	12
3. Objectius de detall i especificacions tècniques. ....	17
3.1. Especificacions del Hardware.....	17
3.2. Especificacions del Software. ....	29
3.3. Especificacions de seguretat. ....	30
3.3.1. Estudis de risc: Riscos principals dels sistema.....	31
3.3.2. Espai de treball. ....	32
3.3.3. Restriccions de funcionament. ....	34
3.3.4. Recomanacions per a la posada en marxa. ....	35
4. Especificacions del .ACD existent.....	37
4.1. Controller Organizer i I/O Configuration. ....	37
4.2. Program Tasks. ....	38
4.2.1. T1_Scorbot_Studio.....	40
4.2.2. T2_General.....	42
4.3. Motion Grups.....	43

5. Sistema de transport de mercaderies. ....	47
5.1. Connexions entre el servodrive i el servomotor. ....	47
5.2. Disseny, fabricació i construcció de la cinta transportadora. ....	54
5.3. Disseny, fabricació i construcció de les mercaderies. ....	59
6. Implementació del sistema de seguretat. ....	61
6.1. Connexió de les barreres de seguretat. ....	61
6.2. Connexió del semàfor. ....	64
6.3. Resum connexions Safety. ....	67
7. Disseny de la nova aplicació de l'autòmat. ....	69
7.1. Scorbot Studio 2.0: Incorporació del hardware d'Allen-Bradley. ....	69
7.2. Scorbot Studio 2.0: Programació de la nova operativa. ....	77
7.2.1. Habilitació del servomotor de la cinta. ....	77
7.2.2. New Task: Safety Pick & Place. ....	79
7.2.3. R100_HelpTags. ....	83
8. Disseny de la nova aplicació HMI. ....	85
8.1. Estructuració de les pantalles de l'aplicació. ....	85
8.2. Scorbot Studio 2.0: Cohesió de les operatives. ....	86
8.3. Scorbot Studio 2.0: Creació de les noves pantalles. ....	90
9. Planificació. ....	95
10. Impacte mediambiental. ....	101
11. Tancament del projecte. ....	103
11.1. Conclusions personals ....	103
11.2. Conclusions tècniques i futures línies de treball. ....	103
11.2.1. Conclusions tècniques. ....	103
11.2.2. Futures línies de treball. ....	104
12. Referències. ....	107

## Índex de figures.

Fig. 2.1. Compatibilitat MPL-Kinetix.....	13
Fig. 2.2. Especificacions motor MPL.....	14
Fig. 2.3. Selecció Kinetix 5500.....	14
Fig. 2.4. Selecció Kinetix 350.....	14
Fig. 2.5. Viabilitat de la xarxa.....	15
Fig. 2.6. Viabilitat del sistema.....	16
Fig. 3.1. Scorbot-ER III.....	17
Fig. 3.2. CompactLogix.....	19
Fig. 3.3. ServoDrive Kinetix 350.....	22
Fig. 3.4. Servomotors.....	23
Fig. 3.5. Especificacions servomotors.....	24
Fig. 3.6. Barreres de seguretat.....	25
Fig. 3.7. PanelView Plus 1000.....	27
Fig. 3.8. Espai de treball del robot.....	33
Fig. 3.9. Distribució dels equips.....	34
Fig. 4.1. I/O Configuration.....	37
Fig. 4.2. Tasks.....	38
Fig. 4.3. Tasks Properties.....	39
Fig. 4.4. T1_Scorbot_Studio.....	41
Fig. 4.5. T2_General.....	42

Fig. 4.6. Motion Groups.....	44
Fig. 4.7. Associated Module.....	44
Fig. 5.1. Parts Kinetix 350.....	47
Fig. 5.2. Informació adicional: Connectors terminals Kinetix 350.....	48
Fig. 5.3. Terminal d'alimentació elèctrica de la Kinetix pel motor.....	48
Fig. 5.4. Terminal feedback de la Kinetix pel motor.....	49
Fig. 5.5. Configuració pins del terminal feedback de la Kinetix pel motor.....	49
Fig. 5.6. Connector de la Kinetix per la part de potència del motor.....	50
Fig. 5.7. Connector 2090-K2CK-D15M.....	50
Fig. 5.8. Connector de potència del TLY.....	51
Fig. 5.9. Connector feedback del TLY.....	51
Fig. 5.10. Connector de potència físic del TLY.....	52
Fig. 5.11. Connector feedback físic del TLY.....	52
Fig. 5.12. Connexions Kinetix-TLY.....	53
Fig. 5.13. Foto connexions Kinetix-TLY.....	54
Fig. 5.14. Tela de la cinta.....	55
Fig. 5.15. Solidworks: Disseny de l'estructura de la cinta.....	56
Fig. 5.16. Solidworks: Disseny dels rodets de la cinta.....	57
Fig. 5.17. Solidworks: Disseny inicial més vista explotada de la cinta.....	57
Fig. 5.18. Peça d'unió.....	58
Fig. 5.19. Resultat final de la cinta transportadora.....	58

Fig. 5.20. Disseny real de la cinta transportadora.....	59
Fig. 5.21. Mercaderies.....	60
Fig. 6.1. Barreres Safety: Pins del transmissor i del receptor.....	62
Fig. 6.2. Barreres Safety: Cable 889D-F5AC-2.....	62
Fig. 6.3. Barreres Safety: Exemple de connexió.....	63
Fig. 6.4. Barreres Safety: Connexions.....	64
Fig. 6.5. Muntatge semàfor.....	65
Fig. 6.6. Informació terminals de connexió del semàfor.....	66
Fig. 6.7. Informació terminals de connexió de la 1769-OB16.....	66
Fig. 6.8. Connexió llums semàfor.....	67
Fig. 6.9. Resum connexió safety.....	68
Fig. 7.1. Incorporació Kinetix: Pas 1.....	70
Fig. 7.2. Incorporació Kinetix: Pas 2.....	70
Fig. 7.3. Incorporació Kinetix: Pas 3.....	71
Fig. 7.4. Incorporació de l'eix: Pas 1.....	71
Fig. 7.5. Incorporació de l'eix: Pas 2.....	71
Fig. 7.6. Incorporació de l'eix: Pas 3.....	72
Fig. 7.7. Incorporació de l'eix: Pas 4.....	72
Fig. 7.8. Incorporació de l'eix: Pas 5.....	73
Fig. 7.9. Incorporació de l'eix: Pas 6.....	73
Fig. 7.10. Incorporació de l'eix: Pas 7.....	74

Fig. 7.11. Incorporació de l'eix: Pas 8.....	75
Fig. 7.12. Incorporació de l'eix: Pas 9.....	76
Fig. 7.13. Missatgeria: EnableInputChecking.....	77
Fig. 7.14. Message configuration: EnableInputChecking.....	78
Fig. 7.15. Validació mòduls abans del MSO.....	79
Fig. 7.16. T3_Safety_PickPlace.....	79
Fig. 7.17. T3_MainRoutine.....	80
Fig. 7.18. R03_SPP_Manual.....	81
Fig. 7.19. R06_SPP_Senyals: Llum verda.....	82
Fig. 7.20. R06_SPP_Senyals: Barreres de seguretat.....	83
Fig. 7.21. Exemple Global o Local Tag.....	84
Fig. 8.1. Pantalla principal de l'aplicació.....	86
Fig. 8.2. Pantalla de selecció.....	87
Fig. 8.3. Pantalla de prepagat / Home.....	88
Fig. 8.4. Pantalla de configuració.....	89
Fig. 8.5. Pantalles Scorbot Studio.....	89
Fig. 8.6. Control Panel.....	90
Fig. 8.7. Pantalla de moviment manual.....	91
Fig. 8.8. Pick & Place.....	92
Fig. 8.9. Enable approved/Denied.....	94
Fig. 8.10. Pantalla de visualització d'alarmes.....	94

Fig. 9.1. Diagrama de Gantt.....99





## Índex de taules.

Taula 2.1. Preus Kinetix.....	16
Taula 3.1. Especificacions del hardware del robot.....	18
Taula 3.2. Especificacions controladora.....	20
Taula 3.3. Especificacions Font d'alimentació.....	21
Taula 3.4. Especificacions mòdul d'Entrades.....	21
Taula 3.5. Especificacions mòdul de Sortides.....	22
Taula 3.6. Especificacions Kinetix 350.....	23
Taula 3.7. Especificacions servomotors TLY.....	25
Taula 3.8. Especificacions servomotors MPL.....	25
Taula 3.9. Especificacions barreres de seguretat.....	26
Taula 3.10. Especificacions senyals.....	26
Taula 3.11. Especificacions PanelView Plus 1000.....	27
Taula 3.12. Resum Hardware.....	28
Taula 9.1. Tasques del projecte de detall.....	95



## **Glossari de termes.**

TFG	Treball de Final de Grau
TFC	Treball Final de Carrera
PFC	Projecte Final de Carrera
TCM	Tecnocampus Mataró
UPF	Universitat Pompeu Fabra
ESUPT	Escola Superior Politècnica del Tecnocampus
EUPMt	Escola Universitària Politècnica de Mataró
PLC	Programmable Logic Controller
PAC	Programmable Automation Controller
SLOT	Espai físic del bus per introduir els mòduls
SCARA	Selective Appliance Arm Robot for Assembly
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
CC/DC	Corrent Continu
CA/AC	Corrent Altern
CAD	Computer-Aided Design
IAB	Integrated Architecture Builder
HMI	Human Machine Interface
dB	Decib
.ACD	Extensió dels fitxers del Studio 5000
E/S	Entrades i Sortides

JSR	Jump to SubRoutine
Home	Punt de referència de l'encoder del motor
Enable	És l'habilitació d'un dispositiu electrònic en el seu estat operatiu
Disable	És la inhabilitació d'un dispositiu electrònic en el seu estat no operatiu
CPU	Unitat Central de Processament
NC	Normaly Closed
.mer	Extensió del fitxer generat pel FactoryTalk View ME
Tag	Adreça de memòria d'un autòmat on s'emmagatzema una dada

## **Marc normatiu.**

**UNE-EN ISO 13856-1: 2013** Seguretat de les màquines. Dispositius de protecció sensibles a la pressió. Part 1: Principis generals pel disseny i assaig d'estores i terres sensibles a la pressió.

**UNE-EN ISO 13856-2: 2013** Seguretat de les màquines. Dispositius de protecció sensibles a la pressió. Part 2: Principis generals pel disseny i assaig de vores i les barreres sensibles a la pressió.

**UNE-EN ISO 10218-1: 2012** Robots i dispositius robòtics. Requisits de seguretat per a robots industrials part 1: Robots.

**UNE-EN ISO 10218-2: 2011** Robots i dispositius robòtics. Requisits de seguretat per a robots industrials part 2: Sistemes robot i integració.

**UNE-EN 13857: 2008** Seguretat de les màquines. Distàncies de seguretat per impedir que s'arribin a zones perilloses amb els membres superiors i inferiors.

**UNE-EN 349: 1994+A1: 2008** Seguretat de les màquines. Distàncies mínimes per evitar l'aixafament de parts del cos humà.

**UNE-EN ISO 13850: 20016** Seguretat de les màquines. Funció d'aturada d'emergència. Principis pel disseny.

**UNE-EN ISO 14118: 2018** Seguretat de les màquines. Prevenció d'una posada en marxa intempestiva.

**UNE-EN ISO 13855: 2011** Seguretat de les màquines. Posicionament dels protectors de velocitat d'aproximació de parts del cos humà.

**UNE-EN 842: 1994+A1: 2008** Seguretat en les màquines: Sistemes visuals de perill. Requisits generals, disseny i assajos.

**UNE-EN 981: 1997+A1: 2008** Seguretat en les màquines: Sistemes de senyals de perill i d'informació auditives i visuals.



# **1. Objectius.**

## **1.1. Propòsit.**

El propòsit d'aquest TFG es divideix en tres:

- ✓ Adquirir els coneixements per portar a terme la implementació de diferents funcionalitats de les quals ja s'havien donat al robot Scorbot-III amb adaptació de Allen-Bradley situat als laboratoris de l'Escola Superior Politècnica del Tecnocampus. També millorar sempre que es pugui la interfície entre l'usuari i el robot per tal de facilitar-ne l'ús i els futurs aprenentatges.
- ✓ Afegir altres estructures en el sistema com tot el bloc que formarà la cinta transportadora i les barreres de seguretat i aconseguir que aquestes interactuïn entre elles i amb el robot.
- ✓ La implicació d'enfrontar-se davant de totes les dificultats que suposa un cas real a camp i resoldre-les com a enginyer.

## **1.2. Finalitat.**

La finalitat d'aquest projecte és apropar un equip que té la universitat als seus estudiants actuals i a la mateixa vegada captar l'atenció d'altres per a un futur. Programar el robot perquè dugui a terme una aplicació semblant a la que tindria lloc en un cas real i veure com la teoria explicada a diferents assignatures com Robòtica o Automatització no és sempre ideal i quins problemes apareixen.

Es pretén fer de l'equip un robot educacional aconseguint un entorn més fàcil d'entendre per a usuaris no tant experts, els quals puguin donar un seguit d'ordres i amb la màxima senzillesa possible tinguin una visió pràctica de com es comporta el robot seguint les seves comandes. Normalitzar la seva interfície d'usuari buscant un nivell estandarditzat en la indústria actual.

## **1.3. Objecte.**

Partint com a base de tot el hardware del robot Scorbot del Tecnocampus i de la seva aplicació més recent, dissenyar un sistema de moviment de mercaderies dins d'uns límits de seguretat. Muntar a partir d'un motor una cinta transportadora, que anirà controlada per un

variador de potència o un servomotor, on es puguin moure un o més cossos els quals seran manipulats pel nostre robot, implementar un sistema de seguretat i una nova interfície per ordenar les tasques i/o rebre informació. Fer totes les connexions adients siguin físiques o electròniques i programar amb ladder per dur a terme la nostra aplicació del que podria ser perfectament un cas real. Tot això, fent primer un estudi dels recursos disponibles i de les limitacions i prestacions de cadascun d'ells.

L'entorn que es vol facilitar a l'usuari ha de ser el més intuïtiu possible perquè pugui treballar a un nivell lògic més simple. Dotar a l'equip de mecanismes molt interessants en un entorn de docència i aprenentatge i que a més proporcionin seguretat per a la integritat del robot. L'autòmat s'encarregarà de fer les interaccions adients entre els diferents dispositius i el control dels moviments del robot i de la cinta. A més, processarà una rutina de vigilància que comprovarà prèviament la posició dels eixos, la seva velocitat i altres paràmetres que s'estableixin com a convenients per tal d'evitar mals usos o accidents que la nostra aplicació pogués provocar.

Les normes de seguretat s'aproximaran al màxim a un robot i una cinta transportadora de treball industrial, ja que les normatives vigents compten amb protocols de seguretat que protegeixen l'usuari que treballaria com operari sense total coneixement de la programació del sistema.

## **1.4. Abast.**

A continuació es descriuran quines tasques es volen dur a terme en aquest projecte per tal de delimitar tota la feina a fer. Primer de manera general i després més específicament amb les funcions que es vol que proporcioni l'autòmat. Les tasques generals seran:

- ✓ Programar amb ladder per dur a terme la nostra aplicació.
- ✓ Disseny i implementació d'una cinta transportadora.
- ✓ Dissenyar una nova interfície per ordenar les tasques i/o rebre informació.
- ✓ Fer totes les connexions adients siguin físiques i/o digitals.
- ✓ Implementar un sistema de seguretat a la nostra aplicació.
- ✓ Dissenyar els cossos que simularan les mercaderies d'un cas real.
- ✓ Escollir els dispositius adients per a la correcta realització de cada una de les noves implementacions.



- ✓ Entrada de punts a seguir pel robot des d'una macro d'Excel a través d'un tòpic amb el Rslinx.

I més específicament, com ja s'ha dit, la programació Ladder haurà de ser capaç de fer interactuar l'autòmat entre els diferents elements del sistema realitzant les següents funcions:

- ✓ Capacitat de fer moviments coordinats del robot, movent els diferents eixos, prèviament programats.
- ✓ Capacitat de definir diferents trajectòries en els moviments coordinats del robot que podran ser de tipus lineal o circular.
- ✓ Establir paràmetres de velocitat i acceleració per als moviments coordinats del robot.
- ✓ Capacitat de fer moviments coordinats entre el robot i la cinta transportadora.
- ✓ Controlar la cinta transportadora mitjançant un motor i una altra Kinetix.
- ✓ Respondre davant del sistema de seguretat.
- ✓ Comunicar-se amb un sistema d'entrades i sortides sigui o bé una botonera o un SCADA.
- ✓ La interacció aplicació usuari haurà de tenir un entorn comprensible per a l'usuari final.

## **1.5. Context en les línies de recerca.**

Aquest projecte segueix les línies de recerca de l'àmbit de la robòtica però hi hauran intervingut altres assignatures predecessores per a dur-lo a terme. Assignatures com expressió gràfica per a realitzar els dissenys esmentats, les assignatures d'electrònica per a cablejar els dispositius pertinents i les assignatures de control per utilitzar els seus coneixements en l'aplicació seran necessàries, però les assignatures que tindran més pes seran les d'automatització industrial amb els coneixements de programació adquirits i finalment l'assignatura de robòtica a l'haver estudiat i treballat amb robots.



## **2. Introducció.**

S'han vist ja en l'avantprojecte les bases d'aquest TFC i en aquest apartat es farà una introducció, fent un repàs abans de posar-ho tot en marxa i realitzar el projecte al detall i fer l'escrit de la memòria. Primer es farà un recordatori dels punts importants dels antecedents i les necessitats d'informació i posteriorment una revisió de les alternatives seleccionades. Si es produeixen canvis es comentarà com aquests afectaran al projecte i quines solucions s'han desenvolupat.

### **2.1. Revisió d'antecedents i necessitats d'informació.**

S'ha parlat ja de robots explicant que són, que els formen i quina és la seva estructura i per últim s'han vist tot el nombrós llistat segons els seus tipus i les seves classificacions. Aquesta informació ja no serà necessària però es podrà trobar a l'avantprojecte. La informació que segueix sent important és d'on surt aquest robot, quina és la seva història i quines institucions donen pas a la realització d'aquest TFG.

#### **2.1.1. Història del nostre Robot.**

Començar primer de tot que aquest robot té dues històries a explicar. La primera, que engloba a tots els robots de la seva classe, és a dir, tots els scorbots, es detallarà en el següent apartat i la segona, on s'explicarà la vida pròpia del Scrobot del TCM, s'explicarà en aquest.

Així que després de ser fabricat per una de les entitats col·laboradores anomenada Intelek va ser adquirit per l'ESUPT i un cop arribat a la universitat i fins al dia d'avui ha estat tema de projectes anteriors. En l'últim projecte "Programació d'un robot de 5 eixos, control de moviment i estudi de dinàmiques" es va aconseguir que el robot pogués plasmar en un pla gairebé qualsevol figura mitjançant successions de punts introduïts en el programa i gràcies al disseny d'una peça perquè l'SCORBOT pogués aguantar el retolador amb les seves pinces. A l'hora de fer aquest projecte es van identificar un seguit de problemes anteriors que tenia el robot i els quals la majoria es van acabar solucionant. Aquest punt, serà una de les bases de partida d'aquest projecte, donat que és el més recent.

Altres treballs van ser el “KinematicLab” d’Alejandro Muñoz, el qual va aconseguir un ajust dels diferents eixos i una aplicació per a la seva coordinació obtenint una primera interfície entre usuari i robot.

Remarcar que per fer possible tots aquests projectes inclòs aquest, va haver-hi un altre TFG en el que s’inicia la història de l’equip actual on es realitzava la migració de la controladora ja obsoleta per la controladora actual d’Allen-Bradley i posteriorment el gran repte d’adaptar la motorització escollida a la mecànica del robot amb les conseqüents modificacions del seu xassís i de les reductores. A més, es va cablejar i programar un autòmat del tipus CompactLogix i 6 servodrive Kinetix amb comunicacions Ethernet, per tal de comandar aquesta nova implantació del robot.

### **2.1.2. Entitats col·laboradores.**

En aquest apartat es vol introduir les tres entitats que estan directament involucrades amb aquest projecte i sense les quals no es podria dur a terme. Es detallarà una mica cada una d’aquestes empreses i perquè estan relacionades amb el SCORBOT. A l’esmentar-les en un futur, es podrà argumentar alguna solució tècnica o recolzar-se en alguna explicació si és necessari.

#### **➤ Scorbot i Intelitek**

En aquest punt és farà referència a la empresa que constitueix el hardware del nostre robot i després al Scorbot. Aquesta s’anomena INTELITEK [1] i és un líder mundial en el desenvolupament i provisió de solucions de capacitats tecnològiques. Durant més de dos dècades ha transformat el procés educatiu en tot el món a través de les seves solucions integrals d’aprenentatge tecnològic. En els últims 35 anys les seves reconegudes e innovadores solucions educatives han ajudat a estudiants d’escoles secundàries i post secundàries a adquirir habilitats crucials pel segle actual. Els seus programes s’han ensenyat a més de 50 països, educant en més de 26.000 escoles, laboratoris i instituts en més de 500 temes de formació diferents. Entenen les necessitats canviants de la carrera i les aules de tecnologia i dissenyen solucions flexibles que satisfan aquestes necessitats dins del marge de qualsevol pressupost.

L'SCORBOT – ER III [2], va ser desenvolupat a principis dels anys 80 a causa dels èxits desenvolupats en el camp de la robòtica. Aquest braç robotitzat va ser comercialitzat al costat d'un exclusiu programa didàctic modular que permetia als instructors establir cursos de robòtica a abast de qualsevol. A través d'ell es presentava a l'alumnat la possibilitat de gestionar sistemes de robots, així com simular aplicacions industrials, manteniment i construir cèl·lules de treball completes robotitzades.

El braç mecànic està construït com a braç articulat de cinc graus de llibertat (base, espatlla, colze i dos moviments de canell) i una pinça. L'entorn de treball en aquest tipus de construcció es denomina vertical articulada. Les articulacions són totes de revolució, i es troben accionades per servomotors de corrent continu en llaç tancat per codificadors a l'eix de cada un dels eixos motrius. Tots els servomotors de CA porten una caixa d'engranatges de reducció, les reductores, de manera que l'eix de sortida de la caixa d'engranatges gira a menor velocitat que l'eix motor.

Actualment aquest tipus de robot ja no es comercialitza, tot i que existeixen models nous de Scorbot amb més funcionalitats que el model antic.

#### ➤ **Rockwell Automation**

Rockwell Automation aportarà tota la part del software i una petita part de hardware d'una adaptació del seu sistema de control que és va fer perquè no quedés absolt el robot i millorar-lo en el passat. Es va canviar la controladora que estava obsoleta per una d'Allen-Bradley, la CompactLogix. Tot seguit es van posar uns servodrive també de la mateixa empresa i es van fer les connexions necessàries per a que funcionés. Rockwell Automation [3] és una empresa estatunidenca que ofereix sistemes d'automatització e informació industrial des de que Allen-Bradley es va fundar l'any 1903. El 20 febrer 1985 Rockwell International va comprar Allen-Bradley de forma que el producte que tenim avui en dia és el Software de Rockwell amb el Hardware d'Allen-Bradley, tot unificat a través de l'empresa Rockwell Automation i representat a través de les sigles ROK.

#### ➤ **Escola Superior Politècnica del Tecnocampus**

L'Escola Superior Politècnica del Tecnocampus [4] (ESUPT), recull l'experiència i dona continuïtat a l'Escola Universitària Politècnica de Mataró (EUPMt), escola adscrita a la UPC durant més de 30 anys. L'ESUPT, integrada en el TecnoCampus Mataró-Maresme, és un

centre adscrit a una universitat d'excel·lència com és la Universitat Pompeu Fabra on es realitzarà, es presentarà i s'avaluarà aquest TFG. L'ESUPT és el referent universitari de Mataró i el Maresme en les tecnologies audiovisuals, industrials, de la informació i de la comunicació, orientat a la societat del coneixement i fidel a una vocació de servei al progrés econòmic, tecnològic i científic del seu entorn. Gràcies als bons fonaments teòrics i alt nivell pràctic dels estudis impartits a l'ESUPT, els titulats es troben en la millor posició per a la incorporació al món laboral.

## **2.2. Revisió de les mancances i necessitats.**

Parlant de les mancances i de les necessitats del projecte ja s'havia fet també un estudi molt breu. Aquest esmentava tot el que s'havia de conèixer per tal d'aconseguir l'aplicació desitjada i parlava de tots els punts febles o inexistents que tenia el sistema del robot perquè un cop cobertes les necessitats pogués complir així amb tots els punts detallats a l'abast. En aquest apartat s'actualitzarà aquest estudi.

Començant amb les necessitats, la més important seguirà sent que s'ha de saber i conèixer el material que forma el sistema i els programes que s'utilitzaran per fer-lo funcionar. Poc o molt, però s'havia de fer un estudi en gairebé tots els punts següents:

- ✓ Conèixer en profunditat el sistema format per una CompactLogix 1769-L33 ERM i el seu xassís, corresponent a l'autòmat utilitzat i saber llegir i entendre l'aplicació actual descarregada en el robot. Introduir els nous dispositius, canviar els paràmetres necessaris i reprogramar-la per aconseguir els nous objectius mitjançant el Software Studio 5000.
- ✓ Conèixer els ServoDrives Kinetix 350 utilitzats per controlar els Servomotors i les reductores connectades als eixos del robot. Serà necessari conèixer les limitacions d'aquests dispositius. Estudiar també el nou servomotor a incorporar.
- ✓ Saber com mapejar els tags del programa del Studio dins de l'aplicació de la pantalla amb el software FactoryTalk View i dissenyar la pantalla tècnica i estèticament.
- ✓ Triar i implementar un sistema de seguretat format per unes barreres connectades a l'estació de treball i que completin l'aplicació. Estudiar com i on fer aquestes connexions.
- ✓ Quin tipus de cinta transportadora es vol crear, que tingui un correcte funcionament i tot seguit com incorporar-la dins el sistema.

- ✓ Serà necessari tenir coneixements d'electrònica per si s'han d'afegir algunes connexions en el sistema i buscar la informació corresponent de tots els terminals. Es pot concretar que s'haurà de cablejar la nova Kinetix, tota la part de seguretat i el motor.
- ✓ Conèixer algun programa de tipus CAD que ens permeti crear els objectes mòbils que faran de mercaderies. Es farà servir el Solidworks.
- ✓ Un estudi de com funcionen les Macros de l'Excel i com introduir-les en el nostre programa.
- ✓ Conèixer algun programa per tal de verificar totes les connexions dels diferents dispositius a la xarxa prèviament abans de muntar-ho físicament. Es farà servir el IAB en tot moment, el Integrated Architectured Builder de la marca Rockwell Software.

Tenint molt clars les necessitats del projecte, també s'havien de tenir en compte les limitacions actuals de tot el sistema. Les seves mancances actualitzades seran les següents:

- ✓ La principal mancança o impediment serà una de les reductores, la que ha de suportar més pes del robot. S'ha fet malbé i per tant s'haurà de canviar per una altra més potent si es vol fer moure el robot novament. Ja s'ha solucionat i ha quedat detallat en el TFG d'un altre estudiant [5].
- ✓ S'hauran de buscar els equips adients que faltaran per implementar els diferents sistemes; El de seguretat i el de la cinta transportadora. Es revisaran les alternatives per l'aparició d'alguns problemes que han aparegut així que estan en procés.
- ✓ Una altra mancança serà la limitació d'un scorbot per a dos alumnes. La part bona es que si es necessita més d'una persona per a fer proves serà probable el fet d'estar acompanyat.
- ✓ Tenir en compte que el magnetotèrmic actual de l'armari no està dissenyat per usar-se en freqüència i que pot acabar danyant el sistema elèctric.
- ✓ S'haurà de posar sempre el robot a Home abans d'iniciar qualsevol moviment.

Per a completar la llista hagués faltat la següent necessitat i a la vegada mancança d'informació:

- ✓ Aprofundir en la selecció dels dispositius per a controlar la cinta.  
Al principi del projecte es pensava que aconseguir els dispositius adequats seria una tasca senzilla. Era qüestió de mirar les característiques o propietats del motor i que quadressin amb qualsevol model de variador, creien que només per això ja eren compatibles. No es va tenir en compte que depenent del tipus i família de motor restringeixes els tipus de

dispositius a connectar i que aquesta compatibilitat per tant anava a un nivell de coneixements molt més ampli i s'havia de tenir en compte. Es veurà a continuació com això ha creat repercussions en el projecte.

### **2.3. Revisió de les alternatives seleccionades.**

Hi havia tres plantejaments d'alternatives explicats a l'apartat 5 de l'avantprojecte i per a cada una d'aquestes es va seleccionar la que es va creure la solució més òptima en l'apartat 6 del mateix. Ara es farà una revisió verificant si cada una de les seleccions van ser encertades.

- ✓ Començant amb la implantació del sistema de seguretat ja es va arribar a la conclusió mentre es plantejava l'alternativa en l'apartat 6 de l'avantprojecte del fet que no s'afegiria res més perquè amb les barreres de seguretat i les senyals proposades ja es podria assolir la funció desitjada. Aquesta començava plantejant un estudi de viabilitat per veure si s'introduïen o no més dispositius o material per incrementar així la seva complexitat. Finalment s'hauria de triar una o més propostes depenent de les noves incorporacions.

El problema que s'havia passat per alt ha estat que les llums de seguretat que es tenien eren de 120 V CA. Això implica que si s'anaven a connectar directament al mòdul de sortides de l'autòmat no es pogués fer sense la necessitat d'un relé i una font d'alimentació addicionals. El relé seria per activar-les, fent les connexions ara si a la 1756-OB16 i la font per alimentar tot el semàfor. És per aquesta raó que en els apartats 3 i 6 s'haurà modificat el model escollit per un de 24 V.

- ✓ Seguint amb les alternatives sobre el HMI hi havia dues possibles opcions, fer una botonera o utilitzar una pantalla d'Allen-Bradley. Aquesta última, una PanelView 1000 Plus que disposava la universitat. Es va escollir la segona proposta perquè fent l'estudi de viabilitat primer que sortia més econòmic al no haver de pagar res i segon que s'aprofitava un dispositiu de la universitat sent més respectuós amb el medi ambient.
- ✓ L'última era el plantejament del sistema de transport de mercaderies. El dilema era aconseguir un motor i un variador per a moure la cinta i que a la vegada fossin compatibles entre ells, per tant es sabia que la seva selecció estaria directament



relacionada. Es proposaven dos models de PowerFlex de la tecnologia d'Allen-Bradley per a seleccionar el variador, el 527 que s'hauria de comprar o el 40 que el tenia la universitat. Sobre els motors es volia utilitzar també un dels motors de la universitat o bé comprar-ne un. La idea principal era utilitzar un dels dos equips de la universitat, fos motor o variador i comprar el que faltava perquè sigués més viable econòmicament. Al plantejar a utilitzar un dels motors de la universitat s'observava directament que eren molts grans físicament i repercutirien negativament en el projecte i es va declinar la proposta. Quedava també l'opció de demanar a Rockwell un motor en desús o sinó comprar-los-hi un a ells aplicant així el tant per cent de descompte que ofereixen al Tecnocampus. Es va apostar per aquesta segona opció i com el motor s'havia de comprar es va escatimar en la selecció del PowerFlex, triant així el PowerFlex 40 que com s'havia dit el podia posar el Tecnocampus.

Es vol remarcar que quan es va fer l'avantprojecte es tenia una visió més allunyada de la dificultat del projecte perquè no es tenia tanta informació. Els coneixements que s'han anat adquirint a mesura que s'està treballant han fet que aquest s'hagués d'anar perfilant modificant certes coses, encarant-lo així cap a l'aplicació desitjada. És per això que no es van tenir en compte moltes més coses que restringien la relació entre el motor i el seu controlador i aquesta compatibilitat era molt més complexa del que es pensava.

Primer de tot, s'ha après que per a fer una cinta transportadora de la magnitud d'aquest projecte no serà viable fer-ho amb un variador de potència. La cinta serà de dimensions petites i es mourà a una velocitat reduïda. Si es fa servir un PowerFlex només es podrà connectar a un motor d'inducció, que al funcionar a una freqüència molt baixa és molt probable que es cremi. Per tant, es necessitarà un servomotor i quedarà descartada l'opció d'un variador de potència. S'estudiarà ara la viabilitat d'un Servodrive i un servomotor compatibles. Els dos de la marca Allen-Bradley, primer les ja anomenades Kinetix i el motor a decidir.

En l'apartat següent doncs es veuran opcions en les que hi hagi un servodrive i un servomotor que siguin compatibles entre ells.

### 2.3.1. Reselecció d'una alternativa: Servodrive i Servomotors.

Després d'estudiar diferents possibilitats s'ha arribat a dues opcions. Es triarà una d'aquestes la qual prevaldrà per sobre de l'altre, però no es desestimarà ninguna per tal de tenir un pla A i un pla B.

#### ➤ PLA A

Aquesta serà la solució final si no falla. Parteix de la busca de servodrive en els laboratoris de la universitat on s'han trobat unes Kinetix 350. El model és el 2097-V32PR0-LM, les mateixes que controlen els servomotors del robot. Després d'això seguirà faltant el servomotor però s'ha tingut una molt bona idea. Recapitem al punt 4.1.1 de l'avantprojecte on es parla dels servomotors del robot:

*“El servomotor més utilitzat, 5 dels 6 totals, seran del model TLY-A110T-HJ62AA. El servomotor que faltaria és el que s'havia de reemplaçar. Quedarà detallada l'operació en el TFG d'un altre estudiant. La seva referència serà TLY-A130P-BJ62AA. Serà de la mateixa família canviant certs paràmetres com la retroalimentació (feedback) que passarà a ser absolut en comptes de incremental, la velocitat màxima que es reduirà de 6000 rpm a 5000 i la longitud dels imants.”*

En un principi es pensava que s'havia de canviar la reductora i el servomotor per uns de més potents i per tant, s'havia de complir tot això. Al canviar la reductora però, s'ha vist que es podia seguir utilitzant el servomotor que havia de ser reemplaçat. Actualment, el robot té 6 servomotors iguals i per a fer la cinta hi haurà disponible el servomotor nou que havia de substituir l'antic, el TLY-A130P-BJ62AA . Sigui com sigui no afectarà, ja que de totes dues formes es tindrà un TLY en estoc i qualsevol d'aquests serà viable com a solució. Se sap que els dos són compatibles, un perquè ja estava connectat antigament a una de les Kinetix 350 del Scorbot i la que disposem nosaltres com ja s'ha dit abans és del mateix model i l'altre perquè els paràmetres amb els que es diferencien no són prou significatius com per a canviar de model de servodrive. Aquesta serà la opció més viable.

➤ **PLA B**

Han canviat les coses al saber que si es necessita es disposa d'un motor nou en desús, un bon gest per part de Rockwell Automation. El model és el MPL-B1530U-VJ72AA, de la família MPL. Se sap que el model de Kinetix 350 del Pla A no serveix així que s'ha de fer un petit estudi tècnic per saber quins models si. Gràcies a les fonts d'informació de Rockwell Literature [6] s'ha obtingut la taula de la figura 2.1.

De les 9 famílies de Kinetix possibles s'han hagut de descartar 7 a causa del seu tamany, el seu cost i/o el seu tipus de connexió, ja que moltes van amb cablejat Serco (fibra) i 1 a més, la Ultra 3000, per a la seva antiguitat. Així doncs, finalment es buscarà quins models de Kinetix 350 i Kinetix 5500 són compatibles.

**Servo Drive Compatibility**

Servo Drive Family	Low-inertia Rotary Motors				Continuous Duty	Food Grade		Stainless Steel		Integrated Drive-Motor	Medium Inertia	Direct Drive	Asynchronous
	Bulletin VPL	Bulletin MPL	Bulletin TLY	Bulletin TL		Bulletin VPC	Bulletin VPF	Bulletin MPF	Bulletin VPS				
Kinetix 5700	X	X	-	-	X	X	X	X	X	-	X	X	X
Kinetix 5500	X	X	-	-	-	X	X	X	X	-	X	-	-
Kinetix 6500	-	X	-	-	-	-	X	-	X	-	X	X	-
Kinetix 6200	-	X	-	-	-	-	X	-	X	X	X	X	-
Kinetix 6000	-	X	X (TLY-Axx-H)	-	-	-	X	-	X	X	X	X	-
Kinetix 300/350	-	X	X	-	-	-	X	-	X	-	X	-	-
Kinetix 3	-	-	X	X (TL-Axx-B)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kinetix 2000	-	X	X	-	-	-	X	-	X	-	X	-	-
Kinetix 7000	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X
Ultra™ 3000	-	X	X (TLY-Axx-H)	-	-	-	X	-	X	-	X	-	-

Fig. 2.1. Compatibilitat MPL-Kinetix.

Font: Rockwell Literature

Seguint amb l'estudi tècnic ara es necessitaran saber les característiques principals del servomotor. Com es pot veure a la figura següent, aquest s'alimentarà amb un voltatge trifàsic de 460 V RMS i una intensitat de 3,3 A i la seva potència serà de 0,62 KW.



Fig. 2.2. Especificacions motor MPL. Font: Elaboració pròpia

Aquests són els models més ajustats, d'acord amb les mesures anteriors, de cada una de les Kinetix [7]:

Table 3 - Kinetix 5500 Servo Drive Catalog Numbers

Drive Cat. No. (hardwired ST0)	Drive Cat. No. (integrated ST0)	Frame Size	Input Voltage	Continuous Output Power kW	Continuous Output Current A 0-pk
2198-H003-ERS	2198-H003-ERS2	1	195...264V rms, single-phase 195...264V rms, three-phase 324...528V rms, three-phase	0.2 kW 0.3 kW 0.6 kW	1.4
2198-H008-ERS	2198-H008-ERS2			0.5 kW 0.8 kW 1.6 kW	3.5
2198-H015-ERS	2198-H015-ERS2	2	195...264V rms, three-phase 324...528V rms, three-phase	1.0 kW 1.5 kW 3.2 kW	7.1
2198-H025-ERS	2198-H025-ERS2			2.4 kW 5.1 kW	11.3
2198-H040-ERS	2198-H040-ERS2			4.0 kW 8.3 kW	18.4
2198-H070-ERS	2198-H070-ERS2	3		7.0 kW 14.6 kW	32.5

Fig. 2.3. Selecció Kinetix 5500. Font: Elaboració pròpia

Table 5 - Kinetix 350 Drives (three-phase)

Cat. No.	Input Voltage	Continuous Output Current A (0-pk)	Features
2097-V34PR3-LM	480V, 3 Ø	2.8	Safe Torque-off
2097-V34PR5-LM		5.7	
2097-V34PR6-LM		8.5	

Fig. 2.4. Selecció Kinetix 350. Font: Elaboració pròpia

Totes dues són molt similars, gairebé l'única diferència és que la Kinetix 350 comparteix custòdia amb la marca Lenze i la Kinetix 5500 és pròpia exclusivament d'Allen-Bradley.

Ara es farà servir el programa IAB, igual i de la mateixa manera que es va fer servir en el punt 6.1 de l'avantprojecte en el seu moment, però tenint en compte els canvis actuals. Per tal de no repetir l'operació amb les opcions de cada alternativa, es tornarà a crear una xarxa amb tots els equips d'Allen-Bradley incloent ara els dos models de Kinetix. Si no apareixen errors així, a l'estar connectat tot a la vegada, aleshores no hi haurà cap problema de cara a la part tècnica i qualsevol d'aquests models en cada alternativa serà viable.

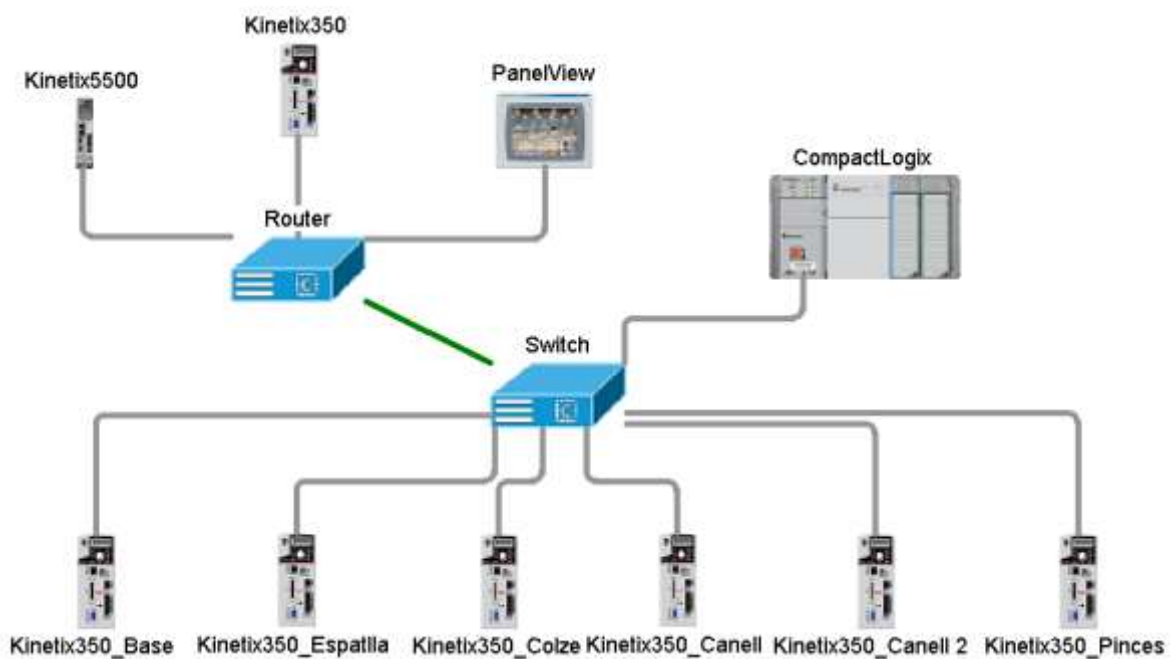


Fig. 2.5. Viabilitat de la Xarxa. Font: Elaboració pròpia

S'ocuparan els 8 slots del switch per connectar les 6 Kinetix, el compact i el cable Ethernet que farà de passarel·la amb el router, això no canviarà. El router implementat té quatre slots més, 1 serà per la pantalla i un altre per una de les Kinetix. El portàtil com ja s'havia comentat a l'avantprojecte també anirà connectat a través de via wifi.

S'ha estudiat els resultats amb el IAB introduint el temps de scan de la controladora, el nombre de línies de programa (tasks), totes les comandes de motion que s'utilitzaven fins ara més totes les que es creu que s'utilitzarà, els tags utilitzats per el PanelView i el temps de missatgeria (RPI).

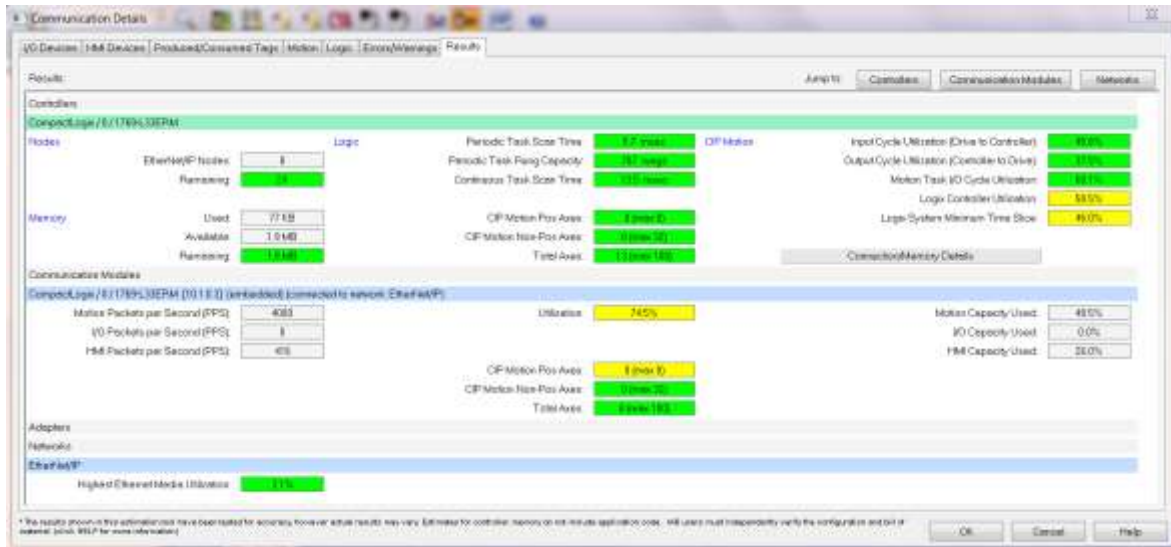


Figura 2.6. Viabilitat del sistema. Font: Elaboració pròpia

Com es pot observar als resultats, no es tindrà cap problema, ja que els més preocupants (en groc i per sobre del 50 %) el 58.5 % d'utilització de la controladora està dins dels marges de treball igual que la utilització del 74,5 % dels mòduls de comunicacions. Començaria a ser un problema si aquests percentatges passessin del 80 %. Tenir en compte que s'haurà arribat al nombre màxim d'eixos a controlar. Si es volguessin controlar més eixos s'hauria d'afegir una nova controladora o canviar l'existente per a una més potent.

Serà el punt de vista econòmic, basat en el cost, el que ens farà prendre la decisió final.

Catalog Number	Preu Unitari	Descomptes	Preu Universitat
2097-V34PR3-LM	902 €	50 %	451,00 €
2097-V34PR5-LM	1.080 €	50 %	540,00 €
2097-V34PR6-LM	1.480 €	50 %	740,00 €
2198-H008-ERS	980 €	40 %	573,00 €
2198-H008-ERS2	980 €	40 %	573,00 €

Taula. 2.1. Preus Kinetix.

Font: Elaboració pròpia

Aplicant els descomptes finalment, si es comparen els 451 € del model més barat d'una família amb els 573 € del model més barat de l'altre, fa que aquests 122 euros marquin la diferència i s'obti per el primer model de Kinetix 350. Tenir en compte que si l'opció A falla, la universitat s'haurà de posar en contacte amb Rockwell Automation i fer la comanda.

### 3. Objectius de detall i especificacions tècniques.

Per complementar aquest apartat es farà primer una descripció del hardware del projecte i una descripció de la xarxa Ethernet/IP a la qual estaran connectats tots els dispositius, seguit del software que s'utilitzarà i finalment es farà una descripció de les especificacions de seguretat.

#### 3.1. Especificacions del Hardware.

##### ➤ ROBOT

Ja s'ha parlat prèviament de robots a l'apartat 2 i més concretament dels scorbot i de la història del protagonista del projecte en si, així que a continuació només es detallaran les especificacions del seu sistema mecànic [8].



*Fig. 3.1. Scorbot-ER III. Font: Elaboració pròpia*

Paràmetres	Especificacions
Pes del braç del robot	2 Kg (24 Lb)
Càrrega màxima de treball	1 Kg (2,2 Lb)
Radi màxim de treball	610 mm (24.4'')
Obertura de la pinça	75 mm (3'') sense pads de goma 65 mm (2,56'') amb pads de goma
Actuadors	6 servomotors rotatius de CA
Graus de llibertat	6
Retroalimentació ( <i>Feedback</i> )	5 encoders incrementals de 2000 línies/revolució 1 encoder absolut
Transmissió	Engranatges, corretges de distribució i cargol d'avanç
Repetibilitat	$\pm 0.5$ mm ( $\pm 0,02$ '')
Limites de treball:	
Eix 1: Rotació de la base (1)	310°
Eix 2: Rotació de l'espatlla (2)	+130° / -35°
Eix 3: Rotació del colze (3)	$\pm 130^\circ$
Eix 4: Inclinació del canell (4)	$\pm 130^\circ$
Eix 5: Gir del canell (5)	Sense restricció d'angle
Eix 6: Pinça oberta / tancada + Medició de l'obertura de la pinça (6)	
Radi de treball màxim	61 mm (24,4 ")

Taula 3.1. Especificacions del hardware del robot. Font: Elaboració pròpia

- 1) Part inferior del robot que gira al voltant de l'eix Y.
- 2) Es connecta a la base mitjançant una articulació que gira al voltant de l'eix X.
- 3) Es connecta a l'espatlla mitjançant una articulació i també gira sobre l'eix X.
- 4) Es connecta al colze i dona al robot dos graus de llibertat finals. És capaç de girar com un canell humà (rodet de canell) i a l'estar connectat per una articulació al llarg de l'eix X, li permet flexionar cap amunt i cap avall com un canell humà (el pas del canell).
- 5) S'adjunta al canell i és capaç d'obrir-lo i tancar-lo. Emula l'acció d'un ésser humà utilitzant el dit índex i el polze per captar un objecte.



Aquests límits físics que s'han vist a les especificacions anteriors s'hauran de tenir en compte en tot moment al dur a terme l'aplicació desitjada en el robot. Per a que qualsevol usuari no faci una mala programació i al mateix moment s'augmenti la seguretat del treball, basant-se en les normes vigents de la indústria, el programa contemplarà una comprovació prèvia dels punts abans d'executar les ordres de moviment.

### ➤ AUTÒMAT → COMPACTLOGIX

Allen-Bradley té diferents famílies d'autòmats i dins les més noves se'n troben dues. La ControlLogix que és la que té més prestacions i una gama una mica inferior que seria la CompactLogix. Cada família té el seu xassís corresponent governat sempre per la seva controladora que és qui dona nom a la família. Dins de les controladores CompactLogix apareix la L33ERM, la controladora d'aquest projecte.

Aquestes dos games, deixen de formar part de les sigles PLC per formar part d'una nova generació d'autòmats: els PAC, sent el motiu que els projectes Scorbot Studio i Scorbot Studio 2.0 siguin viables tècnicament.

La tecnologia PLC té els seus orígens fa més de quatre dècades, i va ser desenvolupada en un inici per gestionar el control de processos seqüencials discrets. A poc a poc les seves capacitats es van anar ampliant i millorant, fins a donar lloc fa més de 10 anys a aquesta nova generació que els està reemplaçant. Els PACs són controladors capaços d'executar en el mateix dispositiu: control discret, control continu, control per lots, control de moviment, seguretat i integració de variació de velocitat. Aquesta és la tecnologia que Rockwell Automation utilitza des de fa anys i la que està evolucionant de forma continuada.



Fig. 3.2. CompactLogix. Font: Elaboració pròpia

CompactLogix té una estructura modular on hi ha diferents Slots i cada un té la possibilitat d'afegir el mòdul desitjat. En el Slot 0 serà indispensable que sempre hi hagi el controlador. Seguit vindrà la font d'alimentació que alimentarà a tot el bus i per tant també serà obligatòria. Ocuparà una posició física, però no contarà com Slot en si i no s'haurà de mapejar en el programa. A continuació ja vindran els diferents mòduls que es vulguin afegir en l'aplicació. En aquest projecte, s'afegiran dos mòduls més en el Slot 1 i 2 tal com es veu a la figura 4.2.

Primer de tot es detallarà la controladora [9]:

- (SLOT 0) CompactLogix

<b>Controladora</b>	<b>CompactLogix 1769-L33ERM</b>
Controlador Tasks: · Continuous · Periodic · Event	· 32 Tasks · 100 programs / task
Memòria de programa	2 MB
Nodes màxims Ethernet/IP	32 en un projecte de Logix Designer
Connexions del controlador	256
Ports de comunicació	2 Ethernet/IP 1 USB (Per connexió temporal)
Connexions de xarxa	Ethernet/IP 120 TCP DeviceNet via 1769-SDN scanner
Embedded I/O mòduls	-
Moviment integrat a la xarxa Ethernet/IP (Integrated Motion)	Fins a 8 eixos
Llenguatges de programació	· Relay ladder · Structured Text · Function block · SFC

*Taula 3.2. Especificacions Controladora.*

*Font: Elaboració pròpia*

Alimentant el xassís hi haurà la font d'alimentació [10] següent:

- **(NO SLOT) Font d'alimentació del xassís**

<b>Catalog Number</b>	<b>1769-PA2</b>
Rang voltatge d'entrada	85...265 V AC
Voltatge d'entrada nominal	120 V/220 V AC
Consum d'energia	100 VA a 120V AC 130 VA a 240V AC
Tensió de sortida d'alimentació d'usuari	5 V DC, 24 V DC
Capacitat del corrent	2,0 A a 5 V 0,8 A a 24 V
Clasificació de distància de la FA	Fins 8 I/O mòduls per costat. Màx 16
Temperatura de funcionament	0...60 °C (32...140 °F)
Dimensions	70 x 118 x 87 mm
Pes	525 g (1,16 lb)
Moviment integrat a la xarxa Ethernet/IP (Integrated Motion)	Fins a 8 eixos

Taula 3.3. Especificacions Font d'alimentació. Font: Elaboració pròpia

Ocupant el Slot 1 i 2 hi haurà un mòdul d'entrades i un de sortides que es detallen a continuació [11]:

- **(SLOT 1) Entrades Digitals**

<b>Catalog Number</b>	<b>1769-IQ16</b>
Sortides	16 (8/grup)
Voltatge	24 V DC
Rang de voltatge operatiu	10...30 V DC a 30 °C (86 °F) 10...26,4 V DC a 60 °C (140 °F)
Corrent del xassís	115 mA a 5,1 V
Distància màxima a la font d'alimentació	8 mòduls
Delay d'entrada on/off	8 ms
Impedància d'entrada	3 K $\Omega$
Dimensions	118 x 35 x 87 mm
Pes	270 g (0,60 lb)

Taula 3.4. Especificacions mòdul d'Entrades. Font: Elaboració pròpia

- (SLOT 2) Sortides Digitals

<b>Catalog Number</b>	<b>1769-OB16</b>
Sortides	16 (16/grup)
Voltatge	24 V DC
Rang de voltatge operatiu	20,4...26,4 V DC
Corrent del xassís	200 mA a 5,1 V
Distància màxima a la font d'alimentació	8 mòduls
Input delay on	0,1 ms
Input delay off	1,0 ms
Impedància d'entrada	3 K $\Omega$
Dimensions	118 x 35 x 87 mm
Pes	280 g (0,61 lb)

Taula 3.5. Especificacions mòdul de Sortides.

Font: Elaboració pròpia

➤ **MOTION**

La part de Motion del projecte englobarà la part del robot i la part de la cinta. Recordar per part d'aquesta última que es tenien dues opcions (Pla A i pla B) mencionades anteriorment en l'apartat 2.3.1 i que els dispositius de l'opció A es repeteixen amb els de motion del robot. Per aquesta part s'utilitzaran doncs els dispositius següents:

➤ **ServoDrive → Kinetix 350**



Fig. 3.3. ServoDrive Kinetix 350.

Font: Elaboració pròpia

Kinetix 350 és compatible amb el moviment integrat en Ethernet/IP i està dissenyat per connectar-se i operar amb la nova família de controladors CompactLogix. Combinats com a un sistema poden proporcionar una solució de control de moviment eficaç, d'alt rendiment i amb la capacitat d'escalat que es necessiti. Aquest dispositiu ens permetrà a través del software de programació, controlar la velocitat de treball dels servomotors i la trajectòria que dibuixarà el braç robòtic i la cinta transportadora.

Especificacions dels drivers de potència Kinetix 350 [6] que controlaran els diferents eixos del robot i la cinta segons pla A (2097-V32PRO-LM) i possiblement el motor de la cinta Pla B (2097-V34PR3-LM):

<b>Catalog Number</b>	<b>2097-V32PRO-LM</b>	<b>2097-V34PR3-LM</b>
Voltatge CA d'entrada	240 V nom 1 fase	480 V nom 3 fases
Freqüència CA d'entrada	48...62 Hz	48...62 Hz
Corrent de sortida	2,8 A	2,8 A
Voltatge de control	20...26 V DC	20...26 V DC
Filtre CA integrat	si	si
Potència	0.40 kW	1 kW
Número d'eixos	1	1

Taula 3.6. Especificacions Kinetix 350.

Font: Rockwell Literature

### ➤ Servomotors



Fig. 3.4. Servomotors. Font: Elaboració pròpia

Un servomotor és un actuador rotatiu o un actuador lineal que permet un control precís de la posició, velocitat i acceleració angulars o lineals. Consisteix en un mecanisme similar a un motor de CC que té la capacitat de situar-se en qualsevol posició dins del seu rang d'operació i mantenir-s'hi estable.

L'explicació del número de catàleg dels servomotors utilitzats en els eixos del robot és la següent [6].

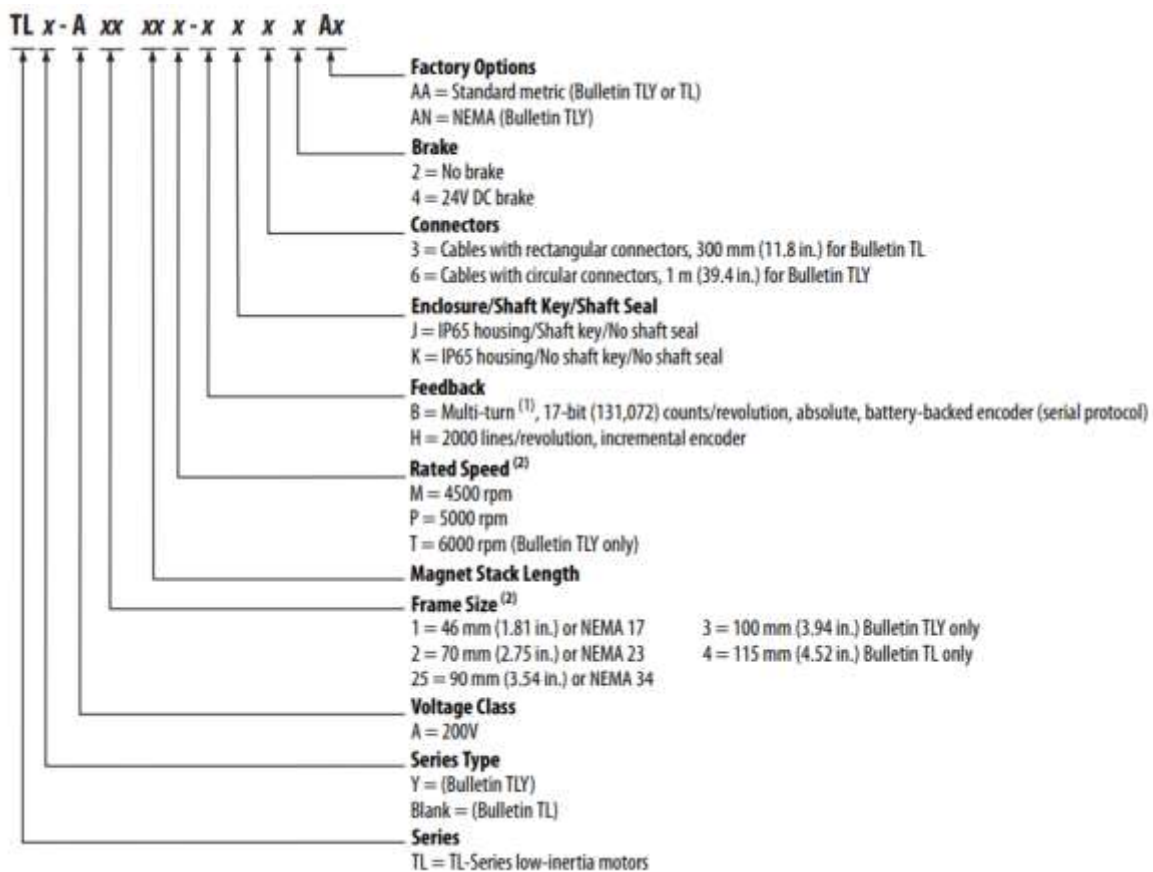


Fig. 3.5. Especificacions Servomotors.

Font: Rockwell Literature

Per part del robot el servomotor més utilitzat, 5 dels 6 totals, seran del model TLY-A110T-HJ62AA. El servomotor que faltaria és el que s'havia de reemplaçar. Quedarà detallada l'operació en el TFG d'un altre estudiant [12] i en l'apartat de planificació. La seva referència serà TLY-A130P-BJ62AA. Serà de la mateixa família canviant certs paràmetres com la retroalimentació (feedback) que passarà a ser absolut en comptes d'incremental, la velocitat màxima que es reduirà de 6000 rpm a 5000 i la longitud dels imants. Sinó es diu el contrari el servomotor de la cinta serà el TLY-A110T-HJ62AA reemplaçat.

Les especificacions tècniques dels servomotors TLY utilitzats ens els eixos del robot i la cinta [6] seran:

Catalog Number	TLY-A110T-HJ62AA	TLY-A130P-BJ62AA
Velocitat màxima	6.000 rpm	5.000 rpm
Freqüència	0-400 Hz	0-334 Hz
Potència	0,041 Kw	0,14 Kw
Voltatge	28 V	27 V
Intensitat	0,55 A	1,85 A
Parell	0,096 N·m	0,235 N·m

Taula 3.7. Especificacions Servomotors TLY.

Font: Elaboració pròpia

I les especificacions tècniques del possible servomotor MPL per a utilitzar només amb la cinta són les següents:

Catalog Number	MPL-B1530U-VJ72AA
Velocitat màxima	7.000 rpm
Freqüència	0 - 400 Hz
Potència	0,62 KW
Voltatge	460 V rms 2 fases
Intensitat	3,3 A
Parell	0,9 N·m

Taula 3.8. Especificacions Servomotor MPL.

Font: Elaboració pròpia

## ➤ SISTEMA DE SEGURETAT



Fig. 3.6. Barreres de seguretat.

Font: Allen-Bradley




El sistema de seguretat de l'aplicació d'aquest treball gira entorn a les barreres de seguretat que ens deixa Rockwell Automation Barcelona. La seva referència és la 445L-T4L0240YD per la barrera transmissora i la 445L-R4L0240YD per a la receptora del senyal. Tot seguit es mostraran les seves especificacions tècniques [13]:

<b>Catalog Number</b>	<b>445L-T4L0240YD/445L-T4L0240YD</b>
Resolució	14 mm
Alçada	240 mm
Rang sensitiu	0 – 9 m
Temps de resposta	15,8 ms
Alimentació	24 V DC
Corrent	>500 mA
Rang de temperatura	0 – 55 °C

*Taula 3.9. Especificacions barreres de seguretat. Font: Elaboració pròpia*

Com ja s'ha vist en la figura 4.8, la idea és situar-les davant de la zona de descàrrega de mercaderies per tal de protegir qualsevol usuari del robot i dels cossos.

A part de les barreres, es faran servir també unes senyals visuals. S'han esmentat a l'apartat anterior. Les seves especificacions tècniques [14] són les següents:

<b>Catalog Number</b>		
<b>Verd</b>	<b>Àmbar</b>	<b>Vermell</b>
<b>855E-24TL3</b>	<b>855E-24TL5</b>	<b>855E-24TL4</b>
		
Voltatge: 24 V AC/DC		
Intensitat: 271 mA		
Potència màxima: 7 W		
Modulables		
Tipus de mòdul: Làmpades LED (24TL)		

*Taula 3.10. Especificacions senyals. Font: Elaboració pròpia*



### ➤ SISTEMA HMI → PANELVIEW PLUS

Per ordenar les tasques i/o rebre informació entre l'autòmat i els diferents dispositius s'utilitzarà la següent interfície:



Fig. 3.7. PanelView Plus 1000. Font: Elaboració pròpia

Unes pantalles que disposa la universitat de la família Allen-Bradley. El model és un PanelView Plus 1000. A continuació les especificacions de la pantalla que s'utilitzarà [15]:

<b>Catalog Number</b>	<b>2711P-T10C4A8</b>
Operador d'entrada Tecles:	Tàctil 32 Tecles funcionals (F1...F16 i K1...K16)
Pantalla · Tamany: · Àrea: · Resolució:	Color active-matrix TFT 10.4 in 211 x 158 mm (8.3 x 6.2 in.) 640 x 480 18 bits gràfics de color
Memòria	512 Mb RAM (aprox: 79 Mb lliures)
Sistema operatiu	Windows CE 6.0
Comunicació · Ports: · Opcional (Targetes):	Ethernet (10/100 Mbps, Auto-MDI/MDI-X), RS-232, 2 USB host Ethernet, DH+/DH-485 i ControlNet
Voltatge d'entrada CC	18...32 V DC (24 V DC nom)
Voltatge d'entrada CA	100...240 V AC a 50...60 Hz
Potència CC / CA	70 W max (2.9 A at 24 V DC), 39 W (1.6 A a 24 V DC) / 160 VA max, 65 VA
Pes	Teclat: 2.8 kg (6.2 lb) Tàctil: 2.5 kg (5.6 lb)

Taula 3.11. Especificacions PanelView Plus 1000. Font: Elaboració pròpia

## ➤ RESUM HARDWARE

Per últim, un resum de tot el hardware utilitzat:

Quadre	Unit.	Referència	Descripció
Autòmat	1	1769-L33ERM	Processador Logix
	1	1769-PA2	Font d'alimentació
	1	1769-IQ16	Mòdul DC d'entrades Digitals
	1	1769-OB16	Mòdul DC de sortides Digitals
	1	1769-ECR	Final de xassís
Font Aliment.	1	S82K-05024	F.A. Omron
Motion	7	2097-V32PRO-LM	ServoDrive Kinetix 350
	6	2097-TB1	Mòdul d'E/S adaptador braç
	7	2090-K2CK-D15M	Connector feedback Kinetix 350-TLY
	6	2090-CFBM6DF-CBAA02	Cable retroalimentació encoder servomotor
	6	2090-CFBM6DF-16AA02	Cable alimentació elèctrica servomotor
	6	TLY-A110T-HJ62AA	Servomotors per controlar els eixos del robot
	1	TLY-A130P-BJ62AA	Servomotor per controlar l'eix de la cinta
	6	Disseny TCM	Reductores antigues
	1	Apex Dinamix P70	Reductora nova
Sist. Seguretat	1	445L-T4L0240YD	Barreres de seguretat:
	1	445L-R4L0240YD	· Barrera transmissora
	2	889D-F5AC-2	· Barrera receptora
	1	440R-N23132	Cable barreres seguretat
	2	100-C09K01	Relé seguretat
			Contactors NC
			Semàfor:
	1	855E-24TL3	· Verd
	1	855E-24TL 4	· Àmbar
1	855E-24TL 5	· Vermell	
Interfície	1	2711P-T10C4A8	PanelView Plus 1000

Taula 3.12. Resum Hardware.

Font: Elaboració pròpia

## 3.2. Especificacions del Software.

Esmentar que per treballar fora del laboratori es demanarà a l'empresa Rockwell Automation poder treure el portàtil de fora de l'oficina, ja que hi ha una màquina virtual amb tot el seu programari complet. Així no es tindran restriccions i es podrà treballar tant a casa com a la universitat. Per una altra part a la universitat no hi ha tot programari que s'utilitzarà ni les seves versions corresponents així que aquesta màquina virtual serà molts cops l'única opció de treball. El software utilitzat serà el següent:

### ➤ **STUDIO 5000**

El software per excel·lència de Rockwell Automation precedit del RSLogix 5000 i d'altres més antics com el RSLogix 500 i 5. El programa més important en aquest projecte i obligat. És l'única aplicació que es necessita per la configuració, programació i manteniment de tota la família de productes controladors Allen-Bradley® Logix 5000™ i dels dispositius associats. Per a totes les disciplines: seguretat, moviment, variadors, processos i control discret.

Versió: 32.00

### ➤ **RSLINX**

És el programa o servei que ens ofereix el programari de Rockwell Automation per fer totes les comunicacions amb els seus equips sense lidiar directament amb el sistema de comunicació de Windows. Et dona un suport molt més senzill i intuïtiu. Les comunicacions seran de tipus Ethernet/IP, però aquest programa també pot treballar amb altres comunicacions diferents. Indispensable en el projecte per visualitzar totes les connexions a temps real i per poder connectar els nous dispositius.

Versió: 4.00

### ➤ **FACTORYTALK VIEW**

Aquest software és un dels més interessants i potents que té Rockwell Automation. S'encarrega de la part visual dels projectes, tant de la creació i edició de pantalles com de la visualització i comunicació amb els equips. El que aconseguix aquest software és que l'operador o l'usuari tingui un entorn més personalitzat a la vegada que simplifica tot el

procés perquè pugui interactuar amb la maquinària sense tenir una formació de programació. Es farà servir per crear l'HMI.

Versió: 9.00

#### ➤ **INTEGRATED ARCHITECTURE BUILDER**

Aquest software es fa servir per a verificar totes les connexions que tindrà un sistema un cop tingui connectats tots els dispositius i si aquestes ho suportaran. En aquest projecte es farà al mateix per a les noves incorporacions de dispositius.

Versió: 9.7.3

#### ➤ **EXCEL**

Un software molt popular de full de càlcul dins del “pack” de Microsoft Office. S'haurà d'utilitzar aquest programa per fer l'ús de les Macros a l'hora d'introduir els punts que haurà de seguir el robot.

Versió: Microsoft Office 2013

#### ➤ **SOLIDWORKS**

És un software CAD per a modelats mecànics en 2D i 3D que permet el disseny de tota mena de peces i conjunts i extreure d'ells tant els seus plànols tècnics com altres tipus d'informació necessària per a la seva producció. En aquest projecte es farà servir per al disseny de totes les peces necessàries per estructures i suports dels equips i pel disseny de les mercaderies.

Versió: Solidworks 2018

### **3.3. Especificacions de seguretat.**

En aquest apartat es tractaran les especificacions de seguretat [16] de les quals volem donar a tot el sistema, tindran molt de pes el robot i la cinta. Cal mencionar que aquest projecte no busca el compliment específic de totes les normes que hi ha actualment en el sector, però sí que es consideren necessàries en l'entorn que es treballarà i s'intentarà apropar-s'hi el més possible. S'explicarà quines s'aplicaran tenint en compte els factors de risc en el nostre cas. El principal motiu és que la normativa és molt extensa. Aleshores, si es volgués aplicar tota la normativa de seguretat amb les seves corresponents validacions no hi hauria temps físic a

desenvolupar tot el projecte, a part que faria pujar el pressupost d'una manera considerable. Es portarà a terme un estudi dels principals factors de riscos en la interacció de robots amb usuaris i un altre amb la utilització de cintes transportades. Després, es parlarà sobre l'espai de treball de tota l'estació i s'implementaran un seguit de normes per utilitzar els equips.

### **3.3.1. Estudis de risc: Riscos principals dels sistema.**

#### **➤ Principals riscos amb l'us de robots:**

Els robots, degut a les seves característiques de treball no necessiten la presència humana al costat per al seu funcionament, reduint així els riscos d'accidents. Aquests per això no són eliminats del tot, ja que no es garanteix que els operaris estiguin allunyats sempre i en tot moment del seu entorn de treball. A continuació es detallen els principals tipus d'accidents i les seves causes principals quan es treballa amb robots:

#### **Tipus**

- ✓ Col·lisió entre el robot i l'operari.
- ✓ Operari atrapat entre el robot i algun element fix.
- ✓ Projecció d'una peça o d'algun material transportat pel robot.

#### **Causes**

- ✓ Mal funcionament del sistema de control (software, hardware, potència).
- ✓ Accés indegut del personal a la zona de treball del robot.
- ✓ Errors dels operaris en les fases de manteniment, programació, etc.
- ✓ Trencament de parts mecàniques del sistema per corrosió o fatiga.
- ✓ Alliberament d'energia emmagatzemada (elèctrica, hidràulica, etc).
- ✓ Sobrecàrrega del robot (manipulació de càrregues excessives).

#### **➤ Principals riscos amb l'us de cintes transportadores:**

Les cintes transportadores posen de manifest que es tracta d'aparells que produeixen pocs accidents, el que es pot atribuir l'escassa presència d'operaris a peu de màquina i de la reduïda taxa de manipulació en les mateixes. No obstant això, quan ocorren accidents, la gran majoria mereix la qualificació de greus. A continuació es detallen els principals tipus d'accidents i les seves causes principals [17]:

**Tipus**

- ✓ Atrapament en els tambors.
- ✓ Caiguda de persones.
- ✓ Caiguda de materials.
- ✓ Inhalació de pols.

**Causes**

- ✓ Operacions de manteniment quan la cinta està en funcionament.
- ✓ Inclinació, pes o adherència irregular de la cinta.
- ✓ Mal funcionament del sistema.
- ✓ Accés indegut del personal a la zona de treball.
- ✓ Mal estat del sistema.
- ✓ Materials amb pols junt amb la cinètica de la cinta.
- ✓ Sobrecàrregues.

Remarcar que són els principals riscos i causes però que no vol dir que siguin els únics possibles.

**3.3.2. Espai de treball.**

L'espai de treball es trobarà delimitat de dues maneres diferents. La primera serà amb un parell de barreres de seguretat en la zona de càrrega, millorant encara més la seguretat de l'aplicació tal com aconsellen les normes UNE-EN ISO 13856-1 i 2. La segona serà per delimitar els dispositius, senyalitzant on acaba els seus espais de treball, el qual ajudarà a respectar les normes UNE-EN ISO 10218-1 i 2, UNE-EN ISO 13857 i UNE-EN 349. D'aquesta manera, cap usuari entrarà sense coneixement en l'espai de treball del robot i la cinta, encara que els equips no treballin amb tanta inèrcia com per ocasionar danys. Es durà a terme amb marques "vials" rodejant la zona dels dispositius que poden generar més riscos, evitant doncs els accidents que es comentaven en l'apartat anterior. Serà important però que abans de moure el robot l'espai de treball estigui net d'objectes per tal d'evitar possibles col·lisions. Es pot apreciar tot això a la figura 4.8.

A continuació s'acotarà l'espai de treball del robot amb les delimitacions dels eixos per tal de tenir una superfície de treball i tenir una idea gràfica:

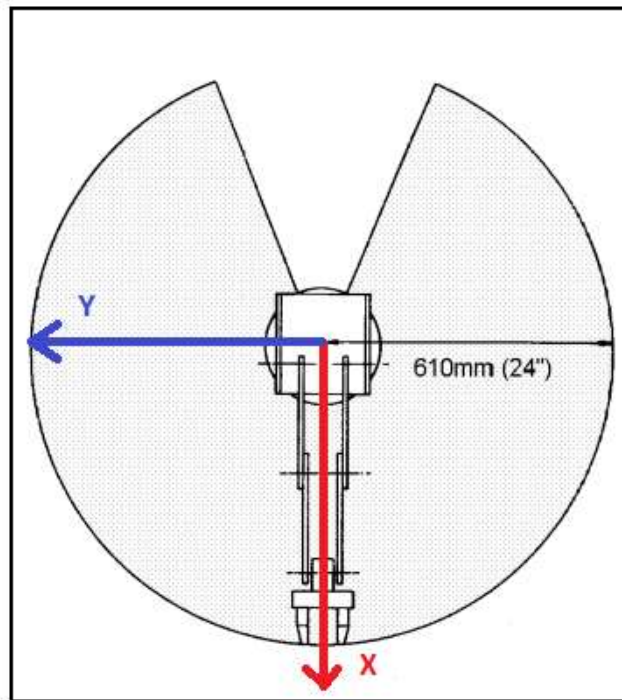
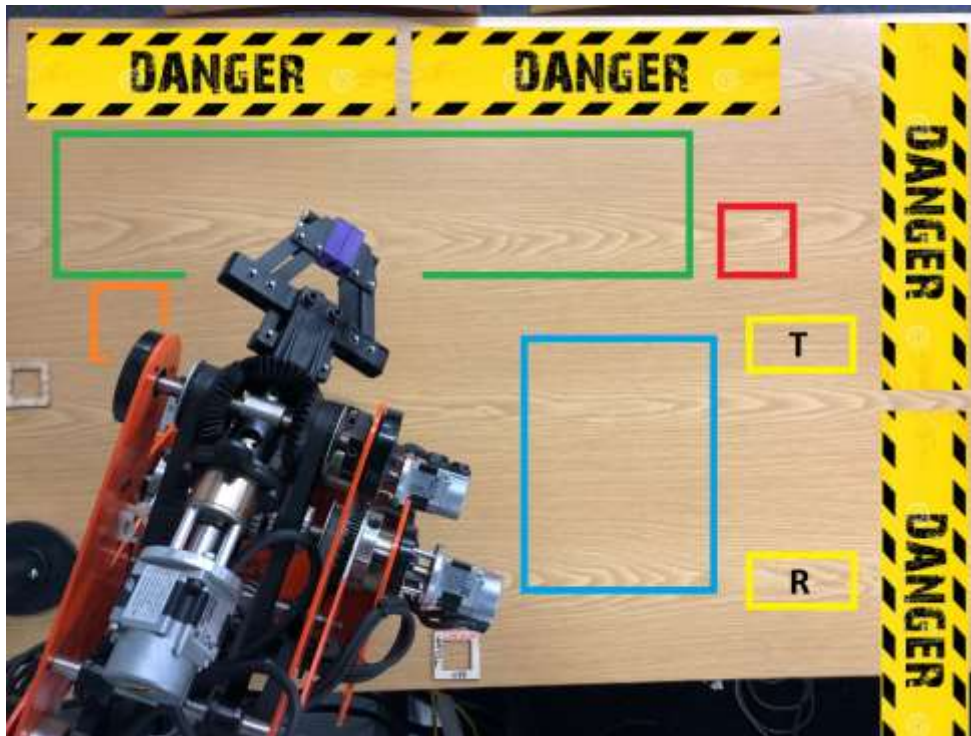


Fig. 3.8. Espai de treball del robot. Font: Elaboració pròpia

- ✓ En vermell es pot observar l'eix X haurà de respectar la següent norma ( $0^\circ < X < 300^\circ$ ).
- ✓ L'eix Y, en blau, amb el seu respectiu acotament ( $-100^\circ < Y < 350^\circ$ ).
- ✓ L'eix Z no està representat perquè sortiria del paper i dependrà de l'altura a la qual es treballi. Es pot aproximar una acotació ( $180^\circ < Z < 220^\circ$ ), el límit més baix el marcarà el suport d'escriptura.

Un cop es té l'espai de treball del robot es pot donar pas a l'espai de treball del sistema. Es mostrarà un esbós de la seva distribució amb la figura 3.9 a la pàgina següent.

- ✓ En verd quedarà marcada la zona de la cinta.
- ✓ En taronja la posició del motor. En una punta de la cinta per transmetre el moviment generat a aquesta.
- ✓ En blau la zona de deixada de mercaderies.
- ✓ En vermell la posició de les senyals visuals.
- ✓ En groc queden marcats l'espai detallat per les barreres de seguretat. La T farà de transmissor del senyal i la R de receptor.
- ✓ Per últim, les marques vials que delimitaran la zona de treball per protegir a l'usuari de la cinta i del robot quan aquests estiguin en funcionament.



*Fig. 3.9. Distribució dels equips. Font: Elaboració pròpia*

### 3.3.3. Restriccions de funcionament.

Com en tots els equips industrials, el sistema tindrà unes restriccions de funcionament per assegurar la seguretat de l'usuari.

Primerament, un aspecte molt bàsic, és que la parada d'emergència sempre ha d'anar cablejada directament a l'equip de control. La normativa és molt clara amb aquest aspecte amb les normes UNE-EN ISO 13850 i UNE-EN ISO 14118. Així que l'aplicació haurà de funcionar sobre un sistema que tingui connexió directa per cable a l'equip i mai sense fils. Es farà servir doncs, el botó que hi ha en el quadre elèctric amb l'impediment que sempre es necessita una altra persona per a la utilització del robot si es vol respectar la normativa anterior.

Per altra banda, estaran les velocitats, les acceleracions i la inèrcia. La normativa UNE-EN ISO 13855 ens dóna uns patrons que es seguiran durant la programació del robot per tal de no superar la velocitat i acceleració permesa sobre el nostre entorn. En estar en un entorn de treball didàctic ja es pot assegurar que seran més baixes per no fer malbé l'equip, controlar-lo més fàcilment o evitar una possible col·lisió. A més a més, si el robot té una càrrega, aquestes dues magnituds estaran relacionades directament amb la inèrcia. Aquestes, són molt



importants en el món industrial, ja que el moviment no només depèn dels robots, però com seran càrregues petites i de poc pes no hi haurà cap problema, la inèrcia produïda serà molt petita.

Per últim, faltarien les senyals visuals i acústiques com en tot bon sistema de seguretat. El sistema per això només tindrà les visuals, formades per tres llums que faran de “semàfor”:

- ✓ La llum verda indicarà que el sistema està operatiu, però l’usuari podrà entrar dins la zona de seguretat per revisar l’estat dels equips.
- ✓ La llum àmbar indicarà que el sistema està en marxa i ningú s’hi pot apropar.
- ✓ Per últim la llum vermella indicarà l’aturada forçada dels equips.

S’haurà de tenir en compte la norma UNE-EN 942 i la UNE-EN 981 per tal que aquestes estiguin correctament configurades, tant visualment com auditivament.

### **3.3.4. Recomanacions per a la posada en marxa.**

Aquest apartat s’inclou a especificacions de seguretat perquè si no es fa una correcta posada en marxa l’equip no garantirà la seguretat per la qual ha estat programada. A continuació es detallen uns mínims que l’usuari haurà de seguir:

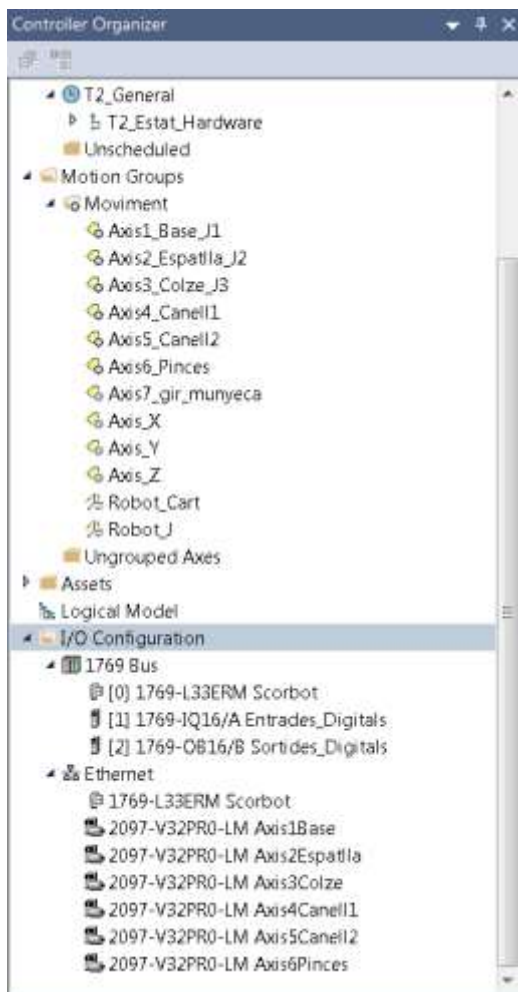
- ✓ Engegar el sistema i veure que realment hi ha bona comunicació. En cas contrari, notificar abans de treballar.
- ✓ Comprovar els elements mecànics i notificar també si s’observa alguna imperfecció.
- ✓ Després de les comprovacions vindrà l’engegada del robot. Direm engegada a l’habilitació dels seus eixos. Pels servomotors del robot no hi haurà cap problema, només s’haurà de fer un enable normal.
- ✓ Un cop s’ha engegat el robot, haurem d’engegar la cinta. El mateix, direm engegada a l’habilitació del seu únic eix a diferència del Scorbot que en tindrà sis. Per fer l’enable s’haurà de mirar el punt 7.2 d’aquesta memòria, ja que serà diferent. En el Scorbot ho feiem físicament a través del connector d’E/S de les Kinetix i en la Kinetix de la cinta es farà per missatgeria.
- ✓ Un cop engegats tots els dispositius, l’operari haurà de respectar l’entorn de seguretat treballant fora de l’espai de treball del robot, a poder ser, pròxim al botó de parada d’emergència.

S'aconsella l'acompanyament d'un usuari amb formació sobre l'equip per tal d'evitar que l'usuari inexpert cometi alguna errada en la posada en marxa o durant l'execució del seu treball.

## 4. Especificacions del .ACD existent.

Aquest treball no comença des de zero com ja s'ha explicat anteriorment, sinó que parteix com a base de la feina feta per altres enginyers en els seus PFC. L'últim Projecte i per tant el més avançat, va ser Scorbot Studio. Aquest apartat, estarà dedicat a explicar el seu .ACD corresponent després de fer un upload (descarregar a l'ordinador l'últim programa carregat a l'autòmat) i poder visualitzar-lo així amb el Studio i treballar-hi posteriorment. Aquest estudi i comprensió del mateix serà vital per crear Scorbot Studio 2.0, una aplicació posterior i la d'aquest TFG.

### 4.1. Controller Organizer i I/O Configuration.



En obrir el programa el primer que ens trobem a mà esquerra és el Controller Organizer. Aquest és una presentació de tot el projecte en forme d'arbre i presenta tota la informació sobre els programes, un munt de dades i la configuració d'Entrades i Sortides. Això fa que resulti molt més fàcil navegar per tot l'ACD del projecte i simplificarà la seva vista general. A part presentarà el projecte en forma de carpetes agrupen en cada una les funcions comunes, incloent-hi potser també les subcarpetes.

Remarcat en color es pot veure el I/O Configuration, traduït, la configuració de les E/S. És aquí on s'introduiran i es veuran posteriorment tots els dispositius associats en aquest projecte i les seves respectives connexions.

Fig. 4.1. I/O Configuration.

Font: Elaboració pròpia

Analitzant la figura 4.1 es pot veure primer el bus de l'autòmat amb la referència 1769 bus, referint-se al CompactLogix. Penjant d'aquest bus hi ha declarades la controladora (0) i dos mòduls digitals, el mòdul d'entrades (1) i el de sortides (2). Penjant de la xarxa Ethernet I/P torna a aparèixer la controladora del programa i les 6 Kinetix, connectades a ella.

## 4.2. Program Tasks.

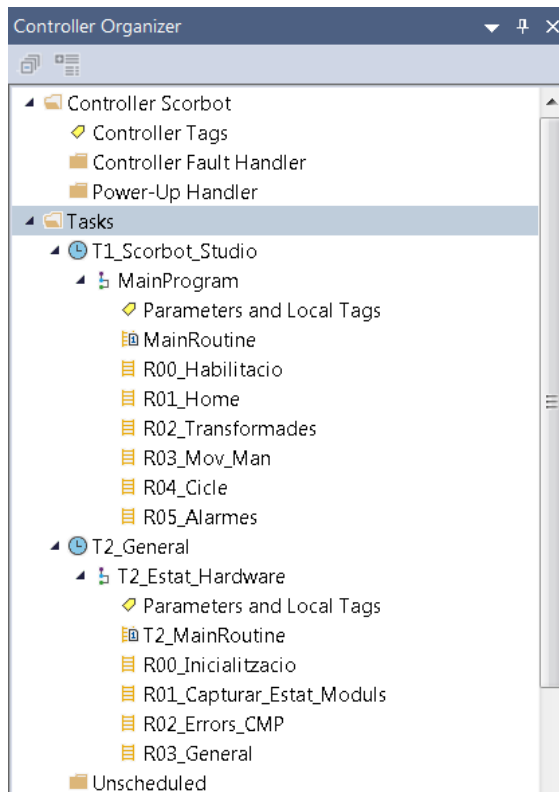


Fig. 4.2. Tasks.

També a l'obrir el programa i dins el Controller Organizer hi trobem una carpeta anomenada Tasks. Aquí es trobaran totes les tasques del projecte.

Una tasca o Task és la unitat de programa executable més petita. N'hi ha de tres tipus però per defecte al crear un nou fitxer en el Studio 5000 ve creat amb una sola tasca de tipus continu per a tota la lògica. Sinó és suficient, se'n podran afegir més dels altres dos tipus, ja que de contínua només n'hi haurà una com a molt.

En el Scorbot Studio s'han fet servir dues de periòdiques.

Font: Elaboració pròpia

El motiu per dividir els modes de funcionament en tasques separades és que només es seleccionarà i s'executarà una de les tasques a la vegada permeten que les altres romanguin detingudes i reduint així el temps del cicle de la unitat de la CPU.

Els tipus de tasques [18] són els següents:

### ➤ Continua

S'executa en segon pla continuadament tot el temps.

Qualsevol temps de CPU no assignat a altres operacions (com moviment, comunicació i tasques periòdiques o d'events) s'utilitza per executar programes dins d'una tasca continua.

Es reinicia immediatament després de completar un anàlisi complet.

Un projecte no requereix una tasca continua, però si es fa servir només es pot una.

### ➤ Periòdica

Realitza una funció en un període de temps específic.

Pot executar-se vàries vegades dins de l'anàlisi de la lògica.

Quan es produeix un temps d'espera per donar inici a una tasca periòdica, aquesta:

- ✓ Interrumpeix qualsevol tasca de menor prioritat.
- ✓ S'executa una vegada i després torna el control al lloc on s'havia aturat la tasca anterior.
- ✓ Es pot configurar una durant un període de temps, és a dir, 0,1 ms ... 2000 s (el valor predeterminat són 10 ms).

### ➤ Event

Realitza una funció només quan té lloc un event específic (disparador).

Quan es produeix un disparador de tasca d'event, aquesta:

- ✓ Interrumpeix qualsevol tasca de menor prioritat.
- ✓ S'executa una vegada i després torna el control al lloc on s'havia aturat la tasca anterior.

El desencadenador de tasca d'event es pot realitzar d'una de les següents maneres:

- ✓ Canvi d'estat d'una entrada digital.
- ✓ Nova mostra de dades analògiques.
- ✓ Certes operacions de moviment
- ✓ Etiqueta consumida
- ✓ Instrucció de l'event

S'explicava això perquè les dues tasques de l'aplicació són periòdiques.

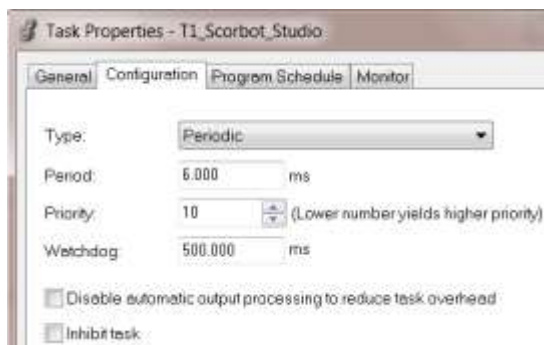
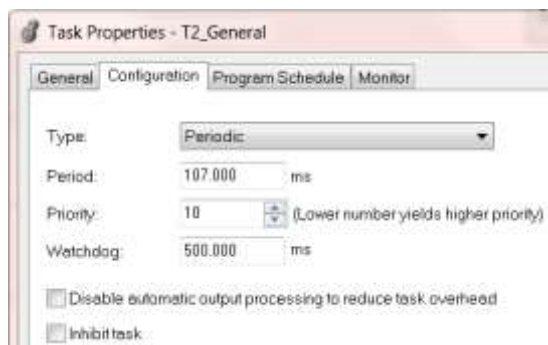


Fig. 4.3. Task Properties.




Font: Elaboració pròpia

Com es pot veure a la figura 4.3 les dues tasques tenen la mateixa prioritat i el mateix Watchdog però tenen un període diferent. La prioritat és quan es vol que una tasca comenci a executar-se abans que una altra. Com posa a la imatge, es tindrà més prioritat com més petit sigui el número. El watchdog és el temps màxim assignat a cada tasca per executar-se. Si tarda més d'aquell temps configurat aleshores saltarà l'alerta del watchdog, en cas contrari no hi haurà cap problema. Això existeix per informar-te que hi ha una part del programa que no s'està executant per diversos motius; S'ha entrat en un bucle infinit, s'ha dedicat massa temps a altres tasques, problemes de igualtat de prioritat... Per últim, el període és cada quant de temps s'executarà aquella tasca. El de la T1 i la T2 no serà igual perquè al realitzar funcions diferents no necessitaran el mateix temps d'actualització. La T1, com anirà relacionada amb el grup de motion directament, haurà de tenir un temps de scan molt petit, ja que la part de motion sempre serà la més important del sistema. La T2, a l'informar de l'estat del hardware i sabent que el robot es mourà a velocitats molt petites podrà tenir un temps de scan superior, pel fet que la distància que s'haurà mogut en 107 ms serà gairebé nul·la. Un altre fet a remarcar serà que al tenir dues tasques, només el fet de posar una en un període parell i l'altre en un nombre primer com s'ha fet, serà la millor manera d'evitar una col·lisió d'escaneix entre elles.

En el 4.2.1 i el 4.2.2 s'estudiaran les tasques del Scrobot Studio amb les seves rutines existents.

#### **4.2.1. T1\_Scrobot\_Studio.**

En el mateix Controller Organizer es poden veure dos Tasks T1\_Scrobot\_Studio i T2\_General, es començarà parlant però de la primera.

Desplegant la Task T1 hi trobem un programa dins anomenat MainProgram. Dins hi haurà la rutina principal, la que té un 1 petit i s'anomena MainRoutine  MainRoutine en aquest cas. Aquesta, mostrarà la posició actual del robot i a través de diverses ordres JSR podrà saltar a totes les altres rutines del seu programa. Sempre dependent de si es compleix la condició vinculada a cada una d'aquestes ordres. Les altres rutines, les que no són la principal, s'anomenaran subrutines. En aquesta tasca n'hi ha 6. Important saber que cada programa podrà tenir només una rutina principal però penjant del mateix fil diverses subrutines.

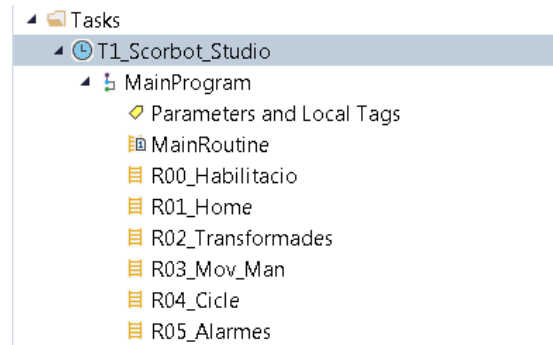


Fig. 4.4. T1\_Scorbot\_Studio. Font: Elaboració pròpia

Analitzant cada una de les subrutines de T1\_Scorbot\_Studio tenim:

➤ **R00\_Habilitació**

Tal com fa referència el seu nom la primera subrutina s'encarrega d'habilitar tots els eixos del robot però també s'encarregarà de deshabilitar-los. Posarà els servomotors a on o a off i també actualitzarà la posició del robot.

➤ **R01\_Home**

Un cop estan els eixos habilitats es pot ordenar un Home al robot i aquest llegirà i executarà tota la seqüència ladder per a portar el robot en la seva posició de repòs i de referència.

➤ **R02\_Transformades**

En aquesta part del programa es realitzaran els càlculs cinemàtics necessaris per a poder moure el robot en les tres dimensions angulars.

➤ **R03\_Mov\_Man**

Conté la lògica necessària per realitzar els moviments lineals coordinats en el pla XYZ. Aquests moviments manuals es podran executar abans de posicionar el robot a la posició Home per tal de portar el robot a una zona segura abans.

➤ **R04\_Cicle**

Aquesta subrutina, programada en forma de cicle o de bucle, s'encarrega d'executar la seqüència de moviments automàtics del robot. Hi ha un índex que es va incrementant i relaciona cada valor d'aquest amb un pas de la seqüència a executar.

### ➤ R05\_Alarmes

És l'encarregada d'administrar les alarmes previstes i que estan programades en tot el sistema. En total n'hi ha 28.

### 4.2.2. T2\_General.

Seguint amb la segona tasca anomenada T2\_General conté un programa anomenat T2\_Estat\_Hardware amb la seva rutina principal T2\_MainRoutine i 4 subrutines més.

La rutina principal conté la seqüència necessària per a realitzar els test dels mòduls de control. A més, igual que a la MainRoutine de la T1, hi ha programats els salts a les subrutines de la tasca periòdica fent servir també les instruccions JSR.

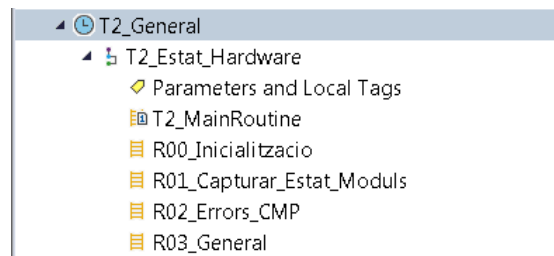


Fig. 4.5. T2\_General. Font: Elaboració pròpia

Les subrutines fan les següents funcions:

### ➤ R00\_Inicialització

Conté només una instrucció del tipus FLL. Aquesta omple l'array de captura d'estat dels mòduls amb l'estat actual en la inicialització de l'equip.

### ➤ R01\_Capturar\_Estat\_Moduls

Conté la lògica necessària per realitzar els moviments lineals coordinats en el pla XYZ. Aquests moviments manuals es podran executar abans de posicionar el robot a la posició Home per tal de portar el robot a una zona segura abans.



### ➤ **R02\_Errors\_CMP**

Conté una mascara binaria per tal d'escollir quins mòduls del sistema es volen testejar. Disposa d'una lògica que permet fer salts entre els diferents mòduls, en cas que algun es quedi sense tensió o en fallo per qualsevol motiu.

### ➤ **R03\_General**

Aquesta subrutina mostra un resum dels diferents bits que s'han programat com a necessaris per a poder donar l'ordre d'inicialització del sistema o el seu rearmament.

## **4.3. Motion Grups.**

Un motion group és una tasca que ve predeterminada en cada aplicació destinada a agrupar i establir els paràmetres de tots els eixos o sistemes coordinats, així que sempre que es tingui alguna part de Motion funcional s'haurà de crear un grup dins. És una tasca a part perquè la seva preferència està per sobre de les altres tasques, inclús per sobre de la seguretat. Els eixos que es vagin a utilitzar hauran d'estar associats a un controlador físic, com ara un servodrive o un variador, dins del grup creat. Els que no estiguin associats es podran crear o apartar si en aquell moment no es volen esborrar però es volen mantenir i deixar dins la carpeta d'Ungrouped Axes. Al tenir-los tots junts també es podrà actuar directament en el grup en comptes d'individualment un per un. Un exemple clar seria borrar totes les falles del grup, en anglès, fer un Clear Faults.

S'ha dit que en aquesta tasca dins la carpeta funcional de Motion o la d'Ungrouped Axes és on aniran els diferents eixos o sistemes coordinats. Falta saber que d'eixos existeixen diferents tipus però només es mencionaran els que s'han fet servir en el Scorbot Studio analitzant la seva tasca de Motion Groups.

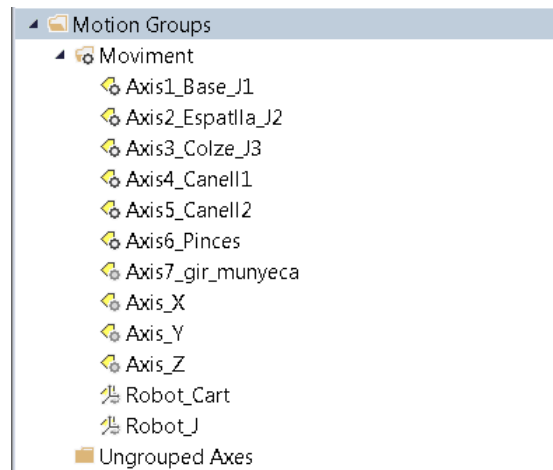


Fig. 4.6. Motion Groups. Font: Elaboració pròpia

Primer de tot, comentar que la carpeta d'eixos no associats del final esta buida, així que tot el que està creat dins la carpeta funcional de Motion s'utilitzarà. Aquesta s'ha anomenat Moviment i dins ella hi ha creats 6 eixos reals, els AXIS\_CIP\_DRIVE dins el Studio 5000, 4 eixos virtuals, els AXIS\_VIRTUAL i 2 sistemes coordinats.

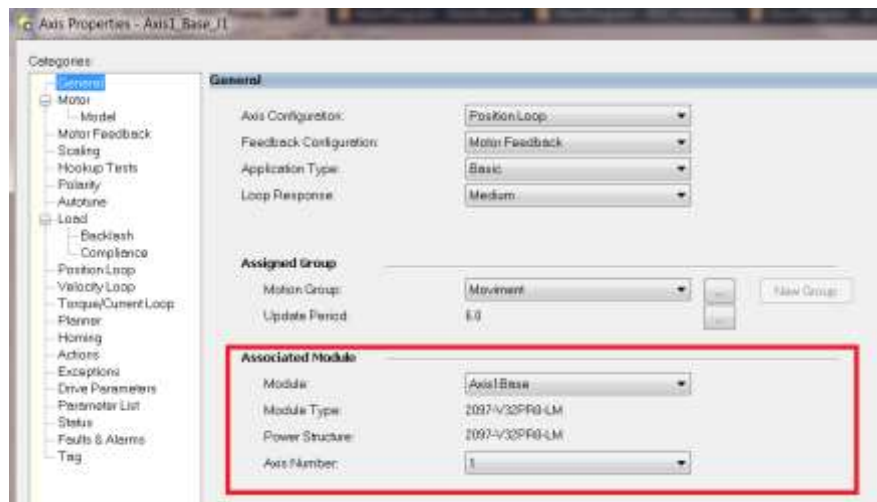


Fig. 4.7. Associated Module. Font: Elaboració pròpia

Com es pot veure a la figura 4.7 els eixos reals aniran associats a un mòdul físic. En el cas del servomotor Axis1\_Base\_j1 anirà associat a una de les Kinetix 2097-V32PR0-LM del robot. Per altra banda els eixos virtuals no tindran res associat i tindran una altra funció que es detallarà a continuació.

El propòsit del projecte anterior era aconseguir realitzar moviments sincronitzats. El problema és que les ordres als actuadors s'havien de donar en coordenades articulars però

s'introduïen com a especificacions coordenades cartesianes i per resoldre-ho es necessitaven les transformacions cinemàtiques. Aleshores si es volia moure el robot linealment segons un eix cartesià, amb aquestes transformacions realitzades pel software de programació, es mourien els eixos polars necessaris per descriure el moviment ordenat prèviament. Sabent això, s'havien d'afegir tants eixos virtuals com eixos reals es pretenien moure sincronitzadament tenint en compte que la limitació d'Allen-Bradley per al nombre màxim d'eixos coordinats era de tres. Es van crear per tant 3 eixos virtuals; Axis\_X, Axis\_Y i Axis\_Z (cartesians com ja s'ha dit) que farien moure 3 eixos reals (polars). Els eixos reals per a realitzar aquesta operació que es van seleccionar van ser Axis1\_base\_J1, Axis2\_Espatlla\_J2 i Axis3\_Colze\_J3, ja que eren els eixos principals i per tant els més idonis per a apreciar visualment que s'estaven movent tots a la vegada. Els dos sistemes coordinats que apareixen agrupen els dos grups de tres eixos, un amb el format cartesià i l'altre amb el polar.



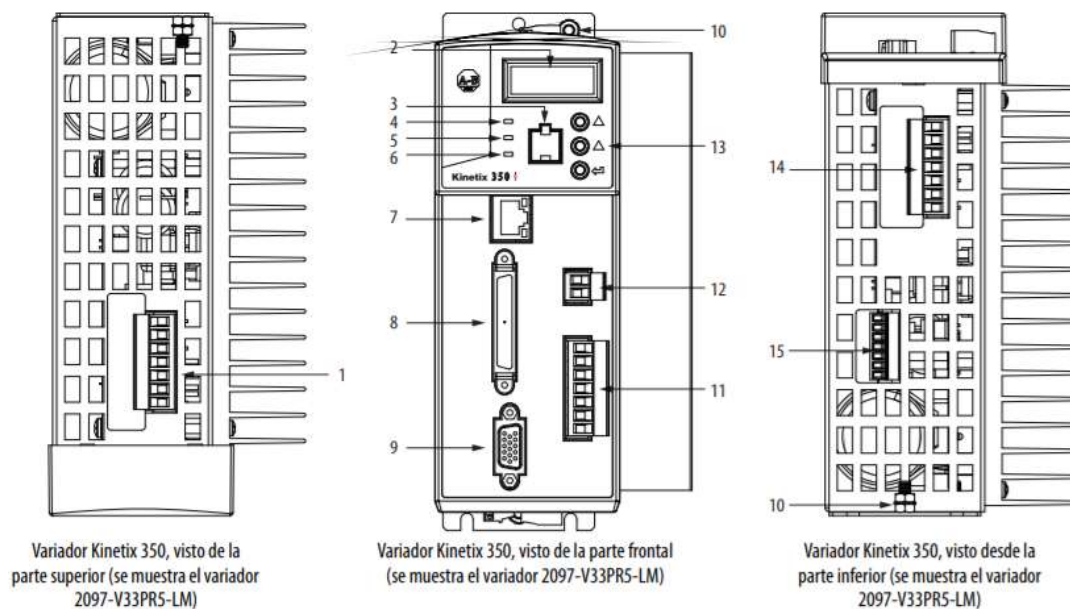
## 5. Sistema de transport de mercaderies.

Aquest apartat estarà dedicat només a la creació de la cinta transportadora, de la connexió de tots els elements que la formen i del disseny dels cossos a transportar.

### 5.1. Connexions entre el servodrive i el servomotor.

No només en aquest apartat, però sobretot per a trobar els elements adequats i per connectar la Kinetix 350 i el motor TLY entre ells s'ha necessitat investigar bastant. A mesura que s'apropa la solució final apareixen més problemes i complicacions i es veuen les complicacions d'una posada en marxa.

Per a connectar la Kinetix amb el servomotor primer s'han hagut de veure totes les parts [7] d'aquesta:



Ítem	Descripción
1	Conector de alimentación principal (IPD)
2	Indicador de datos de estado y pantalla de diagnóstico
3	Socket de módulo de memoria
4	Indicador de estado de la red
5	Indicador de estado de módulo
6	Indicador de estado de eje
7	Puerto de comunicación Ethernet (puerto 1)
8	Conector de E/S (I/O)

Ítem	Descripción
9	Conector de retroalimentación del motor (MF)
10	Terminal de conexión a tierra
11	Conector de bus de CC (BC) y resistencia de derivación
12	Conector de alimentación eléctrica (BP) de reserva
13	Botones pulsadores de control de pantalla (3)
14	Conector de alimentación eléctrica de motor (MP)
15	Conector de desactivación de par segura (STO)

Fig. 5.1. Parts Kinetix 350. Font: Rockwell literature

Designador	Descripción	Conector
IPD	Alimentación de entrada de CA	Conector/cabecal de 3 o 4 posiciones
PORT1	Puerto de comunicación Ethernet	RJ45 Ethernet
IOD	E/S	Conector de alta densidad de 50 pines SCSI
MF	Retroalimentación de motor	Conector tipo D de 15 pines, alta densidad (macho)
BP	Alimentación eléctrica de reserva	Bloque de terminales de conexión rápida, de 2 pines
BC	Resistencia de derivación y bus de CC	Bloque de terminales de conexión rápida, de 7 pines
MP	Alimentación del motor	Bloque de terminales de conexión rápida, de 6 pines
STO	Terminal de desactivación de par segura (STO)	Bloque de terminales de conexión rápida, de 6 pines

Fig. 5.2. Informació adicional: Connectors terminals Kinetix 350.

Font: Rockwell literature

L'estació de Kinetix que es farà servir ja té les connexions necessàries per a funcionar i només faltaran les del motor. Al ser una demo (entenen per demo un bloc sòlid que no s'ha de desmuntar) de la universitat es treballarà amb aquesta tal com està, però si fos possible es muntaria dins l'armari amb un carril din i es tornarien a fer les connexions adients. Tornant a la part de la connexió amb el TLY, per a connectar-lo ens haurem de fixar en els terminals 9 i 14 de la figura 5.1. El terminal on anirà el connector de retroalimentació del motor (9), és a dir, el feedback i el terminal on anirà el connector d'alimentació elèctrica del motor (14), la part de potència.

La part de potència des de la Kinetix serà la següent:



Designador MP	Descripción	Señal
PE	Tierra física de protección	PE
W	Salida de alimentación de motor	W
V	Salida de alimentación de motor	V
U	Salida de alimentación de motor	U

Fig. 5.3. Terminal d'alimentació elèctrica de la Kinetix pel motor.

Font: Rockwell literature

La part del feedback des de la Kinetix serà la següent:

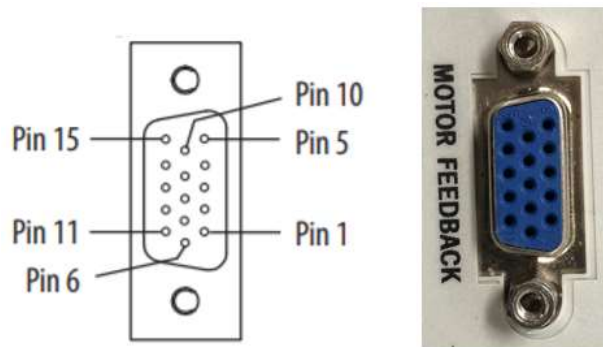


Fig. 5.4. Terminal feedback de la Kinetix pel motor.

Font: Elaboració pròpia

I la configuració de cada pin la podem trobar a la figura següent:

Pines del MF	Descripción	Señal
1	Entrada diferencial senoidal + Entrada diferencial AM +	SIN+ AM+
2	Entrada diferencial senoidal - Entrada diferencial AM -	SIN- AM-
3	Entrada diferencial cosenoidal + Entrada diferencial BM +	COS+ BM+
4	Entrada diferencial cosenoidal - Entrada diferencial BM -	COS- BM-
5	Entrada diferencial de datos + Impulso de índice +	DATA+ IM+
6	Común	ECOM
7	Alimentación de encoder (+9 V)	EPWR_9V <sup>(2)</sup>
8	Conmutación con efecto Hall de 5 V unipolar	S3

Pines del MF	Descripción	Señal
9	Reservado	-
10	Entrada diferencial de datos - Impulso de índice -	DATA- IM-
11	Interruptor térmico del motor (normalmente cerrado) <sup>(1)</sup>	TS
12	Conmutación con efecto Hall de 5 V unipolar	S1
13	Conmutación con efecto Hall de 5 V unipolar	S2
14	Alimentación de encoder (+5 V)	EPWR_5V <sup>(2)</sup>
15	Reservado	-

Fig. 5.5. Configuració pins del terminal feedback de la Kinetix pel motor.

Font: Rockwell literature

A simple vista ja es veu que no es podrà connectar cap cable directament en aquests terminals i es necessitaran uns connectors adicional per a cada un.

Per la part de potència el connector del terminal no serà res més que una regleta indicant on es connecta el terra i on es connecta cada fase de les tres fases del motor.



Designador MP	Descripción	Señal
PE	Tierra física de protección	PE
W	Salida de alimentación de motor	W
V	Salida de alimentación de motor	V
U	Salida de alimentación de motor	U

Fig. 5.6. Connector de la Kinetix per la part de potència del motor.

Font: Rockwell literature

Per a la part del feedback es farà servir el mateix que tenen les Kinetix del robot, el 2090-K2CK-D15M.

### Connector Data

#### Motor Feedback (MF) Connections

Terminal	Signal
1	AM+
2	AM-
3	BM+
4	BM-
5	DATA+/VM+
6	ECOMM
7	EPWR_9V
8	S3
9	E_OT+
10	DATA-/VM-
11	T5
12	S1
13	S2
14	EPWR_5V
15	E_OT-
0	SHIELD

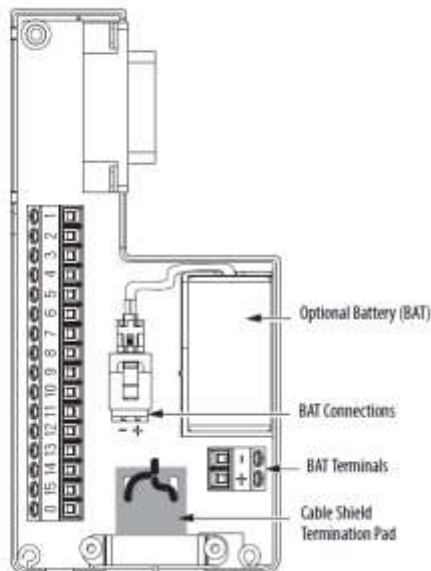


Fig. 5.7. Connector 2090-K2CK-D15M. Font: Rockwell literature

Com es pot veure els pins d'aquest connector seran els mateixos que els de la Kinetix així que no hi haurà cap problema. Ara disposarem de la regleta dins del connector per a poder cablejar-hi el motor.



Canviant ara el punt de vista, per a connectar el servomotor amb la Kinetix, s'hauran de veure aquest dos connectors però des de l'altra banda.

La part de potència del TLY serà la següent:

Power and Brake Connections		
Pin	Signal	
1	U phase	Red
2	V phase	White
3	W phase	Black
4	Reserved	—
5	Ground	Yellow/grn & drain wires
6	Reserved	—
7	MBRK+	Yellow
8	Reserved	—
9	MBRK-	Blue

#### Power and Brake Connector

Tyco AMP 206705-2

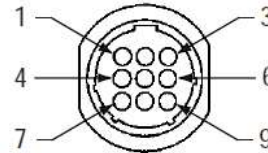


Fig. 5.8. Connector de potència del TLY. Font: Rockwell literature

I la part del feedback del servomotor, en el nostre cas d'un encoder absolut, serà la següent:

Absolute Encoder		
Feedback Connections		
Pin	Signal	
1...5	Reserved	—
6	BAT+	Brown
7...12	Reserved	—
13	DATA+	Blue
14	DATA-	Blue/black
15...21	Reserved	—
22	EPWR 5V	Red
23	ECOM & BAT-	Black
24	SHIELD	Drain wire
25...28	Reserved	—

#### Connector Pinouts

#### Feedback Connector

Tyco AMP 206152-1

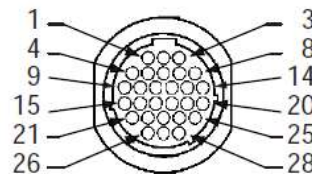


Fig. 5.9. Connector feedback del TLY. Font: Rockwell literature

Mirant físicament els connectors del motor es tenen les connexions que es veuen en les figures 5.10 i 5.11. Per no equivocar-se es faran les comprovacions amb les figures 5.8 i 5.9.



Fig. 5.10. Connector de potència físic del TLY. Font: Rockwell literature

La part de potència queda revisada i validada des d'aquest moment.



Fig. 5.11. Connector feedback físic del TLY. Font: Rockwell literature

Clarament concorden els pins 6 (marró), 13 (blau), 14 (blau i negre) i 22 (vermell). El pin 23 hauria de ser negre però és marró fort i el negre es veu que és el 24. Com el 24, el que ha de ser el cable de drenatge o la malla, és el cable més gruixut es donaran també per bons.

Com no es disposa d'un altre cable connector 2090-CFBM6DF-CBAA02 ni l'altre cable 2090-CFBM6DF-16AA02 a més dels que són pel robot, s'hauran de tallar els dos connectors del motor i cablejar-los a les regletes connectores de la Kinetix directament. Per tant, s'haurà de tenir en compte no confondre els cables marrons.

Un cop s’han vist tots els connectors per a cada una de les parts dels dispositius, s’haurà de veure també com s’ha de fer la connexió fusionant les dues parts. Això és degut al fet que el número i posició dels pins d’un element no té perquè correspondre al de l’altre. Es necessitarà doncs la informació de la figura següent:

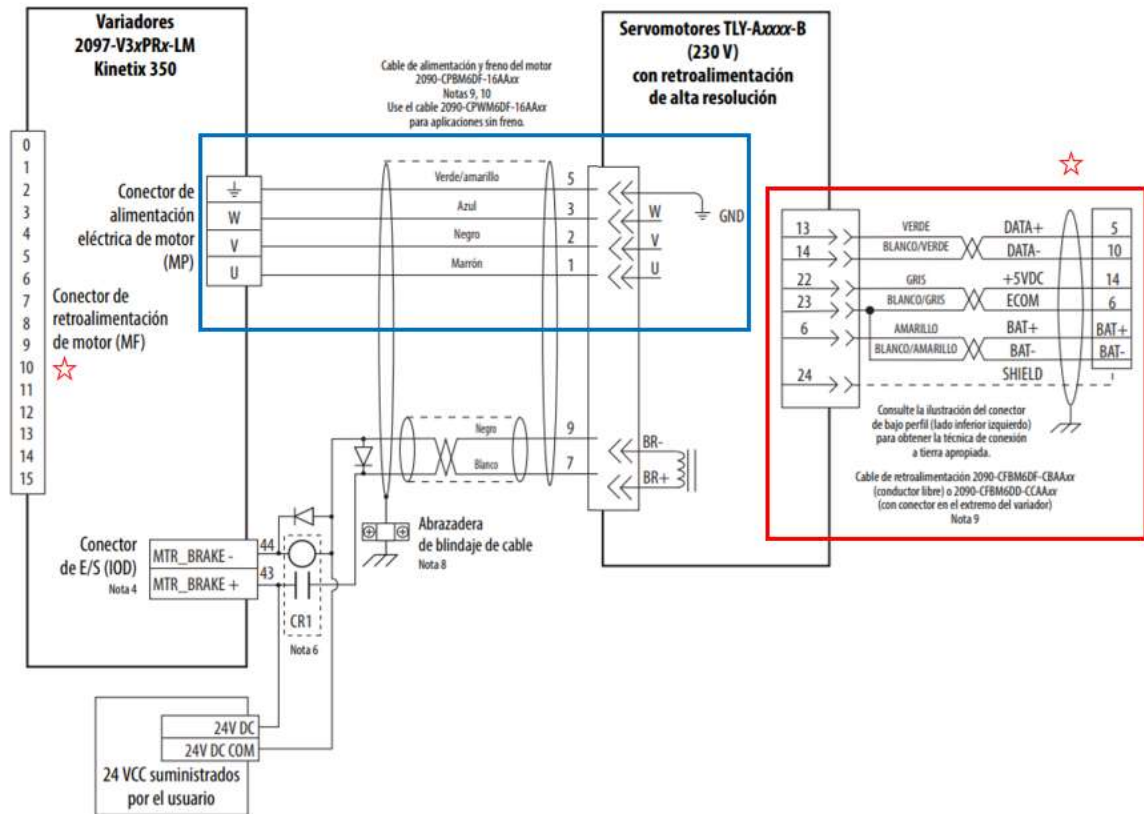
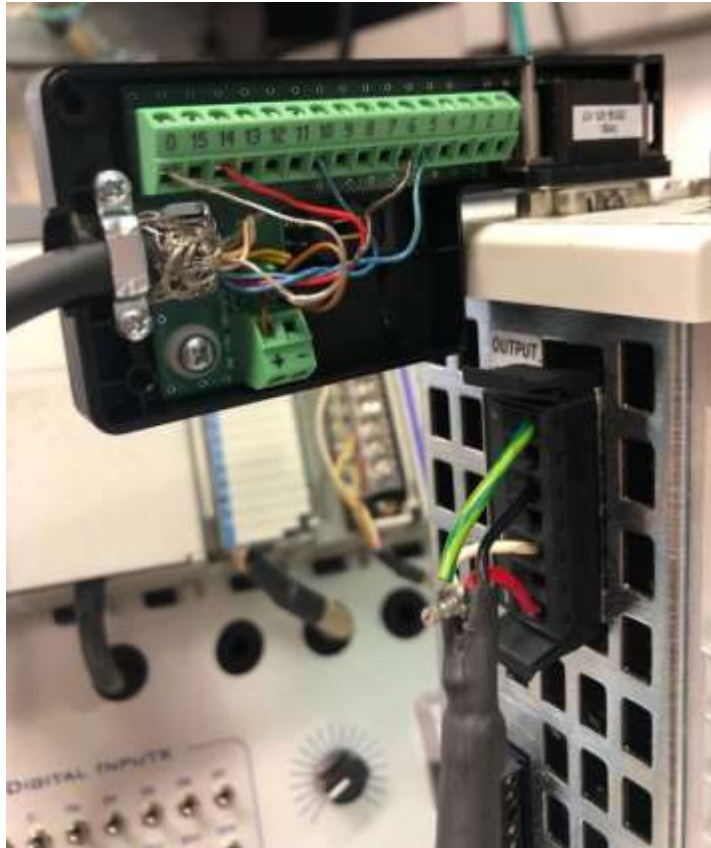


Fig. 5.12. Connexions Kinetix-TLY. Font: Rockwell literature

Com es pot veure la part de potència (quadre blau) entre dispositius sí que serà la mateixa, però la part de la realimentació (quadre vermell) variarà tal com es deia que podia passar. L’estrella vermella mostra la continuació de la connexió on els pins 5, 10, 14 i 6 i opcionalment només si hi ha bateria el Bat+ i el Bat-, seran els del connector 2090-K2CK-D15M.

Un cop fetes les connexions, així és com ha quedat tot:



*Fig. 5.13. Foto connexions Kinetix-TLY.*

*Font: Elaboració pròpia*

## **5.2. Disseny, fabricació i construcció de la cinta transportadora.**

Igual que en tot projecte d'enginyeria (o si més no la gran part), per a la seva realització es necessitarà la complementació de diferents empreses. Això, passa al necessitar diferents recursos com especialistes i/o materials per a la seva elaboració. Amb el Scorbot Studio 2.0, es vol fer tot de manera individual però s'ha pensat a contactar amb una empresa externa (Soler corretges de transmissió) perquè fabriquin la tela de la cinta, ja que no es tenen els recursos per fer-ho. Quedarà per fer tota l'estructura i els rodets per a la transmissió del moviment.

### **➤ Tela de la cinta**

Finalment, ha sigut aquesta empresa externa la que ha fabricat la tela de la cinta. S'ha explicat doncs al seu cap la idea realitzant un esbós a paper. Posteriorment, s'han acordat unes mesures a seguir en el disseny total de la cinta partint de les mesures de la tela acordades,

1295 mm de llargada per 150 mm d'amplada. A més a més, al fabricar primer la tela, després serà més fàcil fer la maqueta física, és a dir, tot el seu suport. Un cop acordades les mesures, tocava escollir el tipus de material. Sabent que els cossos que es mourien per sobre la cinta serien molt lleugers, no ha tingut molta importància la seva resistència i s'ha triat més pensant de cara a la visualització de l'aplicació. S'ha escollit un color blau cridaner abans que un fosc o un blanc.



*Fig. 5.14. Tela de la cinta.*

*Font: Elaboració pròpia*

### ➤ Estructura de la cinta

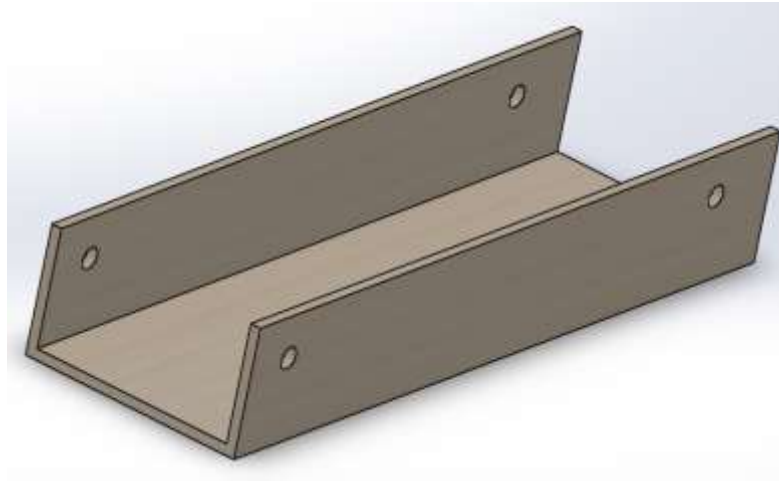
Per a dur a terme el disseny de l'estructura de la cinta transportadora s'hauran de contemplar aquests punts:

- ✓ La rigidesa de la tela. Separar els rodets tensant-la i forçant-la a treballar al voltant de la seva màxima elongació.
- ✓ Les dimensions de la tela a l'hora de fer l'estructura.
- ✓ La rigidesa de l'estructura.
- ✓ El pes que farà el servomotor només a una banda.
- ✓ Fer quatre forats a les parets de l'estructura, tres per encabir-hi els rodets i un pel motor.

El material a utilitzar serà la fusta degut a una bona rigidesa, millor adaptabilitat respecte d'altres materials i un breu temps de muntatge i reutilitzable, per tant menys impacte mediambiental.



S'ha arribat al següent disseny amb el solidworks:



*Fig. 5.15. Solidworks: Disseny de l'estructura de la cinta.*

*Font: Elaboració pròpia*

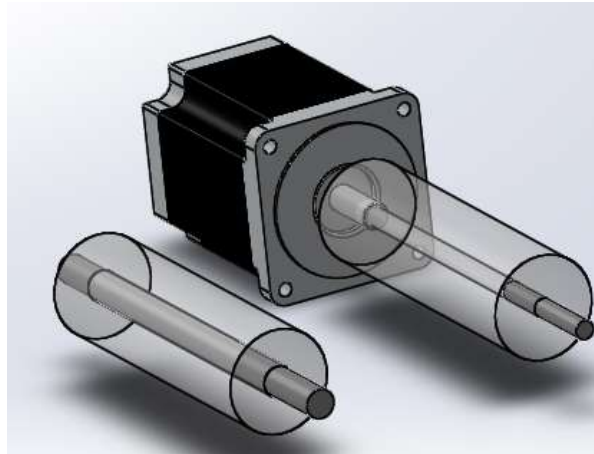
### ➤ **Rodets de la cinta**

L'objectiu dels rodets que aniran a la cinta serà que girin i facin girar la tela de la millor manera possible i per crear-los es tindran en compte totes les indicacions que s'han explicat en el disseny de l'estructura. Sabent això, les dues parets d'aquest suport seran la referència de partida en el disseny d'aquests dos rodets. Es faran per tant dos cilindres, primer mirant aquesta amplada entre parets i assegurant després que la llargada d'aquests sigui una mica inferior, deixant així un marge i facilitant els seus girs. Seguint un consell previ, "s'intentarà" seguir una norma per tal de millorar la seva adherència amb la tela. Es començarà doncs dividint els cilindres en tres trossos iguals. El tros del mig tindrà sempre el mateix diàmetre, però en els trossos dels costats aquest radi començarà mesurant el mateix i anirà disminuint fins a arribar al final amb una diferència d'entre l'1 i el 2%.

Els dos rodets aniran situats a l'extrem de cadascun dels costats entre les parets i mitjançant cilindres més petits estaran connectats a elles on prèviament s'havien fet els quatre forats. Per tant, per enllaçar aquests cilindres amb els rodets, aquests també s'hauran de foradar. Un d'aquests cilindres serà l'eix del servomotor. Tot això es pot veure perfectament en les figures 5.16, 5.17 i 5.18.

El material a utilitzar havia de ser el plàstic, fabricant totes aquestes peces amb una impressora 3D, però finalment ha resultat més fàcil i assequible reaprofitar material del taller de la universitat com a opció.

El disseny amb el solidworks ha estat el següent:



*Fig. 5.16. Solidworks: Disseny dels rodets de la cinta. Font: Elaboració pròpia*

#### ➤ Disseny total i resultat

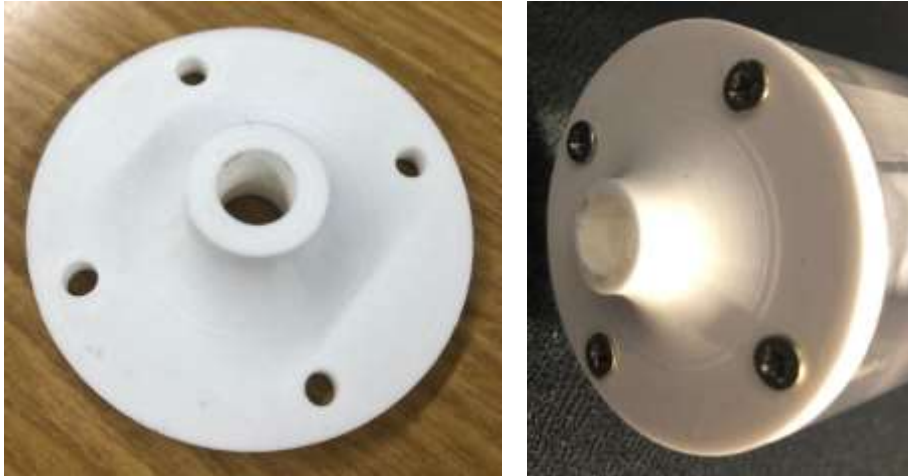
Fent unes petites modificacions, s'ha adaptat el disseny de l'estructura de manera que ara es farà més fàcil ajustar els rodets per tensar la tela de la cinta i que aquesta estigui ben centrada respecte les parets. Primer es mostrarà el disseny inicial i la vista explotada amb el solidworks i després el resultat final.



*Fig. 5.17. Solidworks: Disseny inicial més vista explotada de la cinta.*

*Font: Elaboració pròpia*

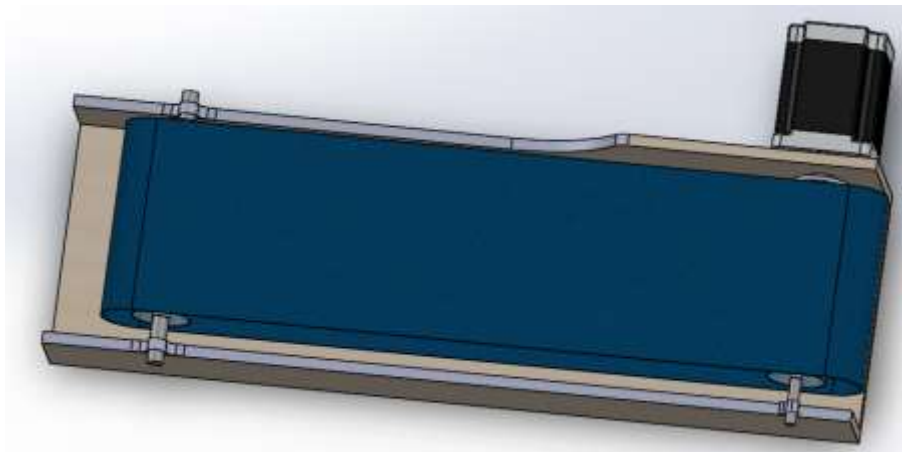
Com es pot veure a les figura 5.19 i 5.20 s'ha millorat el disseny de l'estructura de la cinta. Ara han desaparegut els forats en retallar la fusta i es pot veure que l'ajustament dels rodets ha estat possible mitjançant unes volanderes d'alumini. Per últim s'ha necessitat una petita peça de plàstic feta amb impressió 3D per fixar el servomotor amb el rodet motriu com es pot veure a la figura 5.18.



*Fig. 5.18. Peça d'unió.*

*Font: Elaboració pròpia*

Primer el disseny final amb el solidworks:



*Fig. 5.19. Resultat final de la cinta transportadora Solidworks.*

*Font: Elaboració pròpia*



Per últim com ha quedat el seu disseny real:



*Fig. 5.20. Disseny real de la cinta transportadora.*

*Font: Elaboració pròpia*

### **5.3. Disseny, fabricació i construcció de les mercaderies.**

Aquesta part serà la més tranquil·la i ràpida del projecte. La idea és molt simple, fer qualsevol cos que simuli un objecte o mercaderia real i si es vol o no escatimar temps en el disseny serà a gust del dissenyador. S'haurà de tenir en compte això si un seguit de coses:

- ✓ Les mesures de la cinta transportadora.
- ✓ Les mesures de la pinça del robot.
- ✓ El nombre de cossos a elaborar.
- ✓ El material a utilitzar.
- ✓ El mida que tindrà cada un dels cossos.

Segons una taula extreta [6], el servomotor que s'utilitzarà pot suportar fins a 13 kg a 1000 rpm i 8 a 5000 així que el pes no serà un problema. Tot i així els cossos seran el màxim de lleugers per facilitar al robot la seva càrrega.

El material a utilitzar serà la fusta igual que a l'estructura de la cinta per les mateixes raons exposades en l'apartat 5.2. Es farà servir la talladora làser de la universitat per tallar una làmina gran de fusta en seccions més petites (cares) i aquestes peces s'enganxaran formant un cub buit per dins.

El resultat final ha sigut el següent:



Fig. 5.21. Mercaderies.

Font: Elaboració pròpia

## 6. Implementació del sistema de seguretat.

En aquest apartat, es parlarà sobre el muntatge de tota la part de seguretat del projecte. Recordar que hi haurà dues parts, una amb les barreres de seguretat i l'altre amb les senyals visuals o semàfor i tota la feina serà dur a terme les connexions elèctriques pertinents de cada una d'elles. Per la part del semàfor, les connexions seran només amb la targeta de sortides digitals 1769-OB16 del CompactLogix, l'autòmat de l'aplicació. Per la part de les barreres, segurament s'hauran d'afegir més dispositius i fer més connexions, però tot això es detallarà en l'apartat següent. Serà a través de la programació del CompactLogix, el que permetrà controlar el funcionament d'aquests dispositius segons interressi. Primer es manarà a la controladora i aquesta manarà als seus mòduls, però tots aquests detalls sobre el funcionament de la part de seguretat de Scrobot Studio 2.0 no es veuran fins a la creació d'aquest en els següents apartats.

Aquí doncs, es faran servir els manuals o “datasheets” de cada una de les parts per estudiar les seves connexions i tot seguit es detallaran. A més a més, s'explicarà si s'ha de fer un suport per a la subjecció de les dues barreres.

### 6.1. Connexió de les barreres de seguretat.

La tria i la instal·lació de les barreres de seguretat ha resultat també més complicat del que es pensava. S'ha necessitat investigar quines connexions s'hauran de fer entre les barreres i el mòdul de sortides digitals de l'autòmat i si s'haurà d'afegir o no algun altre dispositiu complementari, per tant, també les seves respectives connexions.

El primer que s'ha fet ha sigut mirar les dues barreres [13], transmissor i receptor, i s'han observat els pins dels terminals, representats en la figura 6.1.

En aquests terminals s'haurà de connectar el cable adequat i mateix nombre de pins, el 889D-F5AC-2. L'últim nombre indicarà els metres així que no importarà si és major. En qualsevol cas mai menor, ja que no tindria la llargada suficient. El cable tindrà un connector femella per banda, tal com fa referència el seu número de catàleg [19]. Un d'ells, es connectarà a les barreres, encaixant amb els pins dels terminals. L'altre, es tallarà per connectar cada pin del cable al seu lloc corresponent. Es pot veure com serà el cable a la figura 6.2.

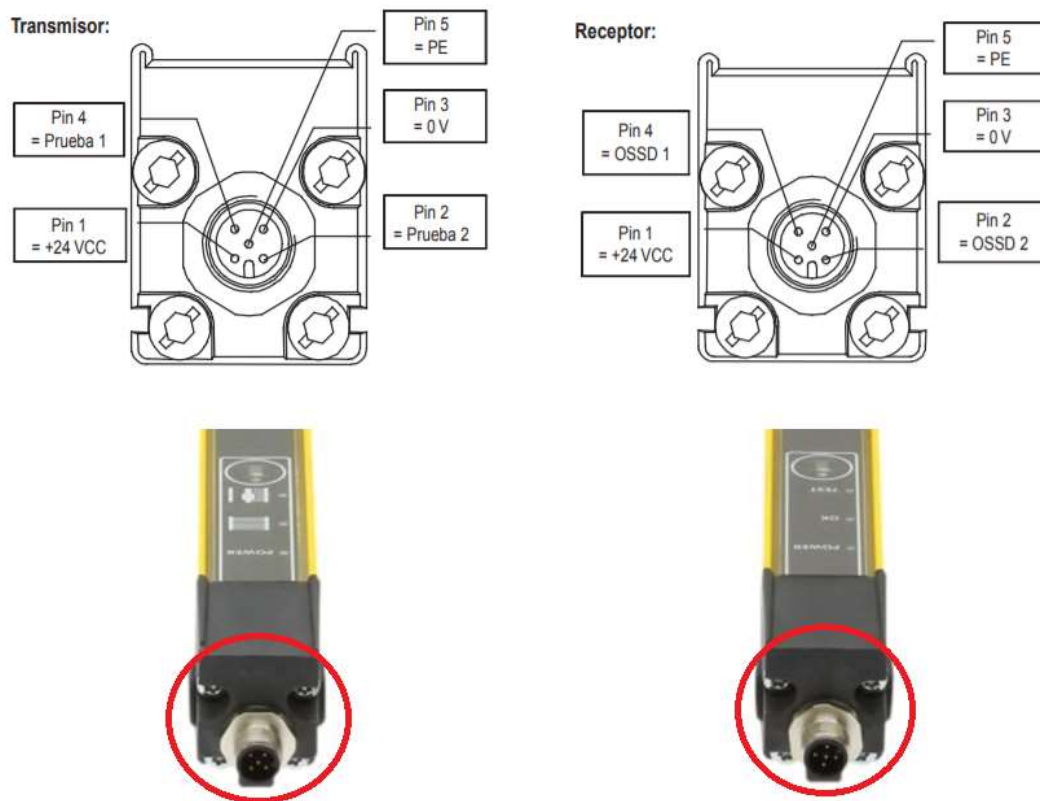


Fig. 6.1. Barreres Safety: Pins del transmissor i del receptor.

Font: Elaboració pròpia



Fig. 6.2. Barreres Safety: Cable 889D-F5AC-2. Font: Web (Westburne)

Fins aquí tot bé, el dilema ha estat les connexions a fer a partir d'aquí i si es necessitava algun dispositiu més per tal d'aconseguir l'aplicació desitjada.

Partint de la figura 6.3, hi podem veure les dues barreres, l'alimentació 24 V i comú de la instal·lació elèctrica i un relé de seguretat que activarà o desactivarà la potència del motor. Traduït a l'aplicació, quan s'activessin les barreres, tallant la llum que s'emet del transmissor al receptor per la presència d'algun cos, el relé faria saltar la potència del motor. El que passa

és que a Scorbot Studio 2.0 fent memòria se sap que hi ha 7 servomotors diferents, 6 del robot i 1 de la cinta. Per a connectar els TLYs del robot seria un problema perquè s'haurien de tallar cada un dels cables de potència en dos i posar el relé al mig i no es vol fer això. Per l'altra part, si es connectés només el servomotor de la cinta quan s'activessin les barreres el robot no s'aturaria i no donaria la impressió que es vol donar d'una aplicació de seguretat. A part de tot això, el Compact no tindria paraula en aquest procés i des d'aquest projecte es vol controlar tot des de l'autòmat. Per molt que es vulgui simular una aplicació real segueix sent un projecte acadèmic que fa justament això, una simulació.

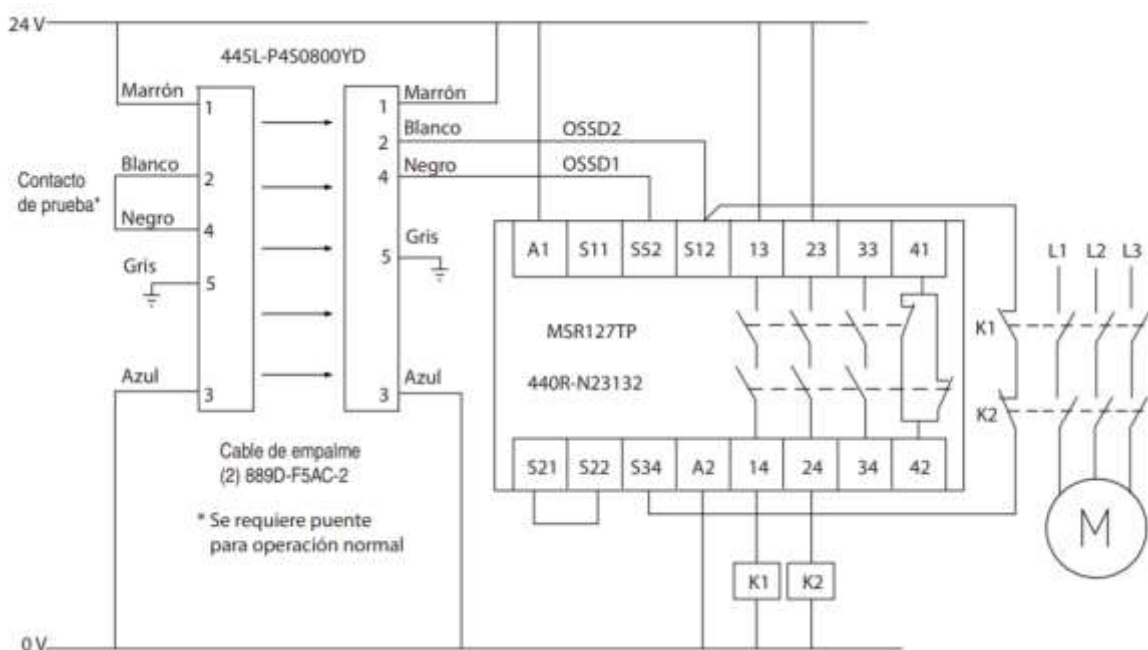


Fig. 6.3. Barreres Safety: Exemple de connexió. Font: Rockwell literature

Com ja s'ha dit abans, partint de la figura 6.3 i investigant una mica s'ha arribat finalment a una nova solució, en la qual s'han resolt els problemes plantejats anteriorment. El primer que es farà serà afegir una nova branca a la línia dels 24 V. Aquesta branca, substituirà les línies de potència del motor de la figura 6.3 i anirà connectada a una de les entrades de la targeta d'entrades digitals de la CompactLogix, la 1769-IQ16, però abans haurà de passar per dos contactors [20] controlats per un relé de seguretat. Per tancar el circuit, només faltaria allargar el comú fins aquest mòdul, es poden veure tots els canvis a la figura 6.4. La solució serà viable sempre i quant a partir d'ara es tingui en compte un detall més. A l'hora de programar s'haurà de treballar amb lògica negativa amb el pin de la targeta on es connectin els 24 V. El motiu serà el fet d'alimentar contínuament aquest pin fins que s'activin les

barreres de seguretat i conseqüentment el relé i els contactors normalment tancats. Ara, quan s'activin les barreres, es podran inhibir tots els servomotors a través del programa atacant directament a la CPU de l'autòmat i ens haurem estalviat tallar tots els cables de potència de tots els TLY o el cable de potència conjunt. A més a més, en inhibir-los s'haurà estalviat una cosa tan perjudicial com la tallada de l'alimentació cada cop que s'activin les barreres, així que l'impacte físic serà menor.

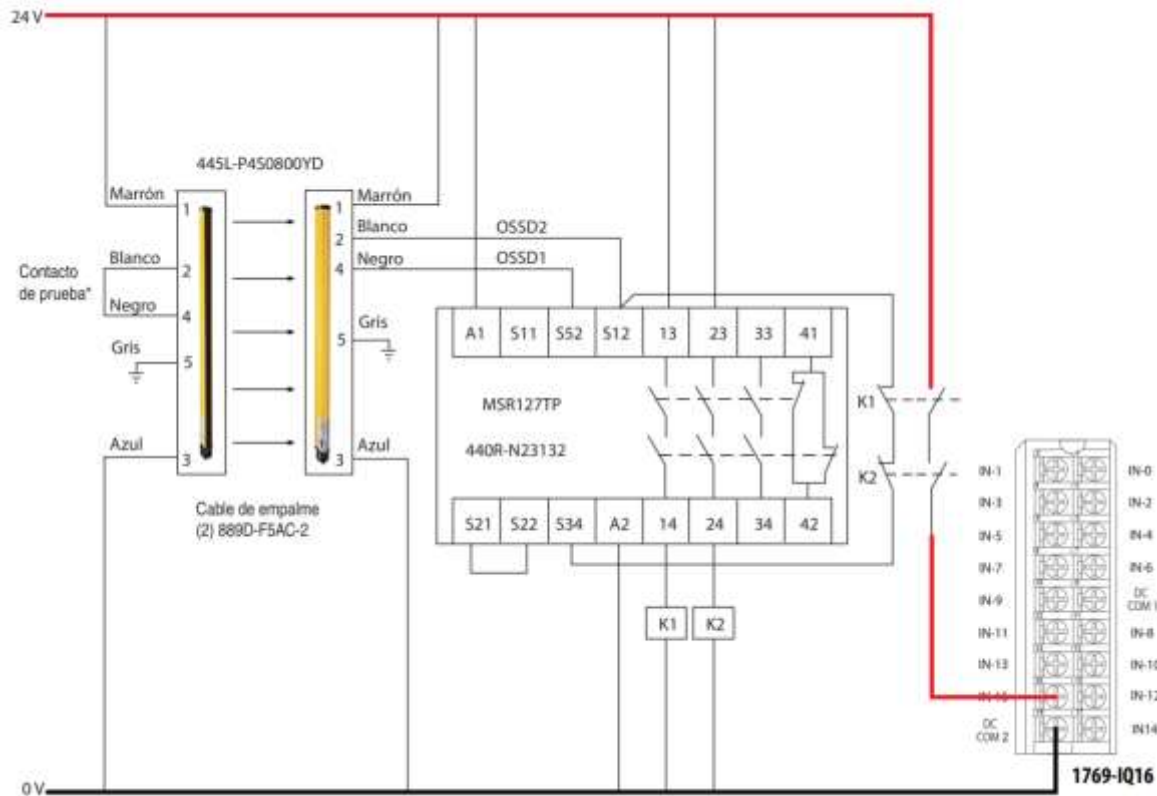
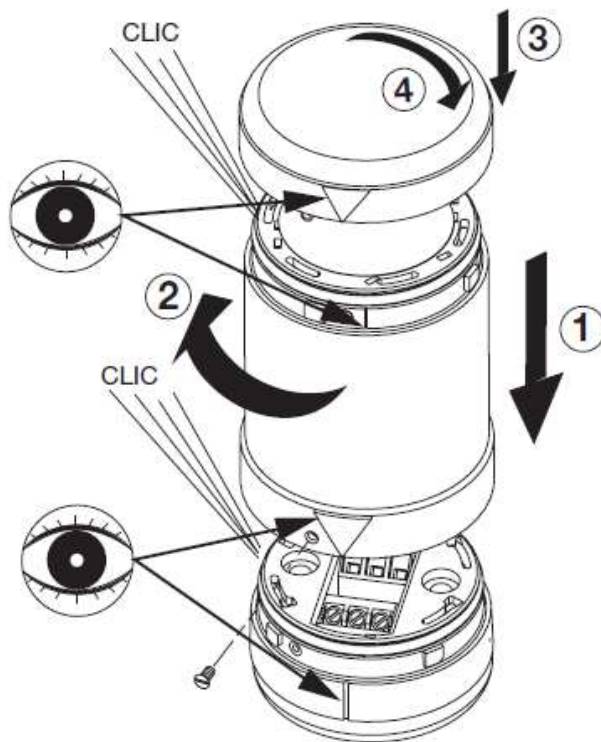


Fig. 6.4. Barreres Safety: Connexions

Font: Rockwell literature

## 6.2. Connexió del semàfor.

Per a implementar les llums de la part de seguretat es necessitarà saber tota la informació que es mostrarà continuació [21]. La primera part serà el muntatge entre elles per tal d'obtenir una torre o el semàfor, depèn com es prefereixi anomenar, muntant les tres llums sobre la base. Seguint les indicacions que mostrà la figura 6.1:



Primer, mirar els dos ulls prestant atenció a les marques físiques dels dispositius que seran d'ajuda.

Segon, fer-les encaixar. (1).

Tercer pas, girar cap al sentit adequat per fixar-les (2).

Repetir per últim els mateixos passos amb les altres parts (3 i 4).

*Fig. 6.5. Muntatge semàfor.*

*Font: Rockwell literature*

La segona part serà conèixer els terminals de la torre i de la targeta de sortides digitals de l'autòmat. La base de la primera tindrà unes regletes per facilitar les seves connexions. Aquestes, faran contacte a través del tronc de la torre amb tots els pisos (en aquest cas tots els pisos seran llums però podrien haver-hi sirenes també). La figura 6.2 indicarà que es poden connectar fins a 5 terminals cada un en un pis diferent, obtenint a la vegada el màxim de pisos. El terminal 0 serà el comú i de l'1-5 els 24 V AC de cada element de la torre. Es veurà també la informació de tots els terminals de la targeta de sortides digitals en la figura 6.3.



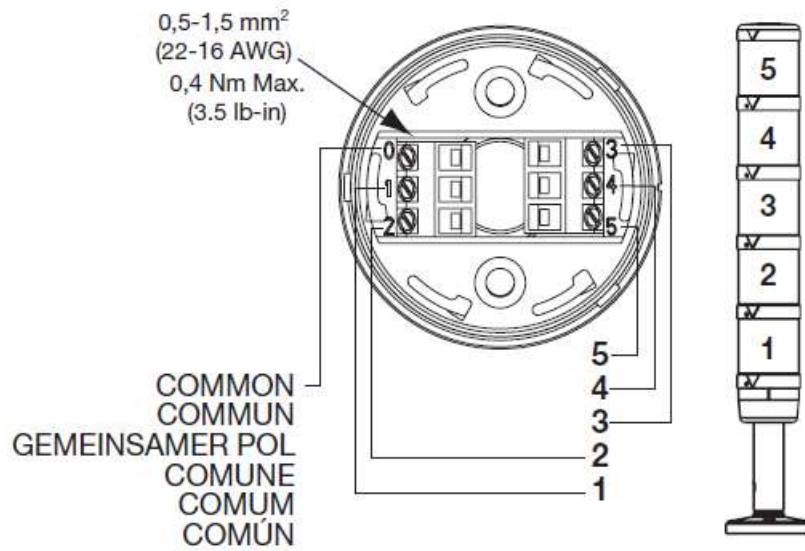


Fig. 6.6. Informació terminals de connexió del semàfor.

Font: Rockwell literature



Fig. 6.7. Informació terminals de connexió de la 1769-OB16.

Font: Rockwell literature



La tercera i última part serà fer les connexions, ajuntant la 6.2 i la 6.3 en la 6.4. Com es pot veure, primer es connectarà el mòdul de sortides digitals als 24 V i el comú de la font d'alimentació del CompactLogix. Després es connectarà aquest comú al terminal 0 de la base del semàfor tal com indica el 0 petit. El mateix passarà amb les llums, però aquestes no aniran directament dels 24 V de la targeta sinó a diferents terminals per tal de diferenciar el mapejat en el programa.

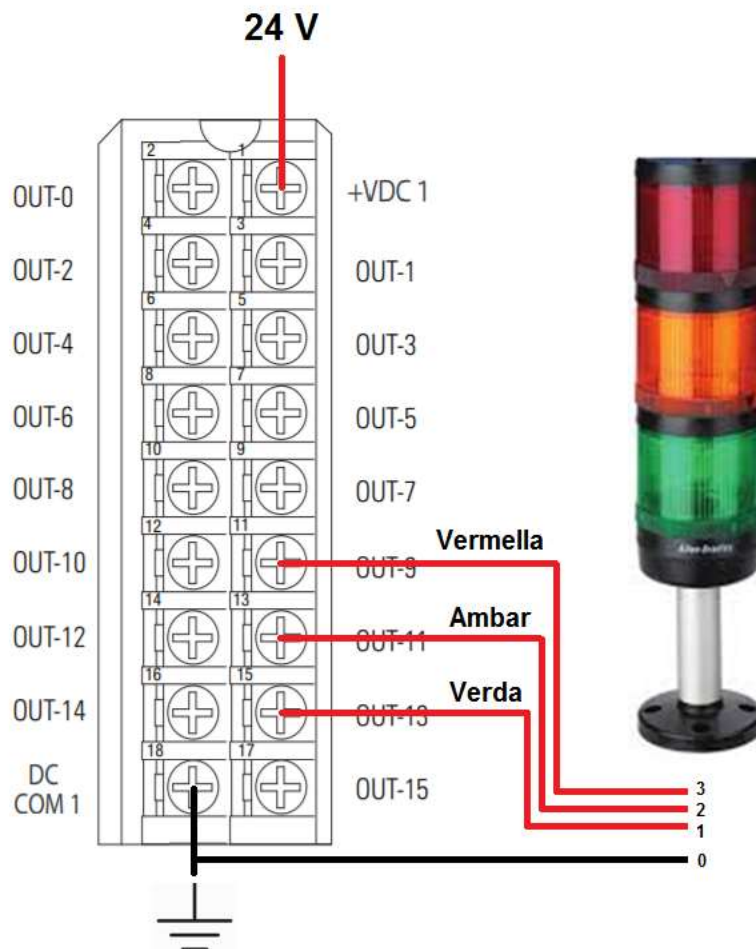


Fig. 6.8. Connexions llums semàfor.

Font: Elaboració pròpia

### 6.3. Resum connexions Safety.

En aquest apartat només es mostrarà a la figura 6.9 el resum de totes les connexions que es faran amb la part de seguretat d'aquest projecte. Remarcar una vegada més que els 24 V i el comú sortiran de la font d'alimentació del CompactLogix.

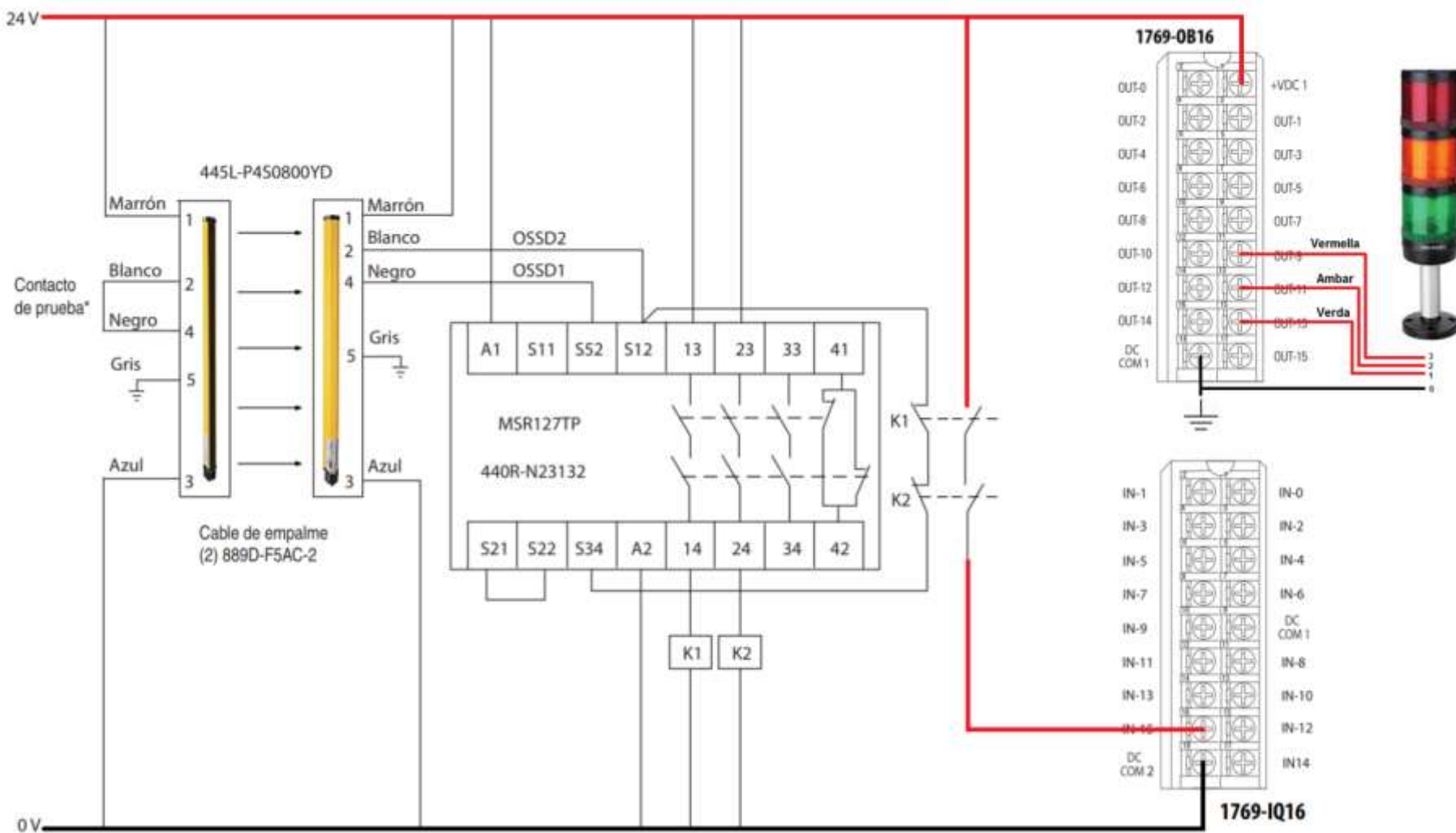


Fig. 6.9. Resum connexions safety.

Font: Elaboració pròpia

## 7. Disseny de la nova aplicació de l'autòmat.

La creació de Scorbot Studio 2.0 ja s'ha dit diverses vegades que partirà del fitxer ACD més recent del Scorbot. D'aquesta manera, el robot no perdre les seves funcionalitats ja existents i en guanyarà de noves i per això era tan important dedicar tot l'apartat 4 per la comprensió d'aquest.

En aquest apartat doncs s'explicarà la incorporació de tot el nou hardware de l'estació de treball, l'habilitació dels equips necessaris i els punts claus per a la programació de Scorbot Studio 2.0. S'haurà de tenir molt clar en tot moment que aquest programa serà una ampliació de l'anterior. En cap moment la nova funcionalitat que se li vol donar amb el sistema de mercaderies i el sistema de seguretat ha de reemplaçar la funcionalitat anterior. S'estructurarà el programa de manera que es puguin complir tots aquests punts. Tot això es veurà a continuació; Primer la incorporació dels nous equips, després les habilitacions necessàries i per últim l'estructura de la programació i els seus punts clau.

### 7.1. Scorbot Studio 2.0: Incorporació del hardware d'Allen-Bradley.

Un cop connectats el servodrive i el servomotor, es podrà fer la incorporació i configuració del hardware d'Allen-Bradley en el Scorbot Studio, el programa base que s'utilitzarà com ja s'ha comentat diverses vegades. No s'haurà d'esperar a que es tingui la cinta acabada, però si la planificació ho permet serà recomanable mantenir-se a l'espera. Aleshores, si es vol realitzar aquest pas abans, s'haurà de tenir en compte que després s'haurà de reconfigurar el motor adaptant-lo a la càrrega que tindrà la cinta.

Remarcar el manual [7]:

*“Servovariadores Kinetix 350 para un solo eje Ethernet/IP”*

Per a tots aquells principiants en el món de Motion dins Allen-Bradley, ja que no deixa de ser un treball educatiu i aquí es pot trobar molta informació addicional i interessant.

Dit això, en aquesta memòria s'explicarà com si es seguís treballant amb l'ordre adequat. Es començarà amb l'incorporació del servodrive, la més breu. S'haurà d'obrir el Scorbot Studio i donar-li al botó dret en la pestanya Ethernet dins del I/O Configuration i donar-li després a New Module.

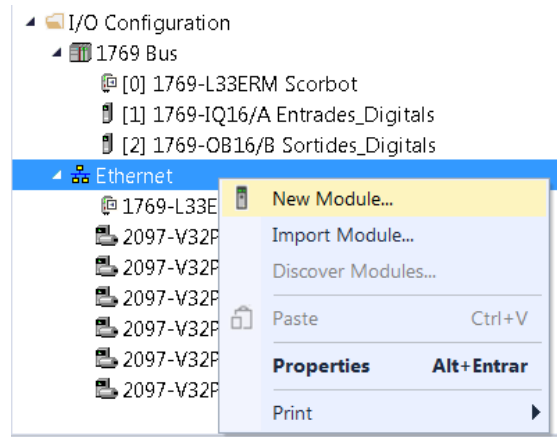


Fig. 7.1. Incorporació Kinetix: Pas 1. Font: Elaboració pròpia

Ara, s'haurà de buscar en el filtre el dispositiu 2097-V32PR0-LM, seleccionar-lo i donar-li a create.

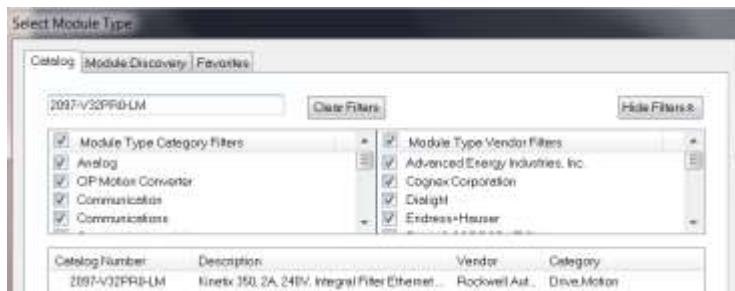


Fig. 7.2. Incorporació Kinetix: Pas 2. Font: Elaboració pròpia

S'obrirà la pestanya de propietats del dispositiu i es donarà un nom, l'adreça IP i es posarà la revisió del firmware corresponent al nostre dispositiu anant a Module Definition. Esmentar que abans s'ha hagut de canviar la IP de la Kinetix i fer-li una actualització del firmware. Es poden trobar als annexos les guies a seguir.

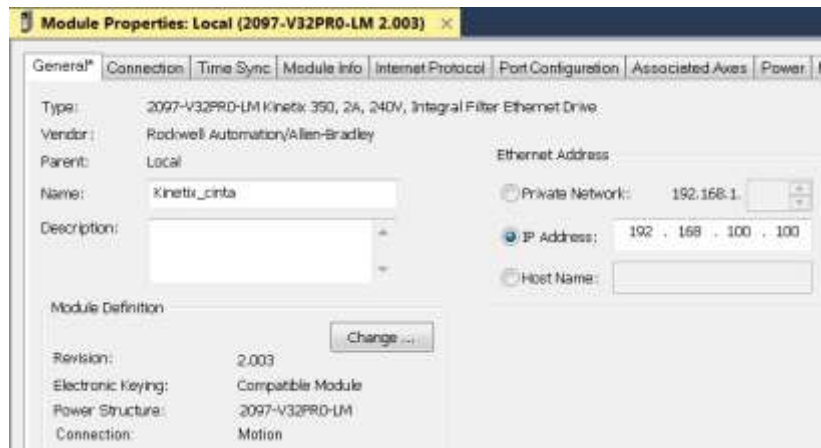


Fig. 7.3. Incorporació Kinetix: Pas 3. Font: Elaboració pròpia

Fins aquí la Kinetix i ara es passarà a la incorporació i configuració del TLY. Per a crear-lo botó dret a la pestanya Motion grup i clicar després a New Motion Group. S'introduirà el nom desitjat, en el cas de Scorbot Studio 2.0 serà Cinta i per últim es farà clic a Create.

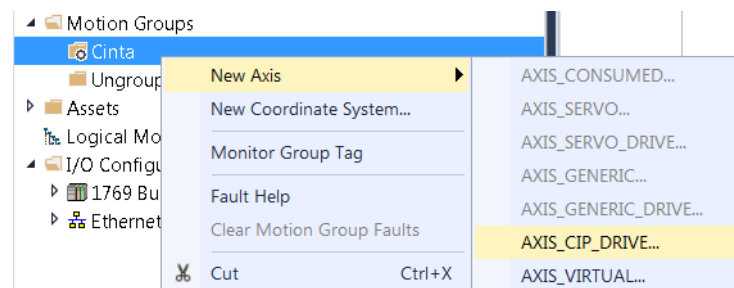


Fig. 7.4. Incorporació de l'eix: Pas 1. Font: Elaboració pròpia

Posteriorment, s'anirà a buscar la seva pestanya i es farà el mateix. Botó dret, New Axis i es seleccionarà AXIS\_CIP\_DRIVE. S'obrirà una finestra que possi New Tag i només s'haurà d'afegir un nom al nostre eix i clicar a Create.



Un cop creat, botó dret a l'eix, en el cas d'aquesta aplicació, botó dret a Motor\_Cinta i per últim Properties.

Fig. 7.5. Incorporació de l'eix: Pas 2. Font: Elaboració pròpia

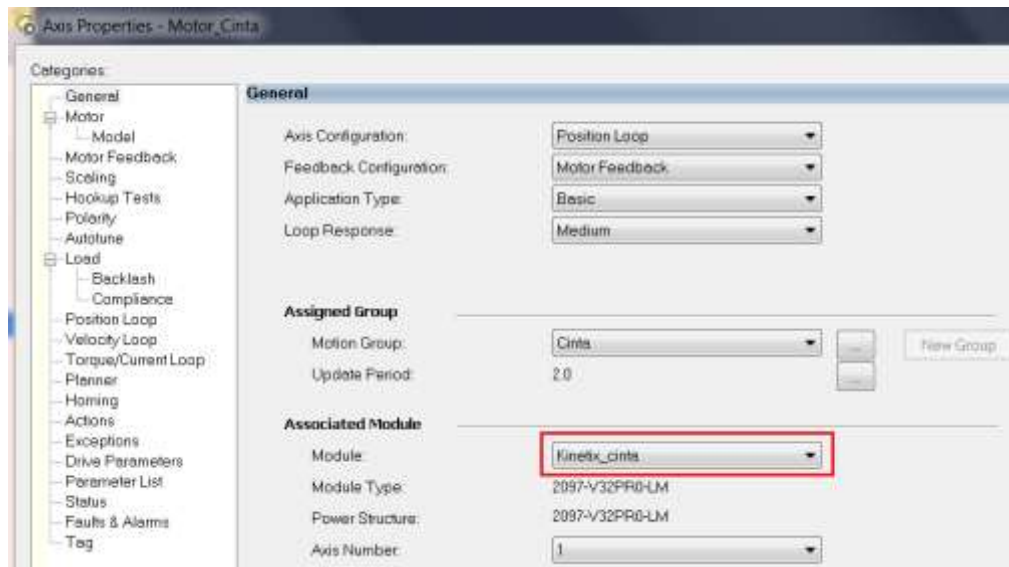


Fig. 7.6. Incorporació de l'eix: Pas 3. Font: Elaboració pròpia

El primer a fer serà associar aquest eix creat amb la Kinetix de la cinta (requadre vermell) i si es comparen les figures 5.15 i 5.18 es podrà apreciar que la Kinetix té el mateix nom i per tant és la mateixa.

Ara dins de Properties s'anirà a on posa Motor. Apareixerà el quadre de diàleg Motor Device Specification i en el menú desplegable de Data Source es seleccionarà Catalog Number. Ara s'anirà a Change Catalog cosa que abans no deixava i es buscarà el nostre servomotor en el filtre, ja que els TLY al ser d'Allen-Bradley estaran dins de les biblioteques del programa.

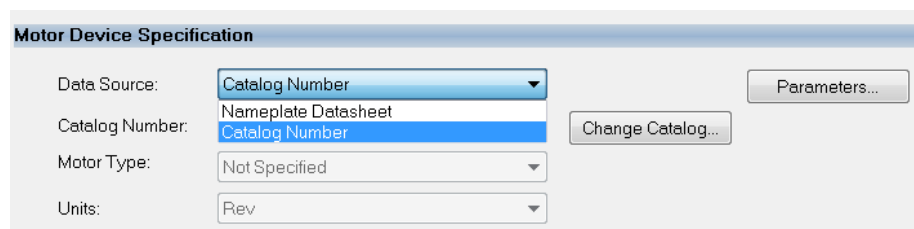


Fig. 7.7. Incorporació de l'eix: Pas 4. Font: Elaboració pròpia

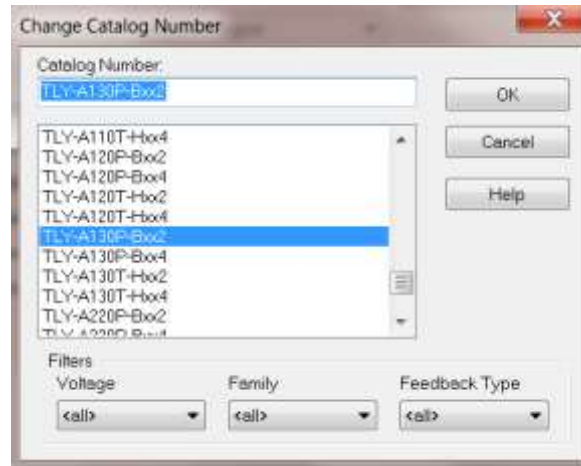


Fig. 7.8. Incorporació de l'eix: Pas 5. Font: Elaboració pròpia

Un cop introduït el model del motor en el programa quedarà tota la part de la seva configuració. S'haurà de desplegar la categoria Scaling i editar els seus valors segons s'adaptin a aquestes.

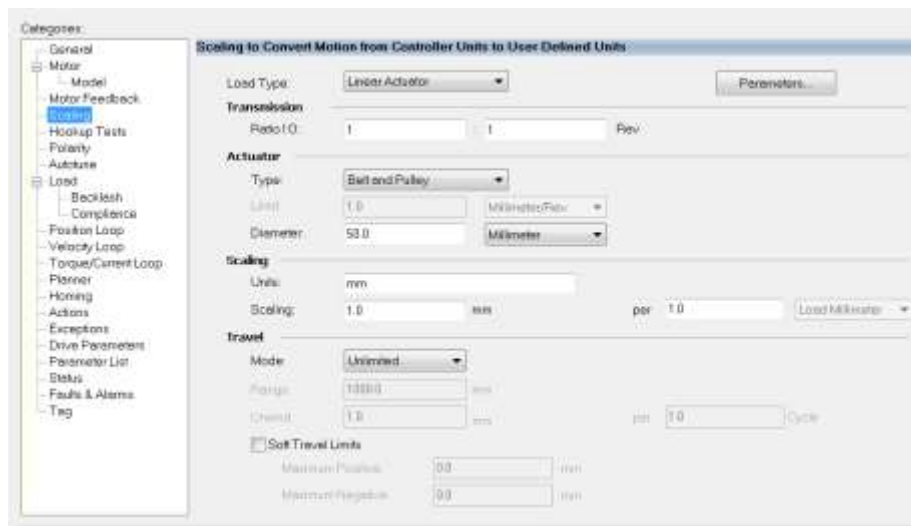


Fig. 7.9. Incorporació de l'eix: Pas 6. Font: Elaboració pròpia

S'haurà posat que serà un actuador lineal i de tipus cinta i corretja. També serà important posar el diàmetre dels rodets de la cinta, així podrem calcular la distància que es mou la cinta en cada volta de rodet. Si el diàmetre és de 50 mm, se sabrà que per cada volta s'haurà desplaçat uns 157 mm.

Els valors de la pestanya Load es calcularan per defecte gràcies als Tunes. S'explicarà que es un Tune més endavant.

Ara s'anirà a la pestanya Exceptions i apareixerà una llista d'errors, límits excedits o informació important a tenir en compte del hardware. A cada acció es podrà triar 1 d'entre 4 condicions:

- FaultStatusOnly
- StopPlanner
- StopDrive
- Shutdown

La primera només indicarà d'aquesta fallada, límit excedit o informació important del hardware i les altres tres o pararan el motor o no deixaran que es posi en marxa. Com l'encoder del motor no anirà cablejat a la bateria del connector\_2090-K2CK-D15M s'hauran de seleccionar les dues accions que posa Feedback Battery i posar-les en FaultStatusOnly. Es pot apreciar en el quadre vermell de la figura 5.22.



Fig. 7.10. Incorporació de l'eix: Pas 7. Font: Elaboració pròpia

A la pestanya de Parameter List també s'haurà d'indicar que no es disposarà de bateria en el feedback del motor. L'únic que s'haurà de tenir en compte és que al treure i donar tensió als equips i iniciar l'aplicació cada vegada s'haurà de fer un Home al motor.



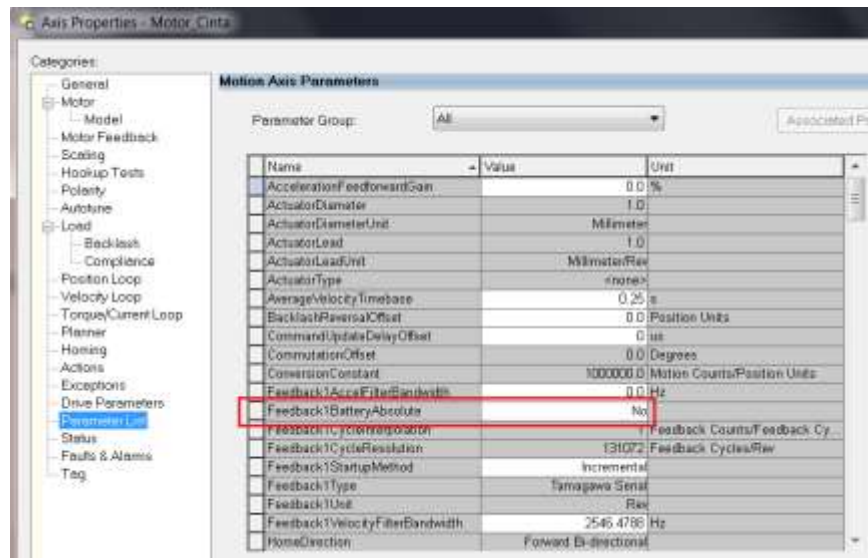


Fig. 7.11. Incorporació de l'eix: Pas 8. Font: Elaboració pròpia

Per finalitzar ja, faltaria la prova i l'ajustament de l'eix, però per procedir s'haurà de posar la controladora en Mode Online.

Per a fer la prova de l'eix s'haurà d'anar a Hookup Tests, on es faran tres tests. Primer el Marker, després el de Motor Feedback i per últim el Motor and Feedback.

**Marker:** Comprova que el motor rebi el pols del marcador de retroalimentació de posició. S'ha de moure manualment l'eix per a aquesta prova fins que aparegui una finestra indicant Test complete o Test failed.

**Motor Feedback:** Comprova la polaritat del feedback del motor.

**Motor and Feedback:** L'eix es mou per si mateix per provar la polaritat de la retroalimentació i el cablejat. Per comprovar l'orientació correcta de la rotació, s'ha de mirar l'eix.

En els dos últims s'haurà d'introduir una distància abans del test que serà la que realitzi el motor i donar-li a Accept Test Results a l'acabar si es donen per bons els valors.

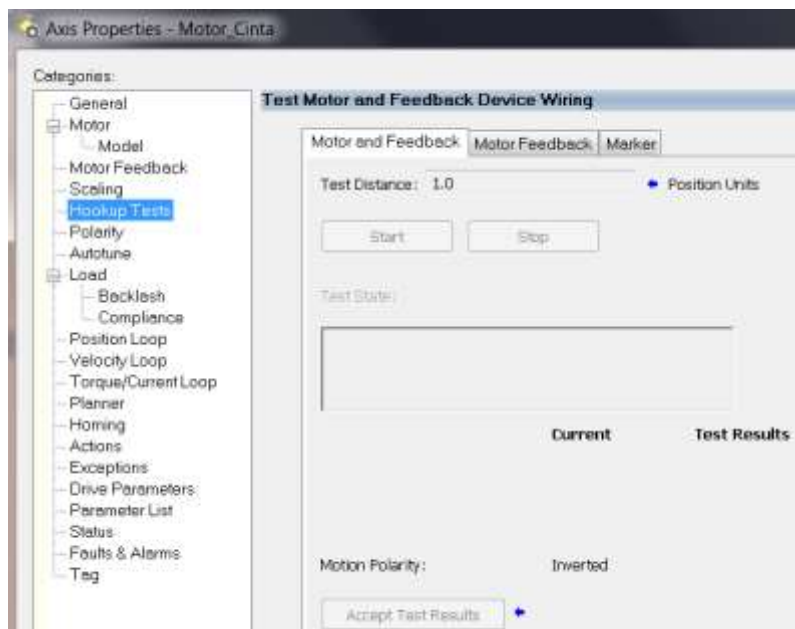


Fig. 7.12. Incorporació de l'eix: Pas 9. Font: Elaboració pròpia

Si no agraden els valors predeterminats, es seguirà amb l'ajustament de l'eix. S'anirà a Autotune, clicant a la seva pestanya, i s'ompliran quatre dades que es demanen abans. Donant-li al Start s'obtidran uns valors que s'hauran de validar mirant que siguin coherents. Per últim, només per la gent més experta, clicant dins d'Autotune a Manual Tune es podrà fer com el seu nom diu un Tune manual.

Seguint parlant de la incorporació dels dispositius d'Allen-Bradley, amb les llums del semàfor no caldrà barallar-se d'aquesta manera a l'hora de fer les seves configuracions, ja que no existirà en el Studio 5000 com a tal. Al ser diferent, ja s'ha esmentat i detallat a l'apartat 6. Tal com es deia, només s'haurà de crear el ladder que treballarà sobre el mòdul de sortides digitals de l'autòmat, on aquestes aniran connectades, per tal d'activar-les i desactivar-les segons l'aplicació ho demani. Les barreres de seguretat, el relé i els contactors tampoc es podran incorporar com a tal. Igual que amb les llums, aquests dispositius també interactuaran amb l'aplicació a partir del ladder creat, treballant ara sobre el mòdul d'entrades digitals de l'autòmat.

Tot això es veurà en l'apartat següent 7.2 on es passarà a fer la programació de Scorbot Studio 2.0.

## 7.2. Scrobot Studio 2.0: Programació de la nova operativa.

Ja s'han fet totes les connexions pertinents entre tots els equips del projecte i s'ha declarat i configurat en el programa tot el hardware d'Allen-Bradley. Quedarà ara tota la programació de l'aplicació que estarà detallada en aquest apartat, però si es volgués veure tot el codi faltaria donar un cop d'ull a l'annex 1.

### 7.2.1. Habilitació del servomotor de la cinta.

Per a començar amb la programació de l'aplicació, el més important serà moure la cinta i veure que tot funcioni correctament i per a moure la cinta, primer s'hauran d'enviar senyals de control des de la Kinetix al TLY. Qui manarà a la Kinetix i ordenarà aquests senyals serem nosaltres, atacant a la controladora a partir del codi Ladder del programa. La primera ordre que s'haurà d'enviar al servomotor, igual que ja passava amb els del Scrobot, serà una senyal d'enable. Investigant amb les notes tècniques de ROK [7], s'ha trobat que si la funció enable de la Kinetix no està cablejada directament en el connector d'E/S, d'alguna manera s'ha de configurar a través de programa fent ús de la missatgeria. Aquí sí que a diferència dels altres TLYs, al no tenir aquest connector, serà el cas.

Les primeres línies de programa doncs han estat les de missatgeria i s'han fet durant l'apartat 7.1 per a poder realitzar la prova i ajustament de l'eix de la cinta en Mode Online.



Fig. 7.13. Missatgeria: EnableInputChecking.

Font: Elaboració pròpia

I dins de la instrucció MSG, fent-hi un doble clic a sobre, s'han establert els següents valors de la figura 7.14.

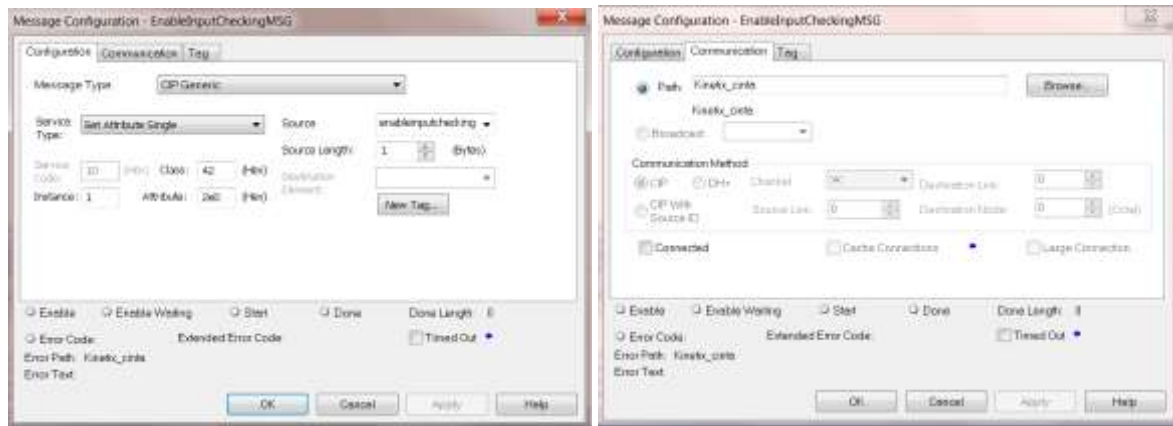


Fig. 7.14. Message configuration: EnableInputChecking.

Font: Elaboració pròpia

El que s'ha fet amb el codi de la figura 7.13, és crear dos tags, l'enableinputchecking de tipus enter creat dins Controller Tags i el tag booleà DisableEnableInputChecking creat dins Parameters and Local Tags. S'ha creat una instrucció MSG que en activar el tag booleà s'enviarà el bit zero del tag enter a la Kinetix (Recordem que en el programa serà la Kinetix\_cinta), desactivant un paràmetre intern que buscava la funció enable físicament i per això donava error. Realment el que està passant és que la Kinetix sempre mira primer el cablejat de les E/S per a fer la funció enable externament i ara se li ha dit que ho deixi de mirar i que només caldrà fer la instrucció des de programa.

Quan el programa estigui en Mode Run, si es vol fer ús de la cinta s'haurà d'activar el tag booleà anterior. Aquesta instrucció només s'utilitzarà una vegada ja que és persistent i es guarda en la memòria no volàtil del servodrive.

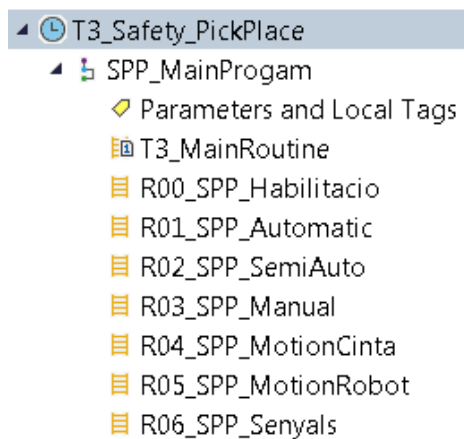
En la figura 7.15 es faran els diagnostics. S'analitzaran quatre paràmetres simplement mirant si els bit estan activats (en verd) o desactivats; La comunicació amb la Kinetix, la sincronització amb el Motion Group i la controladora, el subministrament de potència a la Kinetix i el DC Bus. Quan aquests que depenen de l'estat físic dels equips estiguin activats, es podrà activar el bit Enable\_MotorCinta o el bit Enable\_Motors per executar finalment la instrucció MSO (Motion Servo On) i habilitar l'eix de la cinta.



Fig. 7.15. Validació mòduls abans del MSO. Font: Elaboració pròpia

### 7.2.2. New Task: Safety Pick & Place.

La funcionalitat que tenia abans el robot, és a dir, el teaching de Scorbot Studio, estava programat tenint en compte els dispositius que feien anar el Scorbot en un sol bloc. Les dues tasques del programa, T1 i T2, eren la primera per l'operativa del teaching la qual controlava els servomotors i la segona per informar de l'estat del hardware del scorbot. Ara amb Scorbot Studio 2.0 s'ha de lluitar perquè segueixi existint aquest bloc en solitari i perquè n' existeixi un altre format pel robot, la cinta i el sistema de seguretat. S'ha decidit que la millor manera de fer-ho és generar una altra tasca, la T3\_Safety\_Pick&Place. Aquesta s'activarà amb un bit booleà només quan l'usuari vulgui fer ús d'aquesta operativa.



La nova tasca comptarà amb una rutina principal anomenada T3\_MainRoutine i set subrutines. La primera organitzarà l'aplicació cridant cadascuna d'aquestes subrutines que li faci falta en el moment que toqui, facilitant la programació i comprensió del programa. Es pot veure en les figures 7.16 i 7.17.

Fig. 7.16 T3\_Safety\_PickPlace. Font: Elaboració pròpia



Fig. 7.17 T3\_MainRoutine.

Font: Elaboració pròpia

- ✓ La primera subrutina, T00\_SPP\_Habilitació s'analitzarà sempre. Abraçarà les línies de programa de les figures 7.14 i 7.15, fent així els diagnòstics del motor de la cinta i la seva habilitació. A part de la seva habilitació, també hi hauran programades les ordres de Reset i Stop de l'eix.

La segona i tercera subrutina seran les dues modalitats que tindrà l'operativa Safety Pick&Place:

- ✓ La R01\_SPP\_Automatic podrà realitzar de manera automàtica un moviment de transport de la cinta seguit d'una recollida i posteriorment una deixada d'una mercaderia. Això, estarà pensat perquè ho faci quatre vegades sempre que se li ordeni seguint una matriu 2x2.
- ✓ La R02\_SPP\_SemiAuto podrà fer els mateixos moviments que l'anterior subrutina feia en un cicle però de manera individual. D'aquesta manera, l'usuari podrà portar el robot a la posició que vulgui, podrà moure la cinta sempre que vulgui i podrà agafar i deixar la mercaderia sempre que vulgui en una de les posicions del robot.

Totes dues, es podran veure millor més endavant a l'apartat 8, ja que hi apareixeran gràficament totes les pantalles.

- ✓ La quarta subrutina, R03\_SPP\_Manual estarà pensada per moure la cinta en ambdues direccions mentre es premi un polsador d'una pantalla. No es farà el mateix amb el robot perquè ja està fet i seria una ximpleria repetir les mateixes línies en una altra subrutina. Es podrà augmentar o disminuir la seva velocitat, però s'establiran uns marges.



Per últim, hi haurà una subrutina dedicada exclusivament a les senyals de seguretat.

✓ En la R06\_SPP\_Senyals:

S'encendrà només la llum verda quan no s'hagi executat cap ordre de moviment, els equips comuniquin perfectament i no aparegui cap alarma. Serà segur per l'usuari entrar en la zona de treball del robot i la cinta.



Fig. 7.19 R06\_SPP\_Senyals: Llum verda.

Font: Elaboració pròpia

Quan s'hagi executat alguna ordre de moviment s'encendrà només la llum àmbar, avisant a l'operari que no es pot entrar a la zona de treball i s'ha de guardar la distància de seguretat. Es farà servir un tag que analitzarà totes les ordres de moviment i sabrà si estan o no en ús.

Per últim, la vermella s'encendrà en dos casos:

El primer serà quan existeixi una mala comunicació amb els equips comuniquin i/o salti alguna alarma i llavors s'executi una instrucció que aturi tots els eixos. Es canviaran les EQU de la figura 7.19 per NEQ fent la funció contrària.



La segona quan es talli el senyal de les barreres entre la transmissora i la receptora per la detecció d'algun cos quan s'estigüés executant una instrucció de moviment en algun dels eixos. Per afegir més seguretat, en aquest cas en comptes s'executarà una instrucció que aturi tots els eixos actuant directament sobre el Motion Group.



Fig. 7.20 R06\_SPP\_Senys: Barreres de seguretat.

Font: Elaboració pròpia

### 7.2.3. R100\_HelpTags.

Serà important mencionar que per haver dut a terme la nova tasca i totes les seves rutines anteriorment vistes, s'ha necessitat afegir una nova subrutina a T1\_Scorbot\_Studio anomenada R100\_HelpTags. Per entendre la raó, caldrà saber dues coses. La primera és que quan es crea un programa, aquest té els seus Controller Tags que són els tags globals i com bé diu el seu nom els tags del controlador. La segona és que quan es crea una tasca, aquesta a part del Controller Tags tindrà per ella sola els Parameters and Local Tags. Ara ja no seran tags globals sinó tags locals, només d'aquella tasca. Per tant, si es crea una sola tasca dins d'un programa no passarà res, però en el cas de Scrobot Studio 2.0 que hi conviuran tres tasques sí que passarà.

La raó per la qual es poden separar els tags és la mateixa per la qual es fa ús de noves tasques. No és perjudicial tot el contrari, però ara sabem perquè ha afectat en aquest projecte. Resulta que quan el programador crea un tag, aquest per defecte es crea en el Controller tags a no ser que se li indiqui el contrari en el programa. Tot perfecte fins que en la programació de l'aplicació anterior, com és normal, no es va tenir en compte el projecte de Scrobot Studio 2.0 i es van crear un munt de tags del robot només en una tasca. Des de la nova tasca T3, tots aquests tags no es podien fer servir i per canviar els tags de locals a globals o el que és el mateix, de Parameters and Local Tags d'aquella tasca a Controller Tags s'havien d'esborrar

i crear de nous. Fent aquest procés podia desencadenar diverses falles o perjudicar altres projectes i per evitar la possible catàstrofe es va decidir crear aquesta nova subrutina mencionada en aquest apartat. Aquesta, s'utilitzaria per copiar tots aquests tags que es volien utilitzar però eren locals en altres de nous que ara serien globals, posant solució al problema plantejat sense modificar l'aplicació anterior. Se li ha posat un R100 Per tal de no destorbar a cap programador d'aquella tasca.

En la figura 7.21 es pot trobar un exemple al mirar el "Scope". Posa MainProgram fent referència a la T1. Si fos global posaria Scorbot, el nom que té la controladora.

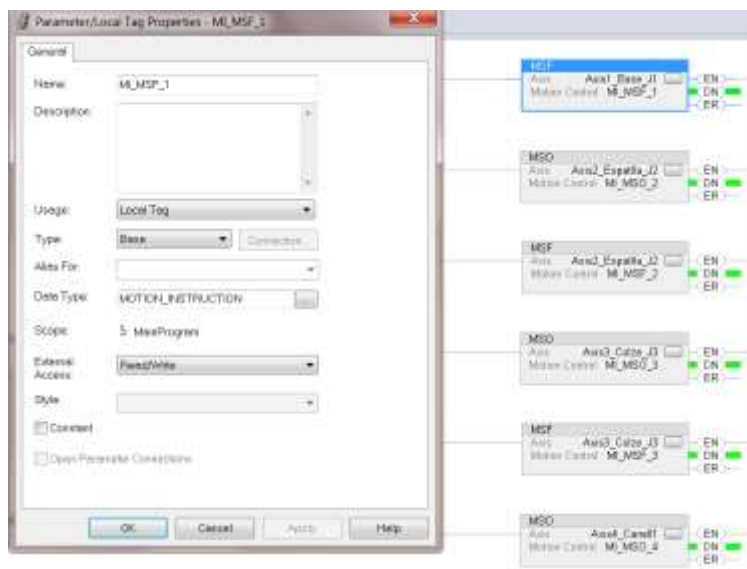


Fig. 7.21 Exemple Global o Local Tag.

Font: Elaboració pròpia

## 8. Disseny de la nova aplicació HMI.

En aquest apartat es dissenyarà la nova aplicació HMI de Scorbot Studio 2.0. En aquesta conviuran l'operativa anterior (Teaching) amb la nova (Safety + Pick&place), aquesta última programada des de zero. Hi haurà un botó que permetrà d'alguna manera seleccionar en quina d'aquestes dues funcionalitats es vol treballar, tot depenent de si es vol o no utilitzar la cinta i el sistema de seguretat. D'aquesta manera és com es millorarà l'operativitat del robot, donant-li més ús i més terreny en l'àmbit docent.

Primer es veurà l'estructuració que ja seguien i seguiran tenint les pantalles de l'aplicació anterior juntament amb les noves pantalles. Després es veurà la creació d'aquestes últimes i la fusió de les dues operatives.

### 8.1. Estructuració de les pantalles de l'aplicació.

Per dur a terme aquesta aplicació, s'ha aprofitat com a base el .mer de la primera versió de Scorbot Studio, igual que en aquesta s'havia fet de Kinematic Lab. En aquest nou fitxer, sempre que s'hagi pogut s'hauran millorat les pantalles de l'aplicació antiga i s'hauran creat les noves des de zero, però partint també del mateix disseny. Aquest disseny de la nova interfície gràfica continuarà seguint una plantilla còmode de navegar i molt intuïtiva. Aquest propòsit s'aconsegueix incloent a totes les pantalles la següent informació:

- ✓ **Data i hora:** A la part inferior dreta hi ha en tot moment l'hora i data reals, proporcionat pel sistema informàtic.
- ✓ **Logotip “Scorbot Studio 2.0”:** Per saber en tot moment quin software s'està utilitzant i la finalitat d'aquest. Al fer un clic es pot tornar sempre a la pantalla d'inici.
- ✓ **Logo Tecnocampus Mataró-Maresme:** Informa de la universitat en la qual s'ha implantat l'estació de treball, i per tant, la institució que ha finançat el projecte.
- ✓ **Botó de shutdown:** Clicant aquest botó, instal·lat en totes les pantalles, podem sortir de l'aplicació en qualsevol moment. Abans però dirigirà a l'usuari a la pantalla de prepagat on aquest haurà de deixar el robot en la posició de repòs.
- ✓ **Menú:** Ajuda a l'usuari tornar al menú principal des de qualsevol pantalla.
- ✓ **Enable Axis:** Amb forma de Switch serveix per habilitar o deshabilitar els eixos del robot, la cinta o tots ells dins de les pantalles de moviment o control.

- ✓ **Stop Axis:** Amb forma de botó, serveix per aturar els eixos del robot, el la cinta o tots ells dins de les pantalles de moviment o control.
- ✓ **Nom de la pantalla:** Es troba just a sota del logotip de Scorbot Studio, i informa de la pantalla de control en la que ens trobem.

## 8.2. Scorbot Studio 2.0: Cohesió de les operatives.

Ja s'ha comentat anteriorment que l'aplicació HMI de Scorbot Studio 2.0 serà una cohesió de la funcionalitat que tenia el robot en el projecte anterior amb el Teaching, amb la que se li ha donat ara amb la programació realitzada en l'apartat 7 d'aquest TFG.

La primera pantalla que es trobarà l'usuari en accedir a l'aplicació serà la pantalla d'inici, una portada que donarà la benvinguda a Scorbot Studio 2.0.



*Fig. 8.1. Pantalla principal de l'aplicació.*

*Font: Elaboració pròpia*

Tal com s'observa a la figura 8.1, hi ha simplement el títol que comparteixen l'aplicació i el projecte, una imatge vinculada, el logotip de les tres empreses o entitats relacionades i igual

que a totes les altres pantalles un botó de Shutdown a dalt a la dreta. Aquest botó hi serà sempre per si en qualsevol moment es vol sortir de l'aplicació. Per altra banda, si es volgués retornar a aquest punt des de qualsevol futura pantalla, només s'haurà de prémer el títol de l'aplicació o la capçalera d'aquestes. Per últim, fent clic al centre es donarà pas a la següent pantalla.

La següent pantalla que apareixerà serà la de la figura 8.2, la pantalla de selecció o menú. Serà aquí on es tindrà accés a les pantalles funcionals o pantalles de control a través dels quatre primers botons taronges que es trobaran al centre. L'últim i el més llarg, ens portarà a l'històric d'alarmes, una opció a l'hora de consultar quins errors s'han donat en el sistema anteriorment quan s'estigui fent ús de l'aplicació. Esmentar que segons en quina operativa es trobi l'usuari, cada pantalla darrera els quatre primers botons taronges podrà ser que sigui diferent o que algun d'aquests botons hagi desaparegut perquè l'operativa seleccionada no tingui aquesta funcionalitat.



Fig. 8.2. Pantalla de selecció. Font: Elaboració pròpia

Adicionalment, s'ha inclòs un botó de Home per portar al robot en la seva posició de repòs, i un altre per accedir als paràmetres de configuració. Clicant els dos botons s'anirà a dues pantalles diferents, però comunes en les dues operatives.

En clicar el botó de Home o donar-li al botó de Shutdown sortirà la pantalla de Home o pantalla de preapagat (depenent del moment es podrà anomenar diferent) en forma de banner tal com es veu a la figura 8.3. Com diu la frase inferior: “*Mou el robot a una posició de seguretat i després fes clic al Home*”. La posició de seguretat serà la mateixa de la fotografia, en Scorbot Studio és va remarcar molt.

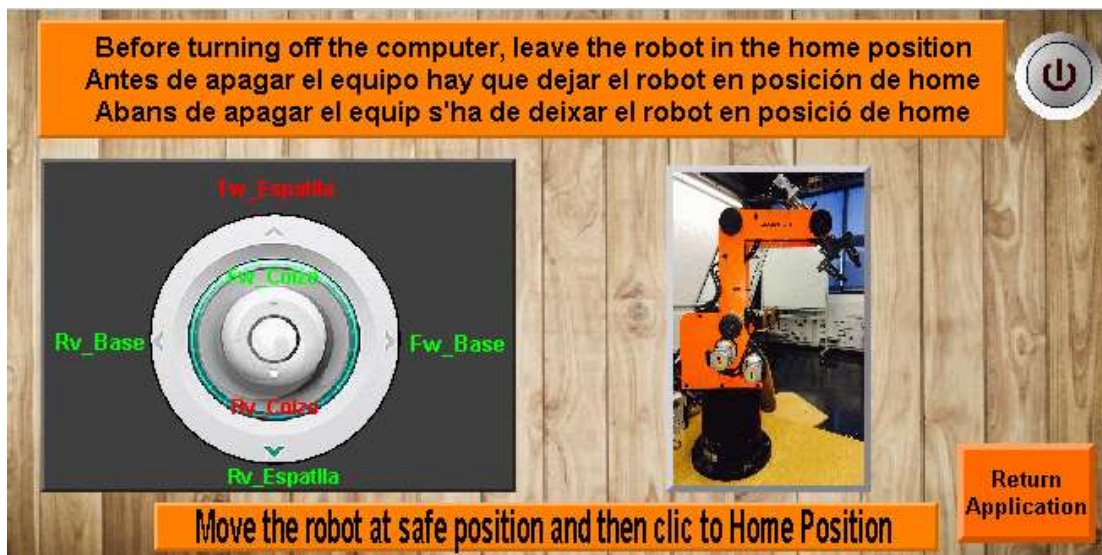


Fig. 8.3. Pantalla de preapagat / Home.

Font: Elaboració pròpia

En clicar el botó de configuració s'anirà a la pantalla de configuració tal com mostra la figura 8.4. Aquesta, serà la que permeti activar i desactivar la cinta mitjançant un botó selector, i per tant, canviar d'aplicació segons estigui activat o desactivat. Per accedir aquest botó multistate que es troba a la part esquerra de la pantalla, prèviament s'ha de fer un Login a la sessió de professor. L'usuari d'aquesta sessió segueix sent **Professor** i la contrasenya per accedir-hi és **Tecnocampus**.

Aquesta a part de seleccionar l'operativa, informará a l'usuari sobre quines versions dels softwares s'estan utilitzant amb l'aplicació i tornarà a tenir el mateix botó de Home.





Fig. 8.4. Pantalla de configuració.

Font: Elaboració pròpia

Seleccionant l'operativa sense la cinta serà necessària la documentació del Scorbot Studio [22], el projecte anterior, ja que les pantalles i funcionalitats pràcticament seran les mateixes.



Fig. 8.5. Pantalles Scorbot Studio.

Font: Elaboració pròpia & Eudald Boixaderas

A l'activar l'operativa amb el sistema de mercaderies i el sistema de seguretat com ja s'ha dit abans apareixeran les noves pantalles creades. Es veuran i detallaran en el següent apartat.

### 8.3. Scorbot Studio 2.0: Creació de les noves pantalles.

Seguin amb l'explicació, en activar la nova operativa que inclou aquest projecte doncs, en la pantalla de configuració apareixeran en la pantalla de selecció 3 dels 4 botons funcionals; Control Panel, Manual Move Mode i Pick & Place APP. Amb la primera drecera, s'anirà doncs a la pantalla Control Panel, la del panell de control tal com mostra la figura 8.6. Des d'aquesta pantalla es podrà fer un enable, un stop i un reset a tots els eixos del robot o bé a l'eix de la cinta. Els pilots de la part inferior seran informatius, els verds s'activaran quan els seus eixos respectius estiguin habilitats i els vermells quan aquests tinguin algun error o s'hagi fet una aturada d'emergència.

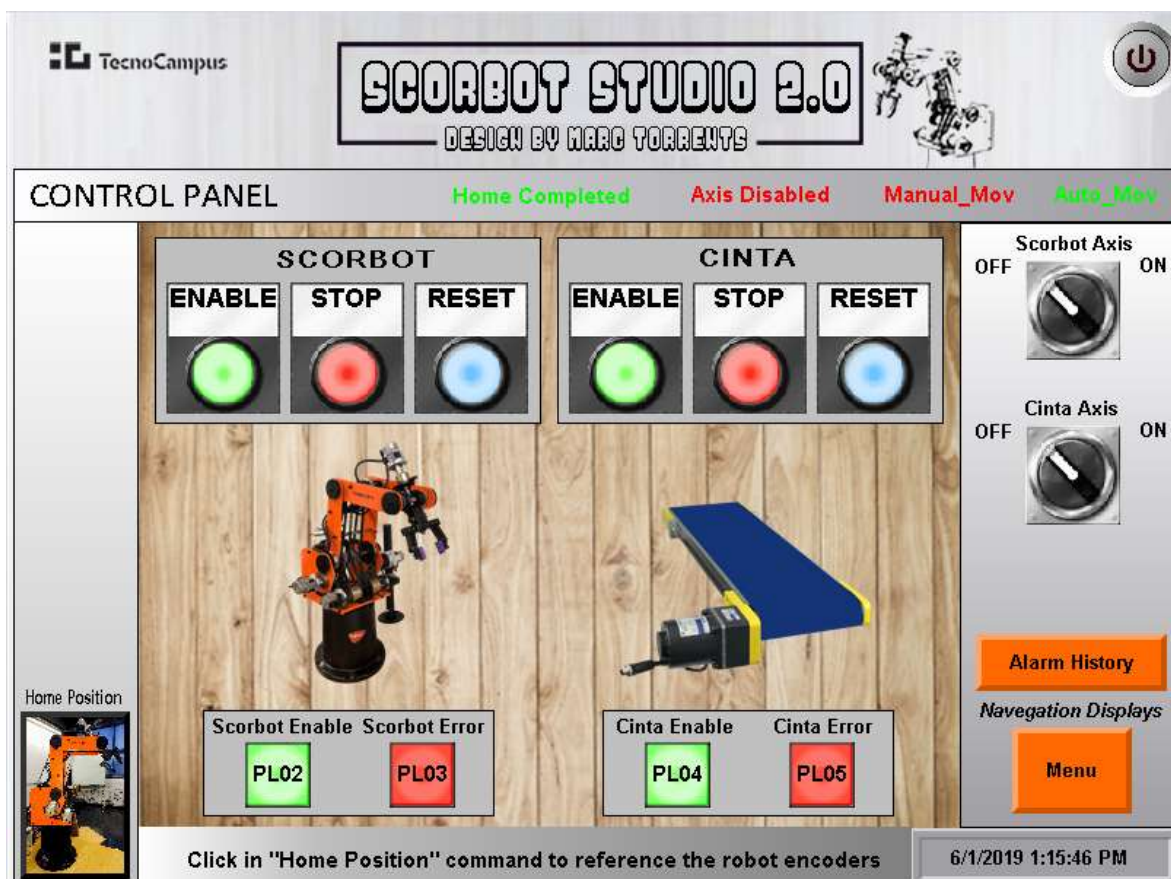


Fig. 8.6. Control Panel.

Font: Elaboració pròpia



La següent pantalla, seguint l'ordre dels botons de la pantalla de selecció, serà la pantalla mostrada en la figura 8.7 de moviment manual. Dins d'aquesta interfície, es podran realitzar moviments lineals en cada eix cartesià (X,Y,Z) mitjançant el joystick de l'esquerra i moviments per controlar els eixos angulars (J1,J2,J3) amb el joystick de la dreta. El primer però s'haurà d'habilitar fent un clic al centre. Igual que en l'última versió, es podrà manar la petició d'anar a un punt de l'espai en coordenades cartesianes i el robot hi anirà linealment. En la part esquerra superior s'hi troba la posició en temps real de cada eix cartesià, per tal que manualment es pugui reconèixer les posicions cartesianes a les quals es troba el robot. En cas desitjat, tornarà a haver-hi un polsador amb el qual es posiciona el robot en la seva posició de repòs o Home i s'afegirà el botó Pick&Place APP, una drecera a la respectiva pantalla.

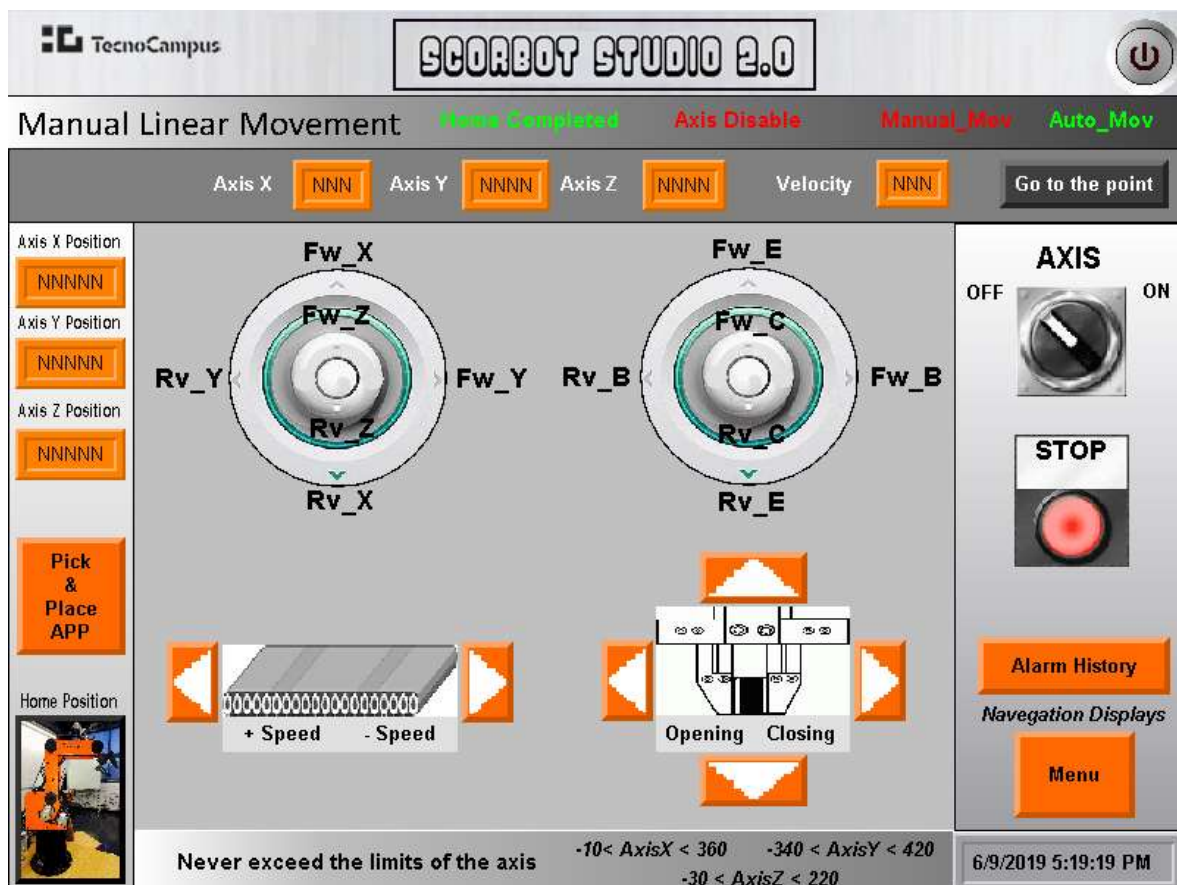


Fig. 8.7. Pantalla de moviment manual. Font: Elaboració pròpia

La tercera i última pantalla de control en aquesta operativa serà la de Pick & Place i gairebé el focus total d'aquest projecte. Al centre de la figura 8.8 s'hi podrà veure els dispositius que

interactuaran amb l'aplicació. Tots ells, ens informaran en tot moment de l'estat real de l'aplicació de la següent manera:

- ✓ **Robot:** Canviarà de color quan el Scorbot estigui en moviment. El color gris indicarà que no s'està movent i el taronja que si.
- ✓ **Cinta:** Amb una fletxa groga a cada costat, serà fàcil identificar la direcció de la cinta quan s'activi una d'elles. Si no apareix cap fletxa voldrà dir que la cinta es manté en repòs. Mai s'activaran les dues, seria contradictori.
- ✓ **Barreres:** Les barreres òptiques sempre tindran aquesta mena d'ones grogues al mig mentre ningun cos trenqui el senyal entre la transmissora i la receptora. Al detectar-lo per tant, desapareixeran de la pantalla.
- ✓ **Semàfor:** Les llums semàfor simularan el semàfor real.
- ✓ **Caixa:** Sobre la caixa hi haurà una matriu de llums 2x2. Aquí aniran les mercaderies, serà la zona de deixada. La verda indicarà espai disponible en aquella cel·la i la vermella, espai ocupat.

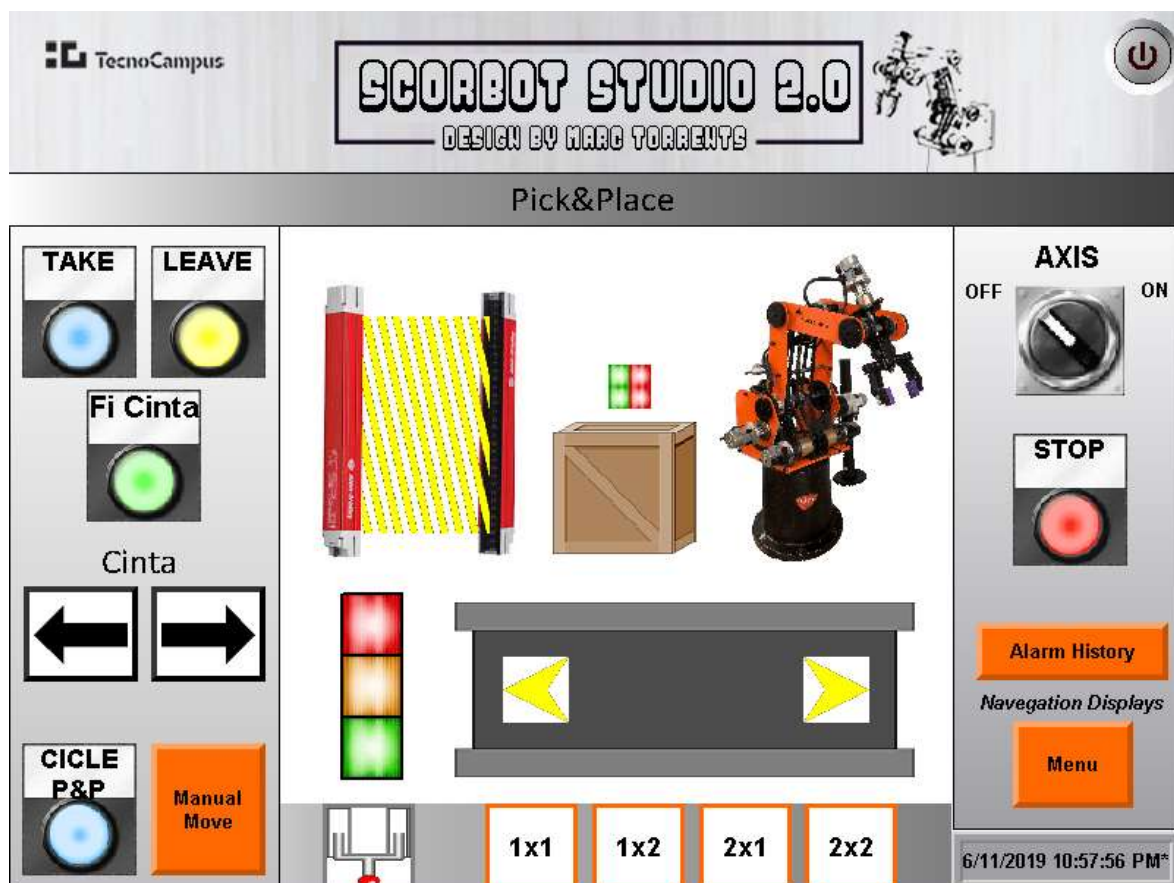


Fig. 8.8. Pick & Place.

Font: Elaboració pròpia

Acabant amb aquesta pantalla, hi haurà 12 botons per comandar les accions desitjades al sistema, només faltará saber que fa cadascun d'aquests i per això s'haurà d'explicar el recorregut de les mercaderies. La primera cosa a saber és que hi haurà dues modalitats i el selector en forma de palanca ens dirà a quina d'elles ens hi trobem. Si la punta vermella de la palanca mira cap a baix l'aplicació, estarà en mode cicle de deixada de manera automàtica i si mira cap d'alt, en mode de carga i descarga manual ordenant moviments semiautomàtics.

#### ➤ **Cicle de deixada (Automàtic)**

Per a la deixada automàtica, només es podrà interactuar amb un botó, els altres desapareixeran a excepció del selector. El botó disponible serà el cicle P&P. Com bé diu el seu nom, durà a terme tot un cicle de deixada de 4 mercaderies en forma de matriu 2x2. Si per algun motiu es torna a premer abans d'acabar l'acció es resetejarà el cicle.

#### ➤ **Carga i descarga manual (Semiautomàtic)**

L'usuari es pot imaginar que hi ha hagut un error en alguna de les mercaderies o interessa simplement moure les mercaderies d'una manera específica. Doncs ara en aquesta modalitat es podrà jugar amb els botons SC, el Take i el Leave, les fletxes i les posicions de la matriu (un exemple seria 2x1). Es detallarà continuació que fa cada botó:

- ✓ **Fi Cinta:** Es mourà el robot sobre la posició final de la cinta, allà on aquesta porta les mercaderies durant el cicle en el mode automàtic.
- ✓ **TAKE:** El scrobot baixarà, agafarà el paquet i tornarà a pujar en perpendicular amb el pla XY.
- ✓ **LEAVE:** Ara farà la inversa, baixarà, deixarà el paquet i tornarà a pujar en perpendicular amb el pla XY.
- ✓ **←:** La cinta es mourà cap a l'esquerra portant la mercaderia de la seva posició d'inici a fi, fent el mateix moviment que fa durant el cicle en mode automàtic.
- ✓ **→:** La cinta es mourà cap a la dreta portant la mercaderia de la seva posició de fi a inici, fent el moviment invers que fa durant el cicle en mode automàtic.
- ✓ **AxB:** El Scrobot anirà a la posició de la matriu seleccionada.

Deixant de banda aquests botons, es tindrà a l'abast una dreccera a la pantalla moviment manual per si interessa corregir algun moviment manualment.

Fent memòria de l'apartat 7.2.1, en alguna pantalla s'haurà de posar un botó perquè es pugui fer l'enable del motor. S'ha pensat que també hauria d'estar a la pantalla de configuració i que només aparegui quan es seleccioni l'operativa Safety Pick&Place. En la Figura 8.9 es pot veure aquest botó i a la vegada verificar com concorden els tags amb la figura 7.13.

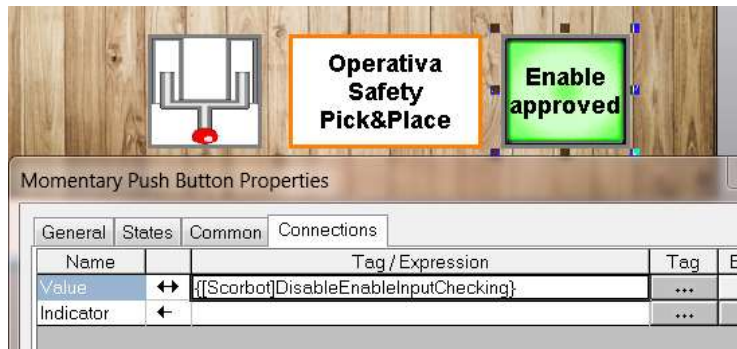


Fig. 8.9. Enable approved/Denied. Font: Elaboració pròpia

Per últim, en cas de produir-se algun error conegut i programat, en les dues operatives apareixerà aquest baner d'alarmes que es mostrarà a continuació, informant de la data i hora amb una breu descripció de la falla. Té el següent format:



Fig. 8.10. Pantalla de visualització d'alarmes. Font: Elaboració pròpia

## 9. Planificació.

En aquest punt es mostraran les tasques identificades i planificades que es van dur en el seu moment amb l'avantprojecte de cara al projecte final però ja revisades i corregides. Per tal que no sortís una planificació lineal s'han creat quatre recursos amb el Microsoft Project. Matí i tarda, cada un de Dilluns a Divendres i Dissabte i Diumenge, els dos dies festius de la setmana per separat. Remarcar per tant, que el mateix alumne és a la vegada tots els recursos i això fa difícil establir una planificació exacte de les activitats i no tot serà tant perfecte com es mostra a continuació tot i que s'intentarà seguir de la manera més meticulosa possible.

Codi	Nom de la tasca	Duració	Inici	Final	Predecessores
A	Revisió de l'avantprojecte	20 h	14/02/19	19/02/19	-
B	Estudi del Scrobot Studio	30 h	19/02/19	4/03/19	A
C	Compres	10 h	4/03/19	7/03/19	A
D	Connexió servodrive i servomotor	30 h	7/03/19	21/03/19	C
E	Disseny de la cinta	20 h	9/03/19	17/03/19	C
F	Fabricació, construcció i implementació de la cinta	20 h	21/03/19	29/03/19	D, E
G	Implementació del sistema de seguretat	30 h	1/04/19	12/04/19	C, F
H	Programació de l'aplicació de l'autòmat	60 h	13/04/19	2/05/19	F, G

I	Disseny, fabricació i construcció de les mercaderies	10 h	27/04/19	28/04/19	C, F
J	Posada en marxa prèvia	20 h	2/05/19	10/05/19	H, I
K	Programació de l'aplicació de la pantalla	40 h	11/05/19	25/05/19	J
L	Posada en marxa final	10 h	27/05/19	30/05/19	K
M	Escrit de la memòria	100 h	5/03/19	28/05/19	A
N	Revisió de la documentació	20 h	28/05/19	11/06/19	M

*Taula 9.1. Tasques del projecte de detall. Font: Elaboració pròpia*

Per tal d'explicar el procés que es durà a terme en cadascuna de les tasques que apareixen a la taula 7.1 es definiran breument totes elles:

- **Revisió de l'avantprojecte.**

Es tindrà l'Avantprojecte en tot moment a l'abast per tal de consultes durant tota l'elaboració del projecte.

- **Estudi del Scorbot Studio.**

Un estudi general i específic que permeti conèixer tot el programa.

- **Compres:**

- Cinta
- Bobines de plàstic
- Motor TLY-A130P-BJ62AA.
- Fustes
- Connector 2090-K2CK-D15M.

- **Connexió servodrive i servomotor.**

Buscar informació sobre el correcte connexionat entre la Kinetix i el TLY i portar-ho a terme.
- **Disseny de la cinta.**

Disseny d'un sistema funcional junt amb les peces de transmissió del moviment i del suport de la cinta si és necessari.
- **Construcció i implementació de la cinta.**

Fabricar i muntar el sistema funcional anterior i implementar-lo a l'estació de treball.
- **Implementació del sistema de seguretat:**
  - Implementació de les barreres
  - Implementació del semàfor
- **Programació de l'aplicació de l'autòmat.**

Modificació del Scorbot Studio afegint noves rutines amb les seves tasques corresponents, introducció d'eixos complementaris, noves entrades i sortides i configuracions adients per al control de moviment i la comunicació amb el sistema de seguretat obtenint Scorbot Studio 2.0 amb el software Studio 5000. Sumar el reajustament del programa anterior.
- **Disseny, fabricació i construcció de les mercaderies.**

En aquesta tasca es preveu dissenyar els cossos que mourà el robot simulant les mercaderies dels casos reals i el seu muntatge.
- **Posada en marxa prèvia.**

Serà una prova física de tot el procés, des de la introducció de les dades de la sentència a seguir fins a les comprovacions dels paràmetres de seguretat. Es mirarà que realitzi l'aplicació desitjada en tot moment forçant les comandes a través del Studio 5000 (ctrl + T). En cas de fer algun ajust aquest serà el moment.
- **Programació de l'aplicació de la pantalla.**

Modificació del software de la pantalla Scorbot Studio incorporant al programa dues noves aplicacions, la d'un company i la nostra (programada per l'autor d'aquest projecte) obtenint Scorbot Studio 2.0 i disposar de la simultaneïtat d'aplicacions. En

aquesta tasca s'haurà de mapejar tots els tags al programa del Studio 5000 per a poder funcionar com a interfície i dur a terme la correcta comunicació.

- **Posada en marxa final.**

Es realitzarà la mateixa feina que a la posada en marxa prèvia però es cridarà tot el procés a través de la pantalla per a veure si funciona tot perfectament o apareix algun error. Serà també el moment de corregir aquests.

- **Escrit de la memòria.**

La memòria s'anirà elaborant durant tot el projecte, destinant un bon nombre d'hores a fer l'escrit amb els seus consegüents paràgraf i explicacions per tal d'aportar un document tècnic que doni una explicació detallada de tota la feina que s'ha dut a terme durant el Projecte Scorbot Studio 2.0.

- **Revisió de la documentació.**

Revisió de tota la documentació del projecte. Revisar el format d'entrega, estil d'escriptura i altres punts que apareixen a les rúbriques d'avaluació.



El diagrama de Gantt es mostrarà a continuació:

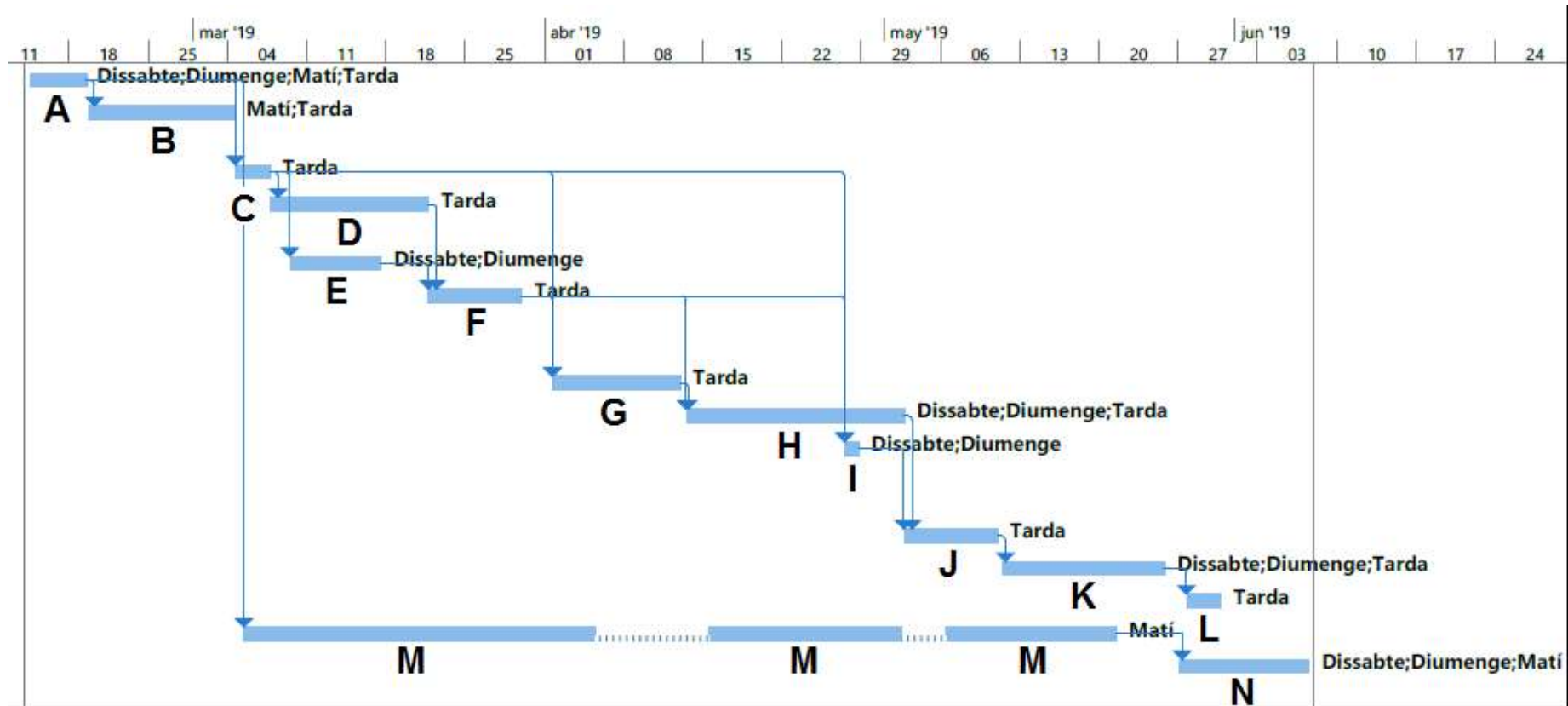


Fig. 9.1. Diagrama de Gantt. Font: Elaboració pròpia



## **10. Impacte mediambiental.**

Primer de tot dir que aquest és un projecte en el qual es farà una aplicació programada amb un software i es posarà en marxa en terminals ja construïts i manufacturats per empreses especialitzades i en aquestes ja s'ha fet prèviament un estudi sobre aquest tema. L'única part que pot generar residus directament és la fabricació de la cinta transportadora, al necessitar una cinta de goma i una bobina de plàstic que es manipularà per una impressora 3D i l'energia consumida en forma d'electricitat durant tot el projecte.

Afegir des del punt de vista conservador que s'ha intentat reutilitzar tots els materials possibles abans de la compra de nous, deixant el material vell en desús i per tant obsolet. El que s'ha necessitat però sí que s'ha obtingut, però com és un projecte amb una finalitat didàctica en un futur, s'espera l'amortització de tots els equips, tant si es decideix finalment comprar material nou com si no.

L'impacte ambiental d'aquest projecte com es veu serà bastant reduït, ja que es tracta d'un projecte de recerca i programació, més que orientat a la producció o a gran escala.



## **11. Tancament del projecte.**

Per acabar aquest TFG aquest serà l'últim apartat en el qual s'inclouran dos conclusions diferents, la primera a nivell personal i l'altre a nivell tècnic i després les futures línies de treball.

### **11.1. Conclusions personals**

En l'àmbit personal estic molt agraït a l'haver tingut l'oportunitat de cursar aquests estudis, ja que molta gent sense sortir dels països desenvolupats per molt que costi de creure no la té. Vaig començar unes pràctiques a Rockwell Automation amb molta il·lusió i aquestes m'han portat a dur a terme aquest projecte. Ha estat una feina triada exclusivament per mi i per tant l'he fet amb molta motivació i el millor que he sabut. Crec que aquestes dues coses són la clau per a qualsevol estudiant i moltes vegades no es focalitzen. Amb termes generals de tota la carrera, sento malauradament que molts cops no he tingut les mateixes ganes i per tant no he après de la mateixa manera. Es porten molts anys ensenyant de la mateixa manera i el món canvia més de pressa cada dia i amb ell tots nosaltres. Sobretot vull remarcar també que abans de començar tenia una visió molt més allunyada de la dificultat del projecte perquè no tenia els coneixements. Això, m'ha portat a investigar moltes parts i a canviar moltes coses com es pot veure durant la memòria, encarant cada cop més el projecte cap a l'aplicació desitjada. Mentre anava aprenent cada cop més i arribant a la solució final veia les coses més clares, algunes d'aquestes portant-me un altre cop a fer nous canvis. M'he enfrontat doncs a aquest projecte amb tots els seus problemes i complicacions, anant contrarellotge i vivint el dia a dia de molts enginyers. Els problemes a l'oficina s'han fet petits, sobretot durant l'última entrega però ha valgut la pena.

### **11.2. Conclusions tècniques i futures línies de treball**

#### **11.2.1. Conclusions tècniques.**

En l'àmbit tècnic es pot dir que aquest robot ja estava programat per realitzar moviments lineals en els eixos cartesianes, a la vegada que es triava una velocitat de treball i el tipus de moviment a descriure (lineal o circular). L'equip estava dotat d'una rutina de diagnòstic del hardware, la qual realitzava un control exhaustiu de l'estat de l'equip i actuava en funció

d'aquest i ja s'havia afegit una seguretat mecànica amb el Home permeten una protecció al robot davant d'usuaris inexperts.

Gràcies a aquest nou projecte, en el qual s'ha realitzat amb èxit la implantació de diferents dispositius, s'ha donat pas a diferents funcions amb la nova versió/aplicació de Scorbot Studio 2.0. La seva primera versió realitzada ha servit de punt de partida on s'ha hagut d'estudiar i entendre tot el programa. Aquesta feina ha permès una millora d'aquest equip de la universitat, sent impossible començant de zero un altre cop per falta de temps.

En aquesta aplicació, ara més completa, ara es podrà interactuar amb barreres de seguretat, estudiar les connexions d'aquestes amb el relé de seguretat i veure com s'activen i desactiven els contactors. S'han afegit les senyals visuals que podran ensenyar més fàcilment com es comporta l'equip i encaixar així d'una millor manera en l'àmbit educacional. A part, ara el robot estarà dotat d'uns elements que hauran ajudat a complir amb les normatives de seguretat.

Destacar la dificultat d'aquest projecte quant a coneixements i competències dels diferents camps. Es partia d'uns coneixements teòrics assolits al llarg de la carrera estudiantil però amb poca experiència en projectes pràctics i l'execució d'aquests. Com a conclusió final, indicar que quan no es disposa del suficient coneixement pràctic d'un determinat camp tecnològic, s'han de pronosticar objectius amb caràcter prudent.

Per últim, deixar constància que és molt important conèixer els límits de treball del robot i oferir una dinàmica de moviment còmode i lliure de tensions.

### **11.2.2. Futures línies de treball.**

En finalitzar un projecte o treball sempre apareixen noves idees i millores per tal d'incrementar la qualitat del sistema. Es finalitzarà la memòria i el TFG fent des de Scorbot Studio 2.0, les suggerències següents:

- ✓ La més rellevant de les futures implementacions serà que s'estructuri el laboratori de forma que el Scorbot pugui interactuar amb els altres robots. Seria perfecte una interacció dels tres robots que disposa el TCM. A robòtica s'haurà après com fer anar al ABB, aquest projecte facilita la feina amb el Scorbot, només faltaria aprendre amb el Fanuc.

- ✓ Canviar el magnetotèrmic actual de l'armari per a un més funcional. Aquest no està dissenyat per fer-se servir amb tanta freqüència. Es pronostica que acabarà danyant al sistema elèctric i es proposa un botó més funcional i extern a l'armari per tal que els usuaris no hagin d'accedir on es troba tot el cablejat de l'equip.
- ✓ Implementar un controlador de seguretat i un GuardLogix millorant la seva funcionalitat.
- ✓ Millorar la cinta transportadora en algun projecte d'enginyeria mecànica o enginyeria mecatrònica i trobar la manera de fixar-la, ja que si es mou s'haurà de trobar els nous punts a seguir del robot.
- ✓ Dotar al robot de noves funcions implementant altres elements dins l'estació de treball igual que s'ha fet en aquest projecte o simplement implementar nous dispositius que millorin aquestes funcions que ja té. La millor suggerència seria una PCAM per a fer un tracking perfecte en aquesta aplicació.
- ✓ Millorar la recollida i deixada de les mercaderies d'aquesta aplicació utilitzant el gir de pinces del robot i gaudir així visualment d'un moviment més perfecte.





## 12. Referències.

- [1] <https://www.intelitek.com/sobre-nosotros/> (2018)
- [2] <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/133/Cap%C3%ADtulo2.PDF>  
(2016)
- [3] [https://www.rockwellautomation.com/es\\_ES/overview.page](https://www.rockwellautomation.com/es_ES/overview.page) (2018)
- [4] [www.tecnocampus.cat/ca/inici-eupmt](http://www.tecnocampus.cat/ca/inici-eupmt) (2016)
- [5] <http://www.theoldrobots.com/scorbot.html> (2010)
- [6] [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/knx-td001\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/knx-td001_-en-p.pdf)
- [7] [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2097-um002\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2097-um002_-en-p.pdf) Anglès  
  
[https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2097-um002\\_-es-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2097-um002_-es-p.pdf) Espanyol
- [8] [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td005\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td005_-en-p.pdf)
- [9] [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td008\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td008_-en-p.pdf)
- [10] [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td006\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td006_-en-p.pdf)
- [11] [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/knx-td003\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/knx-td003_-en-p.pdf)
- [12] Jordi Freixa Planas. *Programació d'una aplicació de Teaching a un robot de 6 eixos.* ESUPT (2019)

- [13] [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/4451-um001\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/4451-um001_-en-p.pdf)
- [14] [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/855-td001\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/855-td001_-en-p.pdf)
- [15] [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/2711p-td005\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/2711p-td005_-en-p.pdf)
- [16] <https://www.aenor.com/Buscador> (2018)
- [17] <https://charlasdeseguridad.com.ar/2012/05/riesgos-mas-comunes-en-cintas-transportadoras/>
- [18] [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/1756-pm005\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/1756-pm005_-en-p.pdf)
- [19] [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/889-td002\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/889-td002_-en-p.pdf)
- [20] [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/100-td013\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/100-td013_-en-p.pdf)
- [21] [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/855e-in002\\_-mu-e.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/855e-in002_-mu-e.pdf)
- [22] Eudald Boixaderas Manzaneda. *Programació d'un robot de cinc eixos. Control de moviment i estudi de dinàmiques. Scorbot Studio*. ESUPT (2016)

