



Escola Universitària
Politécnica de Mataró

Enginyeria Tècnica Industrial: Especialitat Electrònica Industrial

**AUTOMATITZACIÓ I CONTROL D'UN SISTEMA
MULTI EIXOS**

JUAN LUIS RÍSQUEZ RÍSQUEZ

ROBERT SAFONT SISA

PRIMAVERA 2009

RESUM

Aquest projecte intenta donar a conèixer la manera de portar a la pràctica en un entorn industrial real, un sistema de control de posició d'alta precisió, d'un grup de cilindres hidràulics amb realimentació per sensors LVDT (Transformador Derivatiu Lineal Variable).

A la mateixa vegada, també es controlen quatre servo motors destinats a moure uns corrons ubicats en forma de calandra

vertical, dos dels quals són desplaçats verticalment pels cilindres hidràulics esmentats anteriorment.

Del control, comunicacions e interacció de tot el sistema amb la resta de la maquinària ja existent, s'encarrega un autòmat programable de darrera generació, mostrant les programacions més crítiques i passos donats amb tot detall.

RESUMEN

Este proyecto intentará dar a conocer la manera de llevar a la práctica en un entorno industrial real, un sistema de control de posición de alta precisión de un grupo de cilindros hidráulicos con realimentación para sensores LVDT (Transformador Derivados Lineal Variable). Al mismo tiempo, también se controlarán cuatro servo motores destinados a mover unos rodillos ubicados en forma de calandra

vertical, dos de los cuales serán desplazados verticalmente por los cilindros hidráulicos mencionados anteriormente.

Del control, comunicaciones e interacción de todo el sistema con el resto de la maquinaria ya existente, se encargará un autómata programable de última generación, mostrando las programaciones más críticas y pasos dados con todo detalle.

ABSTRACT

This project will attempt to raise awareness of how to implement in a real industrial environment, a high precision control position system of a hydraulic cylinders group with LVDT feedback sensors (Linear Variable Derivative Transformer). At the same time, It will control four servo motors, which task it is

to spin rollers located in vertical calender stack form, two of which are displaced vertically by the hydraulic cylinders above mentioned.

Control, communications and interaction across the system with the rest of the existing machinery, will a new generation of programmable logical controller, showing the most significant configurations and critical steps in detail.

ÍNDEX

1.- Introducció.....	1
2.- Objectiu.....	3
2.1.- Propòsit.....	3
2.2.- Finalitat.....	3
2.3.- Objecte.....	3
2.4.- Abast.....	3
3.- Antecedents.....	5
3.1.- Descripció del procés.....	5
3.2.- Limitacions del procés.....	11
4.- Justificació.....	15
5.- Descripció general del projecte.....	17
5.1.- Calandra.....	18
5.1.1.- Servo motors.....	20
5.1.2.- Mòduls de comandament o servo motors.....	22
5.1.3.- Mòdul interface de comunicació.....	23
5.1.4.- Software RSLogix 5000.....	24
5.1.5.- Auto tune mòdul SERCOS.....	32
5.2.- Control Hidràulic.....	37
5.2.1. Quadre de control.....	38
5.2.2. Autòmat programable.....	39
5.2.3. Llista de components que formen el PLC.....	39
5.2.4. Configuració mòdul HYD02.....	43
5.3.- SCADA de control del sistema.....	49
5.4.- Estructura completa del sistema.....	55
5.5.- Càlculs.....	58
6.- Conclusions.....	61
7.- Pressupost	63
8.- Bibliografia.....	65

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1. Extrusora.....	5
Figura 2. Entrada de resina.....	6
Figura 3. Filtre de plàstic.....	6
Figura 4. Capçal antic.....	7
Figura 5. Cinta plàstic ample 320 mm.....	8
Figura 6. Cilindres hidràulics.....	8
Figura 7. Corrons de conducció.....	9
Figura 8. Conjunt ganivetes de tall.....	9
Figura 9. Bobinadora.....	10
Figura 10. Paletitzat rotllos.....	10
Figura 11. Amplada capçal antic.....	11
Figura 12. Amplada capçal nou.....	12
Figura 13. Servo motor de calandra antic.....	13
Figura 14. Acoblament elàstic.....	18
Figura 15. Reductor.....	19

Figura 16. Servo motor Allen Bradley.....	20
Figura 17. Mòduls Kinetix 6000.....	22
Figura 18. Cable fibra òptica.....	23
Figura 19. Mòdul SERCOS.....	23
Figura 20. Configuració software RSLogix 5000 (1).....	25
Figura 21. Configuració software RSLogix 5000 (2).....	25
Figura 22. Configuració software RSLogix 5000 (3).....	26
Figura 23. Configuració software RSLogix 5000 (4).....	27
Figura 24. Configuració software RSLogix 5000 (5).....	28
Figura 25. Configuració software RSLogix 5000 (6).....	29
Figura 26. Configuració software RSLogix 5000 (7).....	30
Figura 27. Configuració software RSLogix 5000 (8).....	31
Figura 28. Configuració software RSLogix 5000 (9).....	31
Figura 29. Configuració mòdul SERCOS (1).....	32
Figura 30. Configuració mòdul SERCOS (2).....	33
Figura 31. Visualització d'un gràfic Trend (1).....	34

Figura 32. Visualització d'un gràfic Trend (2).....	35
Figura 33. Visualització d'un gràfic Trend (3).....	35
Figura 34. Llaç de control de motors de calandra.....	36
Figura 35. Quadre de control antic.....	37
Figura 36. Quadre de control nou.....	38
Figura 37. Llaç de control hidràulic complet.....	42
Figura 38. Representació esquema blocs llaç de control hidràulic.....	42
Figura 39. Imatge LVDT Temposonics®.....	43
Figura 40. Bobinats interns sensor LVDT.....	44
Figura 41. Configuració mòdul HYD02 (1).....	45
Figura 42. Configuració mòdul HYD02 (2).....	46
Figura 43. Configuració mòdul HYD02 (3).....	47
Figura 44. Configuració mòdul HYD02 (4).....	48
Figura 45. Configuració mòdul HYD02 (5).....	49
Figura 46. Configuració mòdul HYD02 (6).....	50
Figura 47. Configuració mòdul HYD02 (7).....	51

Figura 48. Configuració mòdul HYD02 (8).....	52
Figura 49. Configuració mòdul HYD02 (9).....	53
Figura 50. Pantalla monitor SCADA.....	55
Figura 51. Sistema complet del projecte.....	57
Figura 52. Placa característiques servo motor.....	59

ÍNDEX DE TAULES

Taula 1. Característiques del servo motor.....	20
Taula 2. Pressupost del projecte.....	63

1.- INTRODUCCIÓ

El plantejament d'aquest projecte, sorgeix a partir de la necessitat real d'augmentar la capacitat productiva de les línies de producció en planta.

Els clients de qualsevol empresa, o producte, són cada vegada més exigents, volen material més divers, que sigui lliurat amb més rapidesa, més econòmic i sense baixar el nivell de qualitat actual. Això provoca una constant recerca i millora continua per garantir la confiança d'aquells clients que ja ho són i guanyar-ne de nous.

Les millores o fabricació de productes nous no sempre volen dir la compra de maquinària nova, es podria dir que, a la majoria dels casos el que es busca es poder satisfer la demanda amb els útils dels que es disposa, millorant-los o adaptant-los pel nou servei que hauran de donar. De modificar i/o millorar una línia de producció, és del que tracta aquest projecte. Concretament neix de l'exigència d'un dels principals clients de l'empresa, que després de la seva fidelitat en el temps, demana una reducció en el preu del producte que està comprant. Evidentment el cost de les matèries primeres i del personal de producció, continuarà sent el

mateix, per tant l'opció restant, passa per millorar la productivitat.

Actualment cada línia de producció és capaç de processar cinta plàstica amb un ample total de 320mm útils. Les opcions contemplades passen per augmentar la velocitat de processat, o bé, augmentar el doble l'ample útil del producte. La primera opció es descarta amb rapidesa. L'augment de la velocitat de processat passa per l'augment de velocitat de la maquinària de extrusió de plàstic. Això suposa arribar al límit del rendiment de la pròpia extrusora amb el conseqüent desgast prematur de tota la mecànica i electrònica, i amb l'agreujant que el plàstic passa d'un estat sòlid a un estat de massa fosa en un curt espai de temps, provocant la no uniformitat del material i degradació del mateix. L'altre opció és la d'augmentar l'ample útil. Aquesta opció resulta més atractiva ja que l'espai disponible a la màquina és el doble de l'ample que s'utilitza actualment. Per tant si s'aconsegueix aquest objectiu, s'està parlant d'augmentar la producció el doble sense necessitat d'augmentar velocitat d'extrusió. El resultat final de totes les propostes és aconseguir l'augment de l'ample útil de fabricació.

.

2.- OBJECTIU

▪ **2.1.- Propòsit::**

Es tracta d'aconseguir un disseny del control per autòmat programable, d'uns servo motors y d'un sistema de cilindres hidràulics, així com de la comunicació entre els diferents mòduls de hardware.

▪ **2.2.- Finalitat:**

Com gaire bé tot, la consecució del projecte té una finalitat clara, aquesta és la *d'augmentar la productivitat de la màquina*. Això vol dir, poder fabricar més producte, amb la mateixa qualitat i sense haver de fer més hores de feina de les necessàries per part del personal de producció. De passada, s'actualitzen els equips que té instal·lats actualment la màquina i s'evita la obsolescència.

Cal dir, que una vegada plantejat el projecte al cap del departament d'enginyeria de Velcro Europe, s'aprofita la possibilitat de dur a terme el projecte real a l'empresa i a la vegada, es fa servir com a projecte fi de carrera.

▪ **2.3.- Objecte:**

Autòmat programable, comandament de quatre servo motors pel moviment rotatiu i sistema hidràulic amb sensors de posició pel desplaçament vertical de quatre corrons. Tota la documentació necessària per dur a terme la seva consecució.

▪ **2.4.- Abast:**

En principi aquest projecte s'aplica en una de les línies de producció a planta. Després de validar tant el sistema creat com el producte que s'ha de fabricar, s'aplicarà a la resta de màquines sent un total de cinc. Això vol dir augmentar la capacitat productiva un 93.75% més, encara que tot depèn en gran mesura de les demandes que arribin dels clients.

3.- ANTECEDENTS

Abans d'entrar de ple al desenvolupament del projecte, és necessari conèixer una mica el procés actual, elements que el formen, funció de cadascun d'ells, etc.

3.1.- Descripció del procés.

El procés en el qual està basat tot el conjunt de la maquinària, és el d'extrusió d'una lamina de plàstic que, potser de polipropilè, o poliamida com a tipus de plàstics comunament fets servir. El cor de la màquina és l'extrusora de plàstic fabricada per Cleveland Fairview Machine, prové dels Estats Units. Es pot veure a la següent imatge.

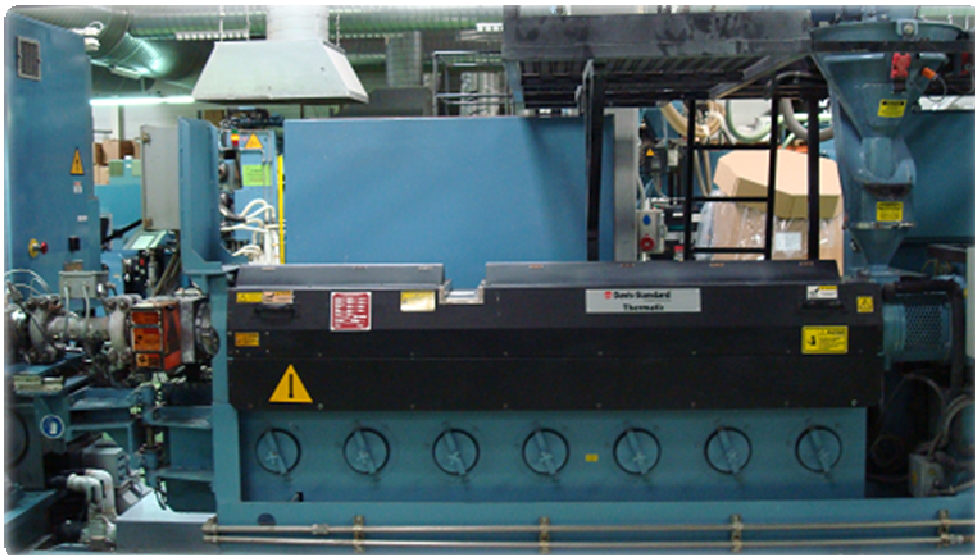
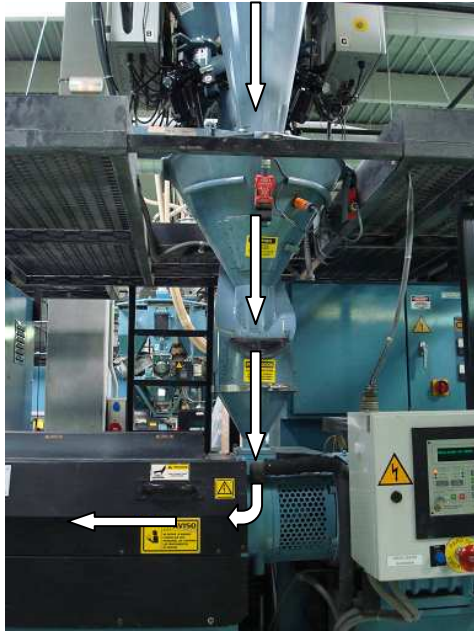


Fig. 1

Està formada per la **zona d'admissió de plàstic**, coneguda com a “gola” (throat en anglès). Aquesta part és l'encarregada de rebre el material plàstic dels carregadors on s'emmagatzema la mateixa. Prèviament aquest material ha estat dipositat als carregadors, mitjançant uns tubs d'aspiració per buit d'aire.



Abans de caure a la gola, ha estat barrejada amb un mecanisme batedor per homogeneïtzar les resines verges amb els colorants. Les fletxes indiquen el recorregut del plàstic encara verge, introduint-se a l'interior de l'extrusora. Una vegada la resina ha entrat a l'interior de l'extrusora, es veu sotmesa a una tracció longitudinal provocada per un cilindre en forma de cargol que arrossegarà el plàstic per l'interior de la camisa o barril d'extrusió.

Fig.2

Perquè el plàstic es vagi fonent a mesura que es veu transportat per l'interior del barril, n'hi ha set cambres o focus d'escalfor independents al llarg del seu recorregut. A més a més, la pròpia fricció del plàstic amb el cargol i contra el barril, provoca un augment considerable a tenir en compte, de la temperatura de fusió del plàstic que, en funció del tipus de resina verge emprada, s'ha de trobar el punt de fusió idoni per no degradar les propietats del plàstic.

Una vegada el material està fora del barril, encara no s'ha acabat d'adaptar a les especificacions, si no que encara s'ha de transformar i fer-ho passar d'un estat de massa fosa i difusa, a una forma totalment aplanada i homogènia.



A l'interior està ubicat el plat trencador amb les malles metàl·liques que fan de filtre.

D'això s'encarrega un grapat de malles de filtre i un plat trencador en primera instància, per treure la memòria giratòria que porta el plàstic al sortir del barril, ja que aquest ha estat arrossegat voltant.

Fig.3

Més tard, la massa fosa i amb la seva estructura molecular orientada longitudinalment, entra en un capçal amb forma de *cua de peix*, que converteix el macarró cilíndric de plàstic en una làmina d'un ample determinat (aquest ample serà el que més endavant es duplica com a finalitat d'aquest projecte).

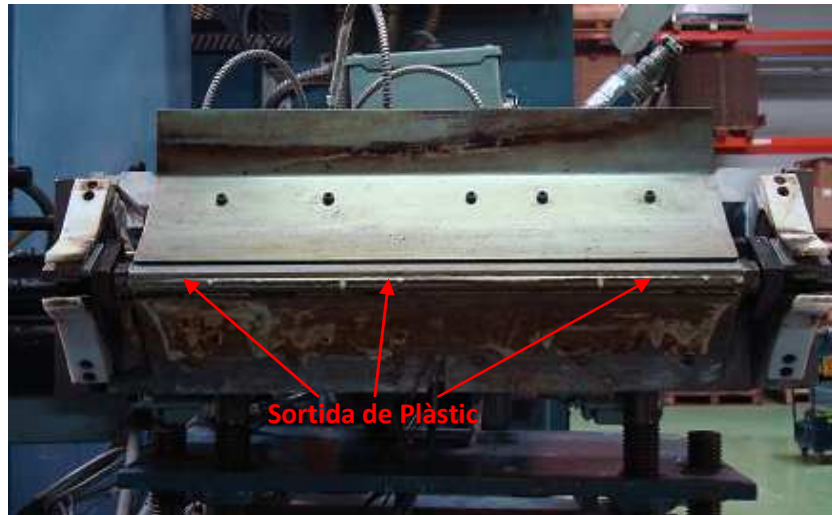


Fig.4

Ara el plàstic adopta forma plana, però encara necessita tenir un determinat ample i espessor. Aquí entra en joc la “*calandra*” (calender stack). La calandra està formada per quatre corròns, ubicats en posició horitzontal, un per sobre de l'altre. Els dos corròns inferiors són els encarregats d'extreure el plàstic del capçal, donar-li l'espessor i l'amplada necessàries. Els altres dos corròns s'encarreguen de mantenir aquesta forma plana mentre el plàstic encara està calent i donen la sortida del mateix fora de la calandra.

Internament aquests corròns estan semi buits, de manera que al seu interior hi circula un flux refrigerant en base aigua amb propilenglicol, impulsat per una bomba des d'un dipòsit d'aigua a temperatura normalment inferior a 0°C. Això es fa servir per mantenir la superfície dels corròns a temperatura ambient (20 a 25°C), la qual cosa permet refredar la làmina de plàstic ràpidament i evita que la temperatura del propi corró pugi desmesuradament.

Tots quatre corròns, giren a certa velocitat (velocitat marcada per la línia de producció), al moment de l'arrencada, la velocitat és de l'ordre d'uns 5 metres per minut i, mica en mica es va apujant fins arribar a la velocitat marcada per les especificacions d'aquell producte que, aproximadament és de 40 a 50 metres per minut i normalment imposada pel

departament d'enginyeria després de realitzades les proves pertinents per cada producte en concret.

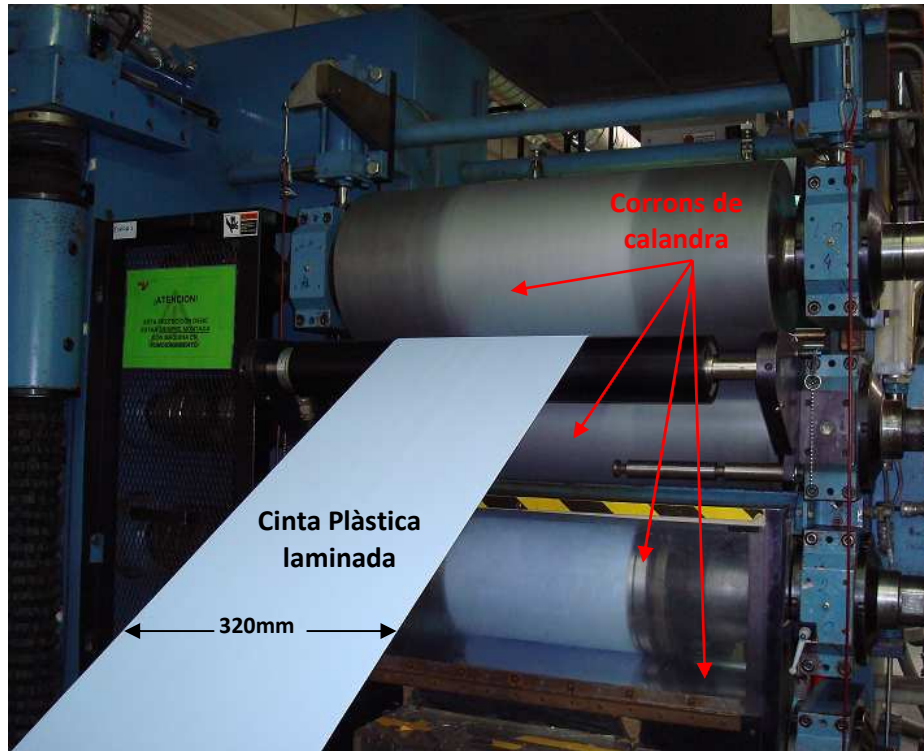


Fig.5

El corró inferior i superior, a banda del moviment rotacional, s'han de poder desplaçar verticalment amb la finalitat de donar amb una alta precisió, certa forma i espessor al material plàstic que s'està laminant.

Cilindre esquerre del corró superior



Cilindre esquerre del corró inferior

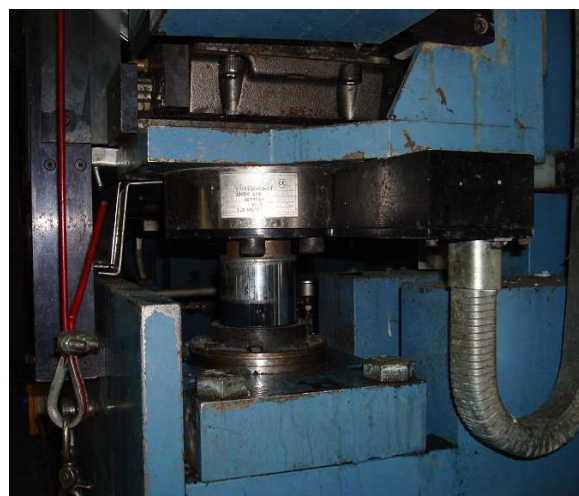


Fig.6

Quan el plàstic, totalment pla i amb l'ample desitjat, surt de la calandra, entra en un conjunt de corròns que condueixen la cinta de plàstic ja refredada o, amb una temperatura molt propera a la de l'ambient.

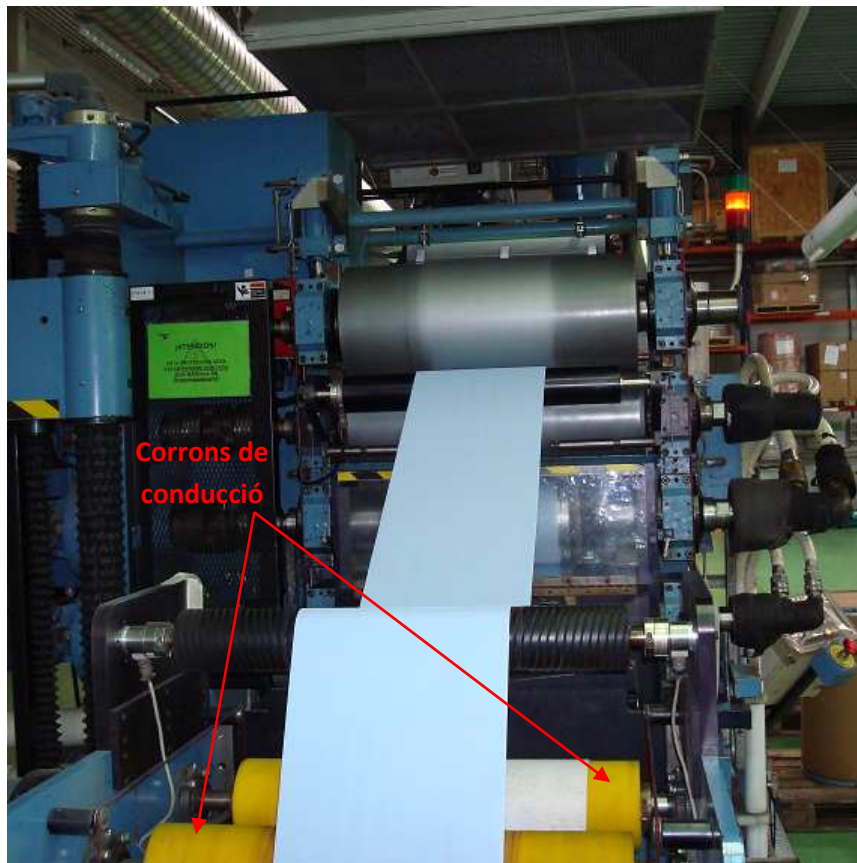


Fig.7

Si cal es dividirà en cintes més petites, per entregar el material en rotllos d'una amplada per cinta inferior que a vegades el client pot manipular amb facilitat al seu procés i ho demana com a part de les especificacions d'acabat.



Conjunt de ganivetes

Fig.8

Si no cal dividir la cinta, serà conduïda de forma sencera a uns 320 mm d'ample. A partir d'aquí s'enrotlla el material, ja acabat, amb una màquina bobinadora. És el punt i final del recorregut del plàstic. Una vegada el plàstic ha arribat aquí i ha estat enrotllat, es retirat del bobinador, es prenen mostres per mesurar l'acompliment de les especificacions marcades pel departament de qualitat i, finalment paletitzat i llest per entregar al client una vegada sigui obtingut el vist i plau del resultat de les mostres.

BOBINADORA O ENROTLLADOR



Fig.9

Paletitzat dels rotllos acabats



Fig.10

3.2.- Limitacions del procés.

- a) Tot i que la mecànica d'extrusió pot donar una quantitat de plàstic encara més gran del que ho està fent fins ara, el primer coll d'ampolla el tenim al capçal d'extrusió, concretament la seva amplada de sortida de plàstic, 406.4 mm (16 polzades).

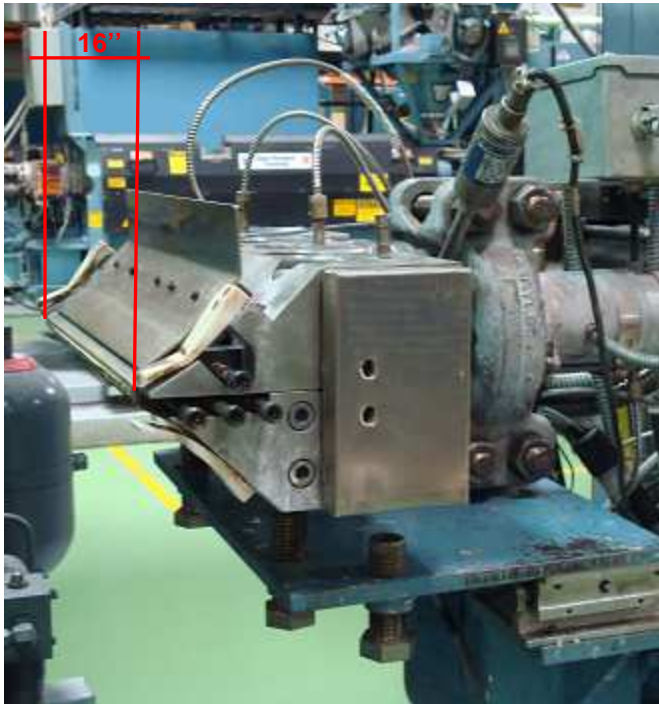


Fig.11

Per tant, la primera cosa que es fa si es vol obtenir una làmina de plàstic més ampla, conservant el mateix espessor actual, és demanar la construcció d'un capçal amb un ample superior.

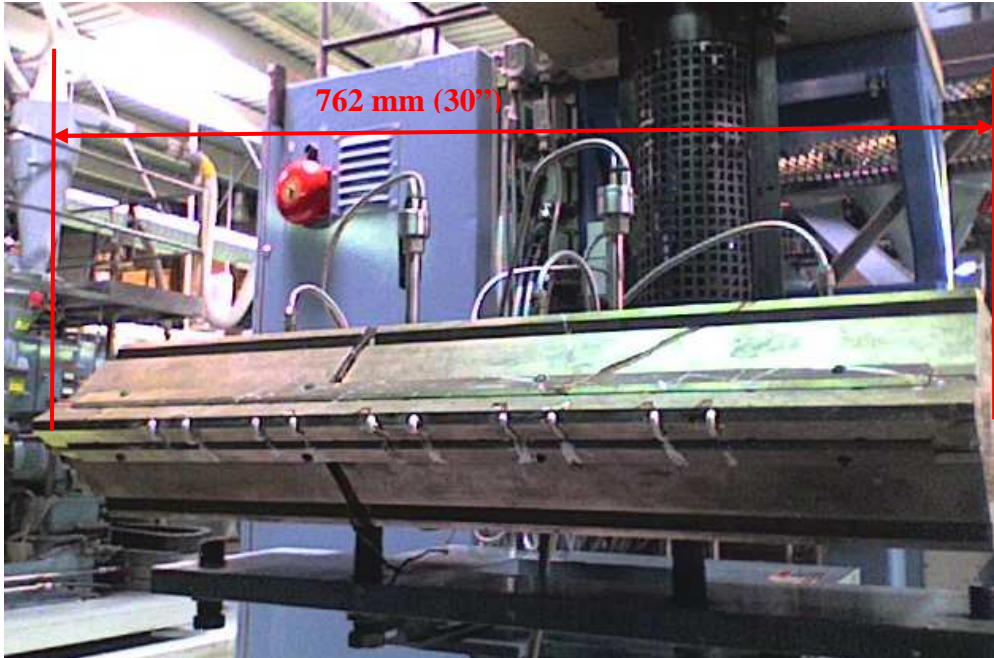


Fig.12

A la secció de càlculs (pag. 58) es pot veure el càlcul senzill que s'ha dut a terme per determinar quin capçal d'extrusió es necessita.

- b)** L'altre limitació està als corròs de calandra, en concret als seus motors d'arrossegament. Aquests estan lleugerament limitats, tant per la força que poden arribar a fer com per la velocitat que poden assolir.

Al obtenir una cinta plàstica més ampla, gairebé el doble, el tren de corròs es veu sotmès a un esforç major. Per tant, si es vol augmentar la capacitat del procés, s'haurà d'implementar un nou sistema de servo motors que puguin arrossegar aquest extra del que ara no es disposa.

Servo motor vell d'un corró acoblat al reductor



Fig.13

4.- JUSTIFICACIÓ

La prioritat a l'hora de fabricar qualsevol tipus de producte, és fer la major quantitat del mateix en el menor temps possible i sense que això suposi un augment desconsiderat del preu raonable que hauria de tenir.

Seguint aquesta definició, per un altre banda molt particular, el principal client de Velcro Europe S.A, ha expansionat les seves vendes en un altre mercat. Això implica que Velcro Europe S.A, ha de subministrar una quantitat superior de cinta plàstica de la que estava fabricant actualment.

Aquest augment de la demanda de material, tot i que és positiu, no justifica la compra d'una maquinària addicional. D'altre banda, no se li pot explicar en aquest important client que, no se li pot subministrar el material per falta de capacitat a les línies de producció.

Des de direcció i passant pel cap de producció, es consulta amb el departament d'enginyeria quines són les opcions més raonables per donar el servei demanat. Després de deliberar i plantejar algunes alternatives, la més raonable sembla la de poder fer que la línia de producció encarregada de fabricar el producte que necessita el client, pugui fer una cinta més ample, amb les mateixes característiques i a la mateixa velocitat de fabricació.

Si això es dur a terme, implicarà gairebé doblar la producció (93.75% més) en el mateix temps i sense cost extra de personal directe de producció.

A més del benefici anterior, i degut a que el client no demana el doble de la producció que demanava fins ara, es té un altre avantatge, es podrà aprofitar el temps que resta, gràcies a l'estalvi de temps que suposa fabricar més quantitat en menys temps, per produir d'altres dels productes per altres clients, en els quals també s'obtindrà un retall en el temps de fabricació, perquè de la mateixa manera, també s'augmenta la capacitat productiva fabricant més en menys temps.

Tot el temps disponible de màquina que no es fa servir pels productes que, expressament es fabriquen en aquesta màquina degut a l'estalvi de temps, servirà també per lliurar de feines a altres màquines que suporten una càrrega molt alta de producció. D'altre banda, si qualsevol altre màquina quedés avariada, es podria disposar d'un temps de reparació que no afectés a la producció sempre gràcies a aquest temps. Ara, per tant, resta que el personal de vendes trobi nous clients disposats a tornar a omplir el temps de màquina restant.

5. DESCRIPCIÓ GENERAL DEL PROJECTE

La zona de la màquina d'extrusió on es centra aquest projecte, s'anomena zona de laminació de plàstic, coneguda comunament pel personal de producció com a *Calandra*.

Està formada principalment per quatre corrns, a través dels quals el plàstic extruït és refredat, aplanat i conduït cap a un tren de premses d'estiratge del material.

A diferenciar dues parts clarament i, són l'objectiu d'aquest projecte*:

- **Corrons de laminació** (Calandra).
 - Quatre corrns metàl·lics refrigerats internament per fluid en base aigua.
 - Servo Motors.
 - Reductors.
 - Drives de comandament pels servo motors.
 - Mòdul de comunicació via fibra òptica

- **Control hidràulic**
 - Quadre de maniobra
 - Cilindres hidràulics.
 - Sensors de posició LVDT.
 - Controlador Lògic Programable (PLC).

***Nota:**

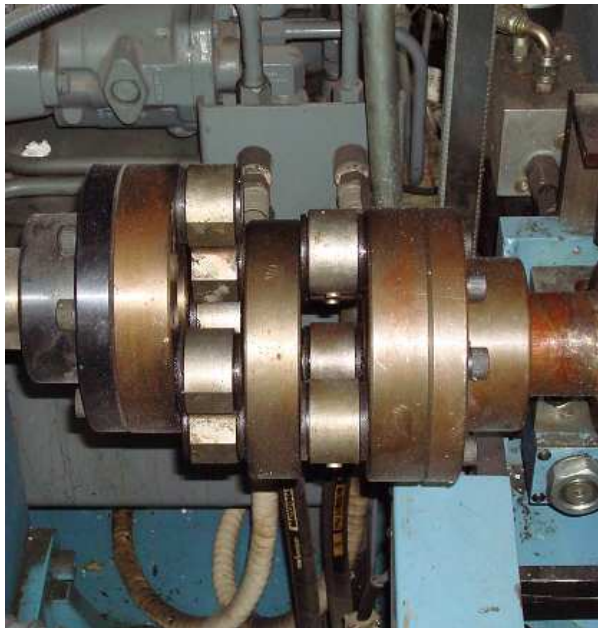
L'objectiu d'aquest projecte es centra única i exclusivament en el control electrònic de tota la maquinària que està implícita a la pròpia línia de producció.

Es comença la descripció pel sistema de tracció de corrons que formen la *Calandra*.

5.1.- CALANDRA.

Com ja ha estat comentat amb anterioritat, la calandra de la màquina, està formada principalment per quatre corrons cilíndrics disposats horitzontalment, Veure Figures 5 i 7 (pàgines 8, 9).

Acoblats a cadascun d'aquests corrons, primer es troben unes juntes homocinètiques pels corrons estàtics a la seva posició de moviment vertical i, també són excèntriques pels corrons inferior i superior, ja que aquests han de fer un desplaçament vertical provocat per uns pistons hidràulics i per tant, els seus acoblaments necessitaran obligatòriament disposar d'un marge de moviment a la seva vertical, que permeti la rotació dels mateixos. A la figura 14 es mostra el tipus d'acoblament.



Es pot apreciar com el conjunt de rodaments d'entrada i de sortida no queden al mateix pla horitzontal. Això permet poder moure el corró verticalment a més de fer-ho girar.

Fig.14

Immediatament després, tenim els reductors. Aquests multipliquen la força que reben a l'entrada del seu eix, i en funció del seu índex de reducció, s'obté una velocitat de sortida menor a la aplicada a l'entrada del mateix. És molt important tenir en compte aquest índex de reducció, ja que dintre del programa que s'ha dissenyat per controlar els eixos giratoris, s'ha de calcular la velocitat que ha d'aconseguir el motor per fer girar el corró corresponent acoblat al seu eix, a la velocitat que des de la consigna se li fa arribar com a ordre, tenint en compte el reductor que porta. S'ha de pensar que el que es vol aconseguir

és que el corró giri a una determinada velocitat en metres per minut, però en cap moment, l'operari de màquina, li dirà a quantes voltes ha de girar el motor, això es té en compte dintre del programa en execució per fer els càlculs corresponents i donar l'ordre de sortida correcte.



Fig.15

Com a darrer element instal·lat a la bancada de la calandra, hi són els servo motors, un per cada corró. Aquests motors estan acoblats als reductors esmentats anteriorment i evidentment són els encarregats de fer girar els eixos.

Com que els servo motors són un dels elements principals del projecte, es tracten amb més deteniment a continuació, intentant donar tot tipus de detall de com es comporten dintre d'aquest sistema.

Ara es centra l'atenció al control i tracció dels corròs de calandra, que d'altre banda és d'interès obligat en aquest projecte. Deixant de banda la part més mecànica de l'aplicació, les parts que formen el sistema de moviment giratori dels corròs són les següents:

- 5.1.1.- Servo motors.
- 5.1.2.- Mòduls de comandament o servo drives.
- 5.1.3.- Mòdul interface de comunicació.

5.1.1 - *SERVO MOTORS* -

El moviment giratori de cadascun dels corrons el fan uns servo motors. S'ha escollit aquest tipus de motor pel seu alt parell tant a altes com a baixes revolucions, la qual cosa donarà un bon resultat, donat que es necessita ambdues característiques, és a dir, un bon parell al moment de l'arrencada, la qual és a velocitat molt lenta i un nombre elevat de revolucions una vegada la màquina funciona a ple rendiment.

En un primer moment es considera la possibilitat d'instal·lar uns motors d'inducció convencionals d'alterna, i pel seu control i comandament, uns variadors de freqüència, però una vegada fets els primers càlculs de parell i velocitat necessaris es van descartar ràpidament per la seva manca de força motriu a baixes voltes, on el parell resistent del propi reductor acoblat al motor i sense càrrega, és suficient per fer que el motor no sigui capaç de desplaçar la seva càrrega de forma continua i sense estrebades.

D'altre banda, els variadors de freqüència, tampoc asseguraven el senyal adequat a baixes voltes.

Així el motor escollit es mostrat a la Figura 16. És de tipus servo controlat i les seves característiques estan representades a la taula 1.

MPL-B580J de Allen Bradley



Fig.16

<i>Alimentació</i>	<i>Velocitat</i>	<i>Potència</i>	<i>Parell</i>	<i>Consum</i>	<i>Inèrcia rotor</i>
3~460V	3800 rpm	7.9 KW	34 Nm	32A	0.00289 Kg ^{m²}

Taula 1

És un motor amb una inèrcia al rotor molt baixa, característica molt interessant perquè sobre tot al moment de l'aturada, no aplica una càrrega afegida a tota la massa que ja té acoblada al seu eix, facilitant l'aturada al punt desitjat.

És del tipus brushless o sense escombretes i en format molt compacte, la qual cosa facilita la feina d'instal·lació degut al poc espai físic que ocupen i redueix el seu manteniment.

Altres característiques són:

- Alta resolució a una sola volta o en rotació continuada.
- Per a la versió utilitzada al projecte, disposa d'un **resolver*** com a element de realimentació de posició i velocitat.
- Tecnologia de nucli segmentat, augmentant el seu rendiment en més d'un 40% respecte els servo motors convencionals.
- Millora en la ventilació interna que incrementa l'eficiència a l'escalfament tèrmic.
- Imants del tipus **neodymium*** que milloren l'acceleració.

Resolver *: tipus de transformador giratori que mesura els graus de rotació a l'eix del motor. La seva funció es similar a un encoder, encara que constructivament són molt diferents.

Neodymium: s'utilitza en els imants permanents del tipus Nd₂ Fe₁₄B, de gran intensitat de camp. Aquests imants són més barats i potents que els imants de samari cobalt, i són comuns en productes com auriculars, altaveus, discs durs d'ordinadors, sensors etc.

El control de la posició exacta de cada corró, que fa aturar la calandra en un punt determinat, no serà un paràmetre crític pel projecte, en canvi, el mantenir una velocitat determinada amb la precisió i estabilitat òptimes si serà un objectiu clau que ajudarà a no crear arrugues en el plàstic o possibles enganxades del material al voltant dels corròs (“*wrap up*” en anglès).

La connexió dels motors no té gaires complexitat, simplement disposa de dos connectors, amb disposició de pins i colors diferents l'un de l'altre per evitar errors. Un connector és la alimentació que rep del mòdul de comandament i l'altre la connexió dels senyals del

resolver. Les dues mànigues de cable es faran arribar fins els mòduls de comandament i es connectaran als seus respectius ports.

5.1.2 - MÒDULS DE COMANDAMENT PER SERVO MOTORS -

El nom de servo motor, en realitat no fa referència al motor en si mateix, si no al conjunt format en aquest cas pel motor i la seva font d'energia. Per poder tenir la referència de la velocitat del motor i altres paràmetres, el motor disposa al seu interior d'un captador de voltes del seu eix a una resolució molt elevada, fins a 2 milions de polsos per revolució. Aquest conjunt format pel motor, mòdul de comandament i resolver (o a d'altres casos encoder) és denominat SERVO.

El comandament o en anglès *Servo Drive*, emprat pel disseny, és el Kinetix 6000 d'Allen Bradley (figura 17).

Aquests drives es munten a sobre d'un bastidor format pel mòdul principal d'alimentació i tants mòduls com motors s'han de controlar fins un total de set mòduls. Cada mòdul tradueix les ordres de control que arriba del exterior en senyals elèctrics cap el motor, de la mateixa forma informarà de l'estat del motor en tot moment.



Fig.17

La informació viatja mitjançant cables de fibra òptica des dels mòduls cap a l'exterior i entre ells mateixos. Cap a l'exterior arriba fins al mòdul de comunicació que més endavant es pot veure.

Aquests mòduls o drives, estan pensats per funcionar amb els mòduls de control que més endavant es poden veure i reben ordres de l'autòmat. Per connectar els servo motors a uns drives de control sense autòmat pel mig, n'hi ha d'altres controladors més adients com per

exemple els ULTRA 3000 que, es programen directament amb el software corresponent i treballen amb senyals industrials del tipus 0-10V, 4-20mA o tren de polsos.

El cas d'aquest projecte, no fa servir cap dels anteriors senyals directament, si no que un mòdul anomenat SERCOS s'encarrega de transmetre les ordres o senyals de referència de l'autòmat programable fins els mòduls Kinetix via fibra òptica.

Val a dir, que aquests mòduls Kinetix estan dissenyats pel fabricant Allen Bradley específicament pels motors que s'han fet servir. Per tant la compatibilitat és del 100%, característica molt important a l'hora de fer el sincronisme entre mòdul i motor.

5.1.3 - MÒDUL DE COMUNICACIÓ -

Com ja s'ha comentat amb anterioritat, de la comunicació entre motors, drives i autòmat programable (en endavant PLC), s'encarregarà un mòdul anomenat pel seu fabricant SERCOS.

Aquest mòdul està integrat al bastidor del PLC, transforma les ordres donades i les envia cap als drives mitjançant cable de fibra òptica. Fa servir dos cables, un per enviar i un altre per rebre dades (Rx,Tx).



Fig.18 Cable de fibra òptica.



Fig.19 Mòdul Interface.

Aquest mòdul, bàsicament està format a nivell electrònic per un control PID, especialment calculat per sistemes de control de moviment formats pel tipus de servo motor emprat en el projecte.

Tot i que està especialment dissenyat per aquesta funció, el mòdul s'ha de configurar i afinar en el seu funcionament (empíricament) abans de fer-ho servir.

Més endavant es mostra quins passos s'han de seguir per poder fer-ho correctament.

El software que es fa servir és el mateix que s'utilitza per programar la lògica del PLC, concretament es el **RSLogix 5000**.

Abans de començar a explicar les diverses configuracions dels mòduls, potser serà bo una petita introducció al software de programació RSLogix5000.

5.1.4 - SOFTWARE RSLOGIX 5000 -

Aquest software està especialment dissenyat per a treballar amb la plataforma de controladors programables anomenada Logix5000.

Suporta llenguatges de programació d'alt nivell, com ara diagrama de relés (el més corrent per a tot tipus d'usuaris), diagrama de blocs funcionals, grafcet, e inclús es poden crear instruccions a mida només encapsulant una secció de lògica programable, dintre d'una instrucció per fer una tasca concreta cada vegada que es col·loqui dintre del programa, i les vegades que faci falta.

A més de la programació dels processadors lògics d'aquesta família, també inclou:

- Configuració d'eixos i suport de programació per a control de moviment. Fins ara els softwares d'aquest tipus, únicament s'encarregaven de la programació del autòmat.
- Execució en temps real de gràfics pel seguiment de moviment, acceleració, posició, etc.
- També es pot configurar tot el paquet de hardware compatible amb el xassís del PLC.

La interfície de programació una vegada s'ha iniciat el software és aquesta que mostra la figura 20.

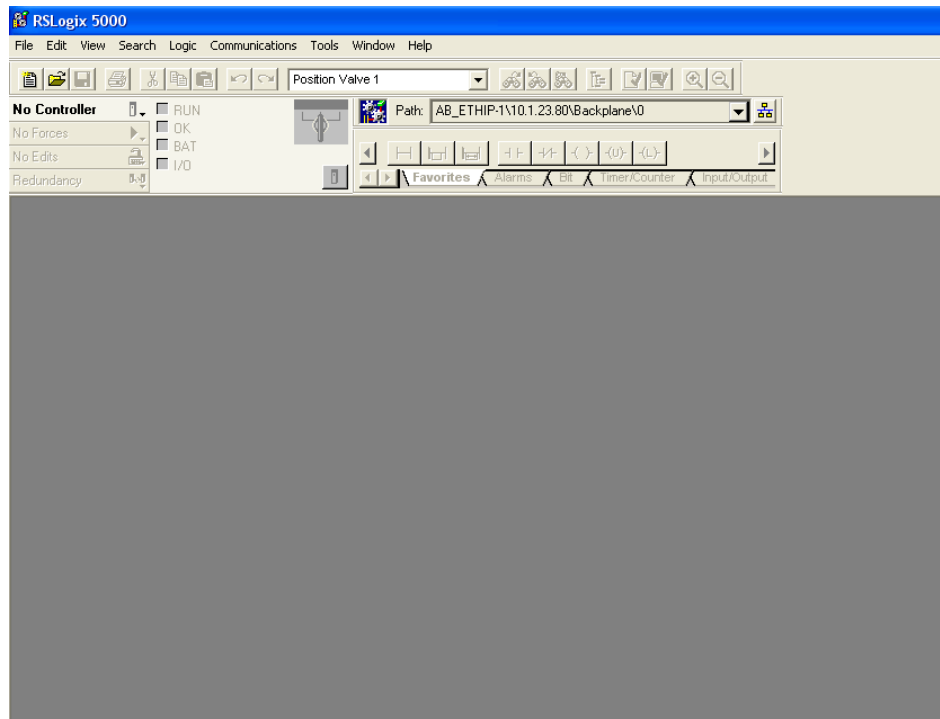


Fig.20

Per començar una nova aplicació, s'ha d'anar a **File** i es selecciona **New** com a la figura 21.

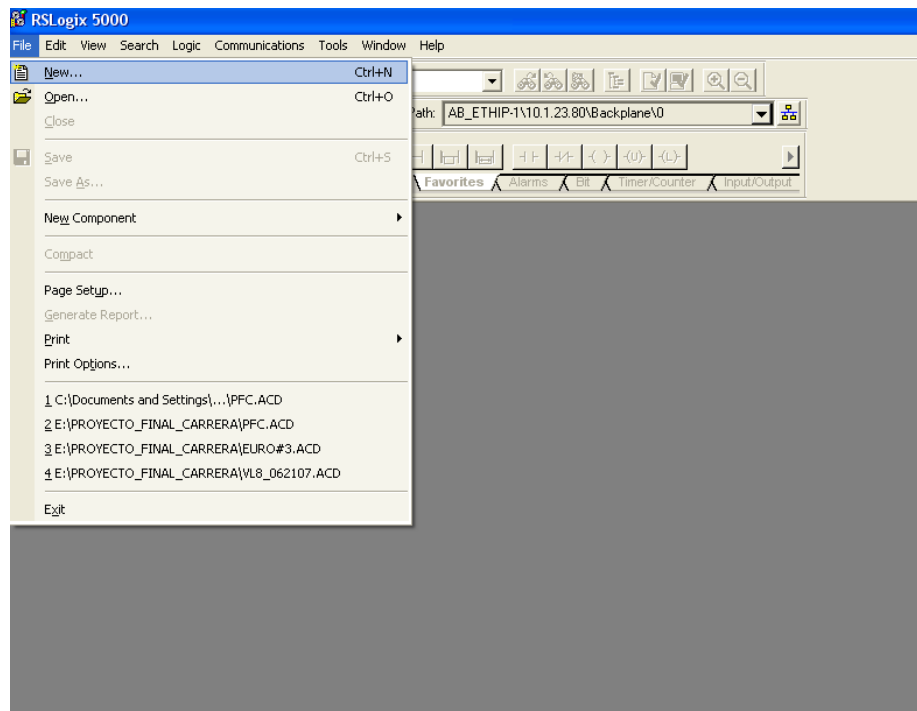


Fig.21

Apareix la següent pantalla:

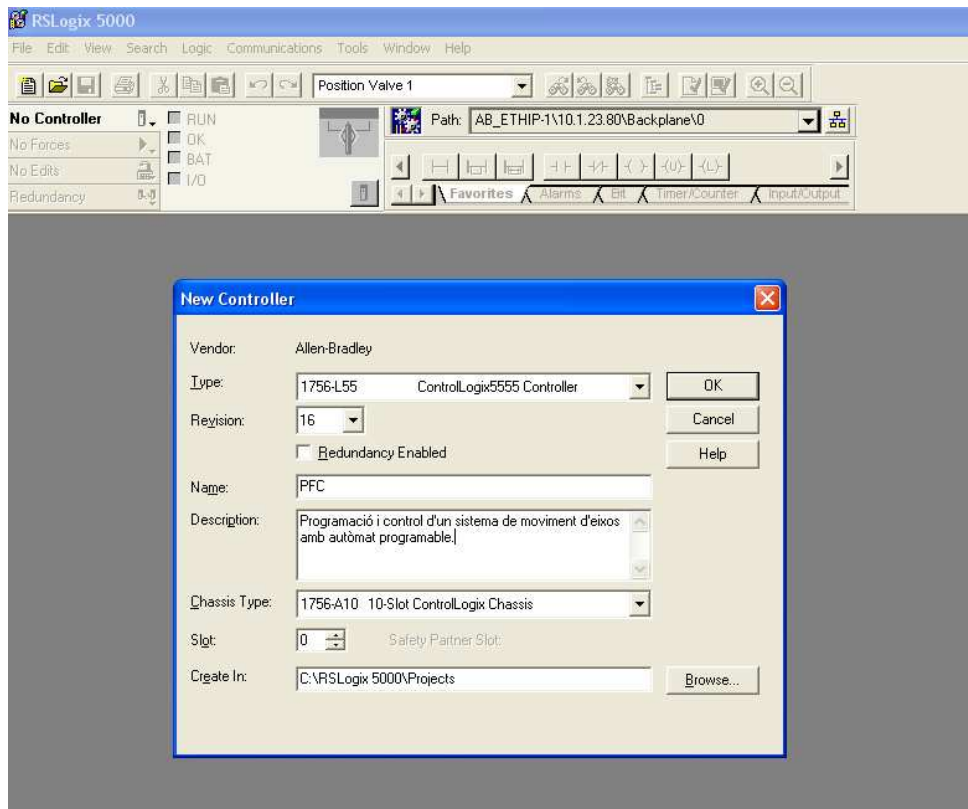


Fig.22

Type: Se li diu el tipus de processador que es fa servir. Al mòdul i manual d'usuari d'aquest mòdul està tota la informació necessària.

Revision: Cada processador té un tipus de revisió, es fa el mateix que al apartat anterior.

Redundancy Enabled: En aquest cas, es deixa sense assenyalar, perquè aquest projecte no disposa d'una doble CPU pel funcionament en paral·lel. Això es fa servir quan les aplicacions són molt crítiques i en cas de fallada a la primera CPU, està disponible una segona que automàticament entrarà en servei.

Name: Es posa el nom que es vol donar al projecte. PFC és el nom escollit.

Description: Una breu descripció del que fa el programa facilita a priori comprendre de que anirà el mateix.

Chassis Type: És el tipus de bastidor emprat per instal·lar tots el mòduls que es fan servir dintre del projecte (Entrades, sortides, comunicacions, etc.)

Slot: Allà on anirà instal·lat el mòdul de la CPU, per defecte sempre és el slot 0. Aquest tipus d'autòmat pot tenir al mateix xassís més d'una CPU, fent tasques secundàries.

Create in: El projecte creat anirà a la carpeta que es tria aquí. Per defecte sempre va a la carpeta *projects* del directori del software de programació.

Una vegada s'han omplert aquestes caselles, es pot veure l'arbre de projecte encara per emplenar.

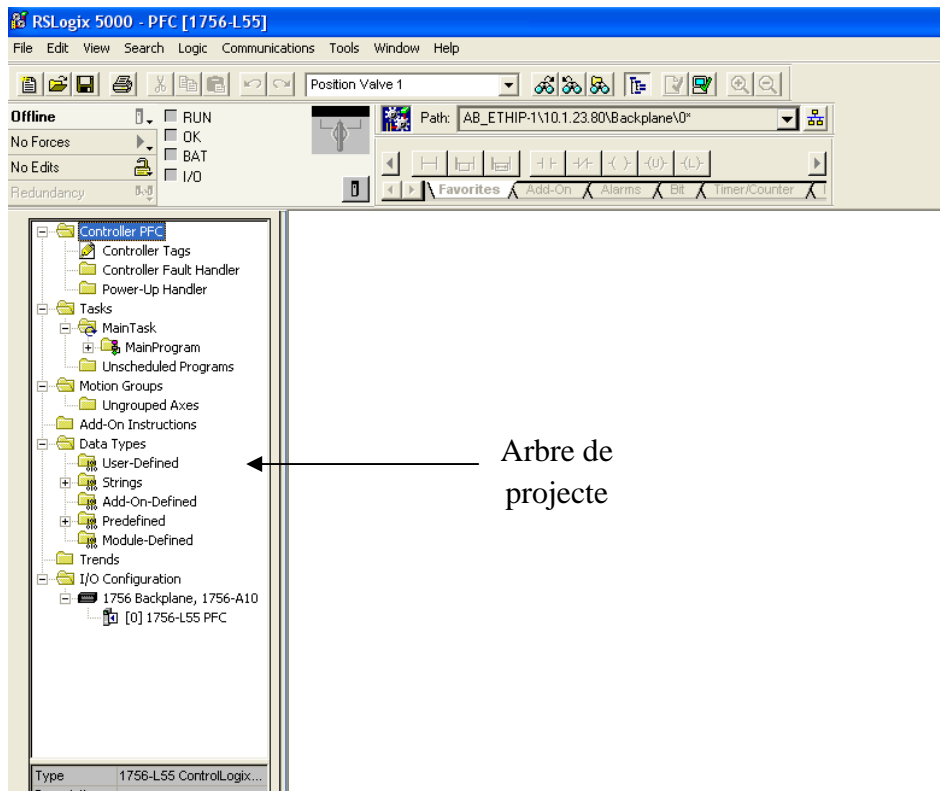


Fig.23

En aquest arbre es té la carpeta *Main Program*. En aquesta carpeta és on es crea el programa d'execució.

És molt important seguir els passos detalladament per a la correcta configuració dels diferents mòduls, per tant es mostra molt detingudament com s'ha de fer aquest procediment per aconseguir el seu correcte funcionament.

Abans de començar la programació de les funcions que ha de fer l'autòmat, és de vital importància configurar tots i cadascun dels mòduls i targetes que formen el projecte complet, ja que aquest software treballa amb “tags”. Aquests tags són ni més ni menys que etiquetes que es creen dintre del programa per facilitar la comprensió de lectura de la funció que fan quan s'executen, com ara moure un motor i, senzillament se li posa el nom “Mou_Motor”. Aquests tags fan referència a entrades, sortides, control, etc, de qualsevol de les targetes que es tinguin dintre del bastidor. Per tant, si no s'ha configurat degudament cada targeta, no es pot fer referència des d'un tag a una entrada, sortida, etc, de senyal.

Ara es veurà com es configura el mòdul SERCOS i s'ha d'aprendre a crear un tag que faci referència a una funció concreta que pugui executar el mòdul.

Una vegada s'ha instal·lat el mòdul al bastidor del PLC, obert el software i connectats amb ell, els passos a seguir són els següents:

De l'arbre de projecte, s'obre la configuració del mòdul fent botó dret del ratolí .

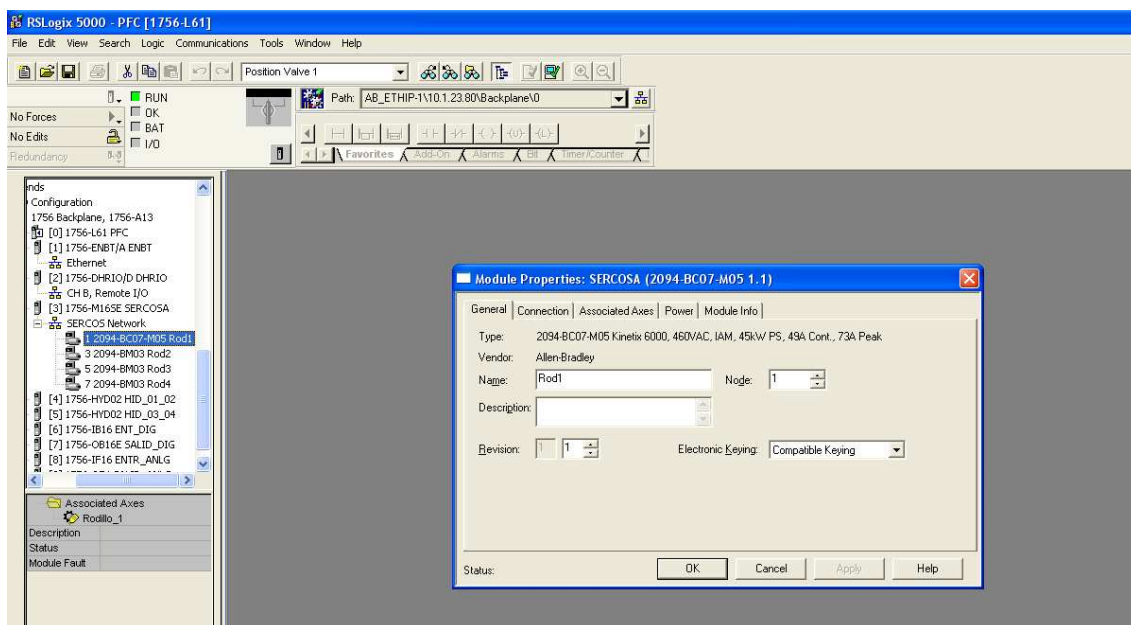


Fig.24

A la pestanya **General**, s'introdueix el nom de l'eix a controlar, que en aquest cas serà el corró inferior (Rod1).

Note: 1. Hi ha un grup de quatre corrns que treballen junts, però si n'hi haguessin més d'un grup d'eixos que treballessin per separat, s'hauria de posar tants nodes com grups existissin. Per tant a aquest mòdul se li diu 1.

Revisió i Electronic keying es configuren segons el tipus de mòdul inserit i està detallat a l'etiqueta del propi mòdul i al manual d'instruccions. És un tipus de codi de seguretat per assegurar que no es col·loca un mòdul configurat de manera diferent al que estava previst.

La resta de pestanyes queden auto configurades una vegada que el sistema detecta el mòdul que ha estat inserit. Simplement el que fa és una lectura de la memòria interna del mòdul SERCOS i els carrega a la configuració del programa principal.

Creant un "TAG" :

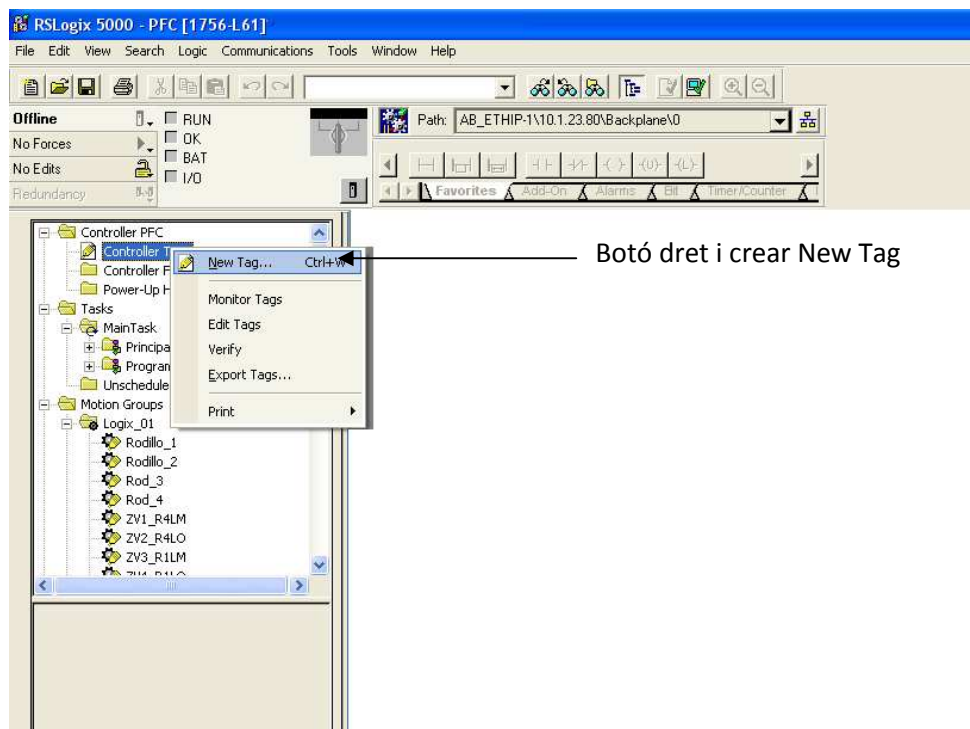
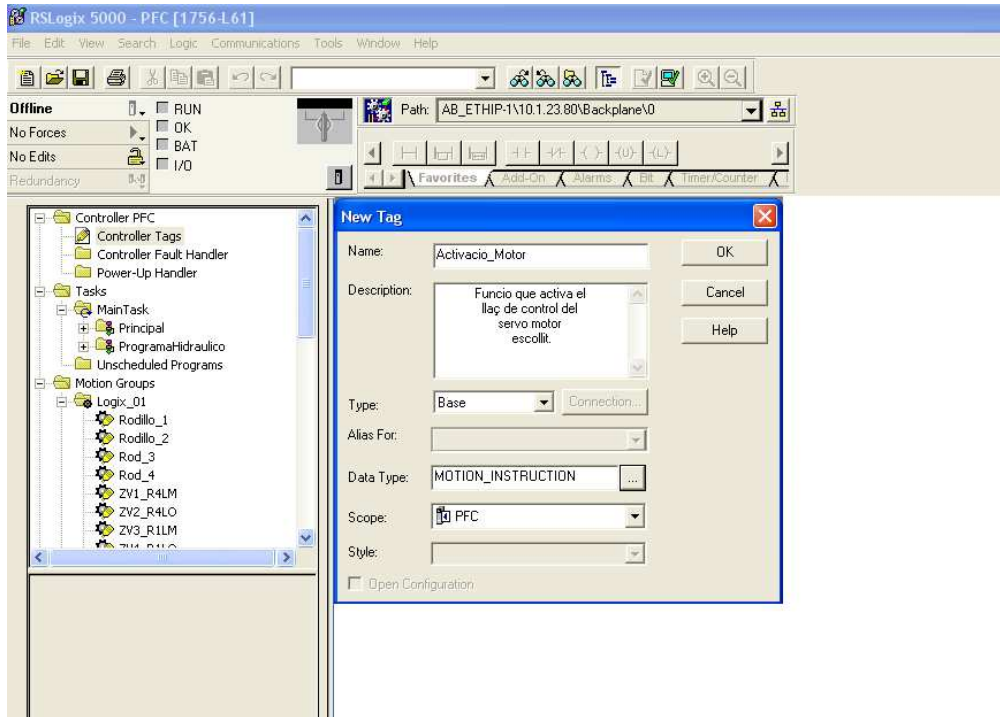


Fig.25

**Fig.26**

Name: Es posa un nom al tag que sigui reconegut amb facilitat pels usuaris més endavant.

Description: Petita descripció que ajudi a recordar fàcilment el que fa aquest tag una vegada s'executi.

Type: Quins tipus de tag es fan servir, per defecte apareix Base, que és un tag intern de la memòria del processador. Al projecte, es fan servir d'aquest tipus.

Data Type: Molt important. Si és una dada tipus vector de bits per exemple i de tipus nombre sencer, es fa servir un Data Type del tipus DINT (double integer). Però si com és el cas, el que es vol és que faci una funció complexa i específica que s'ha d'executar des del mòdul SERCOS, se li diu que es vol un Data Type MOTION_INSTRUCTION. Aquest tipus de dada, està creada internament al processador i s'ha de cridar perquè el processador pugui adreçar cap el mòdul en concret l'operació a realitzar.

Scope: És l'abast que té dintre del projecte creat. Pot ser a tot el projecte com és el cas, o únicament a una part del projecte o subprograma.

Una vegada fet això, ja es té el tag creat i llest per fer-ho servir com es pot veure a la imatge.

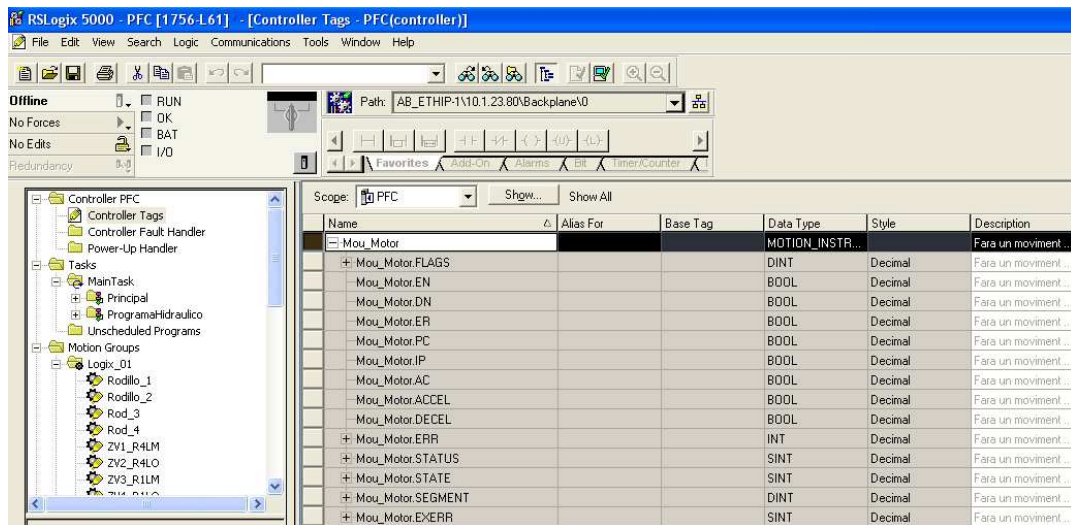


Fig.27

Es pot observar que a sota del tag creat, apareixen una sèrie de “sub tags”. En realitat són instruccions executables de la funció que s’ha creat amb el tag i, poden ser del tipus activar un avís en cas de fallada (FLAGS), habilitar el servo (.EN), accelerar o frenar (ACCEL, DECEL), etc.

Al cridar aquestes funcions des del programa a executar, apareix un quadre de configuració de la instrucció que es vol.

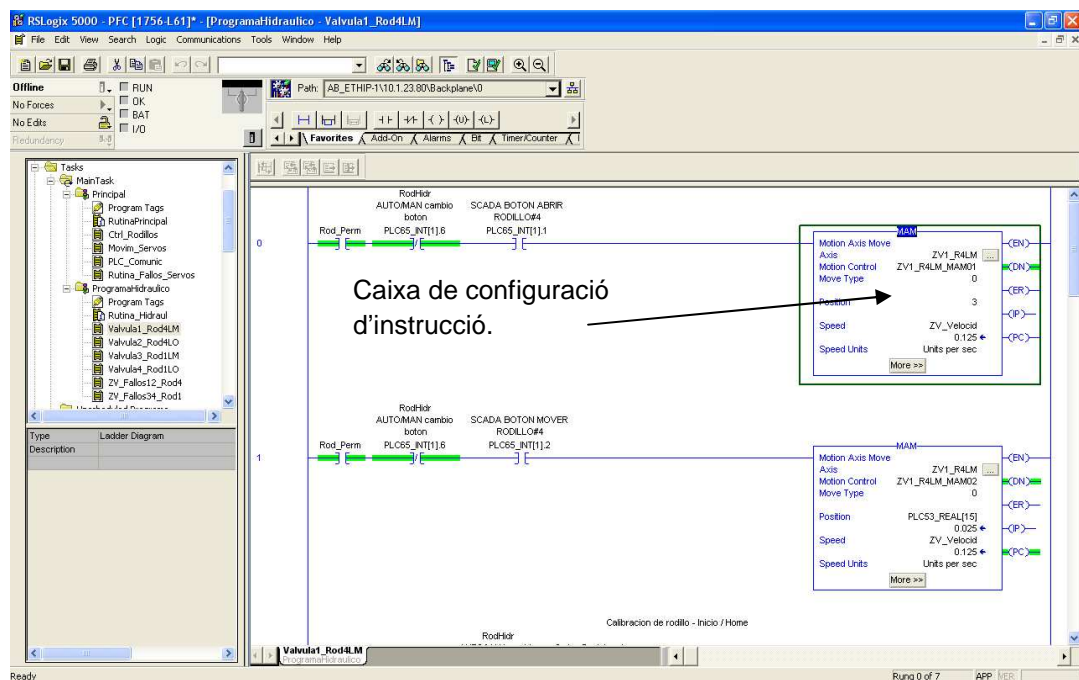


Fig.28

A continuació es fa l'ajust del mòdul per aconseguir que els motors girin com es desitja que ho facin. Aquest procediment s'anomena **auto tune**.

5.1.5.- Auto tune mòdul SERCOS

A l'apartat anterior s'ha vist com es configura un tag que fa referència al mòdul de moviment d'eixos SERCOS, però si no s'ajusta el sincronisme del mòdul amb el/els motors connectats a ell, no s'aconsegueix que les ordres executades pel programa realitzin la tasca de manera efectiva.

A partir d'una volta inicial que es fa sobre l'eix del motor manualment i ja connectat al servo drive que, a la seva vegada via cable òptic està connectat amb el mòdul SERCOS, l'auto tune el que fa és injectar un senyal al motor per fer-ho girar, llegeix els paràmetres que rep dels drives dels motors i la realimentació del motor, memoritzant els més adients que li han calgut per moure la seva càrrega acoblada al eix del motor. Aquests passos s'han de fer per cadascun dels motors, ja que encara que les càrregues són a priori iguals, podrien tenir diferències mecàniques als reductors, acoblaments excèntrics, etc.

L'ajust es fa com es mostra a continuació:

S'entra a **Motion Groups** dintre de l'arbre de projecte i es selecciona el motor a ajustar. En aquest cas s'ha de fer amb Rodillo 1, que correspon al motor que mou el corró més baix de la calandra.

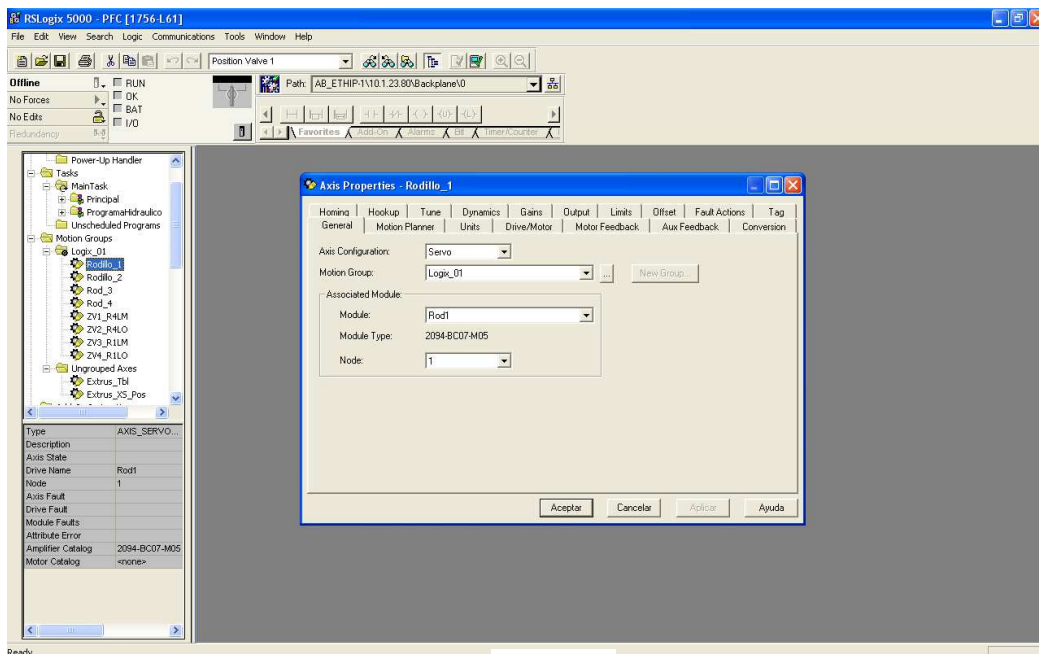


Fig.29

La pestanya més important i que s'ha d'ajustar, és la que té com a nom **Tune**, per tant obrim aquesta pestanya.

Travel Limit: Es posa el nombre de voltes que ha de donar el motor. Amb 10 n'hi ha suficients.

Speed: Quantes voltes per segon es vol fer girar el motor mentre es fa l'ajust. Es posa *1.0 revolució per segon*.

Torque: Important aquest paràmetre. S'introdueix 100%, ja que d'aquesta manera s'assegura que el drive dona el senyal necessari al motor perquè pugui arrossegar la seva càrrega inclús en el cas que aquesta sigui la màxima suportada pel motor.

Direction: Es selecciona *Forward Uni-directional*. El sentit de gir durant l'ajust serà en sentit avanç sense fer canvi de direcció. Es podria seleccionar que ho fes primer cap endavant i després enrere, però amb aquesta selecció n'hi ha prou.

La resta de paràmetres es deixen per defecte.

Una vegada introduïts tots els paràmetres, el botó que ara està en color gris clar on posa Start Tuning, pren un color de lletra negra volen dir que es pot començar a fer l'ajust. Una vegada premut el botó en qüestió, el sistema injecta senyal al servo motor per fer els moviments pertinents del seu eix, tants com li calguin per aconseguir mantenir estables durant un temps mínim els paràmetres de sintonia.

Una vegada completat l'ajust, el software dona un avís de validació i la resta de paràmetres a les diferents pestanyes de la figura 28 queden ajustats amb els valors que el software hagi trobat després del moviment del seu eix.

Encara que aquests valors queden ajustats de forma automàtica, una vegada realitzat no es dona per finalitzat l'ajust i s'ha de comprovar.

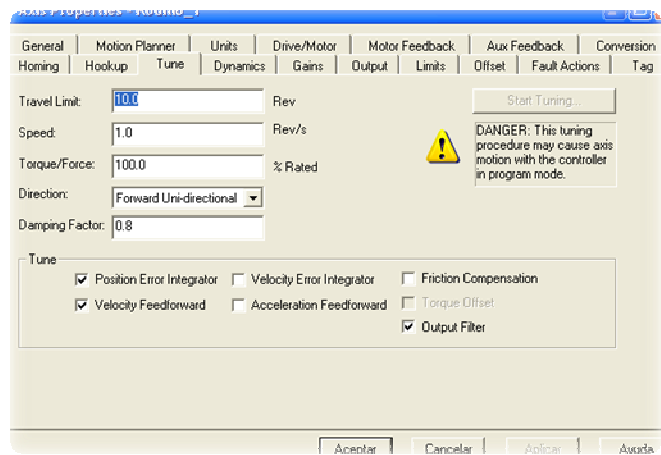
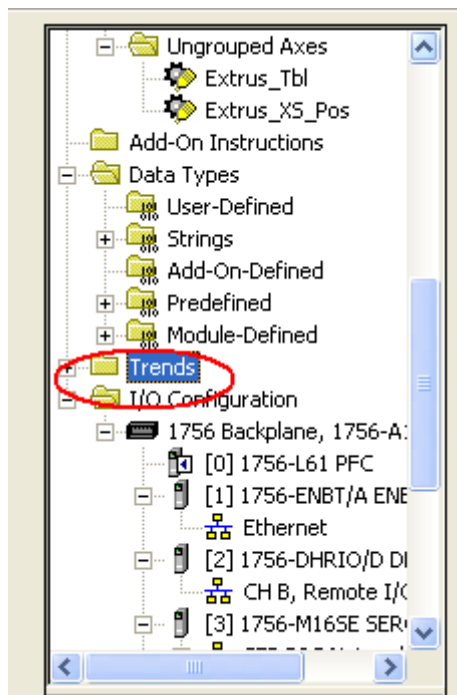


Fig.30

Es fa girar el motor en qüestió al que s'acaba de fer l'ajust i s'utilitza el software RSLogix 5000 per fer el que s'anomena un "TREND" de la característica velocitat. També es pot comprovar amb un tacòmetre per assegurar que la velocitat mesurada en metres per minut o revolucions és correcte. A la pantalla del sistema SCADA o bé al propi software RSLogix5000 s'introdueix la velocitat de gir desitjada i, es comproven els resultats tant al tacòmetre (mesura final) com al gràfic obtingut al Trend que obté les dades del Servo Drive que a la seva vegada l'obté del resolver intern que porta el motor al seu interior.

A continuació a la figura 31, es mostra com es configura el software per a la visualització de les dades:



A l'arbre de projecte del software, es troba la carpeta Trends. Amb el botó dret del ratolí es fa clic a sobre i es selecciona "New trend..."

A continuació apareix la finestra de selecció de la característica que es vol mesurar del hardware que es desitja, com es veu a la figura 32.

Fig.31

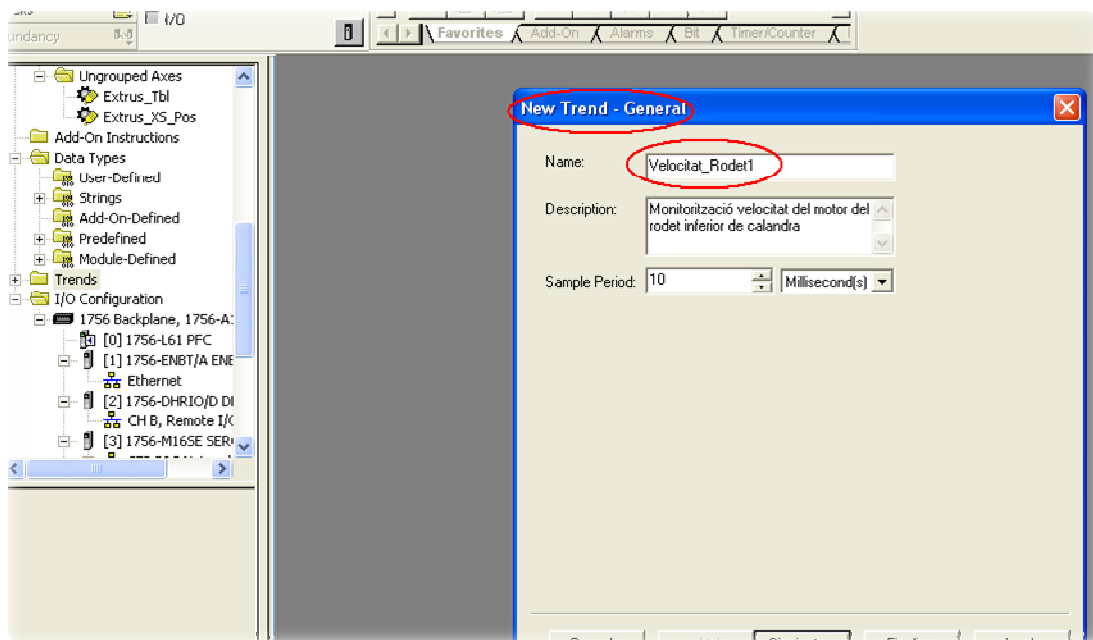
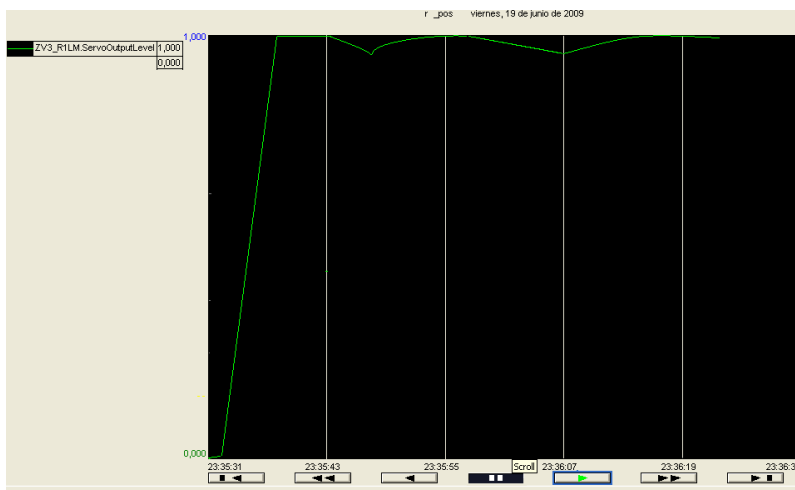


Fig.32

S'introdueix un nom a la característica que ajudi a reconèixer el gràfic en cas de tenir-ne varis, i es fa una petita descripció d'aquesta per la mateixa raó.



Es repeteix aquest ajust com ja s'ha comentat, per cada motor. Tot i que pot semblar una mica tediós o complicat, ajudarà molt a no tenir problemes de sincronisme de velocitat de tots el motors.

Fig.33

És millor aturar-se durant un petit espai de temps a fer aquestes comprovacions abans de continuar amb la configuració, perquè del contrari es podrien tenir problemes una vegada es faci la posada en funcionament del conjunt complet e inclús es podrien arribar a provocar una col·lisió o trencadissa d'algun element.

El mòdul SERCOS queda configurat pel seu correcte funcionament. A partir d'aquí, el PLC s'encarrega de donar les instruccions pertinents des del programa dissenyat per moure els motors segons la tasca que hagin de realitzar que, principalment serà girar sincronitzadament tot seguint un dels motors, que farà les funcions de mestre.

Hi ha quatre corrons que a priori han de girar a la mateixa velocitat, per tant el que es fa és dir-li a un d'ells que faci de generador de senyal de referència per a la resta de corrons i aquests l'han de seguir fidelment en tots els moviments que faci.

Amb l'explicació de funcionament d'aquest mòdul, es dona per acabat l'apartat de funcionament de la CALANDRA . A la següent imatge es pot apreciar l'estructura que pren aquest llaç de control automatitzat.

Llaç de control i automatització dels motors de Calandra

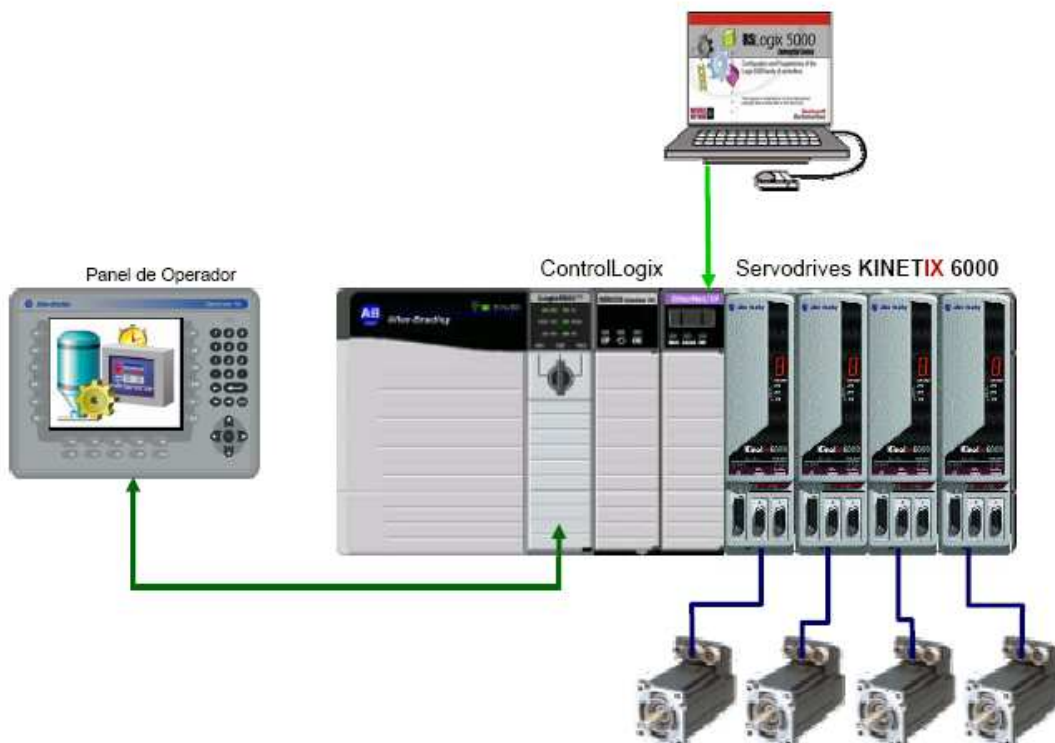


Fig.34

5.2.- CONTROL HIDRÀULIC.

Aquesta part és la més complexa i laboriosa del projecte, ja que intervé plenament el control per autòmat programable, juntament amb el control integrat del sistema hidràulic, que mou els cilindres dels corrons verticalment, tant l'inferior com el superior de la calandra.

També s'aprofita per modernitzar el quadre elèctric, ja que el qui hi havia estava en un estat es pot dir "no òptim".

Quadre elèctric abans de la modificació.

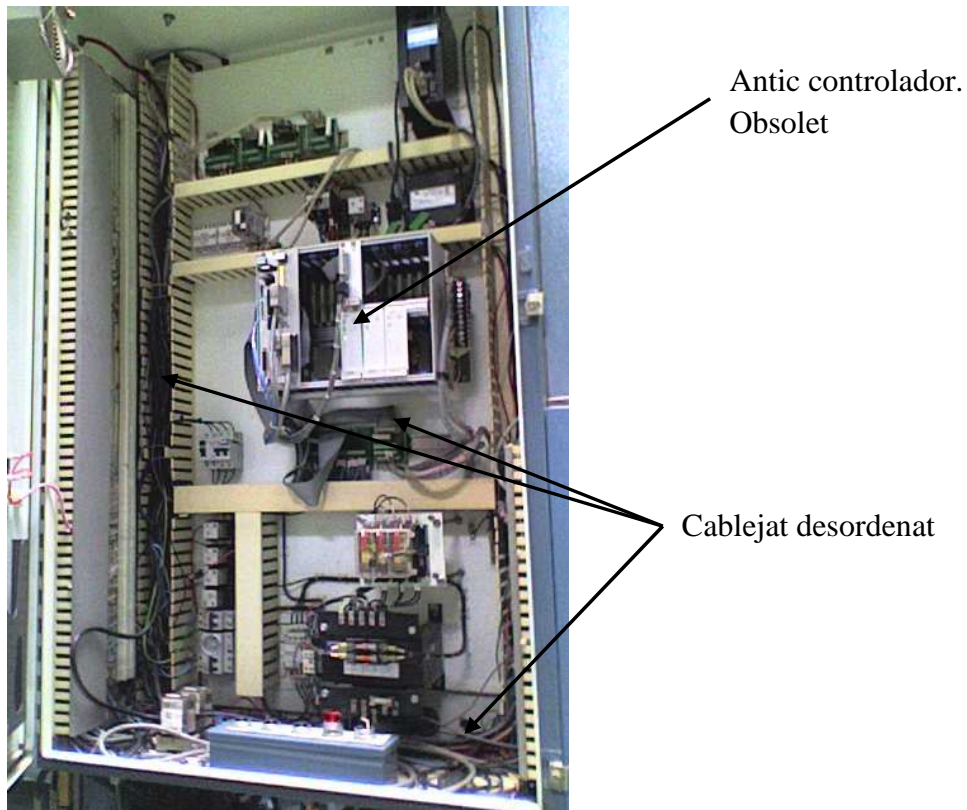


Fig.35

5.2.1 - QUADRE DE CONTROL -

Per començar s'ha re dissenyat el quadre on està ubicat el PLC i tota la maniobra necessària per comandar el sistema complet. S'ha optat per fer-ho nou degut al seu estat, molt deteriorat i per poder encabir l'autòmat programable i els amplificadors i convertidors necessaris pels diferents elements de hardware.

Com es pot apreciar a la figura 36, el quadre té un aspecte molt net i ben distribuït, ubicant el transformador d'alimentació a la part més alta del quadre, per una millor evacuació de la radiació tèrmica.

**Autòmat Programable
Controllogix**

És important que el quadre quedi ben distribuït i amb una distància entre components i canals suficient, tant per dissipar l'escalfor com per la comoditat dels operaris de manteniment a l'hora de fer qualsevol intervenció dins el quadre.

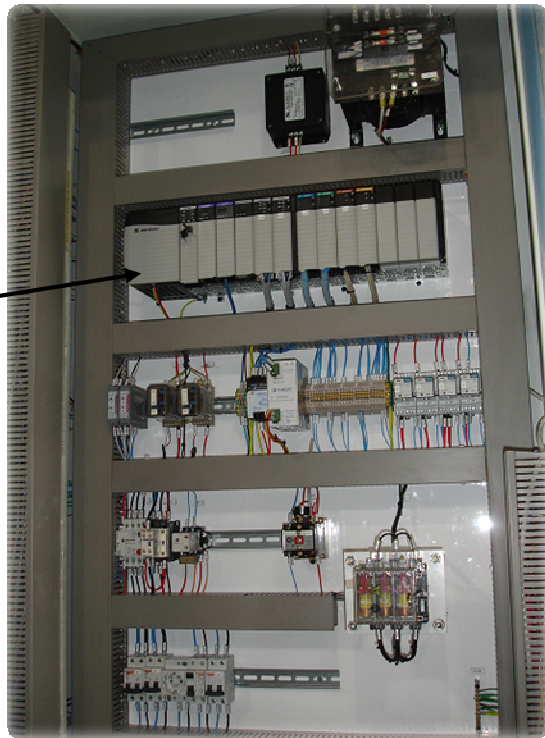


Fig.36 *Quadre de control.*

Tots els cables estan degudament identificats amb etiquetes dissenyades a tal efecte i els components de hardware també. Tots aquests etiquetatges estan representats als esquemes elèctrics per facilitar la feina de revisió o reparació. També s'han deixat uns carrils de muntatge DIN lliures, per futures petites ampliacions.

El quadre anteriorment estava refrigerat amb un ventilador que feia circular aire per l'interior. Actualment s'ha substituït per un petit equip de refrigeració condicionada, mantenint la temperatura interna al quadre entre 25 i 28° C.

5.2.2 - AUTÒMAT PROGRAMABLE (PLC) -

El cor del projecte és l'autòmat. És l'encarregat de portar el control de tot el sistema dissenyat, a partir del programa creat i passen per ell tots els mòduls que controlen alguna part del projecte, el qual executa les ordres pertinents en funció de l'estat de les seves entrades tant digitals com analògiques (senyals variables en el temps).

Rep els senyals de cadascun dels elements de hardware e interactua amb ells de la forma en que s'ha programat que ho faci.

Aquest autòmat, de la mateixa manera que els motors i drives, és del fabricant Allen Bradley i pertany a la família d'autòmats anomenats Logix, concretament és el més potent de la seva gama. És el Controllogix, amb el model de CPU 1756-L61. Aquesta CPU pot executar fins a 32 tasques diferents i, dintre de cada tasca, fins a 100 programes.

Disposa de 2MB de memòria interna, més una targeta de memòria externa de fins a 128MB.

Compte també amb un port de comunicacions sèrie RS-232 que, en aquest cas no es fa servir, i un port de comunicacions ethernet que dona connectivitat amb la xarxa de la intranet de la xarxa corporativa, podent d'aquesta manera supervisar l'autòmat des de qualsevol punt de l'empresa.

L'objectiu d'aquesta memòria explicativa, no és conèixer a fons el PLC que, per un altre banda ja s'encarrega de fer el seu fabricant, si no que el que interessa és donar a conèixer els diferents elements que componen el mateix per aquest projecte.

A continuació es fa una llista dels components que el componen, el seu funcionament i quina és la seva tasca a realitzar.

5.2.3 – LLISTAT DE COMPONENTS QUE FORMEN EL PLC -

- ***Bastidor (Rack).***

És la part on seran ubicats tots els mòduls que formen l'autòmat. Té forma de gàbia rectangular, amb ranures i guies per poder inserir els mòduls que formen el conjunt complet. A la seva part posterior té una placa de circuit imprès que fa les connexions entre els diferents mòduls, l'alimentació i la comunicació amb la CPU.

▪ ***Font d'alimentació.***

Bé, està clar quina és la funció d'aquest mòdul, s'encarrega de donar corrent a les targetes connectades al seu bastidor. També es pot aprofitar aquesta alimentació pels contactes d'entrada o sortida de control, però en aquest cas s'han escollit unes fonts externes per fer aquests subministraments energètics i descarregar una mica la font del propi autòmat. Això també evita que, en cas d'un curt circuit en qualsevol dels mòduls d'entrades o sortides, no quedi bloquejada la CPU, si no que l'avaria quedi a una de les fonts externes i l'autòmat, pugui avisar que està detectant una anomalia.

▪ ***Mòdul CPU.***

És l'encarregat d'executar el programa de control. Aquest programa es pot crear en diferents formats o llenguatges de programació d'alt nivell, com per exemple llenguatge C, Grafcet, ladder i d'altres.

Es fa servir en aquest projecte el llenguatge Ladder. Aquest és un llenguatge molt visual i en cas de ser consultat pel personal de manteniment, és més entenedor, degut a la seva similitud amb els esquemes elèctrics usuals.

És la part principal de tot el projecte i aquí és on es carrega el programa a executar. Disposa d'una memòria interna de 2 M bytes, més que suficient per emmagatzemar aquest projecte.

▪ ***Mòdul RIO/DH+.***

La màquina d'extrusió disposa d'un segon autòmat més antic en una altre banda de la mateixa. Aquest segon autòmat és el model PLC5/60 també del fabricant Allen Bradley. Els seus intercanvis de dades amb els perifèrics els fa mitjançant protocols propietaris de la marca anomenats RIO i DH+ (Remote Input Output, Data Highway plus).

Explicat això sembla evident que si es vol intercanviar dades del Controllogix (projecte) amb el PLC5/60, s'ha de fer servir aquest mòdul que fa d'interpret entre els dos tipus de protocols.

La tasca d'aquest mòdul, és rebre les ordres de control del panel d'operació que fa servir l'operari de producció, a través de la xarxa DH+ passant pel PLC5/60 i

enviar els senyals de resposta corresponents tal com actualitzacions de dades al panel d'operació, o càlculs de posició i pressió entre d'altres.

▪ **Mòdul SERCOS**

Aquest mòdul ja s'ha vist i explicat anteriorment. És l'encarregat de comunicar l'autòmat amb els drives Kinetix 6000 per fer moure els motors, rebre l'estat actual de cada motor i verificar els possibles estats d'alarmes.

▪ **Mòdul HYD02**

Aquest és un altre dels mòduls claus del projecte. S'encarrega de controlar l'estat de les servo vàlvules del sistema hidràulic.

Aquestes servo vàlvules (marca Vickers), disposen al seu interior d'unes solenoides que en funció de l'alimentació que reben, fan moure el seu mecanisme intern de manera que deixi passar més flux hidràulic en un sentit o altre cap al cilindre hidràulic al que està connectat.

El HYD02 és el controlador d'un sistema tancat de control amb realimentació. El mòdul, internament és molt semblant al SERCOS explicat amb anterioritat, amb la diferència que el controlador PID està expressament dissenyat per reaccionar davant de desplaçaments de pistons hidràulics i les seves característiques de comportament estan adaptades a la mecànica del fluid hidràulic. Com que és genèric per tota mena de pistons i sistemes hidràulics, s'ha d'afinar el seu funcionament dintre del sistema. Això es veu més endavant.

Aquest sistema de llaç tancat està format per:

- **Cilindre hidràulic** (acoblat un a cada costat del corró) com a sistema a controlar.
- **Mòdul HYD02** com a controlador.
- **Sensors LVDT Temposonics** com a sensor de retroalimentació.
- **PLC** com executor d'ordres.

- *El llaç de connexions quedaria de la següent forma:*

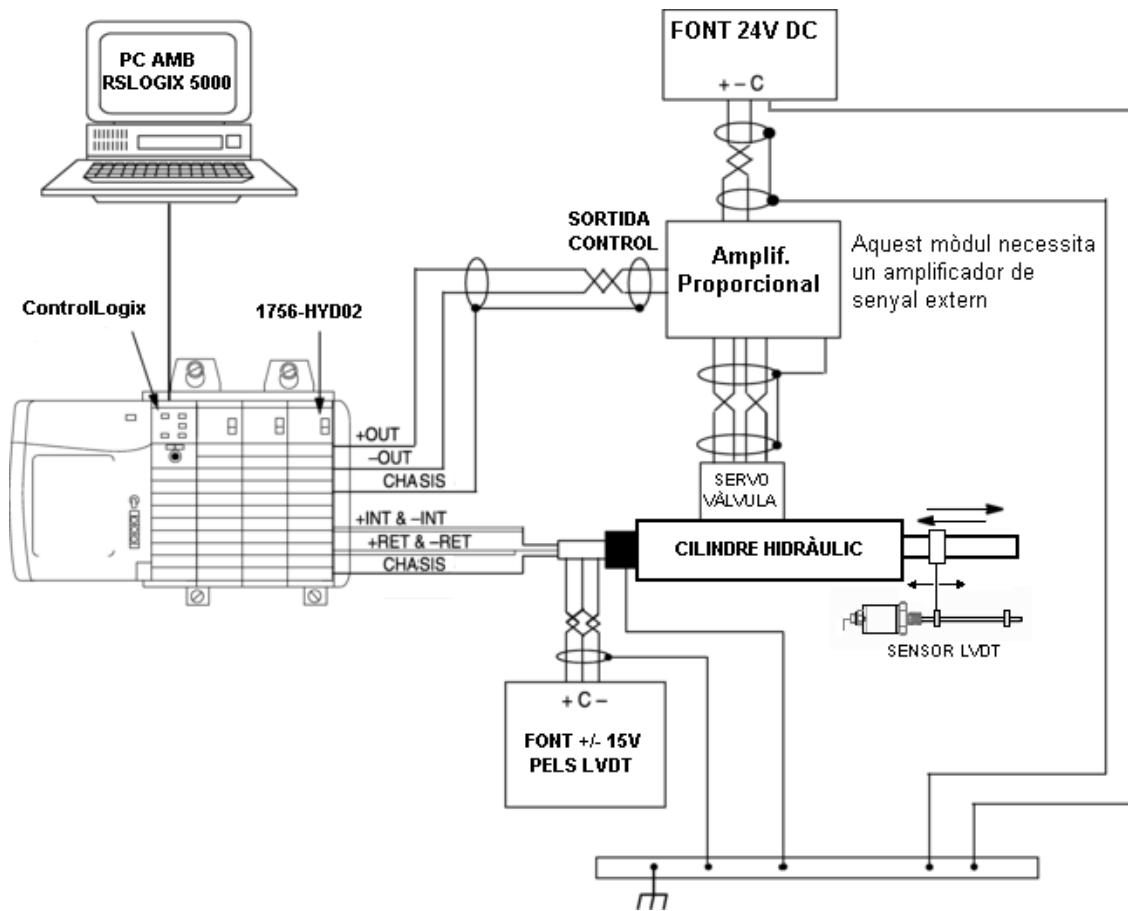


Fig.37

- *El llaç amb esquema de blocs funcionals és el clàssic llaç de control d'un sistema amb realimentació:*

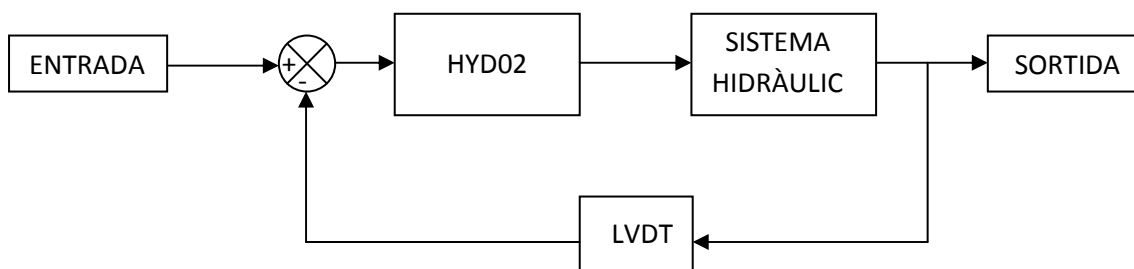


Fig.38

5.2.4 – CONFIGURACIÓ MÒDUL HYD02 -

Per poder controlar correctament el sistema de cilindres hidràulics, primer es configura correctament aquest mòdul especialitzat en control de cilindres. Com a element de realimentació pel control de la posició, es poden connectar tot tipus de sensors LVDT, i en aquest cas es fa servir uns MTS Temposonics®.

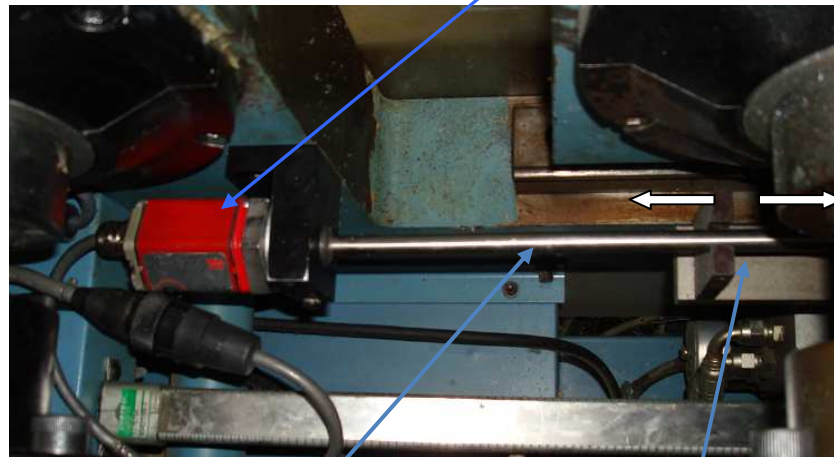


Fig.39

Eix contenidor del transformador

Imant per alterar el camp magnètic del sensor

El sensor de tipus LVDT (Linear Variable Differential Transformer), està basat en uns bobinats de fil molt prim que detecten el desplaçament d'un camp magnètic que es mou al llarg del seu eix, variant tant el corrent intern per les seves espires com el sentit del mateix, amb l'avantatge que això proporciona al saber si el desplaçament és en un sentit o altre.

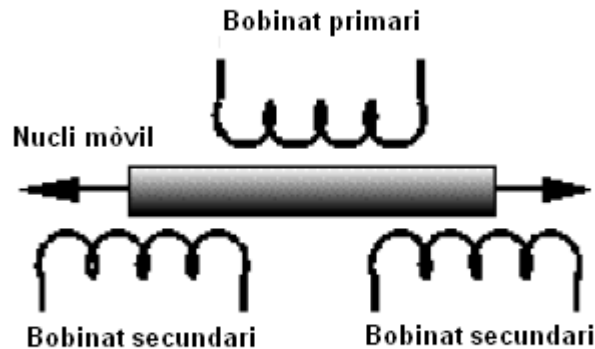


Fig.40

El funcionament es molt semblant al de qualsevol altre transformador. Consta de bobinat primari, bobinat secundari i nucli magnètic. Un corrent altern, conegut com senyal portador es injectat pel bobinat primari. Aquest corrent provoca un camp magnètic variable al voltant del nucli. El camp magnètic induïx un voltatge altern en el bobinat secundari que està a prop del nucli com a qualsevol transformador, aquest voltatge de senyal induït manté una relació amb el nombre d'espires també com a qualsevol transformador.

Com el nucli magnètic en el sistema que es tracta, és mòbil, ja que és l'encarregat de donar la posició dels corròns en tot moment, el nombre d'espires exposades al camp magnètic en el bobinat secundari varia de forma lineal, per tant la tensió generada també variarà de forma lineal.

El senyal de sortida, és un senyal altern proporcional al desplaçament. Per poder fer servir el senyal generat, abans ha de ser desmodulat i convertit en un senyal continu que sí es pot fer servir a l'entrada prèvia d'un petit amplificador que, acomoda el senyal, cap una sortida de 4-20 mA que es pot entrar al mòdul HYD02.

La resolució del sensor en unitats de longitud és de 0.254 mm, però es disposa de la possibilitat d'arribar a mesurar desplaçaments de fins a 0.0254 mm tot configurant el mòdul HYD02. Precisament això és el que es fa per aprofitar aquesta característica al

màxim, ja que al procés, és de vital importància moure el sistema d'eixos amb desplaçaments de centèsimes de mil·límetre i d'aquesta manera no patir pujades de força hidràulica de cop sobre el plàstic.

Més endavant es mostra com configurar aquesta característica entre d'altres.

A continuació es mostren els passos a seguir per a la configuració del mòdul de control dels cilindres hidràulics HYD02.

- Obrir el software RSLogix5000
- Una vegada s'ha instal·lat el mòdul 1756-HYD02 dintre del bastidor del autòmat, a l'arbre de projecte apareix de la següent forma.

Baixar per l'arbre del projecte i desplegar la carpeta **I/O Configuration**.

S'aprecien les dues files [4] i [5], cada una d'elles fa referència a un mòdul. Si es fa doble clic en una d'elles, apareix la pantalla de configuració dels mòduls.

Cada mòdul pot controlar dos eixos hidràulics com a màxim. Per tant si n'hi ha quatre pistons, es fan servir dos mòduls al projecte.

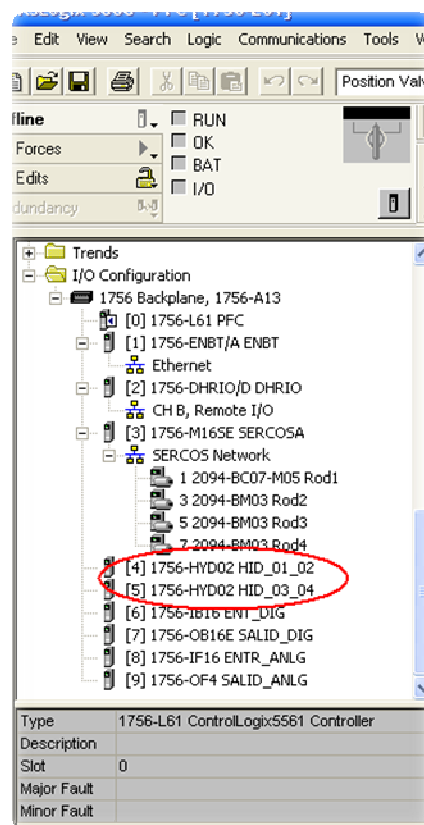


Fig.41

Pujant per l'arbre de projecte es troba la carpeta de **Motion Groups**, i dintre del desplegable s'ha de buscar l'eix o eixos que es volen ajustar.

S'han de trobar quatre, que en aquest cas són els assenyalats a la imatge següent.

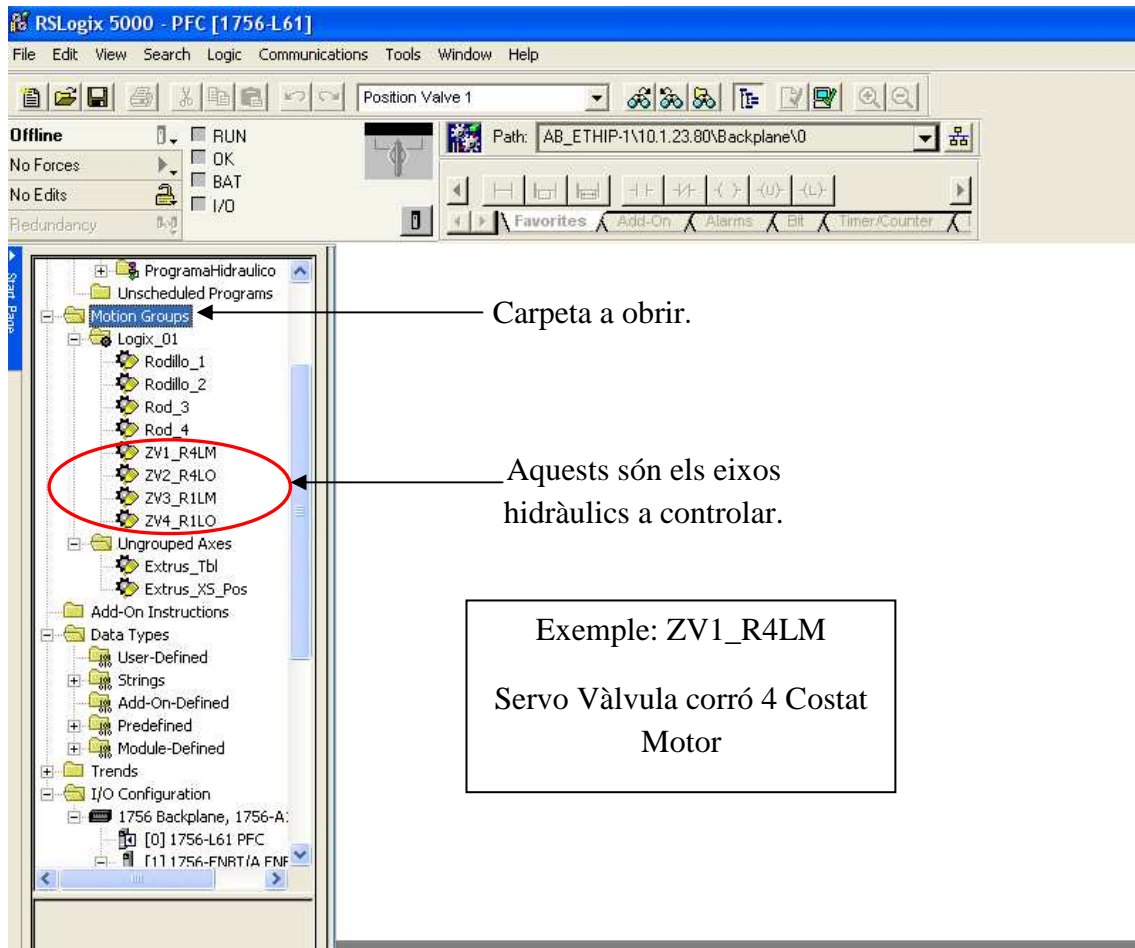


Fig.42

Clic al botó dret amb el ratolí a sobre d'un d'ells, el de l'exemple en aquest cas i es comprova que apareix la següent pantalla.

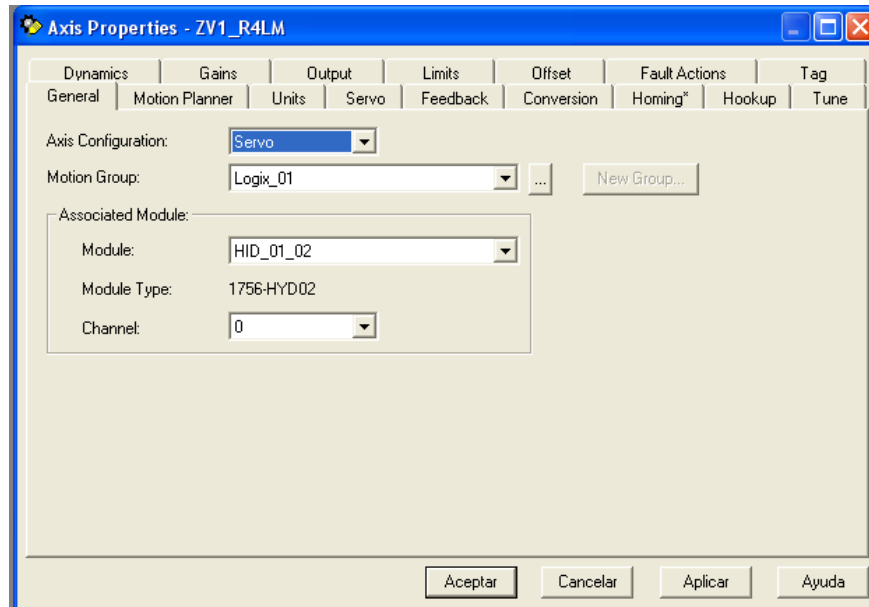


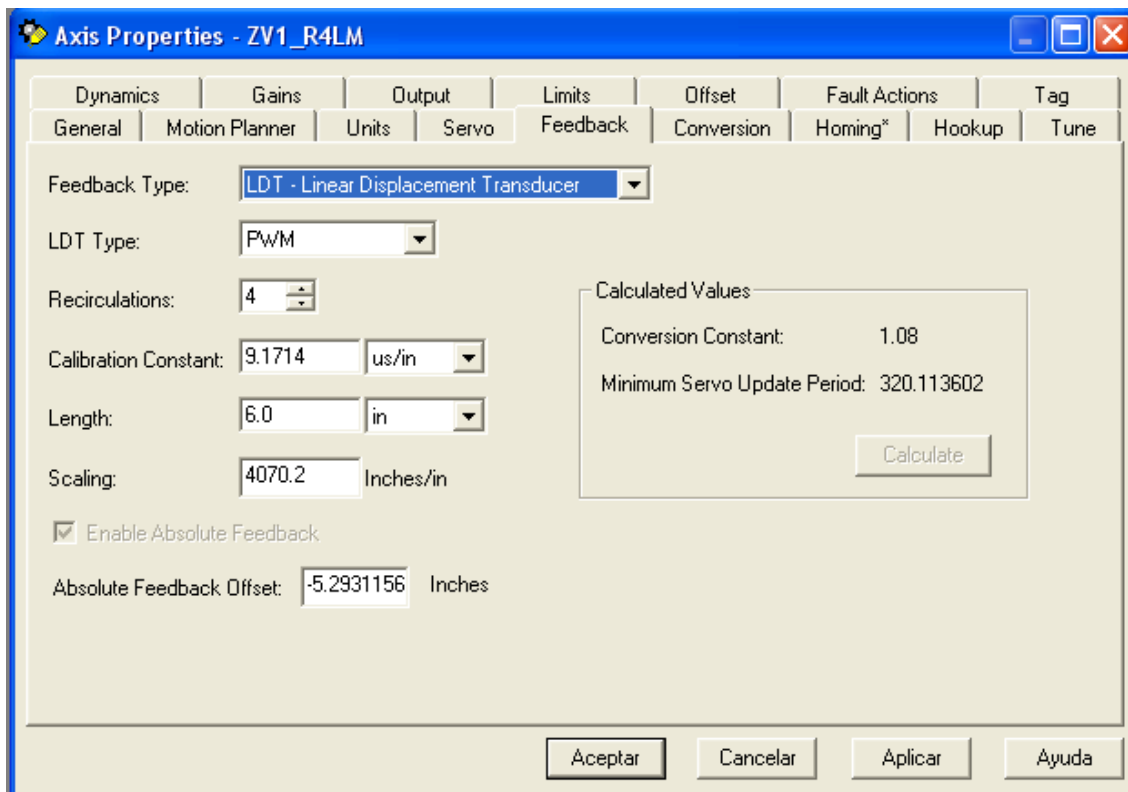
Fig.43

La pestanya **General** és d'informació bàsicament com d'altres que ja s'han explicat en aquest text i no té més importància.

S'expliquen les que realment són importants dintre del projecte.

- Pestanya **Feedback**:

- **Units.** Pregunta si es vol el resultat de les mesures de desplaçament en polzades o mil·límetres. Seleccionar mil·límetres, és clar.
- **Feedback.** Aquesta pantalla és MOLT IMPORTANT i es configura sense cometre errors. Es mostra com fer-ho pas a pas.

**Fig.44**

- **Feedback Type:** Tipus de sensor que es fa servir per donar el senyal de posició com a realimentació del sistema de control. L'opció és LDT-Linear Displacement Transducer, que correspon al LVDT que s'ha explicat amb anterioritat.
- **LDT Type:** Seleccionar PWM. Significa que el senyal que dona com a sortida aquest sensor de posició, és del tipus Pulse Width Modulation (Modulació de l'ample de pols). El mòdul es configura per rebre aquest tipus de senyal.
- **Recirculations:** A l'explicació del funcionament del sensor LVDT que es fa servir al projecte, s'ha fet referència a la seva resolució. Aquesta és de 0.254 mm. Però mitjançant la configuració del mòdul de control, es pot arribar a obtenir una resolució de fins a 0.0254mm.

Amb el nombre de recirculacions s'aconsegueix aquesta resolució.

La resolució de la mesura de posició augmenta cada vegada que el procés de mesura es repeteix. Un transductor creat per aconseguir quatre recirculacions, oferirà quatre vegades la resolució que un altre configurat només amb una recirculació. Tanmateix, això no es tradueix necessàriament

en una major precisió, perquè els transductors tenen una no linealitat e histèresi inherent que, pot ser major que la resolució obtinguda amb una sola recirculació.

Major resolució li dóna una millor precisió en relació als petits i suaus desplaçaments fets per mesures de velocitat d'eixos amb engranatges. És important assenyalar que cadascun d'ells, té una recirculació de certa quantitat de temps, major mentre més gran sigui la posició que s'està mesurant. Si es fan servir masses recirculacions, el temps necessari per completar la totalitat d'ells podria ser major que el període d'actualització del servo. En aquest cas, el mòdul genera un informe d'error de realimentació, degut a que la dada no està llesta al moment de completar el llaç de realimentació del sistema de control.

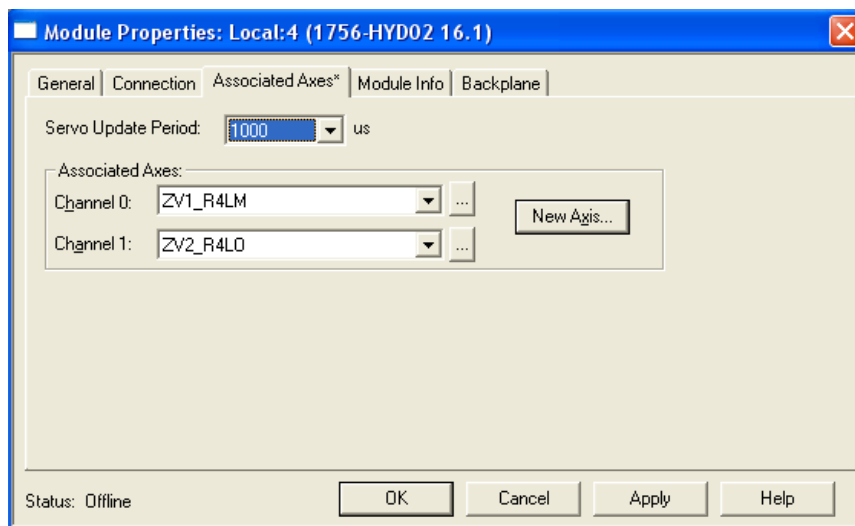


Fig.45

Com es pot comprovar, és un sistema de control discret, ja que sempre es depèn del temps de mostreig. Aquest temps està configurat a 1000 μ s. Encara podria ser molt més petit, fins a 250 μ s, però no es necessita tanta velocitat i

si que es necessita completar el llaç de control.

Bé, després d'aquesta explicació més que suficient per poder configurar aquest apartat correctament, es continua amb la resta de paràmetres de configuració del mòdul.

- **Calibration Constant:** Aquest paràmetre està imprès al cos del propi sensor LVDT, a la seva placa de característiques. És el gradient del senyal de lectura que té cada sensor en particular. Tot i que constructivament tots els sensors que proporciona el fabricant són idèntics, aquest, després de la seva fabricació els comprova un per un i, estudia el seu comportament. En funció del resultat

obtingut a la resposta de cada sensor, determina un valor de gradient que deixa imprès a la seva placa de característiques. En aquest cas les unitats que fa servir són microsegon/polzada.

- **Length:** És la longitud del recorregut útil que té el sensor. El que es fa servir al projecte és de 6" (152.4 mm).
- **Scaling:** Indica la relació entre la unitat de mesura del transductor i el sistema que fa servir l'usuari. Això és necessari per al càlcul de la conversió de la constant de conversió. La longitud del LVDT s'utilitza juntament amb el nombre de recirculacions, per calcular el període mínim d'actualització del servo.

Una vegada obtingut aquest nombre, s'ha d'introduir a la pestanya **Conversion**. El càlcul el fa el propi software al introduir les dades.

- **Absolute Feedback Offset:** Els LVDT sempre fan servir el mode absolut en aquest apartat i el valor a la casella també és resultat del càlcul anterior, quedant introduït de forma automàtica.

➤

- Pestanya Conversion:

- **Positioning Mode:** Com ja s'ha dit amb anterioritat, el mode de funcionament del sensor és lineal dintre del seu recorregut útil. Per tant, aquesta casella queda com **Linear**.

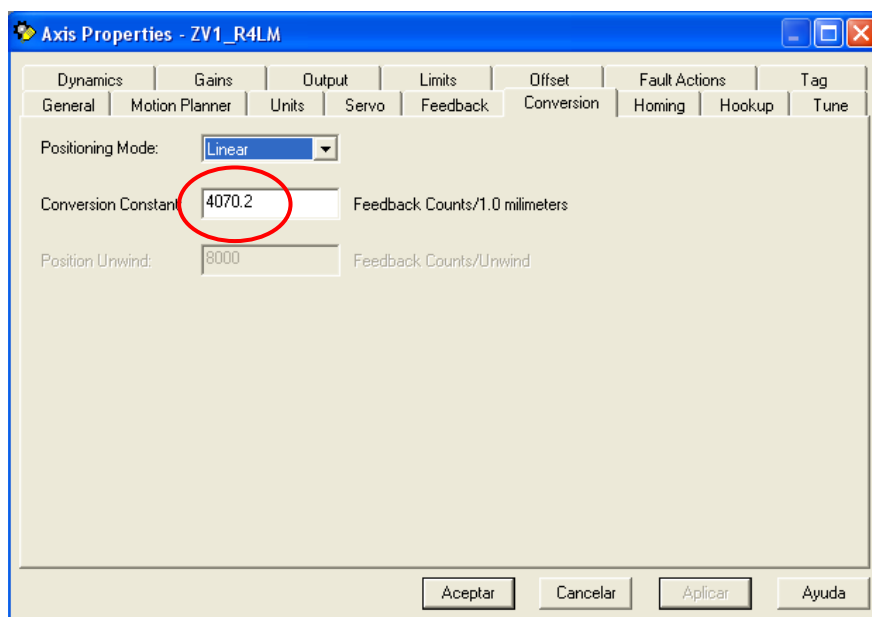


Fig.46

- **Conversion Constant:** Aquí s'introdueix el valor que es feia referència al apartat *calibration constant*.

- **Pestanya Homing:**

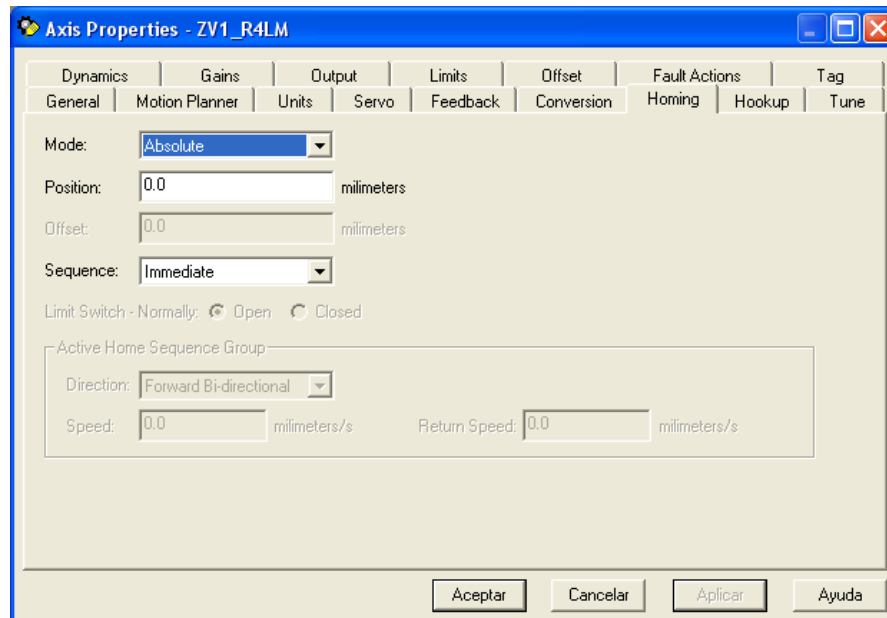


Fig.47

- **Mode:** Mode de funcionament del sensor. Pot ser actiu, passiu, relatiu o absolut. Aquest en concret és *absolut*, es vol conèixer el valor de la posició en tot moment.
- **Position:** L'eix està aturat al moment de la configuració, per tant es manté a zero.
- **Sequence:** Escollir el mode *sequence* vol dir que, la posició de *home* de l'eix serà la que se li marqui des del programa, sense necessitat de cap microrruptor final de cursa o sensor de límit. És la que interessa, ja que en funció del diàmetre de corró instal·lat, es pot baixar o pujar més l'eix hidràulic sense arribar a tocar l'immediatament superior, per tant es varia la posició *home* en funció del corró.

- **Pestanya Tune:**

Altre de les pestanyes de configuració més importants d'aquest mòdul.

Aquí el que es fa és un ajust de sensibilitat i precisió a l'eix corresponent.

El resultat que s'obté d'aquí, són els valors del PID pel control del desplaçament del corró suportat pels cilindres.

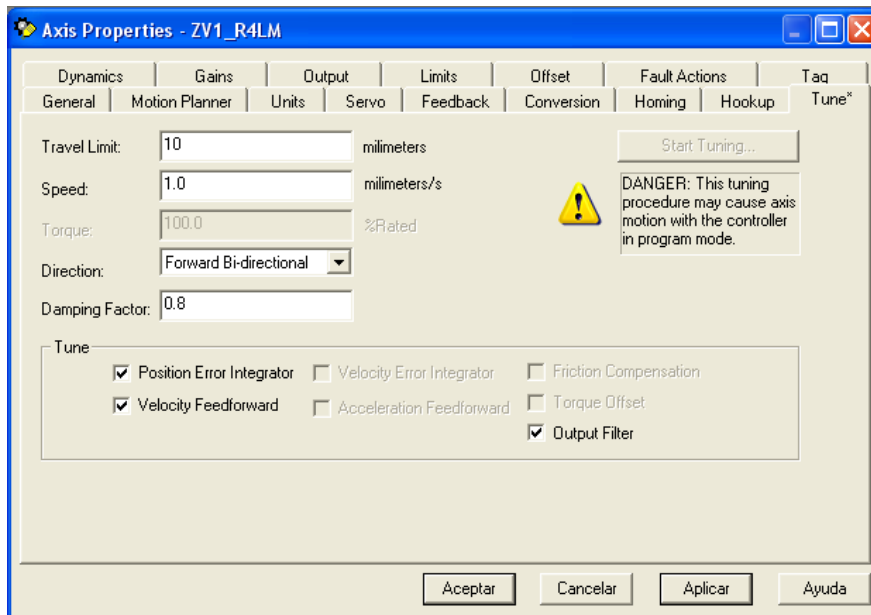


Fig.48

- **Travel Limit:** Desplaçament de l'èmbol del cilindre hidràulic que es fa servir per a la lectura de l'ajust. Un valor entre 8 i 15 mm és suficient.
- **Speed:** És la velocitat a la que es mou l'èmbol del cilindre mentre duri l'ajust.
- **Direction: Forward Bidirectional.** Quan comenci el desplaçament, primer ho fa en sentit cap endavant i una vegada hagi recorregut 10 mm, torna enrere els mateixos 10 mm fins la posició zero.
- **Tune:** Es marquen una sèrie de caselles recomanades pel fabricant del mòdul. Com que es vol recórrer un trajecte, s'activa **Integrador de l'error de posició**. Com s'especifica una velocitat, es **re alimenta la velocitat** i a més s'activa un **filtre de sortida**, normalment per evitar sorolls elèctrics que es poden tenir al sistema.

Al moment de fer l'ajust s'ha de pensar detingudament l'estratègia que es farà servir, ja que es poden cometre errors molt freqüents.

1.- No es fa l'ajust del cilindre i prou, perquè aquest no tindria cap càrrega acoblada (corró) i per tant no desplaçaria l'eix amb el pes que més tard se li carrega. El PID es calcularia per un cilindre en buit i es tindrien problemes d'estabilitat i errors de posició.

2.- El pas anterior no és suficient. A més a més es provoca durant el trajecte dels 10 mm de recorregut, un augment de l'esforç que ha de fer el cilindre durant el procés. Es simula la força que fa el corró contra el plàstic durant el funcionament normal de la màquina.

La idea pot ser relativament senzilla. S'agafa un material que sigui resistent però molt flexible. S'utilitza una bloc en forma cúbica, de goma dura d'uns 100 mm de costat. El bloc s'intercala entre el corró 1 i el corró 2, just a sobre del cilindre que es vol ajustar.



Fig.49

Bloc de goma per l'ajust

Quan s'executa l'ordre de moviment, el cilindre comença el seu recorregut de 10 mm. Primer ha de desplaçar el pes del corró i, una mica més tard es troba amb el bloc de goma que encara ofereix més resistència al desplaçament.

El control PID que s'està configurant, prova d'aconseguir vèncer la força per tal d'arribar fins la posició demanada i, mentre no arribi, anirà augmentant la K del sistema (guany). Degut a l'esforç que serà d'uns 3500 a 4000 Kg (per això el bloc és de 100 mm de costat) probablement es passi una mica de llarg (mil·lèsimes al pitjor dels casos), aquí el sistema s'ajusta automàticament fins aconseguir que l'error entre els 10 mm demanats i el que el sistema llegeix, sigui zero, això serà la I del sistema (integrador). Normalment la D

(derivatiu) queda a zero, ja que no s'admeten reaccions immediates ni violentes del sistema, per mantenir la posició, si no moviments molt progressius.

Una vegada finalitzat l'ajust, el software dona l'avís que ja ha acabat de fer-ho i, si no s'ha comés cap error i es creu que tot el procés ha estat fet correctament, clic en acceptar. Els paràmetres de la resta de pestanyes que no s'han configurat manualment, quedaran autoconfigurats pels resultats obtinguts.

Si pel contrari, no s'està d'acord amb el procediment seguit, o bé s'ha detectat que alguna cosa no ha anat com havia d'anar, es repeteixen tots els passos anteriors fins aconseguir el mètode correcte de l'ajust.

Amb aquest ajust, es dona per acabat el procés de configuració del mòdul HYD02 que, com es pot comprovar ha estat força exhaustiu degut a la seva complexitat e importància.

5.3.- SCADA de control del sistema

En aquest projecte, no s'ha fet el desenvolupament de les pantalles de control del sistema. El que s'ha fet ha estat modificar algunes de les pantalles que tenen a veure amb el projecte dissenyat.

El sistema SCADA fet servir a la màquina és el *iFIX* de *Intellution*, i una de les pantalles modificades és la següent.

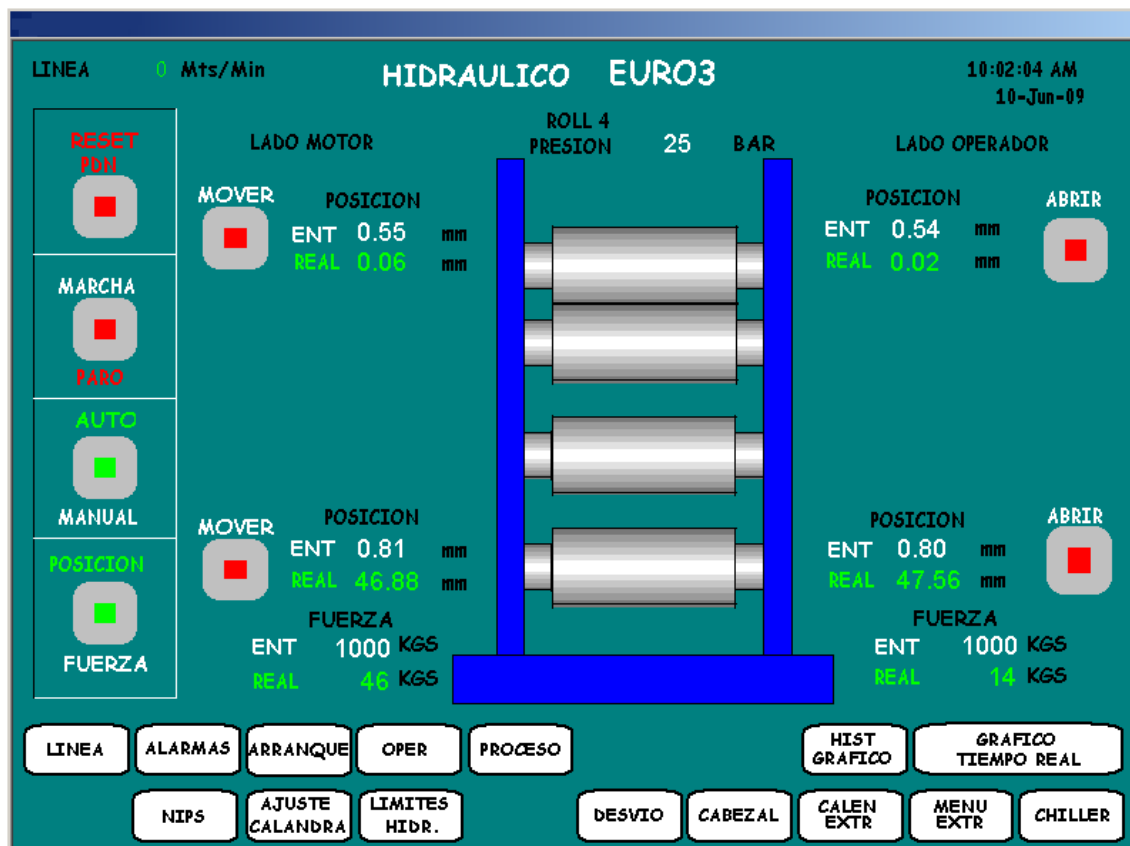


Fig.50

És una representació gràfica de la calandra. Com a dades al seu interior s'observen des de la posició dels corròs mòbils superior e inferior (consigna i valor real), fins la força del corró inferior al entrar en contacte amb el plàstic i el corró n°2.

Com a ordres es veu el botó **Marcha / Paro** que posa en funcionament la bomba d'impulsió del sistema hidràulic.

Botons **Mover i Abrir** dels corròs inferior i superior. El primer el que fa és moure cada corró fins la posició demanada per **ENT** en color blanc. **REAL** en color verd és la posició

en temps real de cadascun dels eixos hidràulics. El segon (ABRIR) retorna l'eix a la posició de repòs obrint els seus eixos perquè deixin d'estar en contacte amb el plàstic.

El botó **Auto / Manual** permet fer funcionar el sistema en mode control per realimentació o bé, pas a pas (és una mica perillós i es protegeix amb contrasenya al personal de producció). Es fa servir en casos molt puntuals.

El botó **Posición / Fuerza** permet el funcionament del sistema en mode desplaçament de posició (gairebé sempre és aquest el mode de funcionament) o mode força. El mode força està controlat per les cèl·lules de càrrega acoblades al corró inferior que, controla la força que es fa sobre el plàstic i es fan servir com a sensor de realimentació.

La resta de botons a la part inferior de la imatge són per anar a d'altres pantalles del sistema i que no són objectiu del projecte.

5.4 Estructura completa del sistema.

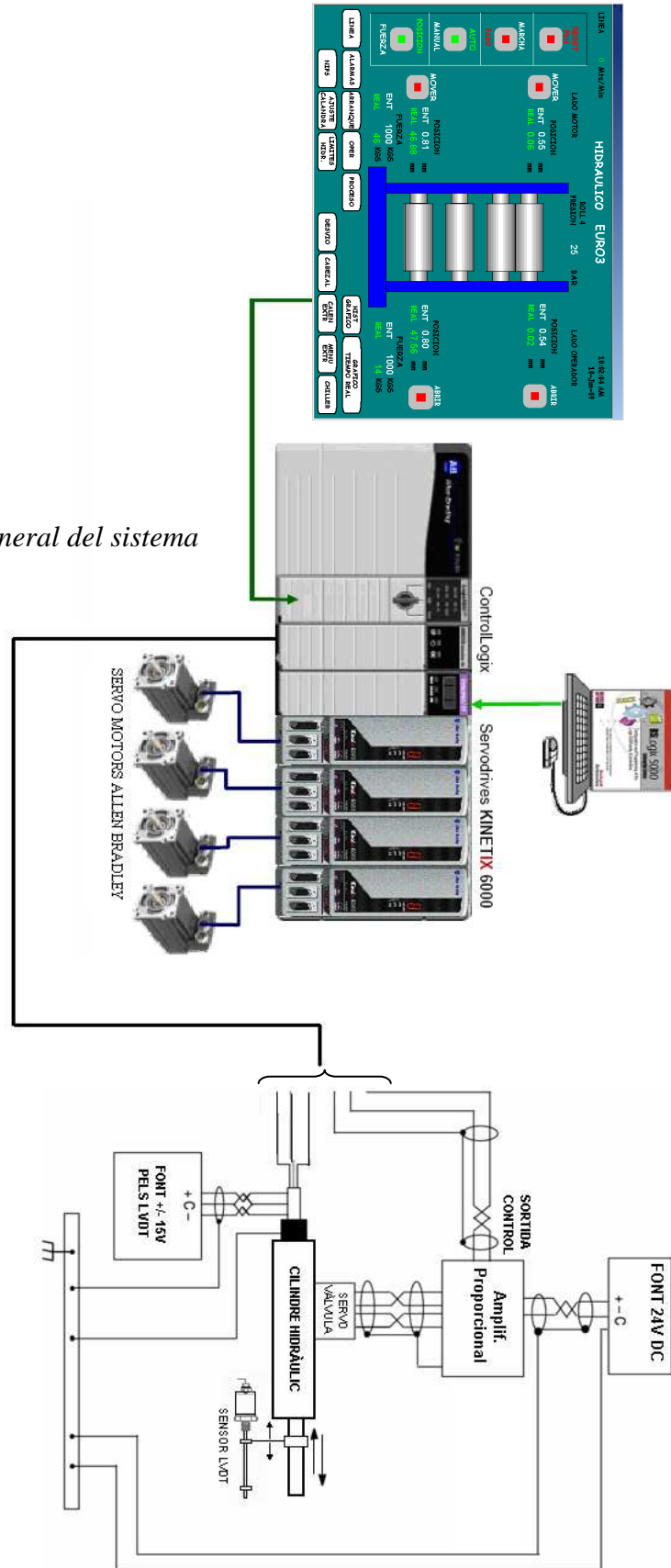


Fig.51 Esquema general del sistema

5.5.- CÀLCULS

- Ample del capçal d'extrusió -

Quin haurà de ser aquest ample? Bé, es pot fer una molt bona aproximació de la següent manera:

Primera dada: Amb 16'' s'obté una cinta de 320 mm d'ample i 0.5 mm d'espessor.

Segona dada: S'ha de mantenir l'espessor de la cinta.

Solució simple: Si per 16'' s'obtenen 320 mm d'ample, per obtenir 600 mm hem de tenir un capçal de 30'', és a dir, 762 mm aproximadament. Ha calgut una simple regla de tres per fer el càlcul.

- Parell i velocitat dels servo motors –

Dades:

Velocitat de línia:	48m/min
Pes del corró:	300Kg
Diàmetre corró:	330mm (0.33m)
Índex reducció del reductor (R):	35
Rendiment del reductor (η):	0.9
Parell resistent coixinet:	0.8N·m x 2
Màxima Velocitat permesa entrada reductor:	1750 rpm
Moment d'inèrcia provocat per la tracció del plàstic:	15 Kg·m ²

- Velocitat del corró mestre:

- Longitud circumferència corró:

$$l = \pi \cdot D = \pi \cdot 0.33 = 1,037\text{m}$$

Per anar a 48m/min el corró ha de fer 46.3 voltes per minut. Aquesta és la condició mínima exigida. Per tant a la sortida del reductor tenim 46.3rpm. Si l'índex de reducció es de 35, vol dir que a l'entrada del reductor tenim: $46.3 \times 35 = \mathbf{1621 \text{ rpm}}$ i per tant aquesta serà la **velocitat mínima exigida al servo motor per aconseguir la velocitat de línia de 48 m/min.**

$\omega_1 = 1621 \text{ rpm} \rightarrow 170 \text{ rad/s}$. Sortida de l'eix motor (entrada reductor).

$\omega_2 = 46.3 \text{ rpm} \rightarrow 4.85 \text{ rad/s}$. Sortida reductor (càrrega del corró).

- Càlcul Parell resistent del corró:

- $T = m \cdot g \cdot \text{radi corró} = 300\text{Kg} \cdot 9.8\text{m/s}^2 \cdot (0.33/2) = 485 \text{ N}\cdot\text{m}$

- Moment d'inèrcia del corró:

- $J = m \cdot r^2 = 300\text{Kg} \cdot (0.33/2)^2 = 8.17 \text{ Kg}\cdot\text{m}^2$

- Parell elèctric que ha de vèncer el motor.

A la sortida del reductor tenim:

- $T \omega_2 = T_{\text{resistent corró}} + T_{\text{resistent plàstic}} + T_{\text{resistent coixinets}}$

$$T \omega_2 = T_{\text{resistent corró}} + J_{\text{plàstic}} \cdot (\omega_2) + T_{\text{resistent coixinets}}$$

$$T \omega_2 = 485\text{N}\cdot\text{m} + 43 \text{ Kg}\cdot\text{m}^2 \cdot (4.85 \text{ rad/s}) + 1.6 \text{ N}\cdot\text{m} = 695 \text{ N}\cdot\text{m}$$

A l'entrada del reductor (sortida eix motor) tenim:

- $T \omega_1 = T \omega_2 \cdot (1/R) \cdot (1/\eta_{\text{reductor}})$

$$T \omega_1 = 1237 \cdot (1/35) \cdot (1/0.9) = 22 \text{ N}\cdot\text{m} \text{ Aquest és el parell mínim exigít al motor}$$

per poder arrossegar la càrrega acoblada.

- Potència mínima exigida.

- $P = T \cdot \omega_1 = 22 \cdot 170 = 3740 \text{ W}$

Si es comprova amb la placa de característiques del motor escollit, es veu que el motor és vàlid.

És a dir, a més de poder amb la càrrega, encara es podria afegir un 35,3 % extra per arribar als valors màxims que suporta el motor

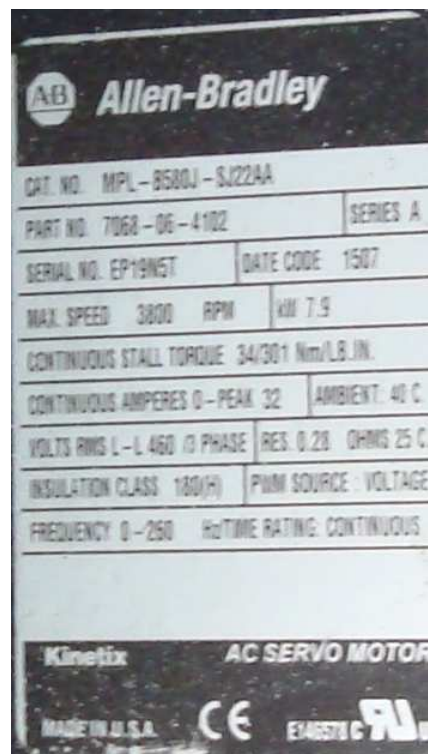


Fig.52

6.- CONCLUSIONS

Una vegada acabada tota la instal·lació, posada en funcionament dels equips, comprovació que tot el sistema es comporta com es desitjava que ho fes, les conclusions obtingudes han estat força positives.

- Valoració:

S'ha aconseguit l'objectiu del projecte, és a dir, el disseny del sistema amb els nous equips. La seva programació i execució ha estat correcte encara que no exempta d'alguns problemes durant la posada en marxa però, que han estat corregits amb èxit.

Han quedat instal·lats equips electrònics de nova generació, quadre elèctric nou amb el cablejat corresponent en ordre, tant pel seu aspecte visual com per a la identificació dels mateixos. Els equips antics i obsolets es fan servir com a recanvi dels equips que encara estan muntats a la resta de màquines.

S'han implementat algunes modificacions sobre el funcionament del sistema, que s'han fet constar a la instrucció de treball per al personal de producció.

Tota la documentació ha estat entregada al personal de manteniment perquè puguin fer el seguiment correcte en cas d'avaría. Al instal·lar equips nous i d'un fabricant mundialment conegut com Allen Bradley, es facilita la gestió de recanvis i l'assistència per personal qualificat en cas de ser necessària.

- Estimació econòmica que s'aconsegueix després de la consecució del projecte (no realista):

Benefici brut abans de l'execució de projecte, comptat de la següent manera:

- Ample cinta 320mm (0.32m).
- Preu $m^2 = 0.15 \text{ €}$
- Torns de fabricació de 8h, 7 dies per setmana (es treballa el cap de setmana), 365 dies a l'any (la màquina fa torns de vacances per no aturar la producció).
- Velocitat de màquina 48m/min.

- Manteniment preventiu, estimació avaries, i d'altres inconvenients, es descompten 45 dies/any com no productius.

Resultat:

Fent el descompte de dies per causes vàries: $365 - 45 = 320$ dies/any

$48\text{m}/\text{min} \rightarrow 23.040\text{m}/\text{torn} \rightarrow 483.840\text{m}/\text{setmanals} \rightarrow 22.256.640\text{m}/\text{any}$

$$22.256.640\text{m}/\text{any} \times 0.320 = 7.122.125 \text{ m}^2/\text{any}$$

$$7.122.125 \text{ m}^2/\text{any} \times 0.15\text{€} = \mathbf{1.068.319 \text{ €}/\text{any}}$$

Comparativa hipotètica de augment de benefici en cas de vendre el total del que la màquina pot produir després de la modificació.

A la justificació del projecte es comentà que l'augment gràcies a la modificació és d'un 93,75%. Per tant l'augment és:

$$1.068.319 \text{ €}/\text{any} \times 0.9375 = 1.001.549 \text{ €}/\text{any}$$

$$1.068.319 + 1.001.549 = \mathbf{2.069.868 \text{ €}/\text{any}}$$

L'augment és més que considerable, pràcticament el doble. Està clar que aquest benefici és hipotètic.

Si realment es vol saber el benefici net, es necessita conèixer el preu/hora d'un operari (amb un operari hi ha prou per produir amb la màquina), preu de les matèries primeres, transport del producte acabat, costos indirectes, impostos etc. Aquestes dades no s'han pogut donar en aquest projecte per raons de privacitat per part de VELCRO EUROPE S.A.

7.- PRESSUPOST DEL PROJECTE

A continuació es presenta el pressupost del cost de material i cost de la instal·lació dels equips per personal extern a Velcro Europe S.A que s'ha fet servir per dur a terme el projecte.

Tot el material ha estat adquirit del mateix proveïdor (Rexel-ABM), d'aquesta manera es centralitza el sistema d'aprovisionament de recanvis en un sol distribuïdor facilitant la feina al personal encarregat de mantenir els equips una vegada el sistema està validat.

Quant.	Referència	Descripció	Preu/u.	Dte.%	Total Brut	Total Net
1	1756-A13	13 SLOT CONTROLLOGIX CHASSIS	617,00	15	617,00	524,45
1	1756-ENBT	CLX ETHERNET/IP 10/100 BRIDGE MODU	1.410,00	15	1.410,00	1.198,50
2	1756-HYD02	2 CHANNEL LDT HYDRAULICS MODULE (3	2.610,00	15	5.220,00	4.437,00
2	1756-IB16I	10-30 VDC ISOLATED INPUT 16 PTS (363,00	15	726,00	617,10
1	1756-IF16	ANALOG INPUT - CURRENT/VOLTAGE 16	1.110,00	15	1.110,00	943,50
1	1756-L61/B	LOGIX5561 PROCESSOR WITH 2MBYTE ME	4.050,00	15	4.050,00	3.442,50
1	1756-M16SE	1756 16 AXIS SERCOS SERVO MODULE	2.800,00	15	2.800,00	2.380,00
4	1756-N2	EMPTY SLOT FILLER CARD (ONE FILLER	20,90	15	83,60	71,06
2	1756-OB32	10-31 VDC OUTPUT 32 PTS (36 PIN)	480,00	15	960,00	816,00
2	1756-OF6CI	ISOLATED ANALOG OUTPUT - CURRENT 6	1.790,00	15	3.580,00	3.043,00
1	1756-PA72	85-265 VAC POWER SUPPLY (5V @ 10 A	646,00	15	646,00	549,10
4	1756-TBCH	36 PIN SCREW CLAMP BLOCK WITH STAN	58,40	15	233,60	198,56
2	1756-TBNH	20 POSITION NEMA SCREW CLAMP BLOCK	45,90	15	91,80	78,03
4	2090-K6CK-D15M	CONNECTOR, MOTOR FDBK, D-SHELL/TER	49,00	0	196,00	196,00
4	2090-K6CK-D26M	CONNECTOR, I/O, D-SHELL/TERM BLOCK	62,80	0	251,20	251,20
4	2090-SCEP0-1	SERCOS FBR CABL,CONN,ENCLOSUR ONLY	50,80	0	203,20	203,20
2	2090-SCVP15-0	SERCOS FBR CABL,CONN,STANDARD PVC	251,00	0	502,00	502,00
4	2090-XXNFMP-S15	CABLE,NON-FLEX,MOTOR FEEDBACK,MP/1	165,00	0	660,00	660,00
4	2090-XXNPMP-14S15	CABLE,NON-FLEX,MOTOR POWER,MP/1326	171,00	0	684,00	684,00
1	2094-BC02-M02	MODULE, INTEGRATED, 400/460V, 15KW	2.730,00	0	2.730,00	2.730,00

Quant.	Referència	Descripció	Preu/u.	Dte.%	Total Brut	Total Net
1	2094-BL02	MODULE, LINE INTERFACE, 15KW 400/4	2.330,00	0	2.330,00	2.330,00
3	2094-BM02	MODULE, AXIS, 400/460V, 15A INV.	1.520,00	0	4.560,00	4.560,00
1	2094-PRS4	POWER RAIL, SLIM, 230V OR 460V, 4	338,00	0	338,00	338,00
2	VC2100-HS	Delta V/I converter, dual channel (or Equal)	550,00	0	1100,00	1100,00
4		TEMPOSONIC RPM 2	821.25	0	3285,00	3285,00
4	MPL-B580J-SJ22AA	MOTOR,SERVO,34 NM,3800RPM,SINGL,	2.020,00	0	8.080,00	8.080,00
1	1761-NET-AIC	MODUL AIC+	150,00	30	150,00	105,00
1	1747-CP3	CABLE COMUNICACIÓ	48,80	15	48,80	41,48
1	1761-CBL-AS03	CABLE COMUNICACIÓ	49,30	30	49,30	34,51
1	RSLOGIX5000	SOFTWARE PROGRAMACIÓ	2.180,00	0	2.180,00	2.180,00
1		INSTAL·LACIÓ EQUIPS (ANTHEGA)	4.705,00	0	4.705,00	4.705,00
		TOTAL MATERIALS I MA D'OBRA			51.400,50	48.104,19

Taula 2

8.- BIBLIOGRAFIA

- [1] Normativa TFC pdf
- [2] HydraulicCylendersSeriesHG.pdf
- [3] MPL-ServoMotors.pdf
- [4] Kinetix6000.pdf
- [5] Motion-br005.pdf
- [6] 1394-SERCOS.pdf
- [7] 1756-LogixProgramming.pdf
- [8] Sercos Config.pdf
- [9] GSeriesTemposonics.pdf
- [10] 1756--hyd02.pdf
- [11] Delta VC2100 V/I converter.pdf
- [12] Apunts de varies assignatures de l' EUPMT.
- [13] <http://www.rockwellautomation.com>
- [14] <http://www.deltamotion.com>
- [15] <http://www.mtssensors.com>
- [16] <http://www.rsonline.com>
- [17] <http://www.phoenixcontact.es>
- [18] <http://www.intellution.com>