

ÍNDEX

INTRODUCCIÓ

1. OBJECTIUS.....	7
2. DESCRIPCIÓ I ORGANITZACIÓ DEL PROJECTE.....	7

MEMÒRIA

3. PRESENTACIÓ.....	11
4. L'EMPRESA	12
4.1. Història de l'empresa.....	12
4.2. Actualitat de l'empresa.....	14
5. EL PROCÈS.....	16
5.1. Procés de fabricació del cable elèctric	16
5.2. Ubicació de la màquina dins del procés productiu.....	19
5.2.1. Descripció del procés productiu de la màquina.....	20
6. ENTRADES I SORTIDES.....	26
6.1. Llistat entrades	26
6.2. Llistat sortides	28
6.3. Llistat de marques	31
6.4. Elements.....	32
7. L'AUTÒMAT.....	35
7.1. Mòduls	36
7.1.1. Analògics.....	36
7.1.2. Digitals	38
8. PROGRAMACIÓ.....	40
8.1. Programa.....	40
8.1.1. Funcionament del programa CX-Programmer.....	40

8.2.	GRAFCETS	60
8.2.1.	GRAFCET Principal.....	61
8.2.2.	GRAFCET Pulmó 1.....	62
8.2.3.	GRAFCET Pulmó 2.....	63
8.2.4.	GRAFCET Guia-Fil 1	64
8.2.5.	GRAFCET Guia –Fil 2.....	65
8.3.	Programa	66
9.	SCADA	79
9.1.	CX-Supervisor.....	79
9.1.1.	Funcionament del programa CX-Supervisor Developer	79
9.1.2.	Funcionament del programa CX-Supervisor Runtime	100
9.2.	SCADA realitzat.....	100
9.2.1.	Pàgines	101
10.	ARMARI DE POTÈNCIA	130
10.1.	Característiques elèctriques	130
10.2.	Sortides dels motors	131
10.2.1.	Connexions de potència.....	131
10.2.2.	Proteccions contra sobrecàrregues	131
10.2.3.	Plaques de maniobra	131
11.	CÀLCUL DE LÍNIES	132
11.1.	Criteri d'escalfament:	132
11.2.	Criteri de caiguda de tensió	133
11.3.	Criteri de curt circuit	135
11.4.	Secció real	136
11.5.	Càlcul de proteccions	137
11.5.1.	Càlcul dels contactors.....	137
11.5.2.	Càlcul dels fusibles.....	138
11.5.3.	Càlcul dels relès tèrmics	138
11.5.4.	Resultats obtinguts.....	138

12.	PRESSUPOST	140
13.	CONCLUSIONS	142
14.	BIBLIOGRAFIA.....	143

PLÀNOLS

P1. ESCOMESA

P2. CONNEXIONS GUIA-FIL 1

P3. CONNEXIONS GUIA-FIL 2

P4. CONNEXIONS PULMÓ 1

P5. CONNEXIONS PULMÓ 2

P6. CONNEXIONS DESBOBINADORA 1

P7. CONNEXIONS DESBOBINADORA 2

P8. CONNEXIONS BOBINADORA 1

P9. CONNEXIONS BOBINADORA 2

P10. CONNEXIONS EXTRUSORA 1

P11. CONNEXIONS EXTRUSORA 2

P12. CONNEXIONS EXTRUSORA 3

P13. CONNEXIONS VOLANT 1

P14. CONNEXIONS VOLANT 2

P15. ARMARI 1

P16. ARMARI 2

P17. ESQUEMA UNIFILAR

ANNEXES

Annex I: Datasheet CJ1M-CPU23

Annex II: Datasheet mòdul analògic CJ1W-MAD42

Annex III: Datasheet mòdul d'entrades digitals ID211

Annex IV: Datasheet mòdul de sortides digitals OD212

INTRODUCCIÓ

1. OBJECTIUS

L'objectiu d'aquest projecte final de carrera és el d'automatitzar i controlar la línia 6 o *Tecnocable* de la planta de producció de Prysmian a Vilanova i la Geltrú, Cavigel. Aquesta automatització és realitzada mitjançant un autòmat programable i és controlada a través d'un control SCADA.

Al mateix temps, aquest projecte final de carrera té l'objectiu personal d'exposar els coneixements adquirits en aquesta especialitat, així com aprofundir en ells i que, per tant, serveixi per a la obtenció del títol en Enginyeria Tècnica Industrial especialitat Electricitat per part de l'autora.

2. DESCRIPCIÓ I ORGANITZACIÓ DEL PROJECTE

El present projecte compta amb la documentació explicativa necessària del funcionament de la línia a automatitzar així com el mètode utilitzat per a l'automatització en qüestió.

L'automatització s'ha realitzat mitjançant un únic PLC juntament amb els mòduls d'ampliació necessaris, degudament justificats.

La línia de producció que s'automatitza en aquest projecte és una línia existent a la fàbrica Cavigel de Prysmian a Vilanova i la Geltrú, i només suposa centre d'estudi la part elèctrica. D'aquesta manera, tot l'entorn mecànic no es reflexa en aquest projecte ja que la maquinària ja es troba instal·lada en la línia.

A continuació es descriuen de manera esquemàtica cada un dels apartats en els que està dividit aquest projecte:

- **Presentació:** en aquest primer breu apartat es situa l'automatització dins el món industrial i es presenta el projecte.
- **L'empresa:** en el segon apartat, s'ubica l'empresa en el mercat mundial de cable elèctric, així com es descriu de manera breu la història d'aquesta empresa des dels seus inicis i la situació que viu actualment en quant a nous projectes.
- **El procés:** en aquest apartat es descriu el procés de fabricació del cable elèctric realitzat a la fàbrica Cavigel de Prysmian a Vilanova i la Geltrú, així com també, s'explica de manera més detallada les funcions de la màquina *Tecnocable*

- **L'autòmat:** un cop descrit el procés, en aquest apartat s'analitzen les necessitats a cobrir i s'exposa l'elecció de l'autòmat per a aquest projecte, tot justificant-ho. També es calculen, descriuen i es justifiquen la quantitat i els models de mòduls necessaris a connectar.
- **Programació:** en aquest apartat es presenta el programa utilitzat per a la programació de l'autòmat i s'explica el seu funcionament. També s'exposen els gràfics utilitzats per a programar aquest projecte. Acte seguit, li segueix la programació.
- **SCADA:** aquest apartat té una estructura similar a l'anterior apartat corresponent a la programació. En primer lloc es presenta el programa utilitzat per al disseny del control SCADA i se'n descriu el seu funcionament. Després, es presenta i descriu les diferents pantalles que tindrà aquest control SCADA i se'n fa la seva detallada explicació del seu funcionament i configuració.
- **Armari de potència:** en aquest apartat es descriuen totes les connexions entre la maquinària i l'autòmat.
- **Càlcul de línies:** es calcula les dimensions de les línies que alimentaran a cada un dels motors i elements que intervenen en aquesta línia.
- **Pressupost:** en aquest últim apartat es fa un estudi econòmic de la situació proposada en aquest projecte.

Aquest és el contingut de la memòria d'aquest document. A més a més, també s'adjunten plànols i annexes en el final del document com a suport a la informació descrita.

MEMÒRIA

3. PRESENTACIÓ

En el món industrial l'automatització ha contribuït a incrementar la producció i a reduir costos. Nascuda de la relació de varis factors com ara l'economia, l'innovació tècnica i la mecanització de les fàbriques, l'automatització juga, avui en dia, un paper molt important en la indústria.

És obvi però, que no tota les indústries requereixen, precisen o demanden el mateix grau d'automatització. O fins i tot, existeix la possibilitat de trobar processos de fabricació on l'automatització industrial no hi és present en la seva totalitat.

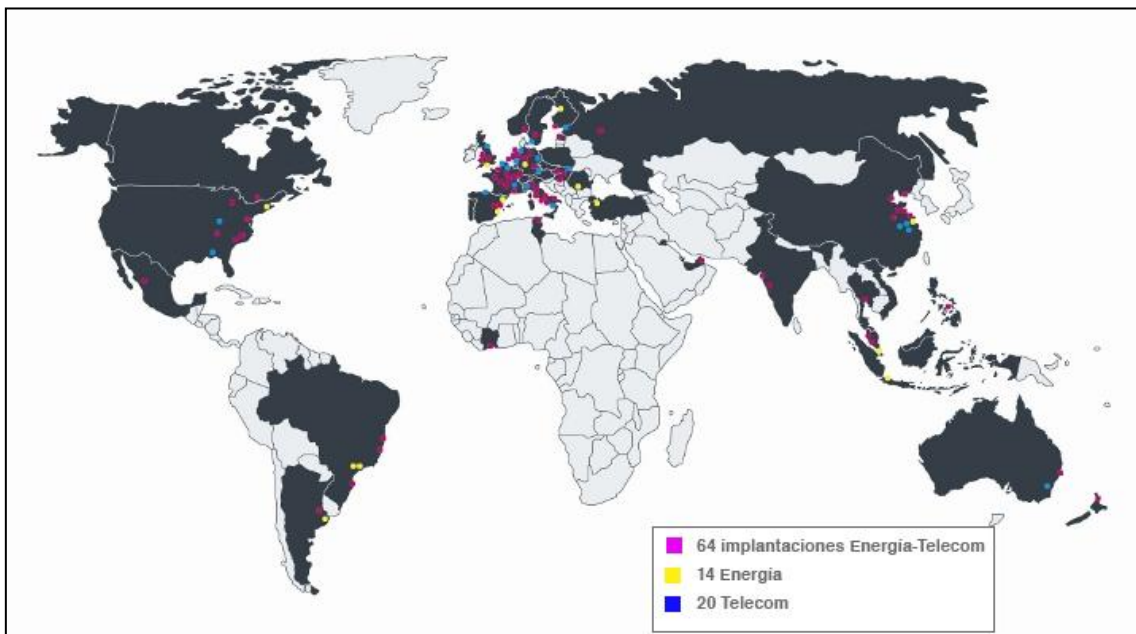
En el cas que ens requereix, es procedeix a l'automatització d'una part del procés de fabricació del cable elèctric dut a terme per l'empresa Prysmian a la fàbrica Cavigel de Vilanova i la Geltrú. Aquesta línia de producció, que és l'encarregada de proporcionar l'aïllament a una mànega de cables, en l'actualitat no està automatitzada.

4. L'EMPRESA

El Grup Prysmian és un grup líder en la indústria de l'alta tecnologia de cables, accessoris, sistemes i serveis associats a l'energia i les telecomunicacions.

Amb més de 130 anys d'experiència i un fort posicionament en els sectors del mercat d'alta tecnologia, Prysmian està actiu en el desenvolupament, disseny, producció, subministrament i instal·lació d'una àmplia gamma de cables per les més diverses aplicacions en les indústries d'energia i de telecomunicacions.

Prysmian és un grup líder a Espanya i a nivell mundial. Només al territori espanyol hi té repartides 4 implantacions industrials a Catalunya, 8 delegacions comercials per tot el territori i un magatzem regulador a les Canàries. Tot i això, la presència internacional d'aquesta empresa és molt extensa. Conta amb implantació en 50 països d'arreu del món amb 98 factories i 22 centres de I+D+I. La ubicació geogràfica de les seves plantes de fabricació permet a Prysmian respondre als més variats requeriments dels clients i mercats amb la màxima rapidesa.



4.1. Història de l'empresa

La història de Prysmian té les seves arrels en la historia del Grup Pirelli fundat el 1872 per Giovanni Battista Pirelli.

G.B. Pirelli & C. va ser fundada el 28 de gener del 1872 a Milan amb l'objectiu de produir articles de goma elàstica i processos derivats, especialment en producció de neumàtics i cables.

Al 1902 l'empresa començà el seu procés d'expansió territorial construint la seva primera planta fora del territori italià, a Vilanova i la Geltrú, Espanya. Pocs anys més tard, es va repetir aquest procés d'expansió cap a Regne Unit al 1914, a Argentina al 1917 i a Brasil al 1929.



Imatge 1. Logo Pirelli

L'empresa, amb el pas del temps, es va anar expandint i va anar passant la seva direcció a diverses generacions de la família Pirelli. Va ser el nét del fundador, Leopoldo Pirelli, qui durant els anys 1965-1999 va donar a conèixer l'empresa i aquesta va passar a ser reconeguda a nivell mundial.

Seguint la història de *Pirelli Cavi e Sistemi*, a efectes d'expandir-se internacionalment les seves operacions comercials i industrials i obtenir economies d'escala, la companyia llançà una campanya d'adquisicions focalitzades. És així que *Pirelli Cavi e Sistemi* adquireix el negoci de cables de energia de *Siemens AG*, *BICC* i *Metal Manufacturers Ltd*, així com dos fàbriques de *NKF*.

Durant el 2001 i el 2004 es va promoure un procés de reestructuració radical que va portar a la fundació de Prysmian Cables & Systems al 2005. Prysmian, va passar a ser controlada per The Goldman Sachs Group Inc., que va firmar un acord per a la compra de les activitats de Cables i Sistemes d'Energia i Cables i Sistemes de Telecomunicacions corresponents a Pirelli & C. S.p.A.

La formació de Prysmian Cables & Systems és un nom que fa referència als conceptes de llum, anàlisi, brillantor i perfecció, associats amb la figura geomètrica i que es sinònim d'excel·lència, desenvolupament i fiabilitat.

Al 2007, Prysmian es converteix en empresa cotitzada en Borsa. A partir d'aquí, gràcies a una estratègia de inversió s'aconsegueix un



Imatge 2. Logo Prysmian

fort creixement de Prysmian. El 2007 Prysmian adquireix l'empresa internacional

Wire&Cable Company Limited (IWC) de Nova Zelanda; en el 2008 es fa amb el fabricant alemany de cables Facab-Lynen; al 2009 adquireix el fabricant rus Rybinsk Electrocable i al 2010 Joint-Venture amb Ravin Cables Ltd, un dels fabricants de cable indi més competitiu.

Com a conseqüència de la nova composició accionarial, Prysmian és avui en dia una companyia pública focalitzada en la creació de valor per a tots els seus accionistes.

4.2. Actualitat de l'empresa

El Grup ha establert fortes relacions amb els principals agents mundials en totes les indústries en què opera, realitzant projectes sovint dissenyats per a les especificacions del client pels operadors de xarxes o serveis públic, com la Xina Stat Grid, Dong Energy, E. On, Electropaulo, Endesa, Enel, Iberdrola, National Grid, Qatar General Electricity & Water Corporation, RTE/EDF, Red Eléctrica de España, RWE, TenneT, Terna, Vattenfall, per a les empreses industrial en una àmplia varietat de sectors com ara Aker, Alstom, Changchung Railcars, Petrobars, Rexel, Sonepar, Siemens, STX Marine, i, per als operadors de telecomunicacions, com ara Bharti, British Telecom, France Telecom, Telefónica Telecom Italia, Telstra, Verizon i Vodafone.

Cables i sistemes de transmissió de potència d'alta i molt alta tensió enterrats i submarins, cables industrials per aplicacions en sectors d'alta tecnologia (des del transport i la mineria del petroli, gas i petroquímiques fins a les energies renovables) i cables de fibra òptica per a la transmissió de veu, vídeo i dades, aquestes són les indústries estratègiques i els mercats de Prysmian. En aquestes indústries el nivell de la tecnologia, la capacitat d'innovació constant i el compromís de proporcionar un alt valor afegit, són factors de diferenciació i competitivitat.

La qualitat del producte i la innovació són les característiques de l'enfocament de Prysmian, fins i tot en sectors on els productes són més estandarditzats com els cables de baixa i mitja tensió, en què Prysmian ha introduït importants novetats com la P-Laser, el cable del primer mitjà de tensió totalment reciclable, o cables resistents al foc i LSOH (Low Smoke Zero Halogen), que milloren la seguretat dels edificis residencials i no residencials.

Prysmian porta a terme grans projectes d'interconnexió elèctrica submarina dels serveis públics i operadors de la xarxa, com la de Neptú i projectes Transbay als Estats Units, el projecte d'Espanya a Mallorca, SA.PE.I i projectes de Sicília, Calàbria, a Europa, la Ronda de Doha Bay i projectes del GCCIA a l'Orient Mitjà i el projecte Basslink a Austràlia.

L'empresa ha ajudat a crear xarxes d'energia d'alta tensió a les principals ciutats del món, des de Nova York fins a Buenos Aires, Londres, París, Madrid, Milà, Roma, Sant Petersburg, Dubai, Abu Dhabi, ISingapore, Hong Kong.

En el sector de les energies renovables, Prysmian està contínuament reforçant el seu lideratge mundial en cables de parcs eòlics marins. La tecnologia del Grup, que cobreix els cables per al funcionament de les turbines eòliques, ja que disposa de cables per connectar les diverses turbines i cables per la connexió del continent, ha permès a Prysmian a participar en els grans

projectes ja desenvolupats o en desenvolupament, marcant una sèrie de fites en aquest sector de la indústria.

Prysmian també dona suport a la indústria petroquímica amb una àmplia gamma de productes d'alta tecnologia. Un acord estratègic de cooperació tècnica amb Petrobras ha introduït Prysmian en el sector d'alta tecnologia de tubs flexibles per a l'extracció de petroli, cosa que, combinat amb la producció actual dels cables umbilicals per a les plataformes petrolieres en alta mar, li permet oferir als operadors de petroli, gas i petroquímiques una gamma completa de productes i serveis de SURF (Subsea Umbilical, Riser and Flowline). Des Brasil fins el Golf de Mèxic, des del Mar Caspi fins al Golf Pèrsic, del Mar del Nord al Sud Est d'Àsia, Prysmian cables i sistemes sosté els projectes internacionals més importants del desenvolupament en el sector del petroli i del gas.

En el sector del transport, Prysmian ha cablejat els vaixells més grans del món o els trens més ràpids, com els dissenyats per Alstom i Siemens, i els sistemes de metro més innovadors, com el d'Istanbul capaç de transportar milions de passatgers al dia. En el sector de la construcció, els cables resistents al foc de Prysmian es poden trobar al cor de les més espectaculars i avantguardistes obres, com l'estadi de tennis de Wimbledon, el Burj Khalifa a Dubai, l'edifici més alt del món i la ciutat de Masdar als Emirats Àrabs, la primera ciutat neutra en carboni.

En el sector de les telecomunicacions cables, l'empresa realitza els projectes més avançats de "Fibre To The Home" per a líders mundials com Verizon a Estats Units i dona suport als principals operadors d'Amèrica Llatina, Europa, Orient Mitjà i Àsia per les millores de la seva xarxa. A Rússia, el Grup ha instal·lat un punt de referència de 1.000 km de cables de fibra òptica gràcies a un projecte de registre per al cablejat d'un Ciutats més grans de Sibèria.

Gràcies a aquesta trajectòria única, Prysmian es pot presentar a tot el món com un soci d'elecció per al desenvolupament d'infraestructura en dos dels sectors més estratègics: energia i telecomunicacions.

5. EL PROCÈS

La planta de producció Cavigel de Prysmian que hi ha a Vilanova i la Geltrú es dedica exclusivament a la producció de cables aïllats de baixa tensió. El cable amb la secció més gran és el de 50 mm² de diàmetre. Tot i que normalitzats hi hagi de més grans, en aquesta planta aquest és el més gran que es produeix.

Els cables que fabriquen són de coure o d'alumini. Bàsicament, el 90% dels cables produïts a Cavigel són de coure, i per tant aquest és el procés descrit a continuació. Tot i això el procediment en el cas de l'alumini és el mateix.

A la vegada, cal distingir dos processos: el de producció de cable de coure o alumini rígid o el de producció de cable de coure o alumini flexible. Pel cas de l'alumini, la seva sortida és únicament en forma rívida, mentre que pel cas del coure tant pot ser tant rívida com flexible. No obstant aquesta diferenciació del producte, cal esmentar que el procés de fabricació és el mateix amb l'excepció que el cable elèctric rígid no és produït íntegrament en aquesta planta de producció, és a dir, no es duen a terme totes les accions, només s'intervé en una part del procés.

És per aquests motius que el procés que es descriu a continuació és el de producció de cable elèctric de coure flexible.

5.1. Procés de fabricació del cable elèctric

El procés productiu del cable elèctric de coure parteix de la matèria prima, el coure, adquirit en forma de corda nua rívida enrotllada de 8 mm de diàmetre i que s'anomena *Jumbo*. Cada un d'aquests *Jumbos* són d'aproximadament unes 5 tones.

El procés comença doncs amb el desenrotllament d'aquests *Jumbos* i el posterior estirament. El primer pas de tots és el de trefilaria.

L'operació de trefilar consisteix en la reducció de la secció d'un filferro. En aquest cas, els *Jumbos* de 8 mm de diàmetre són estirats, allargats i aprimats fins a un diàmetre de 1,74 mm. Això s'aconsegueix conduint el cable per una sèrie de matrius que el tensen i l'estiren de



Imatge 3. Jumbo

manera que el diàmetre disminueix a mesura que la longitud augmenta. Normalment el filament de coure necessita de varis estiraments, és per això que aquesta acció es repeteix en diferents matrius cada vegada més petites per aconseguir el diàmetre desitjat, en aquest cas de 1,74 mm. Un cop assolit aquest nou diàmetre, el filament és enrotllat en bobines. Al final, de cada *Jumbo*, se'n extreuen unes 5 bobines de filament amb el nou diàmetre.

Un cop bobinada, la corda torna a passar per un altre procés de trefilaria. Aquest cop la corda de 1,74 mm de diàmetre és convertida en filaments de diàmetres de 0,26 mm, 0,30 mm i 0,40 mm. En aquesta part del procés de trefilaria els filaments són estirats simultàniament en grups de 8 o 12.

En el cas de voler filaments diàmetres de 0,26 mm, se'n agrupen 8. En els altres dos casos, pels diàmetres de 0,30 i 0,40 mm, s'agrupen en grups de 12. Això es fa així per tal d'agrupar varis conjunts d'aquests filament i així aconseguir els diversos cables de seccions normalitzades.



Imatge 4. Trefiladores

Així doncs, un cop agrupats els 8 filaments de 0,26 mm o els 12 filaments de 0,30 o 0,40 mm es procedeix a fer les formacions. Aquest pas del procés es duu a terme a les *cavallers*, les màquines encarregades de trenar diferents nombres de bobines d'aquests grups de filaments per formar els cables de seccions normalitzades. En la següent taula es mostren els valors necessaris per a formar cada un d'aquests cables:

SECCIÓ NORMALITZADA (mm ²)	NOMBRE DE FILAMENTS	DIÀMETRE DEL FILAMENT (mm)	NOMBRE DE BOBINES
1,5	8	0,26	3
2,5	8	0,26	5
4	12	0,30	4
6	12	0,30	6
10	12	0,40	6
16	12	0,40	9
25	12	0,40	14
35	12	0,40	20
50	12	0,40	28

Una vegada arribats a aquest punt, el cable ja és un conjunt de filaments i té el diàmetre requerit per a cada secció. El següent pas és el de recobrir-lo d'aïllament.

Depenent del destí del cable que es fabrica, el recobriment d'aïllament serà diferent i, per tant, cal especificar els dos cassos possibles amb els que ens podem trobar.

En el primer dels casos el destí del cable és ser un cable unipolar. En aquest cas el cable, amb nom comercial AFUMEX (750 V) o bé WIREPOL, és recobert d'aïllament d'EPR (etilè – propilè) o PVC (policlorur de vinil), respectivament. Per aquest tipus de cables es destinen les màquines *extrusores* Maillefer 2 i Maillefer 3. L'extrusió és la fase del procés en la que s'afegeix l'aïllament al cable. Això s'aconsegueix escalfant l'aïllament i conduint-lo, ja fos, a través d'uns motlles encaixats al voltant del cable que va circulant a certa velocitat. Aquest aïllament, s'enganxa a la superfície de la corda i s'aconsegueix així el cable tal i com el coneixem. L'extrusió del cable té dos parts: una primera extrusió de color blanc que és la que dona el gruix principal de l'aïllament, i una segona extrusió que li dona el color exterior útil per a la diferenciació. Tot i que les dos parts aïllin igual, és per qüestions econòmiques que es colora només l'exterior. Un cop refredat el cable es torna a bobinar i es dona per finalitzada l'extrusió. Acabada l'extrusió es disposa el cable per a l'empaquetament i al posterior emmagatzematge que és on finalitza el procés.



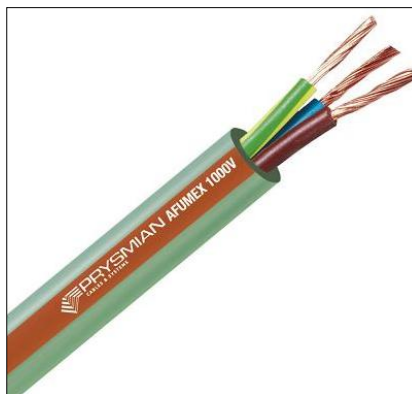
Imatge 5. Cable unipolar

En el segon dels cassos, el destí del cable és formar part d'una mànega, una agrupació de varis cables (cable multipolar). En aquest altre cas, el cable s'aïlla amb aïllant XLPE (polietilè reticulat). Aquesta extrusió es duu a terme a la màquina extrusora Maillefer 1 de la planta. Quant ha finalitzat aquesta primera extrusió del cable, que segueix el mateix procés que en el cas del cable anterior, aquest és dirigit cap a la següent etapa que consisteix en reunir els diferents cables que formaran la mànega.

Així doncs, per a preparar un cable multipolar, és a dir, una mànega de cables, és necessari tenir cada un dels cables unipolars que formaran la mànega aïllats. Quant aquests ho estan, s'agrupen o es reuneixen en grups de 2, 3, 4 o fins a 5 cables. D'aquesta manera, a les màquines *reunidores* és duu a terme la fase de trenar el cable de la mateixa manera que s'ha fet anteriorment en les formacions que realitzaven les màquines *cavallers*.

Un cop el cable trenat i disposat en bobines, aquest torna a repetir el procés d'extrusió. En la planta hi ha dos màquines encarregades d'aquesta fase: la Nokia, per a principalment AFUMEX (1000 V) que està aïllat amb EPR, i la Tecnocable, per a principalment RETENAX IRIS (1000 V) i que està aïllat amb PVC. Aquesta segona extrusió està generada per 3 extrusores: la principal, encarregada de donar-li el cos de l'aïllament i que és de color blanc; l'extrusora auxiliar, encarregada de donar-li el color exterior i la tercera extrusora, encarregada de dibuixar una fina línia d'un altre color que el color base. Aquesta combinació dels dos colors (el color base i el color de la línia) serveixen per a l'instal·lador visualment reconèixer quin tipus de cable es tracta i quines dimensions té. Una altra vegada, el cable és refredat i es torna a bobinar.

Arribats a aquest tram final del procés, hi ha la possibilitat de que la mànega sigui empaquetada per a la venda de petites quantitats, o bé que es disposi en bobines per al seu transport i distribució en grans quantitats. En el primer cas, una última màquina, la *Müller*, s'encarrega de deixar el producte acabat precintant-lo en paquets de 100 m. En el segon dels casos, l'operari prepara i tanca la bobina, on s'ha estacionat el cable en acabar la fase d'extrusió i després del refredament, per a la seva expedició.



Imatge 6. Cable multipolar

5.2. Ubicació de la màquina dins del procés productiu

En l'apartat anterior, s'ha descrit el procés general que se segueix per a la fabricació del cable elèctric de baixa tensió a la fàbrica Cavigel de Prysmian a Vilanova i la Geltrú.

No obstant això, aquest projecte es basa en l'automatització de la línia encarregada del procés d'extrusió de l'aïllament de les mànegues de cable descrit anteriorment. Aquesta màquina, *Tecnocable* o *Línia 6*, com s'ha descrit anteriorment, només treballa en el cas que el destí del cable sigui formar part d'una agrupació i per tant, se situa la màquina entre el procés de reunir varis cables unipolars ja aïllats i la fase d'empaquetament o expedició.

A continuació, es detalla el funcionament d'aquesta màquina.

5.2.1. Descripció del procés productiu de la màquina

La *Tecnocable* o la *Línia 6* és la màquina en qüestió a automatitzar. Aquesta màquina és l'encarregada del procés de coberta dels cables multipolars, així doncs, es parteix del punt on ha acabat la màquina reunidora de trenar els diversos cables unipolars que formaran la mànega. En aquest punt d'inici de la *Tecnocable* ens trobem els cables trenats i disposats en bobines.



Imatge 7. Cables unipolars trenats

Al principi de la màquina es troben dos desbobinadores. La seva missió consisteix en fer girar la bobina amb els cables unipolars trenats per tal de subministrar a la màquina i per desenrotllar el cable. Només funciona una d'elles cada vegada, mai les dos a la vegada, però per tal de que el canvi de bobina no suposi haver de parar el procés per més temps del necessari, donat que es triga un cert temps degut al seu volum i pes, es disposen de dos així mentre una funciona es pot carregar l'altre i aquesta substitució és més ràpida. Ambdues tenen incorporats un paro d'emergència cada una, que en cas d'emergència pararien tota la màquina.



Imatge 8. Desbobinadores

El primer que caldrà fer amb aquest cable trenat és la lectura del diàmetre, però abans és conduït per un volant d'alimentació que ens ajudarà a mantenir la tensió adequada del cable i després és conduït per un *pulmó* que servirà d'estacionament en cas de parar la màquina o en cas d'haver de canviar una bobina i que també ajudarà a regular la tensió.

Els *pulmons* són un grup de politges lliures, unides pel mateix eix. Les politges lliures permeten al cable lliscar i no li provoquen cap resistència, a excepció del fregament. Mentrestant, l'eix es pot desplaçar o bé quedar-se estàtic. Un conjunt *pulmó*, està format per dos eixos cada un amb les seves politges. Un dels eixos és estàtic mentre que l'altre té moviment.

Imatge 9. Pulmó



Imatge 10. Recorregut pulmó

Aquest primer *pulmó* del sistema té la missió de tenir cable emmagatzemat i de servir-lo a la màquina en els moments en que les desbobinadores estiguin aturades. És per això que la posició ideal d'aquest *pulmó* és normalment oberta, així doncs, en cas de requeriment o necessitat pot funcionar correctament tancant-se i subministrant així cable a la màquina. També, un dels altres factors que determinarà la seva utilització és la tensió del cable. És possible, que en cas d'existir una tensió inadequada del cable aquesta es reajusti determinant la posició d'aquet *pulmó*. Per a controlar el recorregut del pulmó hi ha sensors de posició instal·lats al llarg de la guia en la qual es mou. Per evitar qualsevol desperfecte en cas de fallar el sistema, també hi ha instal·lats finals de cursa als extrems que evitarien una situació indesitjable tot parant el pulmó i un paro d'emergència per ser accionat pels operaris de la màquina en cas d'emergència i que pararia tota la línia.

Un cop passats el volant d'alimentació i el *pulmó* aleshores es pren la mesura del diàmetre amb un lector òptic. Aquesta és una acció complicada donat que la secció del cable no és circular en

aquests moments ja que està trenat. Aquesta mesura es realitza amb un capçal de medició de la marca Zumbach. Aquest element de mesura indica el diàmetre que servirà per a mesurar i regular l'extrusió.



Imatge 11. Lector diàmetre Zumbach ODAC 34 XY

A continuació, el següent pas és el d'afegir l'aïllament. Això s'aconsegueix a partir de 3 màquines extrusores.

L'extrusió és el procés pel qual es creen objectes de secció transversal definida i fixa. En aquest cas es tracta d'una extrusió continua en la qual el cable trenat passa a través dels motlles que donen forma a aquesta extrusió (més o menys grans en funció del diàmetre requerit) i a través d'aquests l'aïllament fos, degut a les altes temperatures a les que es porta a terme el procés, és adherit a la superfície del cable.

En aquesta fase de la producció, normalment, es requereixen de tres extrusores. La primera de totes ens proporciona teòricament la major quantitat d'aïllament, d'un color base o neutre (blanc). Per qüestions econòmiques, només la capa de sobre és de color. Així doncs, la segona extrusora ens proporciona el color del cable en una capa exterior més fina que l'anterior. Aquest color serveix per distingir quin tipus de cable és i facilitar-ne a l'instal·lador la seva identificació. Per acabar, la majoria de cables, tot i que no sempre, també incorporen una fina línia d'un color diferent al color de la segona extrusió que serveix per indicar el diàmetre del cable a l'instal·lador i que d'una manera visual sigui capaç de distingir-ho. Aquesta fina línia s'aconsegueix amb la tercera màquina extrusora.

En el procés d'extrusió, la temperatura és un factor molt important i a tenir en compte. S'aconsegueix augmentar-la a través d'unes resistències en contacte amb el material. Degut al

corrent que circula a través d'elles i per efecte Joule s'escalfen. És important doncs que en cap moment la temperatura excedeixi el màxim desitjat, i, per tant, hi ha un conjunt de ventiladors incorporats a cada extrusora, però controlats independentment, que s'activen en quan alguna de les zones supera el màxim de graus de temperatura adequat per al procés.



Imatge 12. Extrusora 2 i ventiladors.

Així doncs, com que aquesta acció d'afegir l'aïllament es fa a altes temperatures, seguidament es torna a fer una lectura del diàmetre. De la mateixa manera que l'anterior en fred, es mesura el diàmetre del cable amb un lector de diàmetre Zumbach. Aquesta lectura no és la definitiva, donat que un cop refredat el diàmetre disminueix. Igualment, aquesta lectura ajudarà en la decisió de possibles defectes i a la regulació de la velocitat del cable.

Seguidament, i abans que el cable sigui refredat, se li inscriu una inscripció cada certa longitud on podem trobar dades del cable.

Un cop inscrit, es procedeix a refredar. Aquest procediment consisteix en fer passar el cable calent per un circuit refrigerant. Durant varis metres el cable passa a través d'aigua a una temperatura més baixa i gràcies a la diferència tèrmica s'extreu el cable a temperatura aproximadament ambient.

Una altra vegada, s'obté una tercera mesura del diàmetre del cable aquest cop ja refredat. Aquesta mesura si que és la definitiva ja que el cable no ha de ser tractat més. La mesura, extreta d'un altre lector de diàmetre Zumbach, servirà, amb ajuda de les anterior lectures, per regular el valor de la velocitat lineal a la qual circula el cable.

Finalitzada l'última lectura del diàmetre del cable, encara és escanejat per un últim sensor que detecta qualsevol deformitat o bony en la mànega. Això s'aconsegueix amb un detector de

defectes de la marca Sikora, mostrat en la següent imatge. El detector envia una senyal a l'autòmat en cas de detectar alguna imperfecció.



Imatge 13. Detector de bonys Sikora

Finalment, un cop ja es té el cable amb l'aïllament, se seguiran els últims passos que serviran per a conduir el cable cap a la bobina de nou.

Així doncs, després d'haver mesurat el diàmetre del cable en fred, el cable passa per un altre volant que juntament amb el del principi és el que manté la tensió del cable. Després torna a passar per un altre *pulmó* i finalment és conduït a bobinar-lo. Aquests tres elements, els volants i el segon *pulmó*, disposen també de interruptors d'emergència que paren la màquina en quan s'activen per part de l'operari i com a mesura de seguretat.

En aquest segon *pulmó*, tot i tenir la mateixa estructura constructiva que el primer, té el funcionament i la missió inversa. En aquest cas el *pulmó* té la missió d'emmagatzemar cable en el cas que les bobinadores finals es parin i, d'aquesta manera, no haver d'aturar completament la màquina. Òbviament, si comparteix amb el primer, la funció d'ajudar a regular la tensió. Tot i això, aquest interessa que es mantingui en posició tancada per en cas d'emergència o de requeriment estar disponible per obrir-se i estacionar cable.

El procediment de bobinar-lo és fa amb la ajuda d'un sistema guia-fil que va guiant el cable en horitzontal de dreta a esquerra, mentre que una bobinadora va girant.

Aquest sistema guia-fil consisteix en el desplaçament d'una base amb dos barres (guies) a través d'un eix, paral·lel a la bobina, i que gràcies al moviment repetitiu horitzontal, va servint per distribuir el cable uniformement en la bobina per tal de no patir acumulacions en certes zones i que així es distribueixi equitativament. Aquest desplaçament es direcciona gràcies a un parell de

finals de cursa que envien la senyal d'inversió de gir al motor perquè retorni a l'anterior posició. També, com a mesura de seguretat, existeixen dos finals de cursa més en cas de sobrepassar la longitud màxima de desplaçament d'aquesta guia i que accionarien el paro immediat de tota la màquina.



Imatge 14. Bobinadora i guia-fil

De la mateixa manera que en el principi de la línia, al final també es disposa de dos màquines bobinadores perquè, en cas de canvi, sigui necessari el mínim de temps possible de parada de la màquina. Aquestes, oposadament a les del principi, recullen el cable en bobines que ja estaran preparades o bé per a la seva expedició o bé per empaquetar.

6. ENTRADES I SORTIDES

Un cop descrit el procés de la màquina *Tecnocable*, a continuació es presenta i defineix el llistat d'entrades i sortides de la màquina. Aquestes es distingeixen en funció de si són de senyal analògica o digital i, per tant, se'ls hi assigna una numeració diferent tenint en compte l'autòmat.

6.1. Llistat entrades

NUMERACIÓ	ELEMENT	TIPUS
2015	Lector diàmetre 1 (cable trenat)	ANALÒGICA
2016	Lector diàmetre 2 (cable calent)	ANALÒGICA
2017	Lector diàmetre 3 (cable fred)	ANALÒGICA
2018	Sensor temperatura 1 - Extrusora 1	ANALÒGICA
2025	Sensor temperatura 2 - Extrusora 1	ANALÒGICA
2026	Sensor temperatura 3 - Extrusora 1	ANALÒGICA
2027	Sensor temperatura 4 - Extrusora 1	ANALÒGICA
2028	Sensor temperatura 5 - Extrusora 1	ANALÒGICA
2035	Sensor temperatura 6 - Extrusora 1	ANALÒGICA
2036	Sensor temperatura 7 - Extrusora 1	ANALÒGICA
2037	Sensor temperatura 8 - Extrusora 1	ANALÒGICA
2038	Sensor temperatura 9 - Extrusora 1	ANALÒGICA
2045	Sensor temperatura 1 - Extrusora 2	ANALÒGICA
2046	Sensor temperatura 2 - Extrusora 2	ANALÒGICA
2047	Sensor temperatura 3 - Extrusora 2	ANALÒGICA
2048	Sensor temperatura 4 - Extrusora 2	ANALÒGICA
2055	Sensor temperatura 5 - Extrusora 2	ANALÒGICA
2056	Sensor temperatura 6 - Extrusora 2	ANALÒGICA
2057	Sensor temperatura 1 - Extrusora 3	ANALÒGICA
2058	Sensor temperatura 2 - Extrusora 3	ANALÒGICA
2065	Sensor temperatura 3 - Extrusora 3	ANALÒGICA
2066	Sensor temperatura 4 - Extrusora 3	ANALÒGICA
2067	Sensor temperatura 5 - Extrusora 3	ANALÒGICA

2068	Sensor temperatura 6 - Extrusora 3	ANALÒGICA
2075	Sensor temperatura 7 - Extrusora 3	ANALÒGICA
2076	Dinamo tacomètrica desbobinadora 1	ANALÒGICA
2077	Dinamo tacomètrica desbobinadora 2	ANALÒGICA
2078	Dinamo tacomètrica extrusora 1	ANALÒGICA
2085	Dinamo tacomètrica extrusora 2	ANALÒGICA
2086	Dinamo tacomètrica extrusora 3	ANALÒGICA
2087	Dinamo tacomètrica volant 1	ANALÒGICA
2088	Dinamo tacomètrica volant 2	ANALÒGICA
2095	Dinamo tacomètrica bobinadora 1	ANALÒGICA
2096	Dinamo tacomètrica bobinadora 2	ANALÒGICA
2097	Dinamo tacomètrica PULMÓ 1	ANALÒGICA
2098	Dinamo tacomètrica PULMÓ 2	ANALÒGICA
2105	Potenciòmetre TENSIÓ	ANALÒGICA
0.00	Marxa	DIGITAL
0.01	Paro	DIGITAL
0.02	Elecció extrusora 2	DIGITAL
0.03	Elecció extrusora 3	DIGITAL
0.04	Elecció desbobinadora 1	DIGITAL
0.05	Elecció desbobinadora 2	DIGITAL
0.06	Elecció bobinadora 1	DIGITAL
0.07	Elecció bobinadora 2	DIGITAL
0.08	Paro emergència desbobinadora 1	DIGITAL
0.09	Paro emergència desbobinadora 2	DIGITAL
0.10	Paro emergència pulmó 1	DIGITAL
0.11	Paro emergència pulmó 2	DIGITAL
0.12	Paro emergència volant 1	DIGITAL
0.13	Paro emergència volant 2	DIGITAL
0.14	Paro emergència bobinadora 1	DIGITAL
0.15	Paro emergència bobinadora 2	DIGITAL
1.00	Final cursa 1 - Pulmó 1	DIGITAL
1.01	Sensor posició 1 - Pulmó 1	DIGITAL

1.02	Sensor posició 2 - Pulmó 1	DIGITAL
1.03	Final cursa 2 - Pulmó 1	DIGITAL
1.04	Final cursa 1 - Pulmó 2	DIGITAL
1.05	Sensor posició 1 - Pulmó 2	DIGITAL
1.06	Sensor posició 2 - Pulmó 2	DIGITAL
1.07	Final cursa 2 - Pulmó 2	DIGITAL
1.08	Detector bonys	DIGITAL
1.09	Final cursa 1 - Guia Fil 1	DIGITAL
1.10	Final cursa 2 - Guia Fil 1	DIGITAL
1.11	Final cursa 3 - Guia Fil 1	DIGITAL
1.12	Final cursa 4 - Guia Fil 1	DIGITAL
1.13	Final cursa 1 - Guia Fil 2	DIGITAL
1.14	Final cursa 2 - Guia Fil 2	DIGITAL
1.15	Final cursa 3 - Guia Fil 2	DIGITAL
2.00	Final cursa 4 - Guia Fil 2	DIGITAL
2.01	Sensor aïllament 1	DIGITAL
2.02	Sensor aïllament 2	DIGITAL
2.03	Sensor aïllament 3	DIGITAL

6.2. Llistat sortides

NUMERACIÓ	ELEMENT	TIPUS
2011	Motor desbobinadora 1	ANALÒGICA
2012	Motor desbobinadora 2	ANALÒGICA
2021	Motor bobinadora 1	ANALÒGICA
2022	Motor bobinadora 2	ANALÒGICA
2031	Motor extrusora 1	ANALÒGICA
2032	Motor extrusora 2	ANALÒGICA
2041	Motor extrusora 3	ANALÒGICA
2042	Volant 1	ANALÒGICA
2051	Volant 2	ANALÒGICA

2052	Tancar pulmó 1	ANALÒGICA
2061	Obrir pulmó 1	ANALÒGICA
2062	Obrir pulmó 2	ANALÒGICA
2071	Tancar pulmó 2	ANALÒGICA
3.00	Motor guia-fil 1 a posició 1	DIGITAL
3.01	Motor guia-fil 1 a posició 2	DIGITAL
3.02	Motor guia-fil 2 a posició 1	DIGITAL
3.03	Motor guia-fil 2 a posició 2	DIGITAL
3.04	Ventilador refredament 1 – Extrusora 1	DIGITAL
3.05	Ventilador refredament 2 – Extrusora 1	DIGITAL
3.06	Ventilador refredament 3 – Extrusora 1	DIGITAL
3.07	Ventilador refredament 4 – Extrusora 1	DIGITAL
3.08	Ventilador refredament 5 – Extrusora 1	DIGITAL
3.09	Ventilador refredament 1 – Extrusora 2	DIGITAL
3.10	Ventilador refredament 2 – Extrusora 2	DIGITAL
3.11	Ventilador refredament 3 – Extrusora 2	DIGITAL
3.12	Ventilador refredament 4 – Extrusora 2	DIGITAL
3.13	Ventilador refredament 1 – Extrusora 3	DIGITAL
3.14	Ventilador refredament 2 – Extrusora 3	DIGITAL
3.15	Ventilador refredament 3 – Extrusora 3	DIGITAL
4.00	Ventilador refredament 4 – Extrusora 3	DIGITAL
4.01	Engegar desbobinadora 1	DIGITAL
4.02	Engegar desbobinadora 2	DIGITAL
4.03	Engegar bobinadora 1	DIGITAL
4.04	Engegar bobinadora 2	DIGITAL
4.05	Engegar extrusora 1	DIGITAL
4.06	Engegar extrusora 2	DIGITAL
4.07	Engegar extrusora 3	DIGITAL
4.08	Engegar volant 1	DIGITAL
4.09	Engegar volant 2	DIGITAL
4.10	Engegar pulmó 1	DIGITAL

4.11	Engegar pulmó 2	DIGITAL
4.12	Engegar guia-fil 1	DIGITAL
4.13	Engegar guia-fil 2	DIGITAL
4.14	Parar bobinadora 1	DIGITAL
4.15	Parar bobinadora 2	DIGITAL
5.00	Parar desbobinadora 1	DIGITAL
5.01	Parar desbobinadora 2	DIGITAL
5.02	Parar extrusora 1	DIGITAL
5.03	Parar extrusora 2	DIGITAL
5.04	Parar extrusora 3	DIGITAL
5.05	Parar volant 1	DIGITAL
5.06	Parar volant 2	DIGITAL
5.07	Parar pulmó 1	DIGITAL
5.08	Parar pulmó 2	DIGITAL
5.09	Parar guia-fil 1	DIGITAL
5.10	Parar guia-fil 2	DIGITAL
5.11	Parar Ventilador refredament 1 – Extrusora 1	DIGITAL
5.12	Parar Ventilador refredament 2 – Extrusora 1	DIGITAL
5.13	Parar Ventilador refredament 3 – Extrusora 1	DIGITAL
5.14	Parar Ventilador refredament 4 – Extrusora 1	DIGITAL
5.15	Parar Ventilador refredament 5 – Extrusora 1	DIGITAL
6.00	Parar Ventilador refredament 1 – Extrusora 2	DIGITAL
6.01	Parar Ventilador refredament 2 – Extrusora 2	DIGITAL
6.02	Parar Ventilador refredament 3 – Extrusora 2	DIGITAL
6.03	Parar Ventilador refredament 4 – Extrusora 2	DIGITAL
6.04	Parar Ventilador refredament 5 – Extrusora 2	DIGITAL
6.05	Parar Ventilador refredament 1 – Extrusora 3	DIGITAL
6.06	Parar Ventilador refredament 2 – Extrusora 3	DIGITAL
6.07	Parar Ventilador refredament 3 – Extrusora 3	DIGITAL
6.08	Parar Ventilador refredament 4 – Extrusora 3	DIGITAL

6.3. Llistat de marques

NUMERACIÓ	DESCRIPCIÓ
W0.00	Marca inicial
W0.01	Engega el Pulmó 1
W0.02	Engega el Pulmó 2
W0.03	Espera
W0.04	Esèra
W0.05	Activa Tensió: engega el Volant 1 i el Volant 2
W0.06	Engega Desbobinadora 1
W0.07	Engega Desbobinadora 2
W0.08	Engega Bobinadora 1 i el Guia-Fil 1
W0.09	Engega Bobinadora 2 i el Guia-Fil 2
W0.10	Espera
W0.11	Espera
W0.12	Espera
W0.13	Espera
W0.14	Engega l'Extrusora 1
W0.15	Engega l'Extrusora 2
W1.00	Marca de Paro
W1.02	Engega l'Extrusora 3
W1.03	Espera
W1.04	Frena o atura el Pulmó 1
W1.05	Parar el Pulmó 1
W1.06	Espera
W1.07	Espera
W1.08	Espera
W1.09	Tanca el Pulmó 2
W1.10	Obre el Pulmó 2
W1.11	Para el Pulmó 2
W1.12	Espera
W1.13	Espera

W1.14	Espera
W1.15	Impulsa a posició 1 el Guia-Fil 1
W2.00	Impulsa a posició 2 el Guia-Fil 2
W2.01	Para el Guia-Fil 1
W2.02	Impulsa a 1 el Guia-Fil 1
W2.03	Para el Guia-Fil 1
W2.04	Espera
W2.05	Espera
W2.06	Impulsa a posició 1 el Guia-Fil 2
W2.07	Impulsa a posició 2 el Guia-Fil 2
W2.08	Para el Guia-Fil 2
W2.09	Impulsa a posició 1 el Guia-Fil 2
W2.10	Para el Guia-Fil 2

6.4. Elements

A continuació es descriuran els diferents motors i sensors que s'utilitzen durant el procés i que anteriorment ja s'han classificat.

➤ Desbobinadora 1

Tipus	Tensió	Freqüència
Corrent Altern	380 V	50 Hz
Potència	Corrent	
9 kW	17,8 A	

➤ Desbobinadora 2

Tipus	Tensió	Freqüència
Corrent Altern	380 V	50 Hz
Potència	Corrent	
9 kW	17,8 A	

➤ Volant 1

Tipus	Tensió	Freqüència
Corrent Continu	400 V	50 Hz
Potència	Corrent	
19 kW	56 A	

➤ Pulmó 1

Tipus	Tensió	Freqüència
Corrent Altern	400 V	50 Hz
Potència	Corrent	
3 kW	6,4 A	

➤ Extrusora 1

Tipus	Tensió	Freqüència
Corrent Continu	440 V	50 Hz
Potència	Corrent	
132 kW	327 A	

➤ Extrusora 2

Tipus	Tensió	Freqüència
Corrent Continu	440 V	50 Hz
Potència	Corrent	
92 kW	327 A	

➤ Extrusora 3

Tipus	Tensió	Freqüència
Corrent Continu	400 V	50 Hz
Potència	Corrent	
5,3 kW	21 A	

➤ Volant 2

Tipus	Tensió	Freqüència
Corrent Continu	440 V	50 Hz
Potència	Corrent	
7,4 kW	19 A	

➤ Pulmó 2

Tipus	Tensió	Freqüència
Corrent Altern	400 V	50 Hz
Potència	Corrent	
3 kW	6,4 A	

➤ Bobinadora 1

Tipus	Tensió	Freqüència
Corrent Continu	400 V	50 Hz
Potència	Corrent	
6,9 kW	19,8 A	

➤ Guia-Fil 1

Tipus	Tensió	Freqüència
Corrent Altern	400 V	50 Hz
Potència	Corrent	
1,5 kW	3,6 A	

➤ Bobinadora 2

Tipus	Tensió	Freqüència
Corrent Continu	400 V	50 Hz
Potència	Corrent	
6,9 kW	19,8 A	

➤ Guia-Fil 2

Tipus	Tensió	Freqüència
Corrent Altern	400 V	50 Hz
Potència	Corrent	
1,5 kW	3,6 A	

- Tots els sensors de temperatura són sensors Pt100.
- Tots els finals de cursa són, de la marca Schneider, el model ZCP21.
- Els lectors de diàmetre són ZUMBACH ODAC 34 XY.
- El detector de bonys és de la marca SIKORA INDUSTRIA ELEKTRONIK el model LUMP 2000.
- Els interruptors de parada d'emergència són de la marca Telemecanique, el model XB4 BS542

7. L'AUTÒMAT

Un autòmat programable o controlador lògic programable (PLC) és una màquina electrònica dissenyada per a controlar en temps real, i en medi industrial, processos seqüencials.

Per a la realització d'aquest projecte d'automatització, l'autòmat elegit ha estat el OMRON CJ1M – CPU23. Aquest és un autòmat d'estructura modular americana, és a dir, divideix les seves parts en diferents mòduls i, a més a més, separa les seves entrades i sortides de l'autòmat.



Imatge 15. Autòmat programable OMRON CJ1M-CPU23

Aquesta elecció ha estat determinada en funció de les entrades i sortides necessàries per aquest sistema. També s'ha tingut en compte el que ofereix la CPU de l'autòmat: una bona relació preu-prestacions i l'eficàcia que té en referència a la potència de processament. En comparació amb altres CPUs per a la sèrie CJ1M d'autòmats, la CPU23 ofereix la mateixa potència en un format molt més compacte i igualment ampliable. La memòria i la capacitat d'entrades i sortides és l'adequada per al nostre sistema ja que, a part de les entrades i sortides digitals que ofereix, permet la incorporació de fins a 20 mòduls més d'entrades i sortides.

Un altre factor que determina l'elecció d'aquest autòmat és la fiabilitat de la marca OMRON. Tots els productes de la marca OMRON venen programats i configurats pel mateix software, per tant, en cas d'haver-hi la necessitat de substituir aquest autòmat, ja sigui en possibles ampliacions futures substituint-lo per un altre amb major capacitat o en cas de fallida, elegint aquesta marca d'autòmat la facilitat d'adaptació d'un nou element de la mateixa marca està garantit encara que el model sigui diferent.

En la següent taula es mostren les principals característiques de la unitat CJ1M-CPU23:

Capacitat de E/S digitals	Capacitat de programa	Memòria de dades	Temps d'execució de les instruccions	E/S incorporades
640 punts	20 Kpasos	32 K	100 ns	10 entrades + 6 sortides, inclosos comptadors d'alta velocitat i sortides d'impulsos

En l'Annex I, es troba el *datasheet* d'aquest model de CPU amb les dades característiques.

7.1. Mòduls

Tot i que la CPU elegida sigui adequada per a aquesta aplicació, per si mateixa no té suficients entrades i sortides analògiques com el procés requereix. Així doncs, serà ampliada amb varis mòduls.

7.1.1. Analògics

El model de mòdul analògic elegit és el CJ1W-MAD42. Aquest s'adapta a qualsevol autòmat CJ1 i, per tant, s'adapta al elegit.



Imatge 16. Mòdul d'entrades i sortides analògic, OMRON CJ1W-MAD42

Les principals característiques d'aquest model de mòdul analògic són:

Punts	Rangs de senyal	Resolució	Precisió	Temps de conversió
4 Entrades + 2 Sortides	1 a 5 V 0 a 5 V 0 a 10 V -10 a 10 V 4 a 20 mA	1/8000	Entrades: 0.2% Sortides: 0.3%	1 ms/punt

En aquest projecte, el nombre d'entrades i sortides analògiques és de:

- 37 entrades analògiques
- 13 sortides analògiques

Tenint en compte que cada mòdul disposa de 4 entrades i 2 sortides analògiques es disposarà de 7 mòduls d'aquest model. Tot i això, com que sempre s'han de tenir en compte possibles ampliacions i s'han de considerar alguna entrada i sortida de més com a reserva, s'instal·laran el mínim nombre de mòduls necessaris com per cobrir les necessitats i poder deixar-ne un mínim del 10% d'entrades i sortides lliures com a reserva.

En la següent taula queden reflectits els valors que ho determinen:

Nombre entrades	Entrades/mòdul	Nombre de mòduls	Nombre d'entrades lliures	Entrades lliures %	TOTAL MÒDULS A INSTAL·LAR
37	4	10	3	7%	
Nombre sortides	Sortides/mòdul	Nombre de mòduls	Nombre de sortides lliures	Sortides lliures %	11
13	2	7	1	7%	

El valor de mòduls totals a instal·lar ve determinat pel màxim nombre de mòduls entre els d'entrada i sortida donat que cada mòdul incorpora entrades i sortides en el mateix, i no per separat com en el cas de les senyals digitals. Finalment, s'ha ampliat en 1 unitat el nombre de mòduls màxims necessitats (en aquest cas, per a les entrades) ja que tant en el cas de les entrades com en el cas de les sortides no s'arribava al mínim percentatge d'entrades i sortides de reserva.

En l'Annex II, es troba les fulles de característiques d'aquest mòdul analògic.

7.1.2. Digitals

Pel que fa a les entrades i sortides digitals s'han elegit els models de mòduls digitals ID211 i OD212 com a mòduls d'entrades i sortides digitals respectivament.



Imatge 18. Mòdul de sortides digitals, OMRON OD212



Imatge 17. Mòdul d'entrades digitals, OMRON ID211

Les principals característiques del mòdul d'entrades digitals ID211 són les següents:

Punts	Tensió i corrent d'entrada	Nombre de paraules assignades	Temps de resposta ON	Temps de resposta OFF
16 entrades	24 VDC, 7 mA	1 paraula	8.0 ms màxim	8.0 ms màxim

Les principals característiques del mòdul de sortides digitals OD212 són les següents:

Punts	Tensió i corrent d'entrada	Nombre de paraules assignades
16 sortides	De 12 a 24 VDC, 0.5 A	1 paraula

En el cas d'aquest projecte, la dimensió d'entrades i sortides és la següent:

- 36 entrades digitals
- 57 sortides digitals

Per tant, sabent que cada mòdul d'entrada i de sortides accepta fins a un total de 16 punts diferents, en total s'hauran d'instal·lar 4 mòduls de sortides i 3 mòduls d'entrades. Així com en el cas dels mòduls analògics es tenia en compte un petit nombre d'entrades i sortides com a reserva per a possibles ampliacions o per cas de problemes tècnics, en el cas dels mòduls d'entrades i sortides digitals es pren la mateixa mesura. Contant un mínim d'un 10% d'entrades i sortides lliures, es comprova que no caldrà afegir cap mòdul més de reserva.

A la següent taula es presenten els valors reals necessaris i els valors finals a instal·lar:

Nombre entrades digitals	Entrades/mòdul	Nombre de mòduls necessaris	Nombre d'entrades lliures	Entrades lliures en %	TOTAL MODULS A INSTAL·LAR
36	16	3	12	25	3
Nombre sortides digitals	Sortides/mòdul	Nombre de mòduls necessaris	Nombre de sortides lliures	Nombre de sortides lliures en %	TOTAL MODULS A INSTAL·LAR
57	16	4	7	11	4

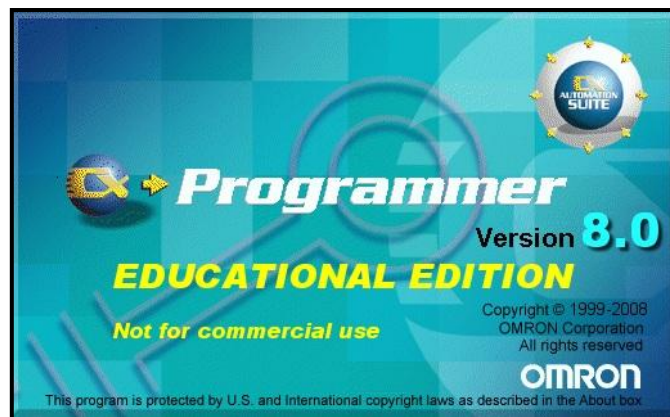
En l'Annex III i l'Annex IV es troben els *datasheets* dels mòduls digitals ID211 i OD212 respectivament.

8. PROGRAMACIÓ

En aquest apartat es descriurà la programació realitzada per a l'automatització d'aquest projecte. A més a més, es presenta el programa CX-Programmer, el software de la marca OMRON per a la programació dels seus PLCs.

8.1. Programa

Per a la programació de l'autòmat s'ha utilitzat el software que la marca OMRON proporciona per a la programació dels seus productes, el CX-Programmer. En aquest cas la versió ha estat la 8.0 en edició educativa.

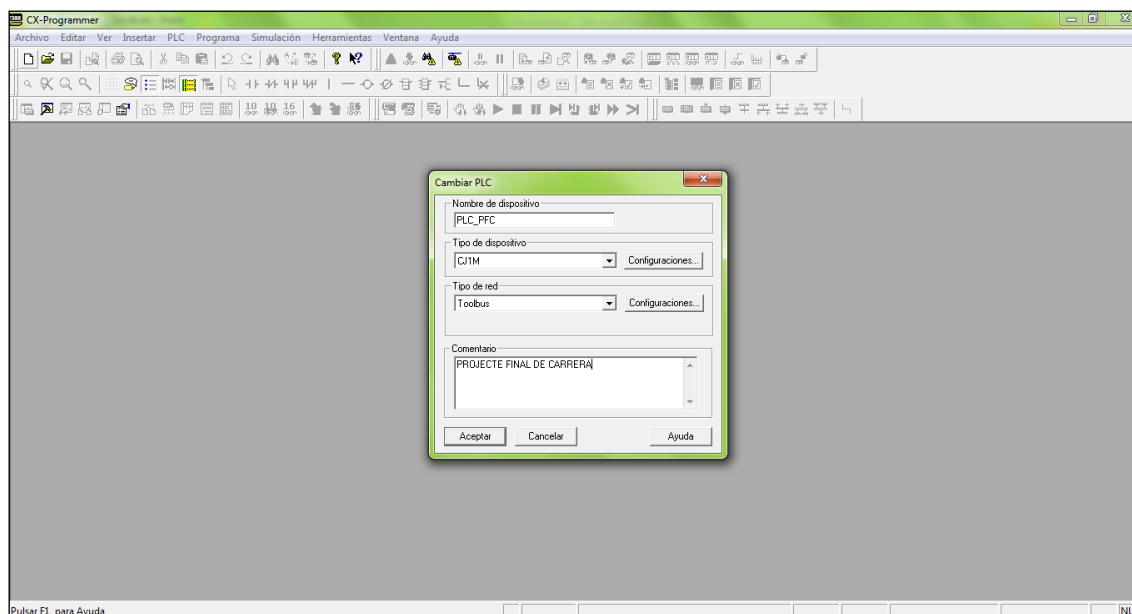


8.1.1. Funcionament del programa CX-Programmer.

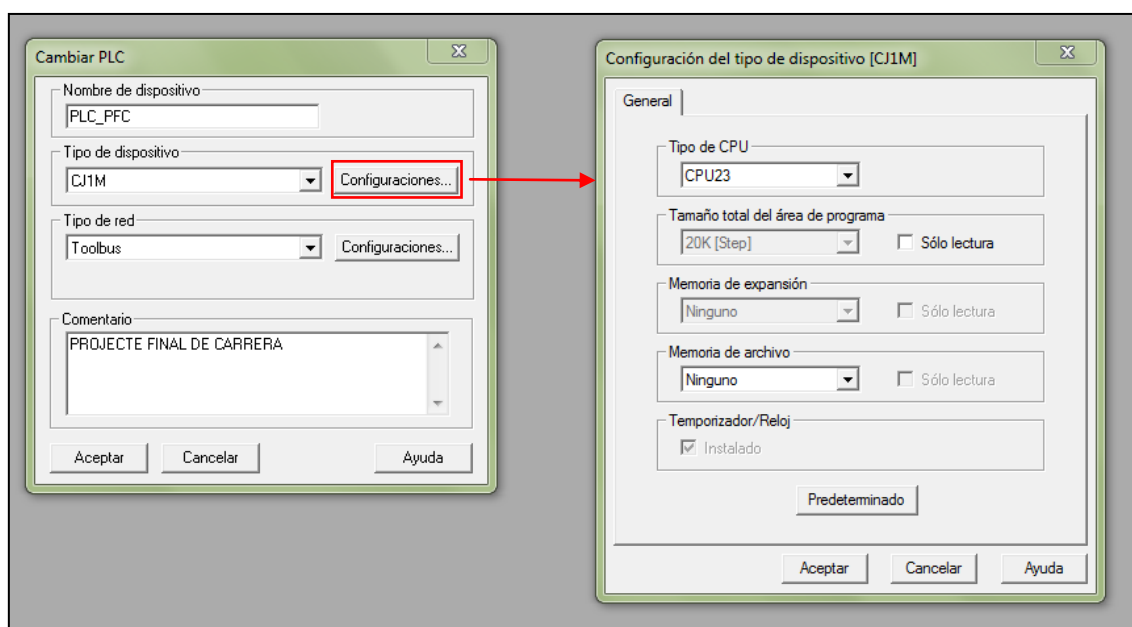
Aquest programa, que com s'ha explicat anteriorment, serveix per a programar els autòmats de la marca OMRON. A continuació es mostrarà l'entorn de treball del programa així com les seves principals eines de treball per tal de mostrar com s'ha creat aquest projecte.

8.1.1.1. Inici i entorn de treball

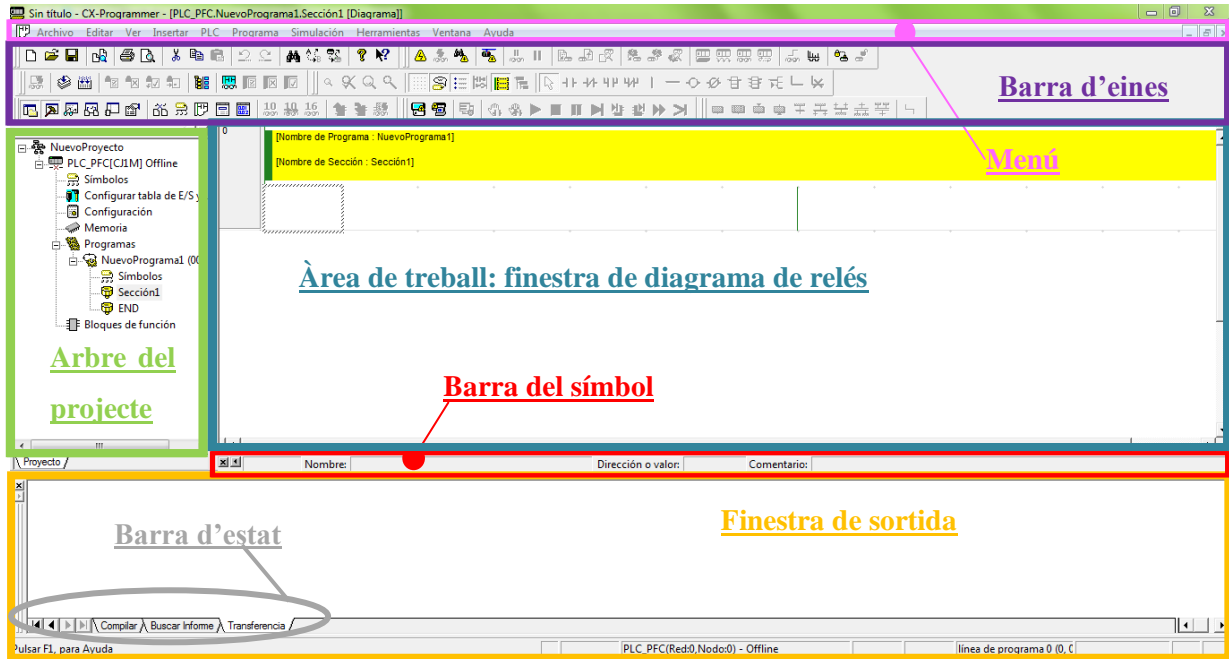
Per començar a operar, cal obrir el programa i, seguint la ruta *Archivo\Nuevo* en el menú principal, es podrà configurar el tipus d'autòmat al qual es connectarà i mitjançant el qual s'automatitzà el projecte en qüestió. En el cas d'aquest projecte serà l'autòmat CJ1M-CPU23. També s'ha d'especificar el nom i el tipus de xarxa, que serà *Toolbus*, i fins i tot hi ha un espai opcional per afegir qualsevol comentari descriptiu del nou projecte que s'està creant.



Per a poder definir la CPU de l'autòmat serà necessari clicar sobre el botó *Configuraciones* del dispositiu. D'aquesta manera s'obre una nova finestra on es pot seleccionar el model i les seves característiques.



Un cop s'han parametritzat tots els valors necessaris, es prem el botó *Aceptar* en les dos pestanyes i directament podem visualitzar l'entorn de treball del programa. És el següent:



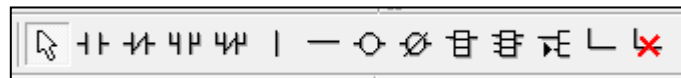
El funcionament i/o el contingut de cada una d'aquestes parts de l'entorn de treball es mostren en la taula següent:

Nom	Contingut/Funció
Menú	Permet seleccionar els diferents elements del menú del programa
Barra d'eines	Permet seleccionar funcions clicant en els icones. En el menú <i>Ver</i> , es poden seleccionar les eines que es mostren.
Àrea de treball del projecte i Arbre del projecte	Controla els programes i les dades. Permet copiar dades per element mitjançant l'execució d'una operació d'arrastrar i deixar anar entre diferents projectes o dins d'un mateix projecte.
Finestra de diagrama de relés	És la pantalla per a crear i editar un programa mitjançant diagrama de relés.
Barra de símbol	Mostra el nom, direcció o valor i el comentari del símbol seleccionat actualment pel cursor.

Barra d'estat	Mostra informació com el nom del PLC, estat online/offline (connectat/desconnectat), ubicació de la cel·la activa.
Finestra de sortida	Mostra la informació dels errors al compilar, mostra els resultats de buscar contactes/bobines en el formulari de la llista i mostra els detalls quan es produeixen errors greus al carregar un arxiu de projecte.

8.1.1.2. Diagrama de relés

En la part central superior es visualitza el menú de diagrames que és aquest:



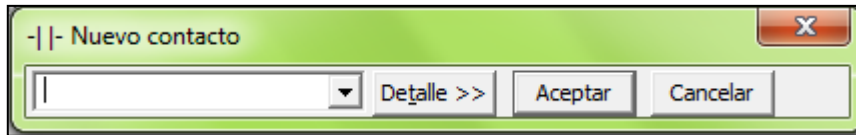
On cada un d'aquest símbols representa:

Símbol	Descripció	Símbol	Descripció
	Mode selecció		Nova bobina (O)
	Nou contacte (C)		Nova bobina tancada (Q)
	Nou contacte tancat (/)		Nova instrucció del PLC (I)
	Nou contacte OR (W)		Nova crida a un bloc de funció
	Nou contacte tancat OR (X)		Nou paràmetre de bloc de funció (P)
	Línia vertical		Mode de connexió de línia
	Línia horitzontal		Mode d'eliminació de línia

Aquests són els elements que s'utilitzaran per a crear la programació del projecte.

8.1.1.3. Contactes i bobines

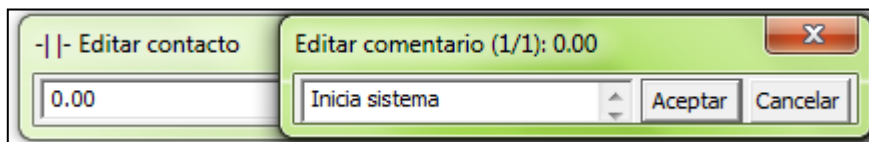
Per a programar contactes o bobines o bé es premen les lletres *C* i *O* per cada un dels elements respectivament, o bé s'ha d'arrastrar la icona des de la barra d'eines fins a l'àrea de treball i aleshores apareix la següent finestra:



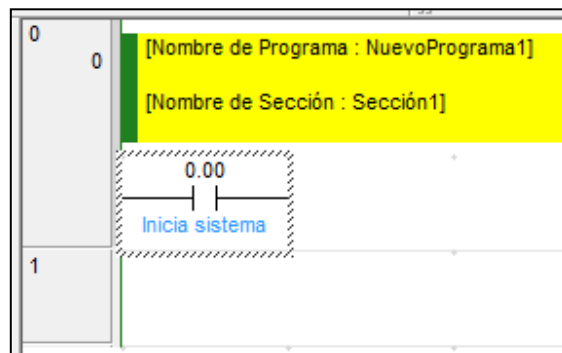
Aquí s'indica el valor de l'entrada o sortida en qüestió. Per exemple, en el cas del botó Marxa, al qual se li ha assignat l'entrada 0.00 seria:



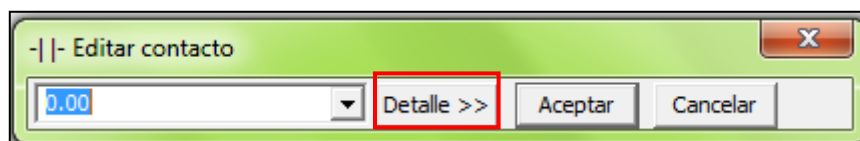
Al prémer el botó Aceptar en podem configurar les seves característiques. El programa permet assignar-li un comentari, que el podem fer visible o no, i que, per defecte, apareix a la part baixa de l'element. També se li pot assignar un nom, així d'aquesta manera en lloc d'aparèixer "0.00" apareixerà el nom que se li designi i es facilita la comprensió per qualsevol persona que ho operi.



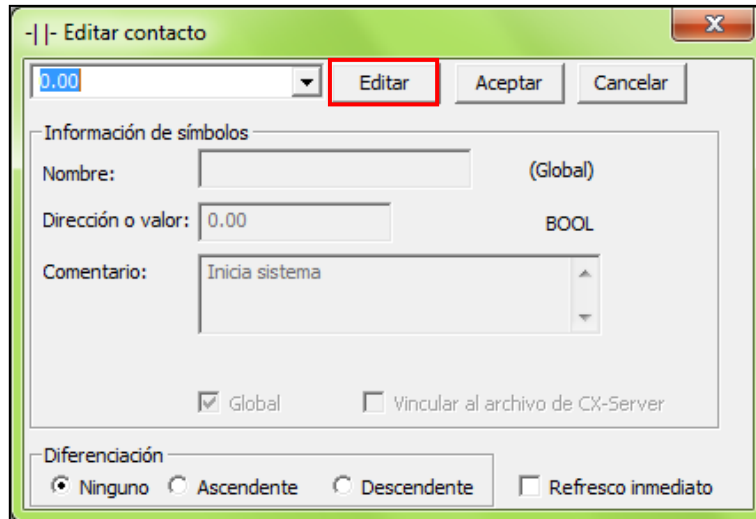
Només acceptant ja es pot observar el contacte ubicat en l'àrea de treball:



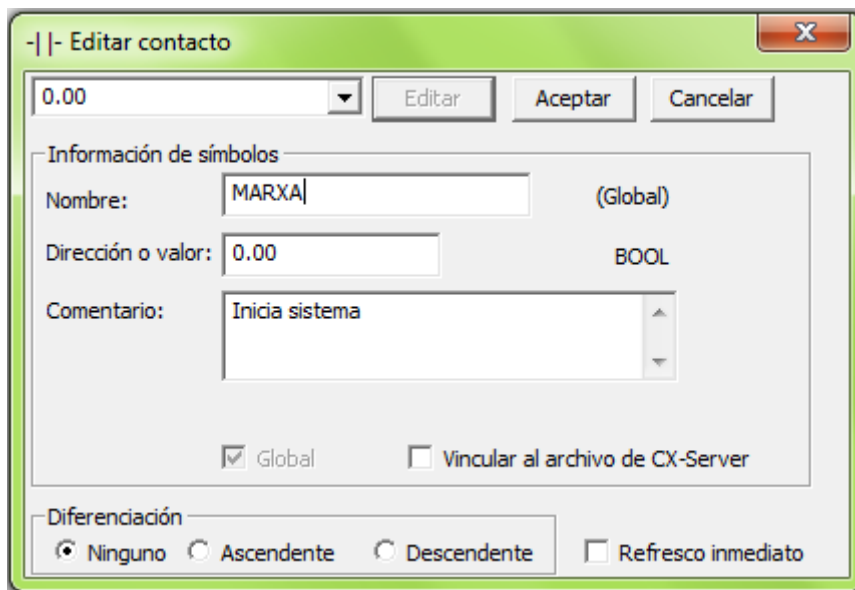
Per aconseguir parametritzar el nom de l'entrada o sortida s'ha de clicar dos vegades sobre el contacte perquè aparegui la següent pantalla:



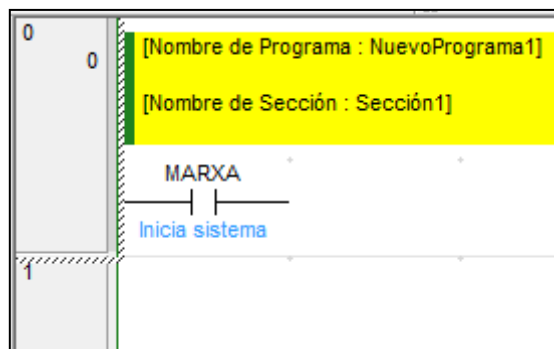
Un cop aquí cal clicar sobre el botó *Detalle*>> per poder-ne modificar els valors.



Clicant sobre el botó d'Editar s'habiliten totes les opcions que permeten definir el contacte. Així doncs, a l'entrada 0.00 s'anomenarà "MARXA":



Un cop feta aquesta configuració s'observa que el contacte presenta el següent aspecte:



En aquesta situació, posicionant-se sobre el contacte s'observa com en la barra del símbol es poden visualitzar tots aquests valors determinats prèviament:

Nombre: MARXA	Dirección o valor: 0.00	Comentario: Inicia sistema
PLC_PFC(Red:0,Nodo:0) - Offline		

8.1.1.4. Blocs de funcions

Els blocs de funció tenen la finalitat de fomentar una programació ben estructurada, reutilitzar i permetre que programes complexos es basin en un codi de blocs de menor dimensió i més manejables que realitzen tasques específiques. Un bloc de funció consta d'un encapçalament i d'un cos:

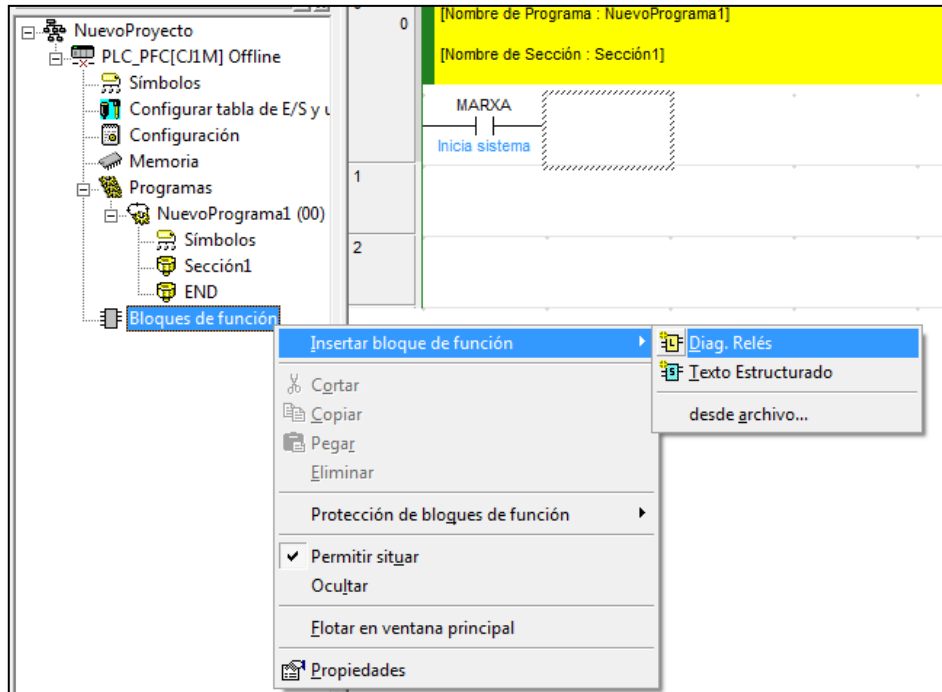
- L'encapçalament: defineix les dades que s'utilitzaran en el cos; aquestes dades es defineixen com un conjunt de paràmetres d'entrada i sortida que s'utilitzen com a connexions de software cap a i des del bloc de funcions i un conjunt de variables internes que s'utilitzen en el cos de forma local.
- El cos: conté l'algoritme. Es tracta del codi real que s'executa cada vegada que s'executa el bloc de funció.

La principal característica dels blocs de funció recau en la persistència de les dades; donat que les dades es defineixen en l'encapçalament, els valors persisteixen d'una execució del bloc de funció a una altre, el que permet utilitzar els blocs de funció en una gran varietat d'aplicacions.

Aquests blocs de funció poden ésser creats per l'usuari del programa, o bé, es poden utilitzar els proporcionats per CX-Programmer.

8.1.1.4.1. Blocs de funció creats per l'usuari

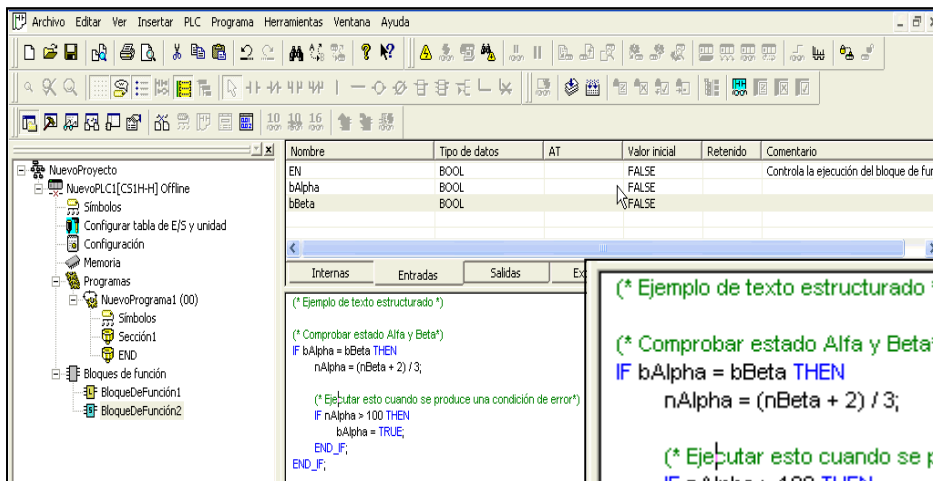
Per crear-ne un és tant senzill com clicar, amb el botó dret del ratolí, sobre l'element de l'Arbre del projecte anomenat *Bloques de función* i seleccionar l'opció *Insertar bloque de función*. Es pot comprovar en la següent imatge el resultat:



Es presenten tres opcions:

- **Diagrama de relés:** permet configurar un bloc personalitzat mitjançant relés, tal i com s'ha descrit anteriorment el procés d'edició i utilització de contactes i bobines.
- **Text estructurat:** en aquest cas, el procediment que seguirà el bloc ve configurat a partir de llenguatge de programació IEC61131-3, que és molt similar al PASCAL.

Un exemple seria:



- **Des d'arxiu:** permet carregar blocs de funció prèviament creats i guardats.

8.1.1.4.2. Blocs de funció de CX-Programmer

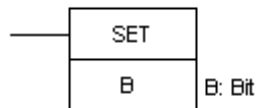
En el cas de voler utilitzar els blocs de funció del programa, s'observa una gran quantitat d'aquests. Es troben agrupats en 34 grups, que són:

- Instruccions de l'entrada de seqüència
- Instruccions de la sortida de seqüència
- Instruccions del control de seqüència
- Instruccions de temporitzador i comptador
- Instruccions de comparació
- Instruccions de moviment de dades
- Instruccions desplaçament de dades
- Instruccions d'increment/decrement
- Instruccions de les matemàtiques de símbols
- Instruccions de conversió
- Instruccions lògiques
- Instruccions de matemàtiques especials
- Instruccions de matemàtiques en coma flotant
- Instruccions de procés de dades de taules
- Instruccions de control de dades
- Instruccions de subrutina
- Instruccions de control d'interrupció
- Instruccions de pas
- Instruccions d'unitat d'entrada/sortida bàsica
- Instruccions de comunicacions sèrie
- Instruccions de xarxa
- Instruccions de memòria d'arxiu
- Instruccions de visualització
- Instruccions de rellotge
- Instruccions de depuració
- Instruccions de diagnòstic de fallada
- Instruccions de programació de blocs
- Instruccions de procés de cadenes de text
- Instruccions de control de tasques
- Instruccions definides per l'usuari
- Instruccions de pols
- Altres instruccions

- Instruccions especials
- Conversió de model

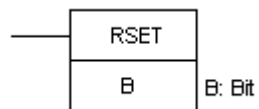
De tots aquests, a continuació es descriuen els més freqüents tant en la majoria de les aplicacions com en aquest projecte.

- SET – Set:



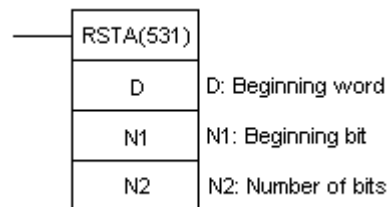
Funció: acciona el Bit (B) en ON en quant la condició d'execució s'executa i no afecta a l'estat de l'operant quant la condició és OFF.

- RSET – Reset:



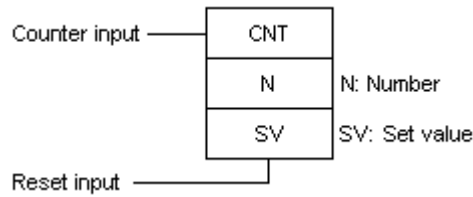
Funció: acciona el Bit (B) en OFF en quant la condició d'execució s'executa i no afecta a l'estat de l'operant quant la condició és ON.

- RSTA – Reset de múltiples bits:



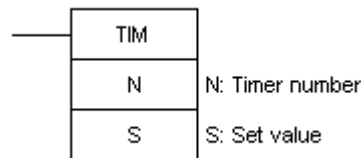
Funció: quan la condició s'executa acciona en OFF els N2 bits, des del N1 de D i continuant cap a la dreta. La resta no varien.

➤ CNT – Contador:



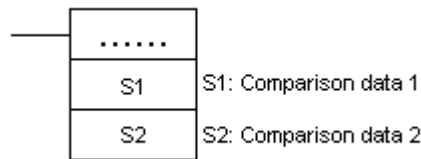
Funció: CNT funciona com a comptador decremental. Per cada impuls que rep descompte en una unitat el valor SV fins arribar a 0. N és el número de comptador.

➤ TIM – Temporitzador:



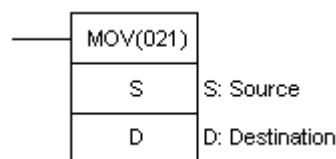
Funció: TIM és un temporitzador decremental que s'activa en unitats de 0,1 ms. El valor del qual comença a descomptar és el S, mentre que el valor N és el número del temporitzador.

➤ Entrada d'instruccions de comparació:



Funció: aquestes instruccions comparen dos valors (constants i/o el contingut dels canals especificats) i creen una condició d'execució ON en quant la condició a comparar és verdadera.

➤ MOV(021) – Mover:



Funció: trasllada i reassigna un valor d'un canal a un altre, essent S el canal d'on s'extreu el valor i D el canal destinatari.

8.1.1.5. Introducció d'un bloc de funcions a l'àrea de treball

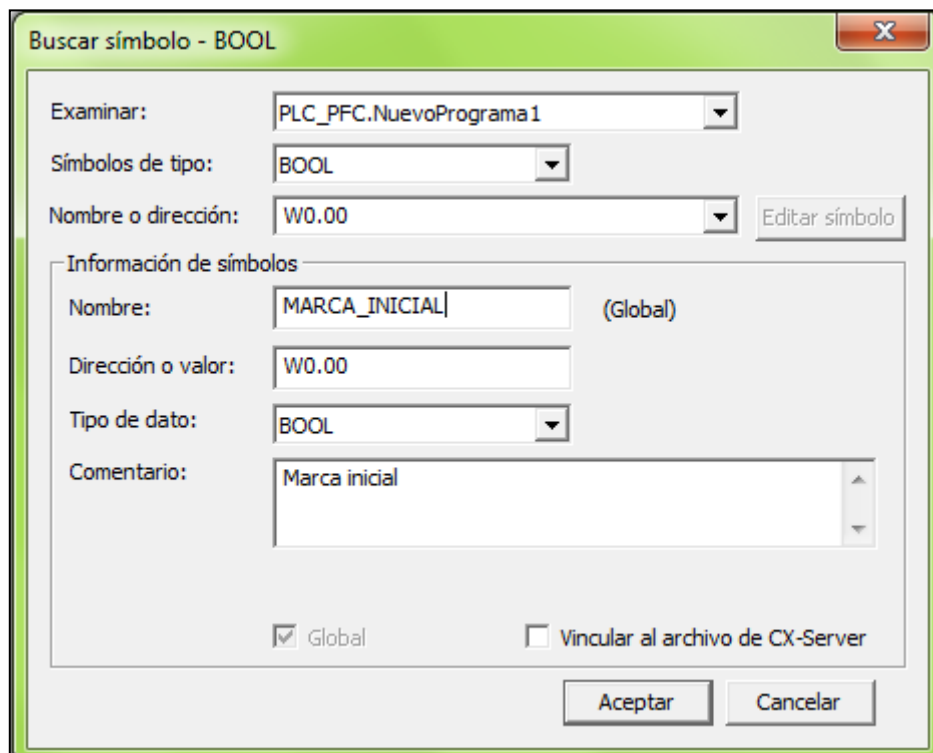
De la mateixa manera que en el cas dels contactes i les bobines, s'incorpora un bloc de funcions a l'àrea de treball arrastrant-ne la seva icona des de la barra d'eines fins a l'àrea de treball. També podem prémer la tecla *I*.

Com en el cas anterior obtenim la següent pantalla:

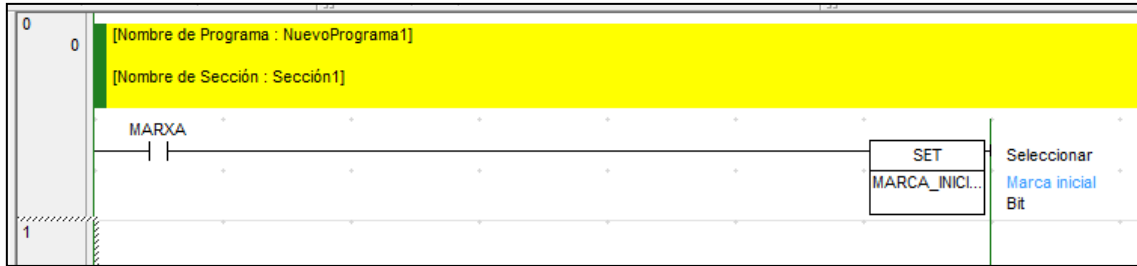


En aquest cas ja s'ha introduït la instrucció. El primer terme designa la instrucció a la qual es fa la crida, i tot separant-ho amb un espai, s'introdueixen els paràmetres que configuren la instrucció. En aquest cas només existeix un únic paràmetre al qual se li ha designat la marca W0.00.

Igual que en el cas de les bobines i els contactes, es defineixen la descripció i el nom de la marca en qüestió:



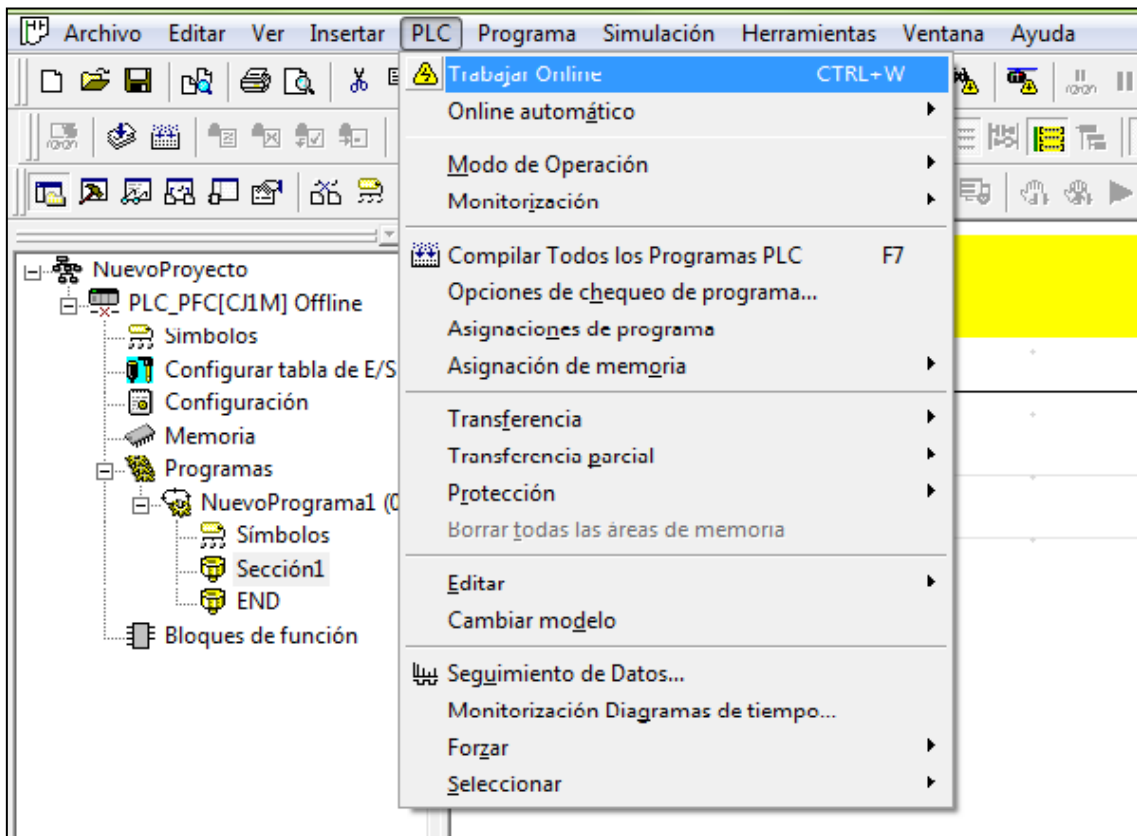
Finalment el resultat es visualitza en l'àrea de treball de la següent manera:



8.1.1.6. Connexió amb el PLC

Un cop el programa està enllestit s'ha de transferir a l'autòmat. Per defecte, quan s'inicia un nou projecte amb el programa CX-Programmer, l'estat de l'autòmat és *Offline*, és a dir, desconnectat. Això és així degut a que és necessari estar desconnectat de l'autòmat per poder-hi escriure. Un cop s'ha acabat la introducció del programa doncs, sera convenient connectar-nos a l'autòmat per tal de transferir les instruccions donades.

Per connectar el programa amb l'autòmat utilitzarem el menú PLC, com es mostra en la següent figura:

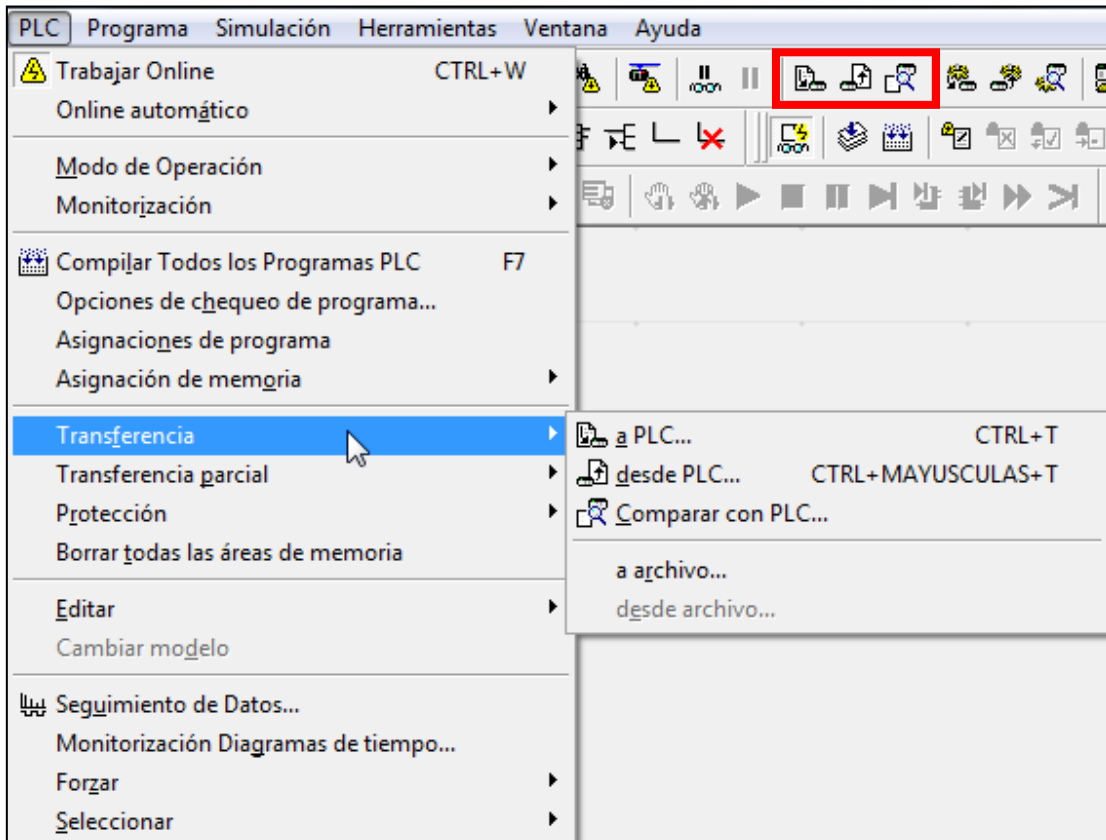


Aquesta acció també és possible seleccionar-la des de la barra d'eines:



Un cop activat el mode *Online*, la resta de botons de transferència al PLC s'activen, permetent-ne així la transferència.

Per a transferir, una altre vegada, caldrà situar-se en el menú *PLC* de la següent manera:



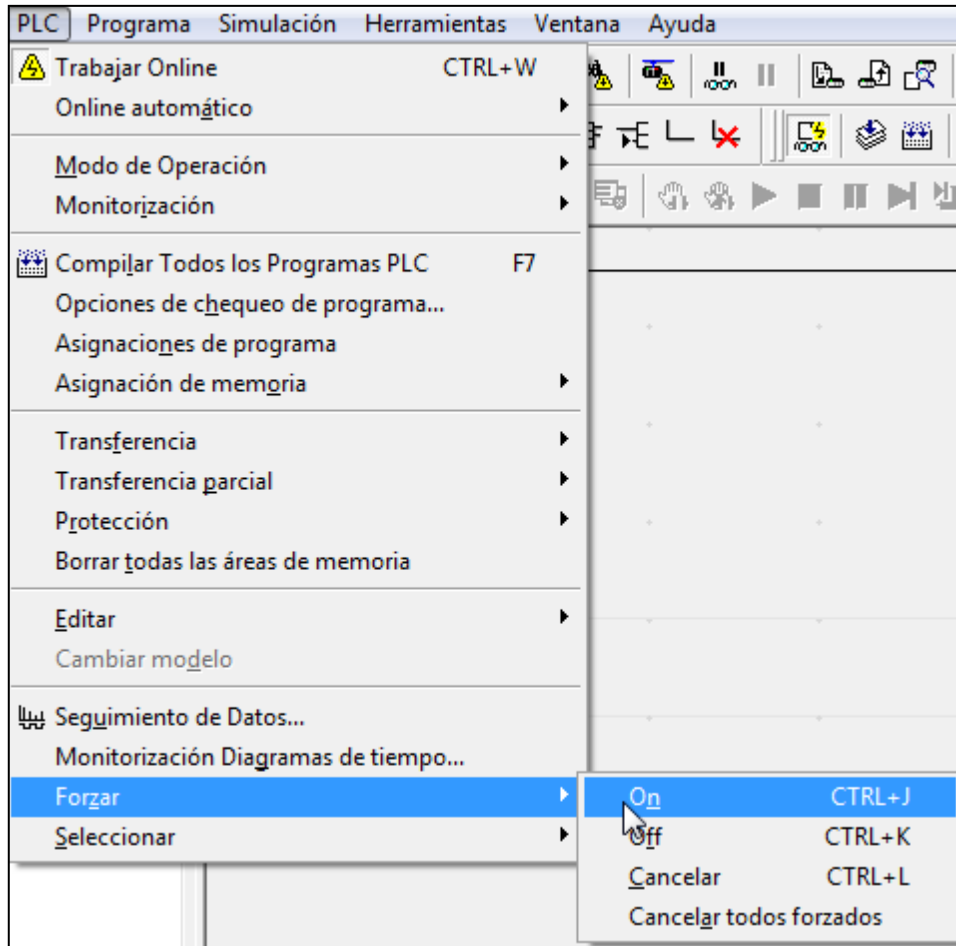
S'observa també com a la part superior dreta de la imatge, en la barra d'eines, també hi trobem els botons de transferència.

Se selecciona la opció "a PLC..." per tal de carregar el programa realitzat a l'ordinador al PLC.

Aquesta operació és delicada, degut a que qualsevol tipus d'error durant la transició podria comportar la pèrdua del programa tant en l'ordinador com en l'autòmat.

Per altra banda, un dels elements molt importants en la connexió a l'autòmat és el de *Forzar*. Aquest element ens permet variar l'estat de qualsevol contacte o bobina des del programa deixant-lo desconnectat a l'exterior, i per tant, sense poder ésser manipulat des de l'exterior.

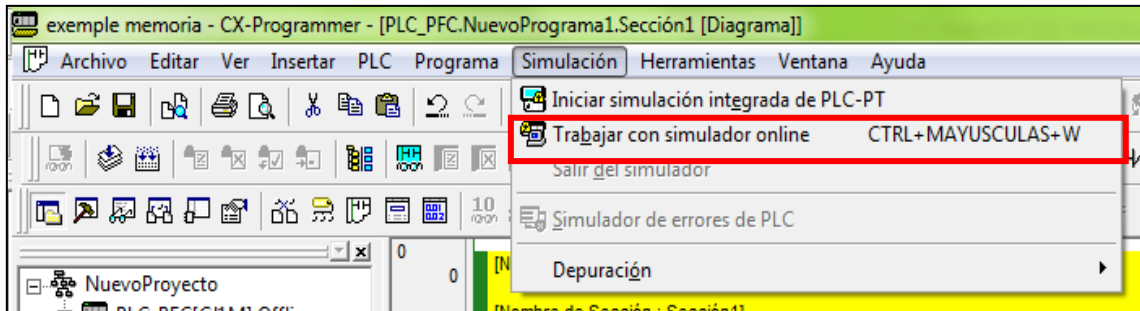
En la següent imatge es visualitza on trobem aquesta opció, que és en el menú *PLC* també:



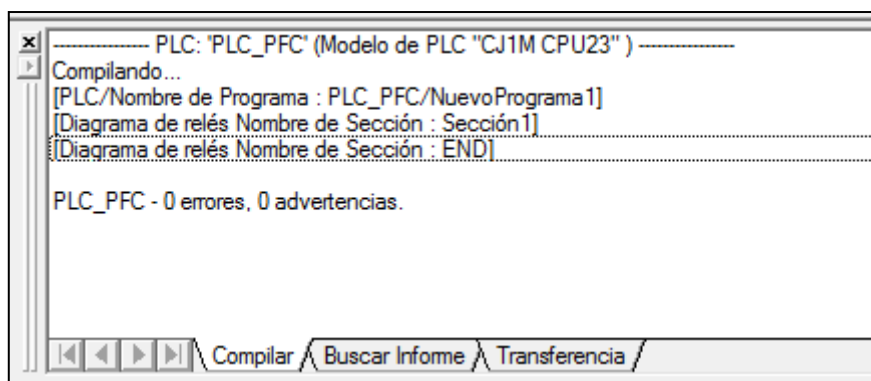
8.1.1.7. Simulació

Una altre de les avantatges molt útils que presenta aquest programa, CX-Programmer, és la opció de simulació. Aquesta opció ens permet executar el programa sense necessitat d'estar connectat a l'autòmat i d'aquesta manera poder-ne comprovar el funcionament.

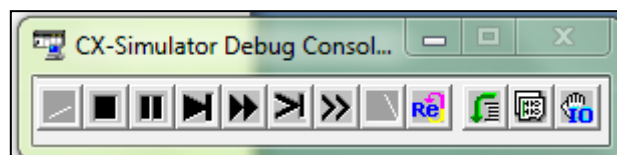
El mode *Simulación*, és troba en el menú del mateix nom. Per a activar aquest mode s'ha de seleccionar l'opció *Trabajar con simulador online*, que com es mostra en la següent figura, es troba:



Un cop carregat, s'observen varies noves pantalles. En primer lloc, la finestra de sortides mostra el resum de la transferència:

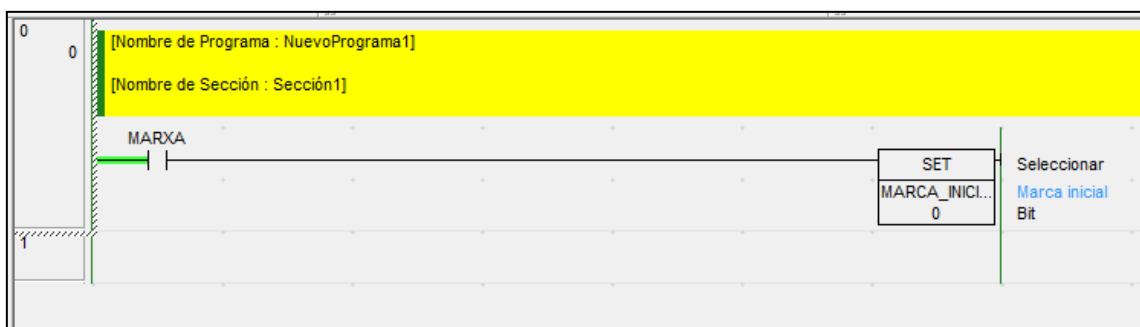


Una altre de les novetats és la nova finestra del simulador :

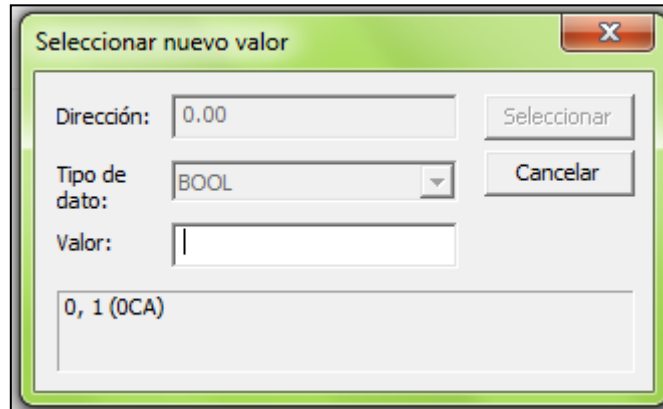


Des d'aquesta finestra es pot donar l'ordre de parar o pausar la simulació.

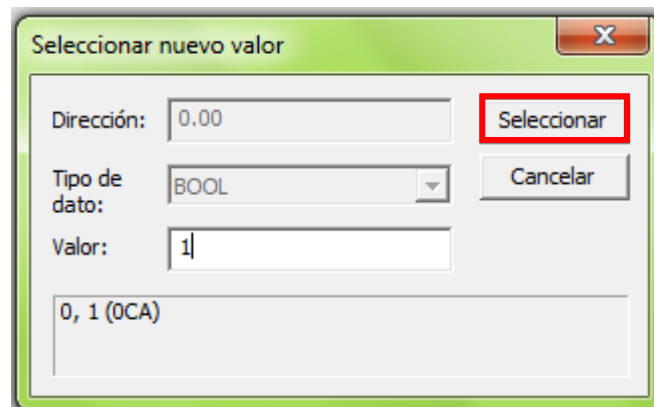
Un dels altres canvis és el fons de color de l'àrea de treball, que ha canviat com a indicador del mode de treball en el que s'està utilitzant el programa.



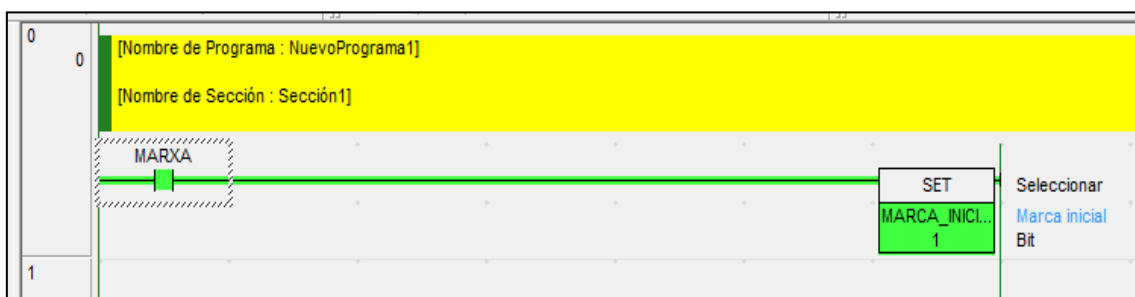
Amb una línia verd fluorescent es marca els trams per els quals s'està actuant. En el cas de voler activar el bloc de funcions SET, seria necessari activar el botó MARXA. Per fer això, es fa doble clic en el contacte MARXA i obtenim la següent pantalla:



En el cas de senyals digitals, el valor de l'element només pot ser o 0 o 1, essent 1 mode ON i 0 mode OFF. Per tant, actualment es troba en mode OFF. Per tal d'activar-lo, senzillament s'ha d'escriure el nou valor al qual dimensionarem el contacte, que és 1.

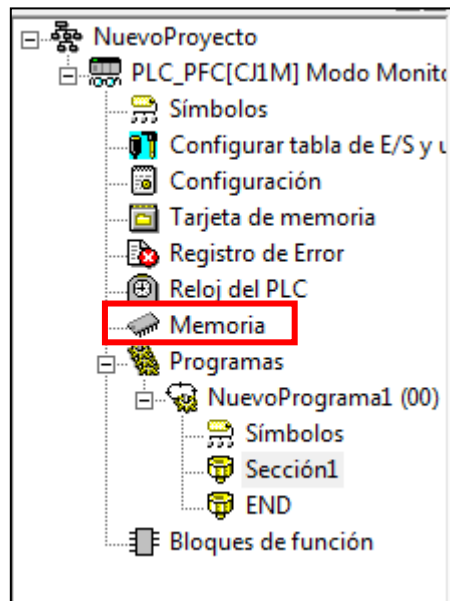


Prement el botó *Seleccionar*, s'observa en l'àrea de treball com el contacte MARXA està en color verd, i per tant, activat, i la senyal arriba fins a la instrucció SET que en aquest cas significa està en mode ON.

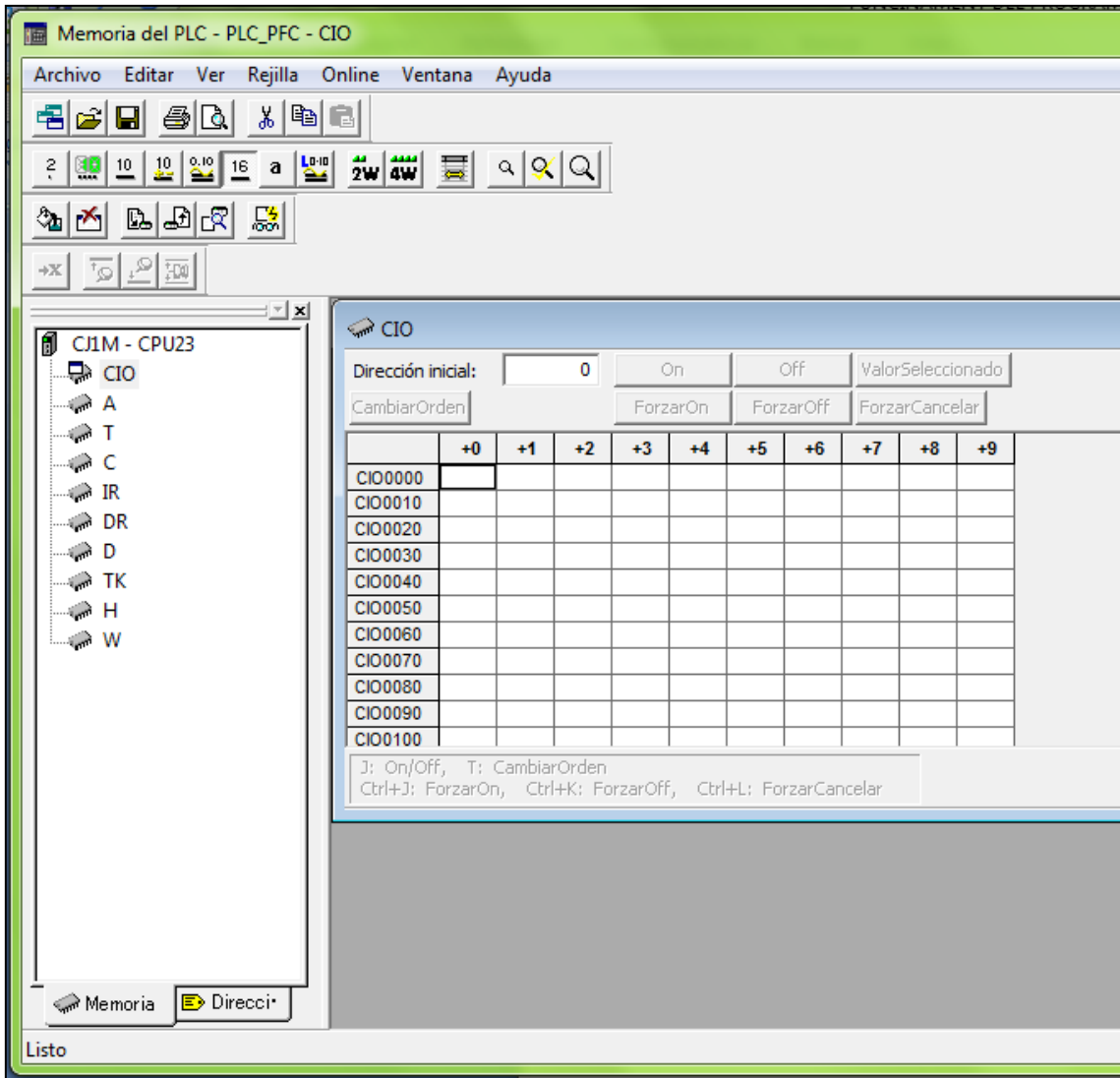


En el cas de voler observar canals d'entrada o sortida analògics, s'actuarà de la següent manera.

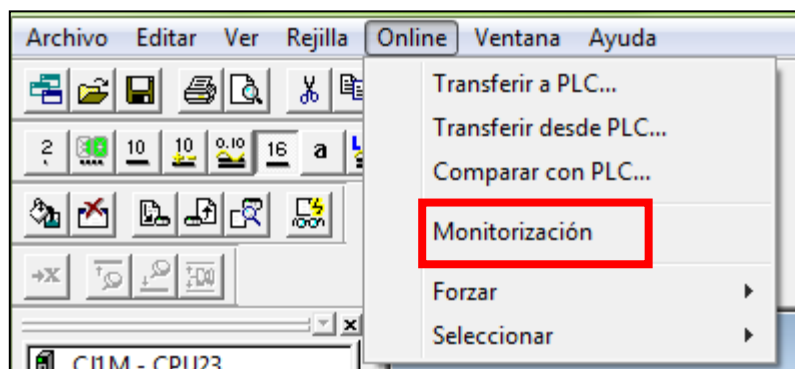
En l'arbre del projecte, s'obrirà fent doble clic la opció *Memoria*.



En la nova finestra que s'obre, obrirem l'opció *CIO* de la mateixa manera, fent doble clic.



En aquesta matriu, es poden veure els valor de cada canal, però primer caldrà activar la opció *Monitorización*, per a la visualització, en el menú *Online*:



D'aquesta manera, la següent elecció és la de l'escala de visualització dels valors, en la barra d'eines:



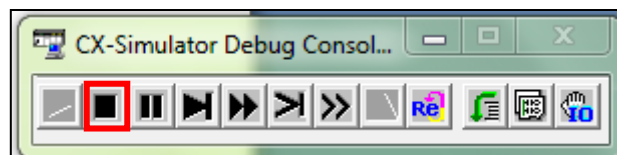
La elecció marcada és la decimal, però es pot optar entre el sistema binari i el hexadecimal també.

Ara ja sí que es podrà visualitzar els valors en la matriu:

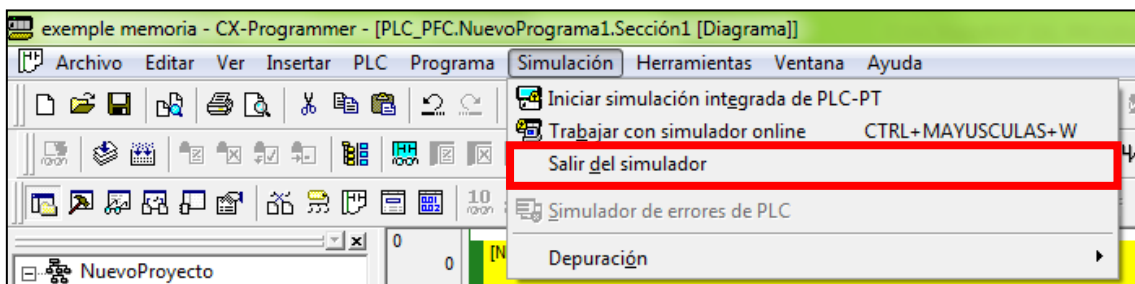
	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
CIO0000	0001	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
CIO0010	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
CIO0020	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
CIO0030	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
CIO0040	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
CIO0050	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
CIO0060	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
CIO0070	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
CIO0080	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
CIO0090	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
CIO0100	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000

J: On/Off, T: CambiarOrden
Ctrl+J: ForzarOn, Ctrl+K: ForzarOff, Ctrl+L: ForzarCancelar

Per a sortir de la monitorització, senzillament es tanca la finestra de *Memoria* i per finalitzar la simulació es prem el botó de *Stop* de la finestra del simulador:



Per finalitzar es desactiva el simulador clicant de nou en la opció de *Trabajar con simulador online* per tal de desactivar-lo i, per últim, en *Salir del simulador*.



8.2. GRAFCETS

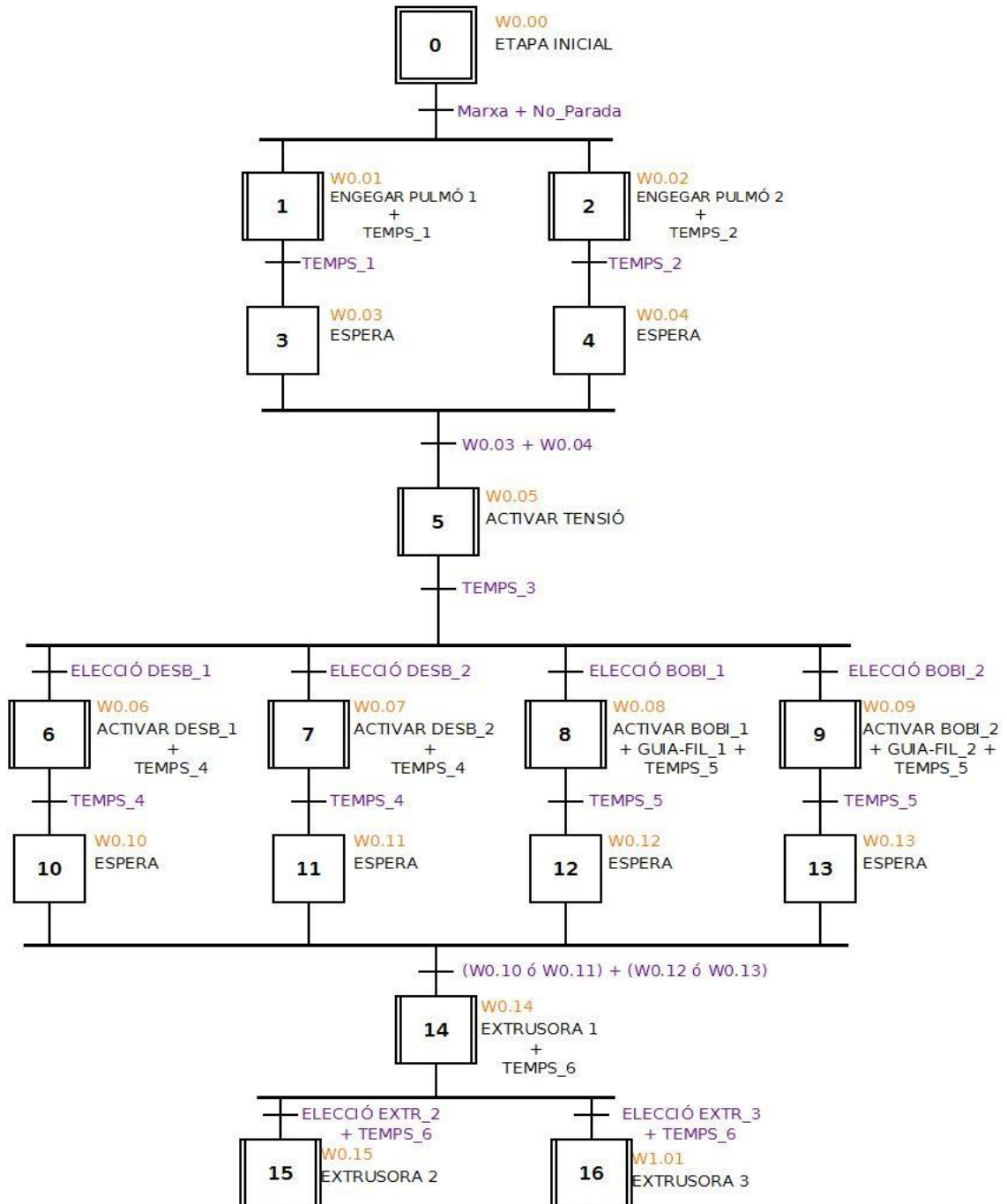
El GRAFCET (GRAFica de Control d'Etapes de Transició) és un gràfic o diagrama funcional normalitzat, que permet fer un model del procés a automatitzar, contemplant les entrades, accions a realitzar i els processos entremitjos que provoquen aquestes accions. Inicialment va ser proposat per a documentar l'etapa seqüencial dels sistemes de control de processos a events discrets. No va ser, en cap cas, concebut com a un llenguatge de programació d'autòmats, sinó més aviat com un tipus de gràfic per a elaborar el model pensant en l'execució directa de l'automatisme a programari o autòmat. Varis fabricants, en els seus autòmats de gamma alta, fan aquest pas directe, el que ho ha convertit en un potent llenguatge gràfic de programació per a autòmats, adaptant a la resolució de sistemes seqüencials. En l'actualitat no té una ampla difusió com a llenguatge, donat que la majoria dels autòmats no poden programar-se directament en aquest llenguatge. Tot i això, els GRAFCETS s'ha universalitzat com a eines de modelatge que permeten el pas directe a la programació de l'autòmat.

Els GRAFCETS segueixen uns principis bàsics. Així doncs, s'ha de tenir en compte:

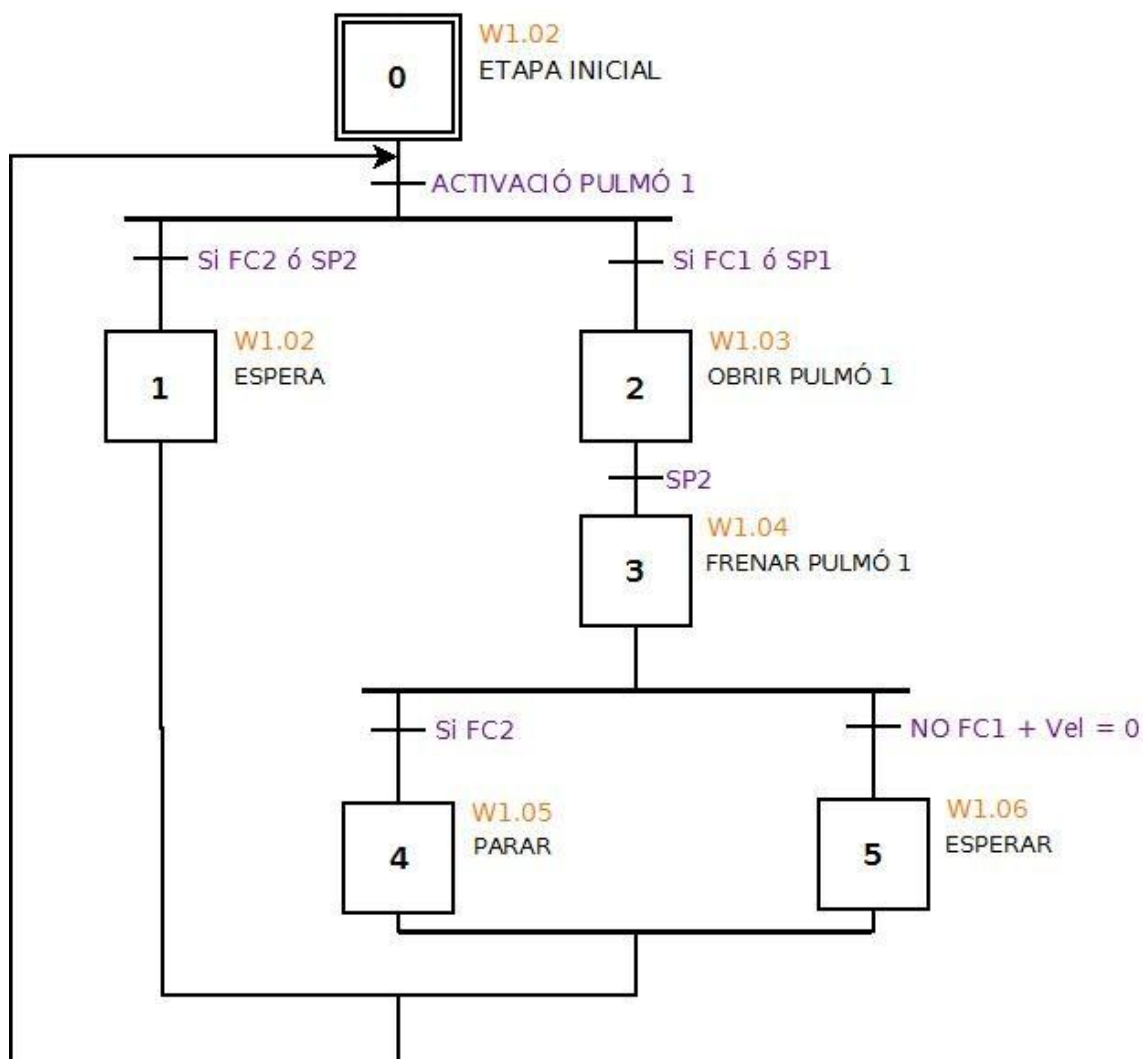
- El procés es descompon en etapes que seran activades una rere l'altre.
- A cada etapa li és associada una o varies accions que només seran efectives quan l'etapa estigui activada.
- Una etapa s'activa quan es compleix la condició de transició i està activada l'etapa anterior.
- L'acompliment d'una condició de transició implica l'activació de l'etapa següent i la desactivació de l'etapa precedent.
- Mai pot haver-hi dos etapes o condicions consecutives, sempre han d'anar col·locades de forma alterna, essent verdadera la següent condició: etapa – transició – etapa.

Explicat doncs el significat, funció i comportament d'un GRAFCET, es procedeix a mostrar els GRAFCETS realitzats per a facilitar el procés de programació de l'autòmat. Cal remarcar, que no tots els processos inclosos en la màquina a automatitzar s'han pogut representar en aquest sistema. Molts dels casos de control impliquen la constant regulació i observació dels valor i per tant no estan representats.

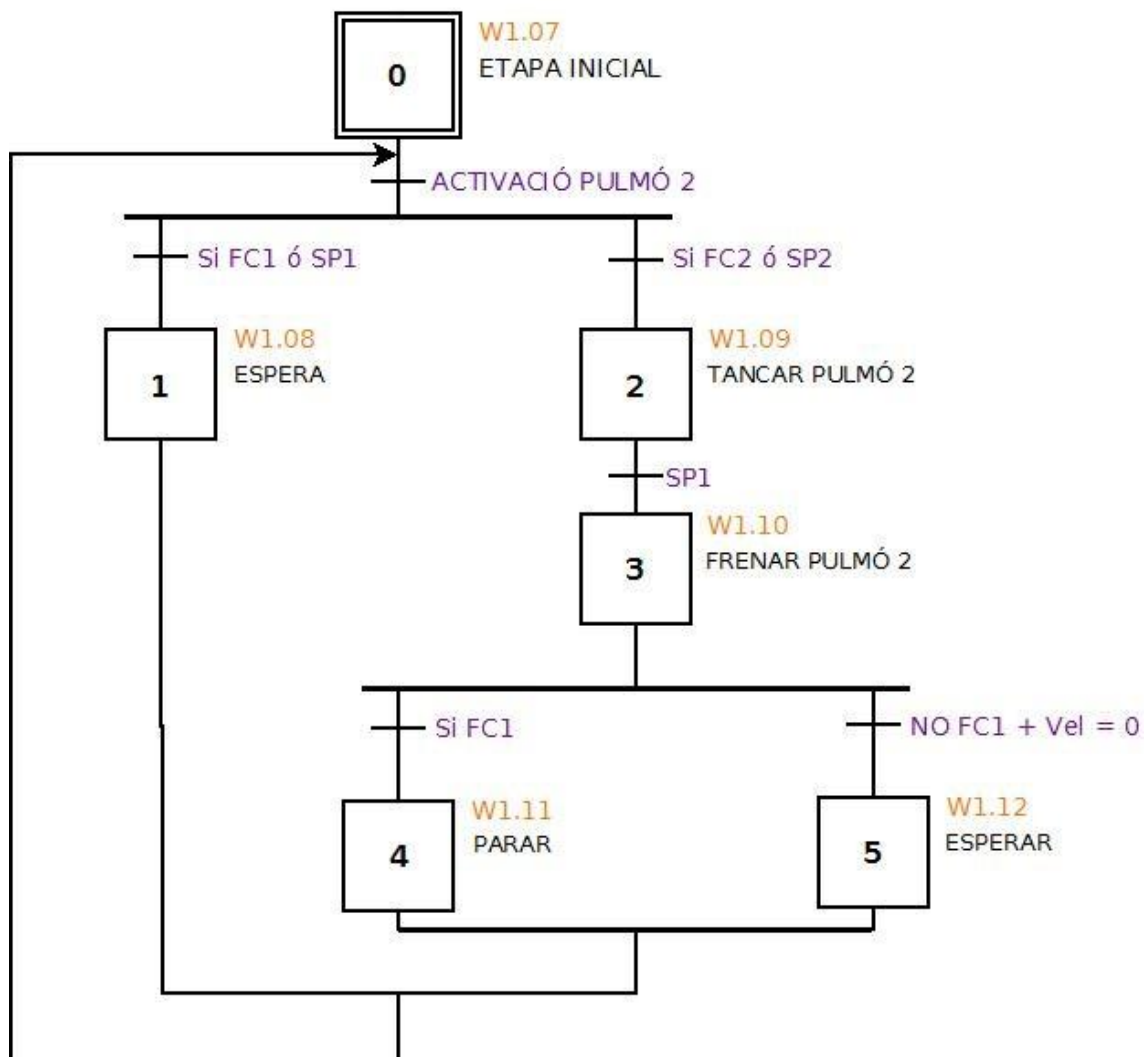
8.2.1. GRAFCET principal



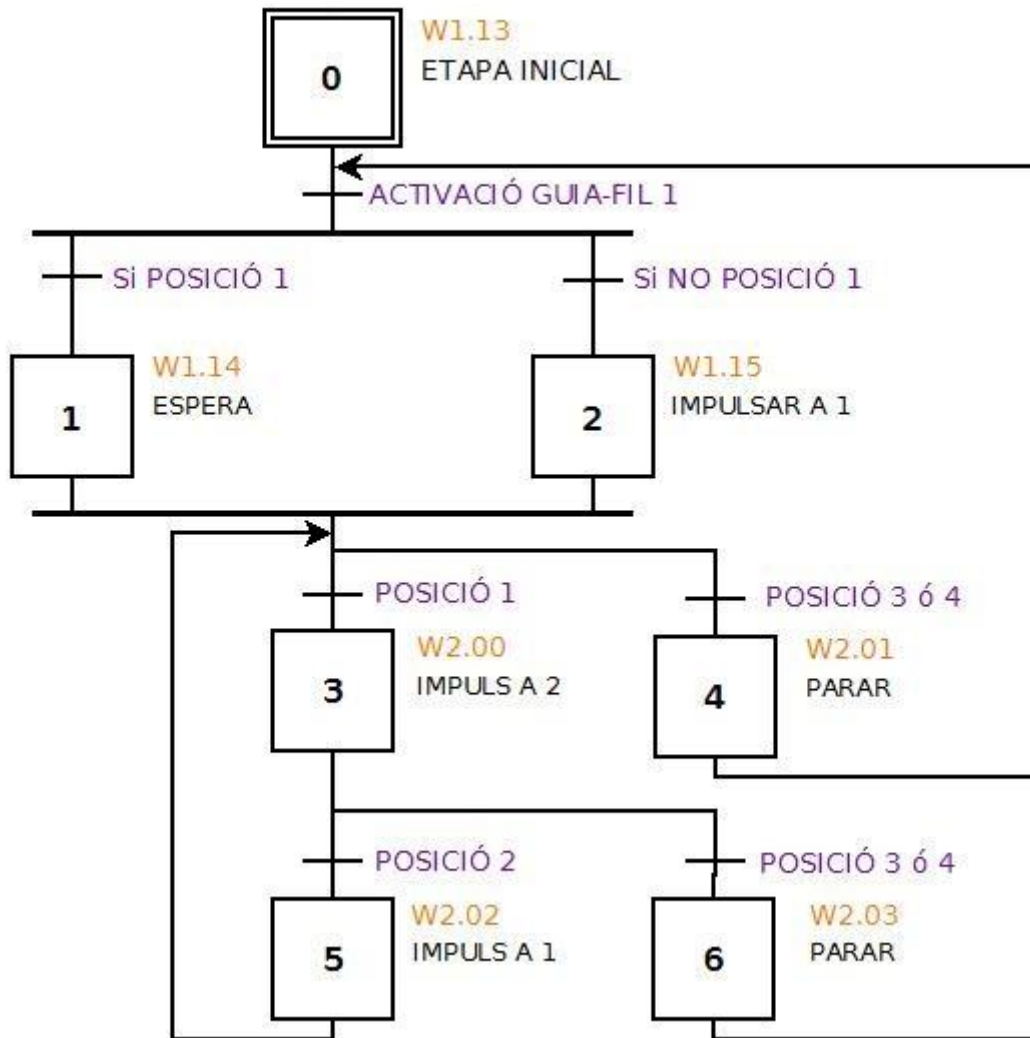
8.2.2. GRAFCET pulmó 1



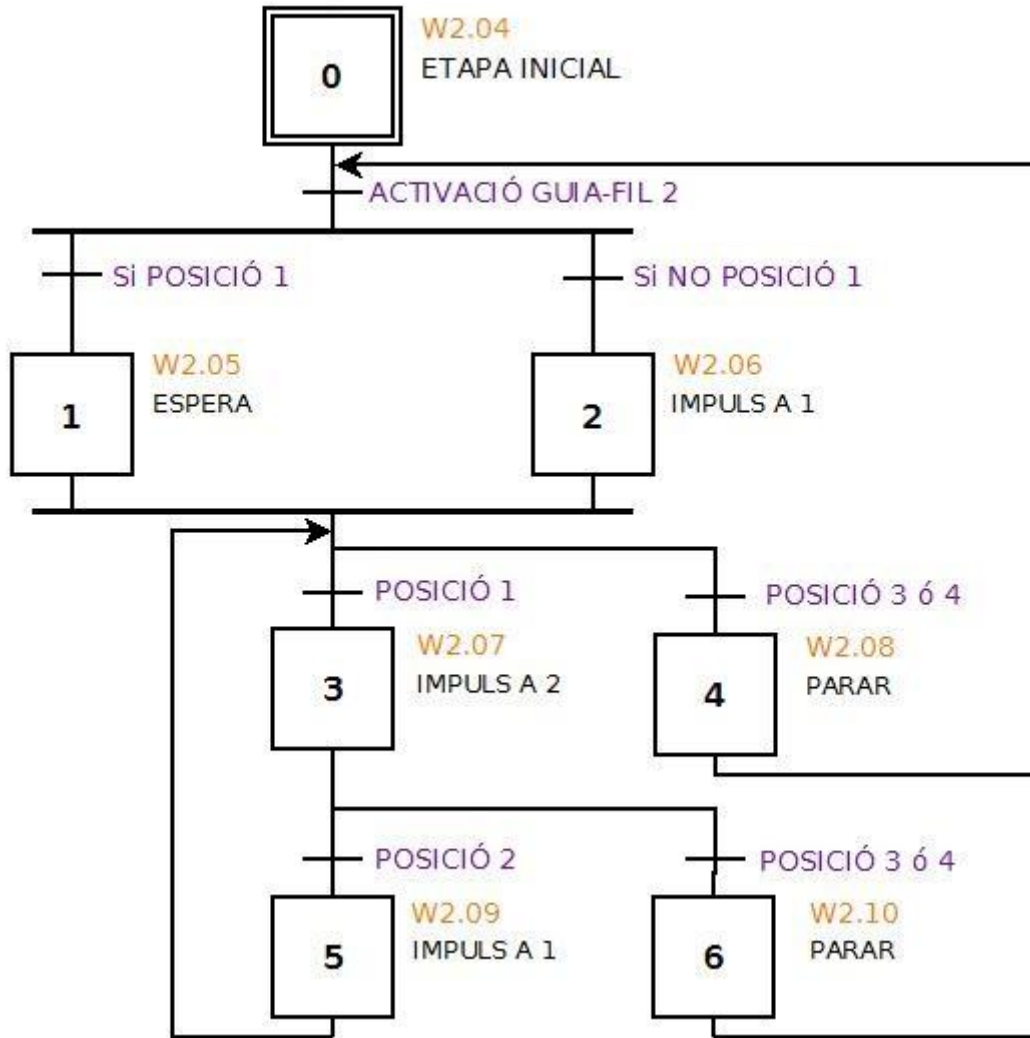
8.2.3. GRAFCET Pulmó 2



8.2.4. GRAFCET Guia-Fil 1

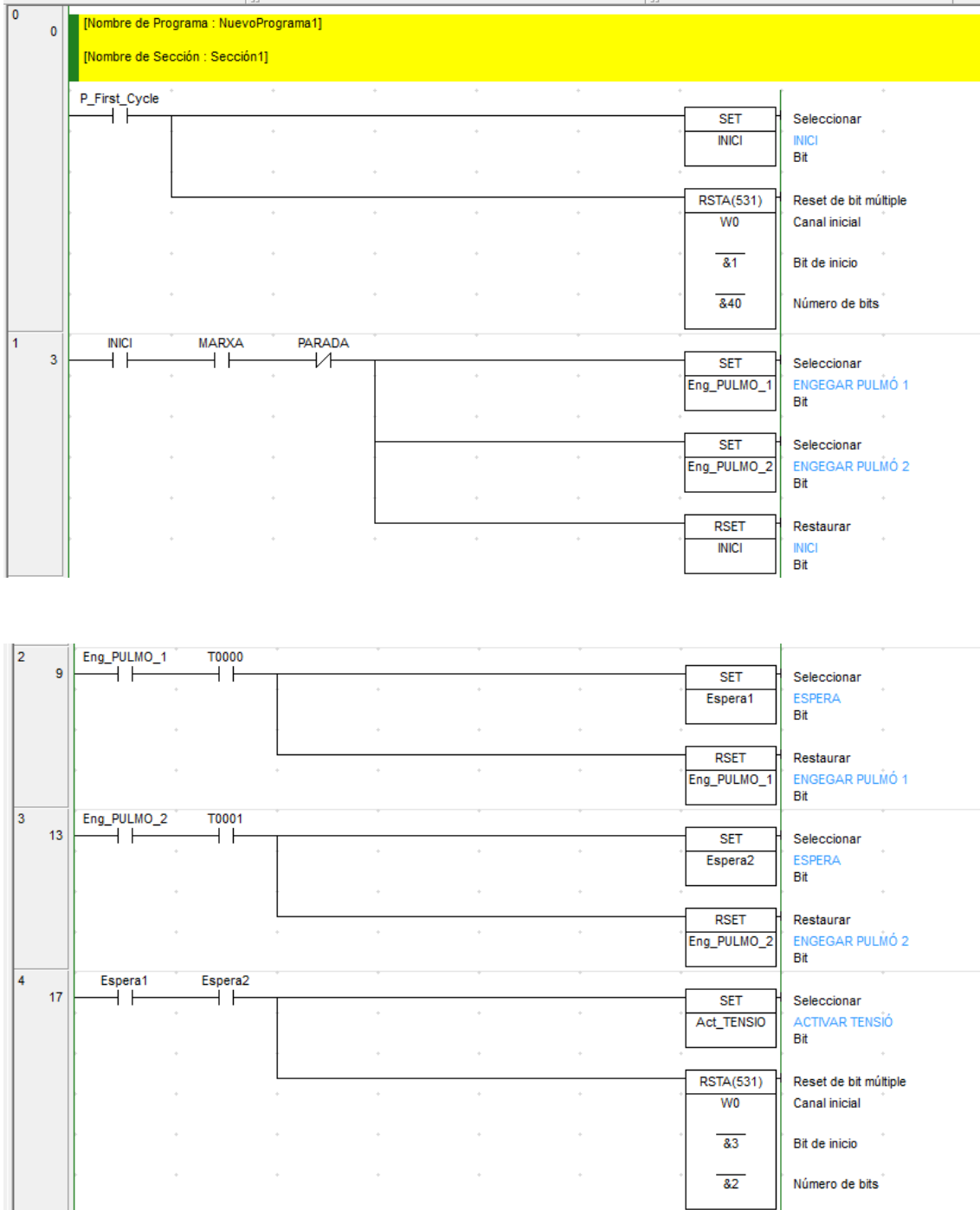


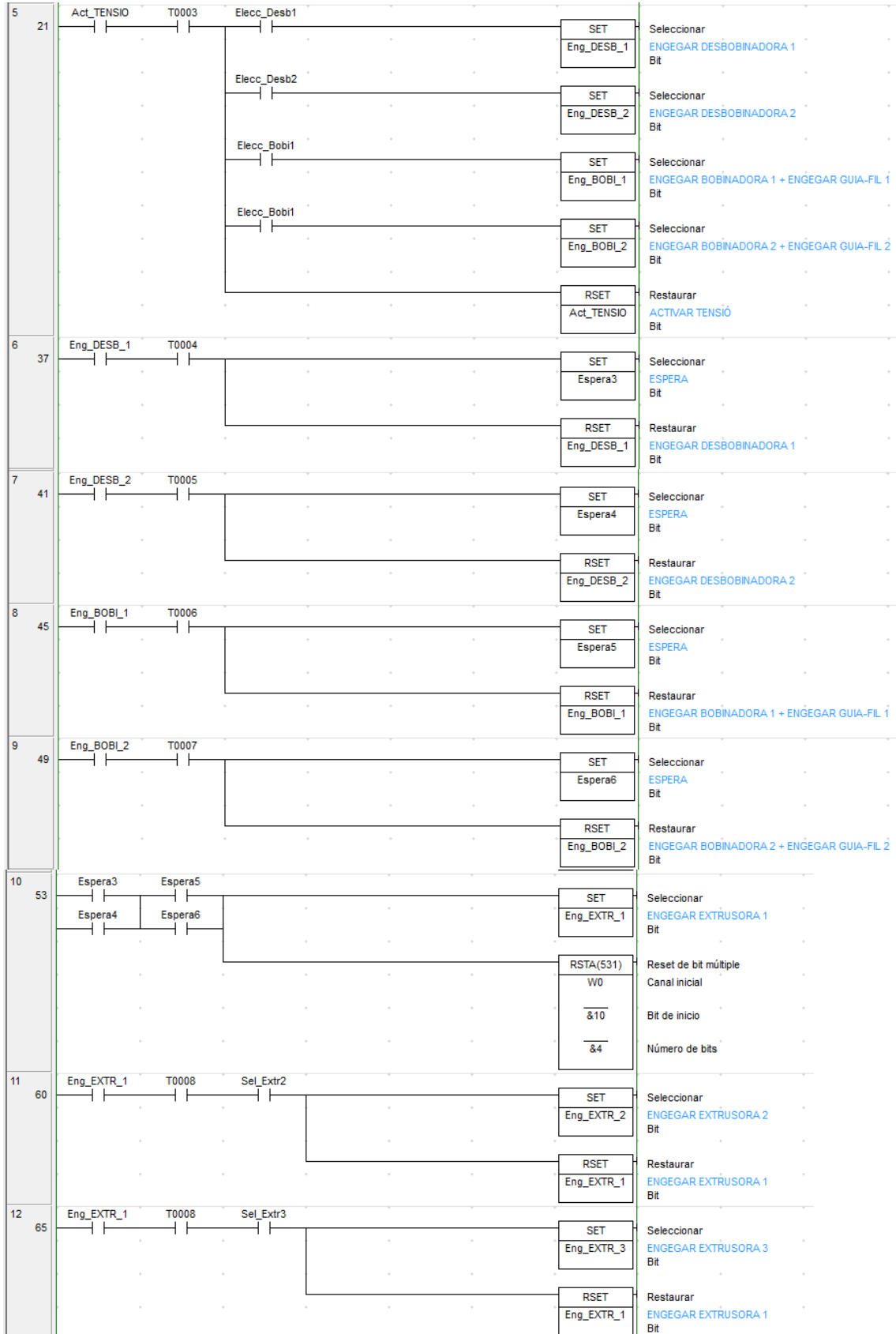
8.2.5. GRAFCET Guia –Fil 2

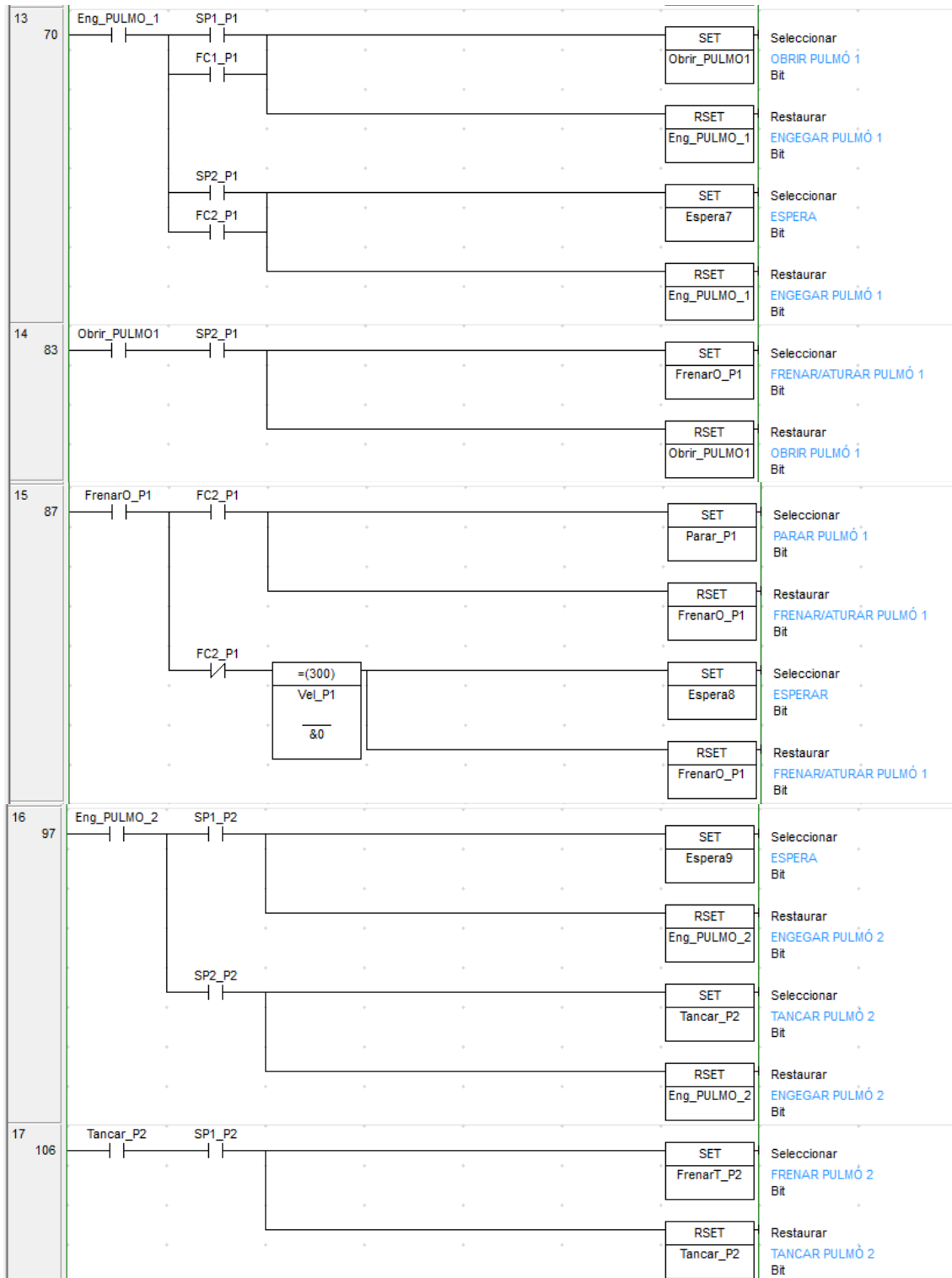


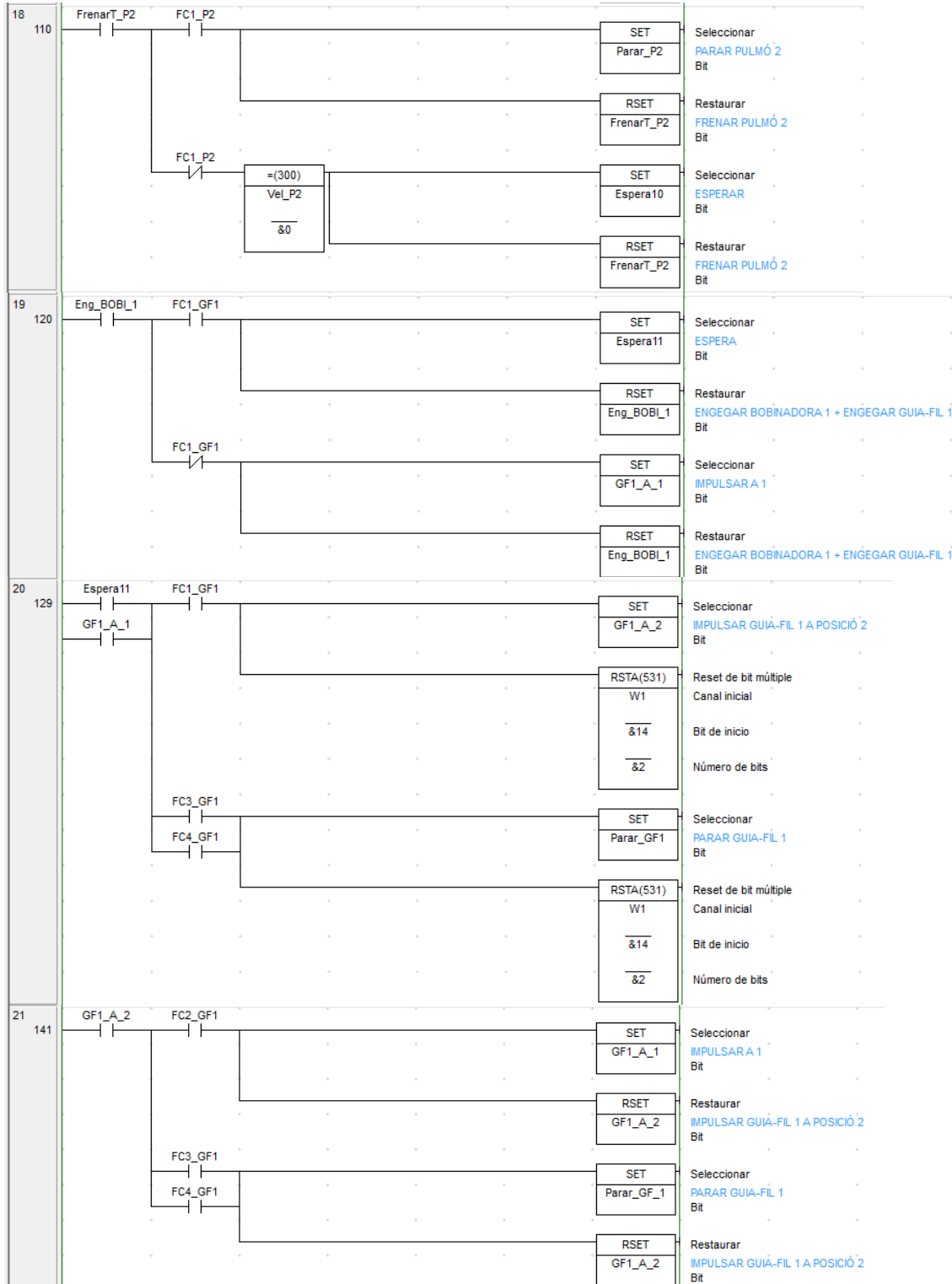
8.3. Programa

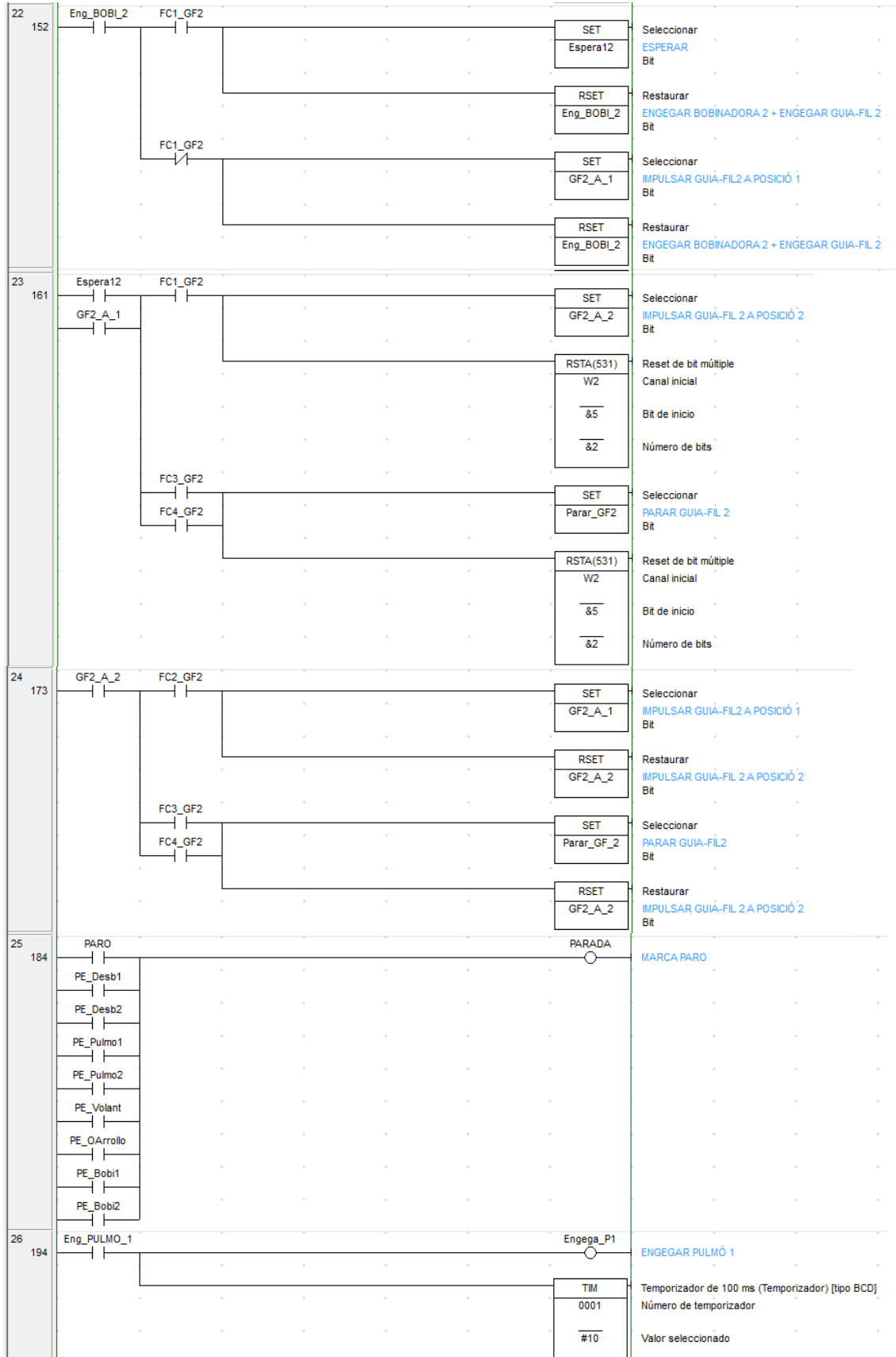
A continuació es presenta el programa realitzat com a proposta de l'objectiu del projecte, que és l'automatització de la màquina Tecnocable.

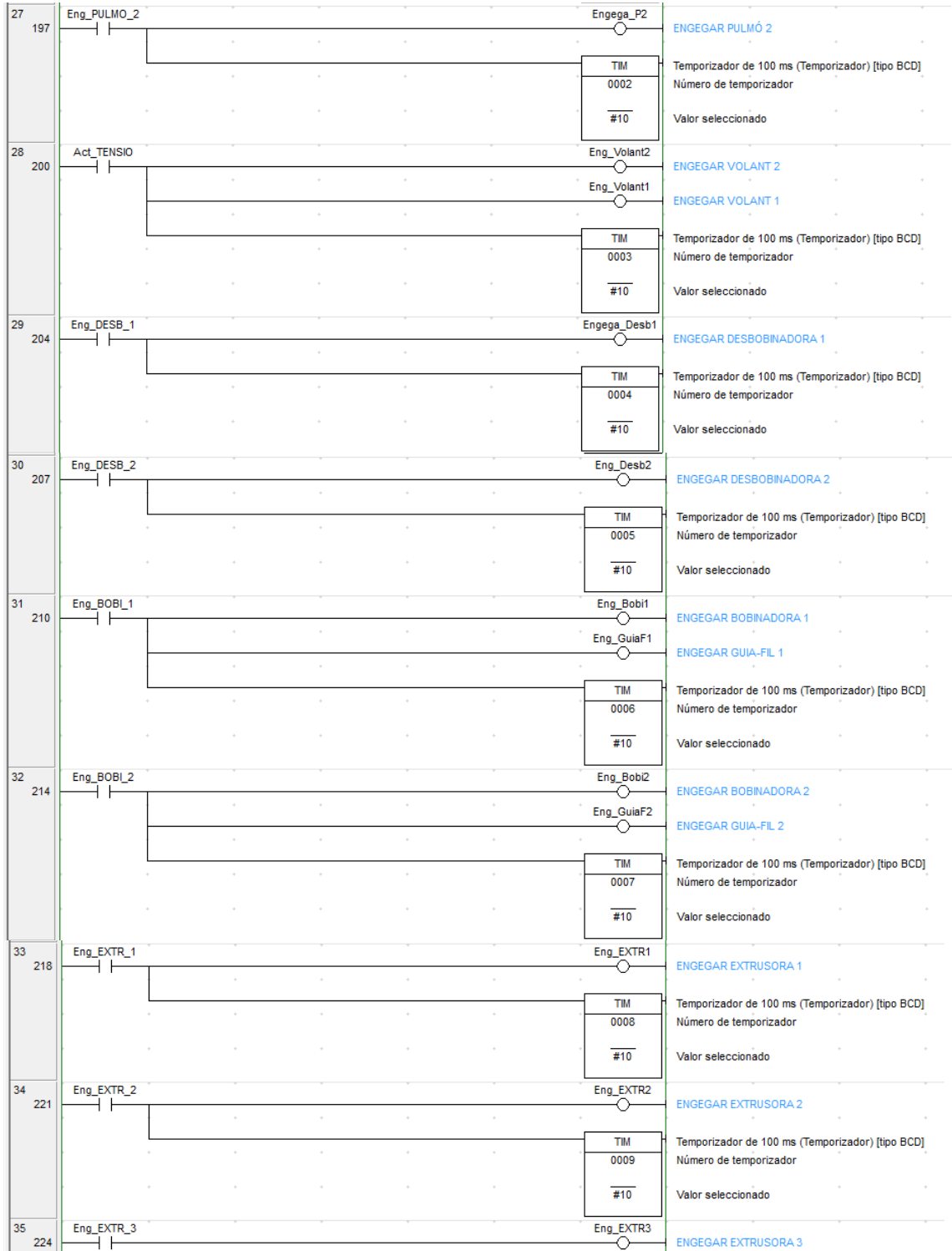


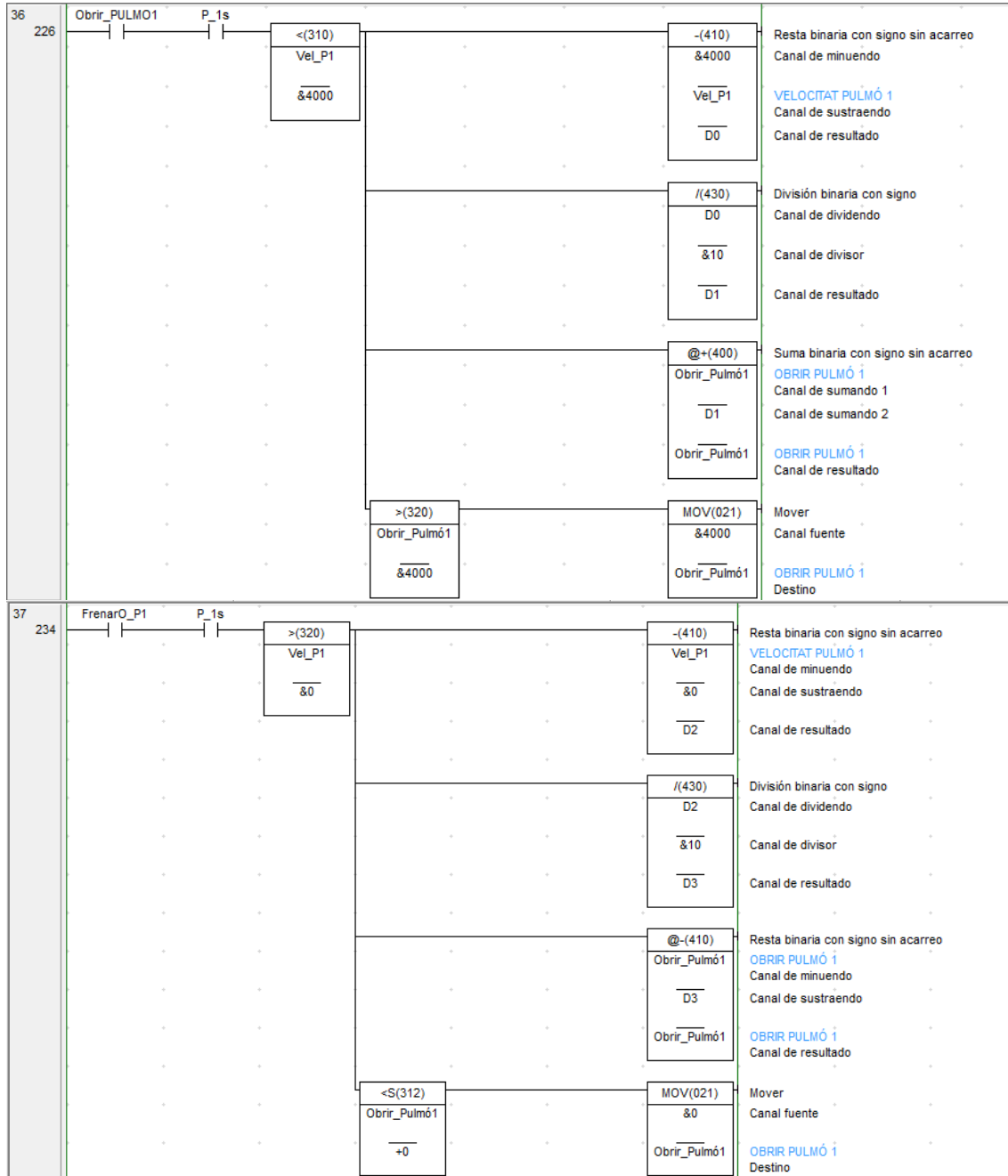


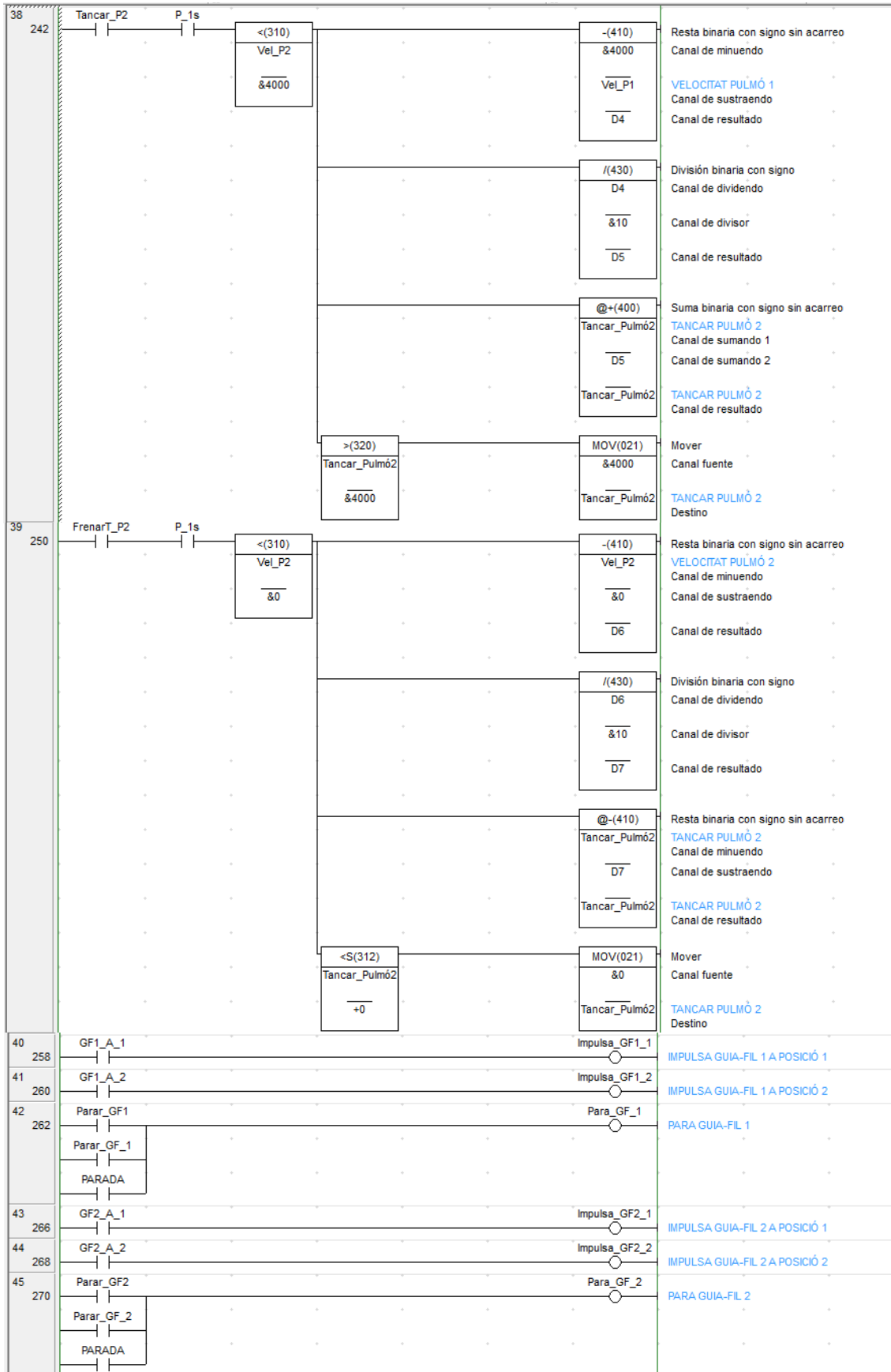


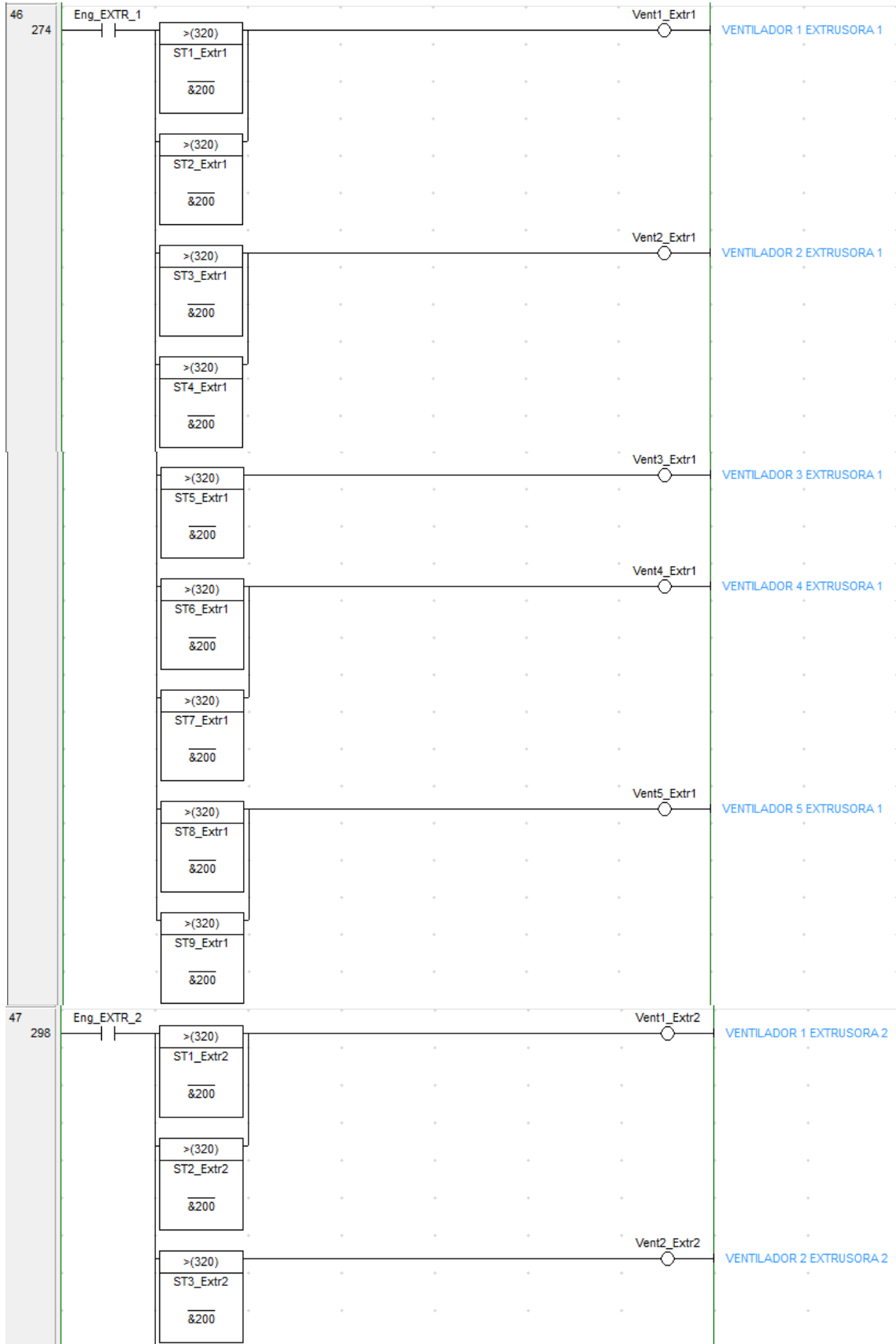


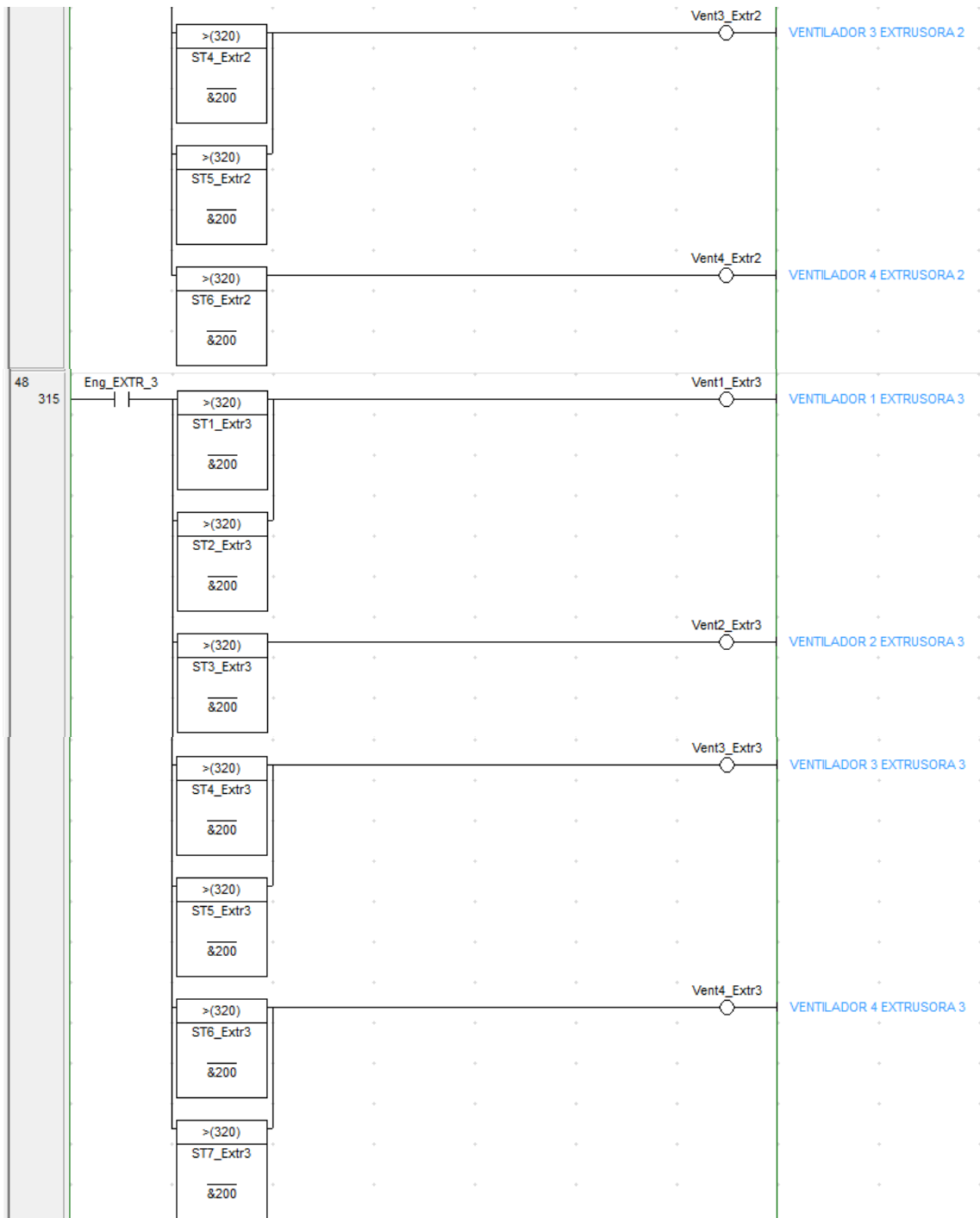


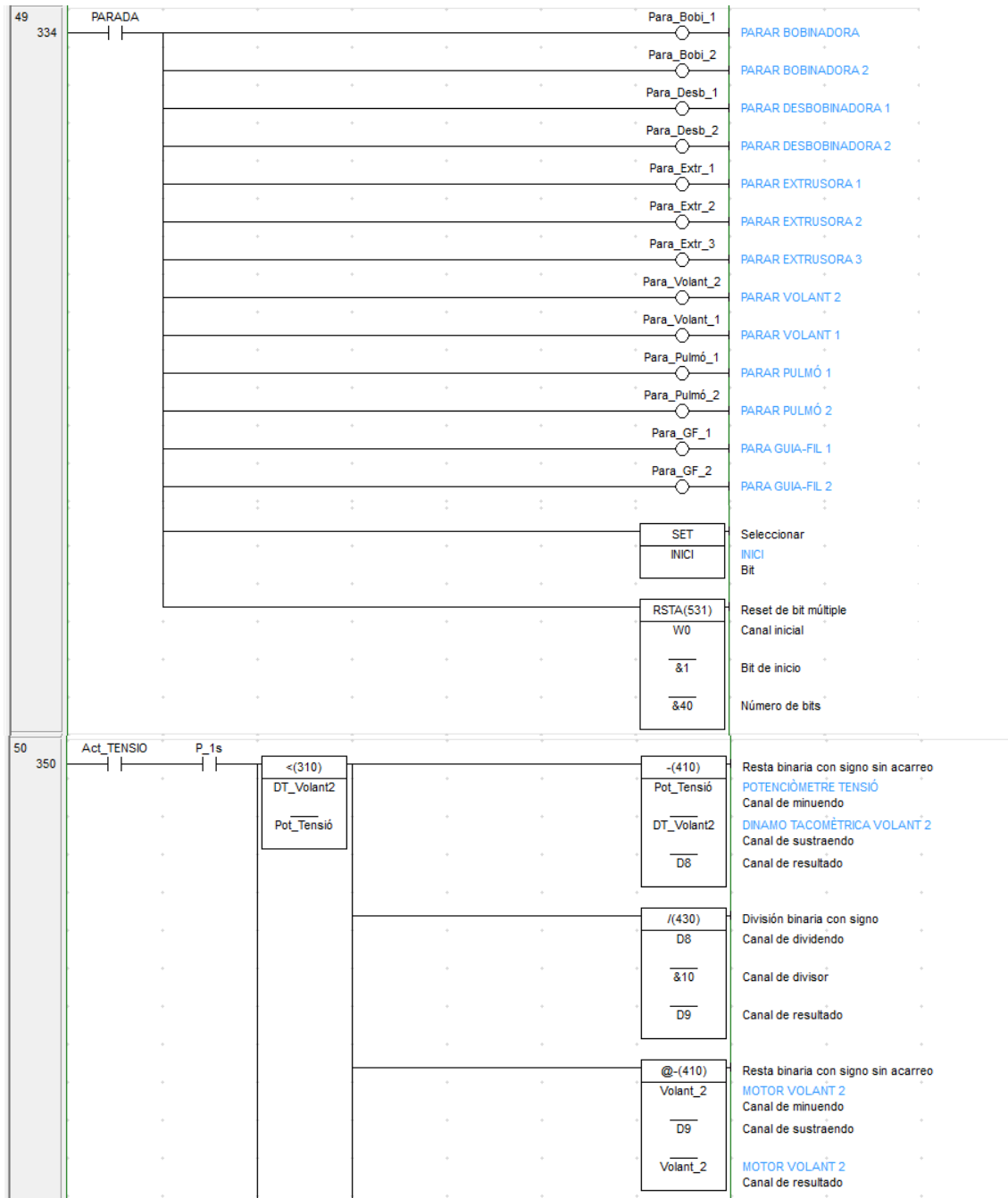


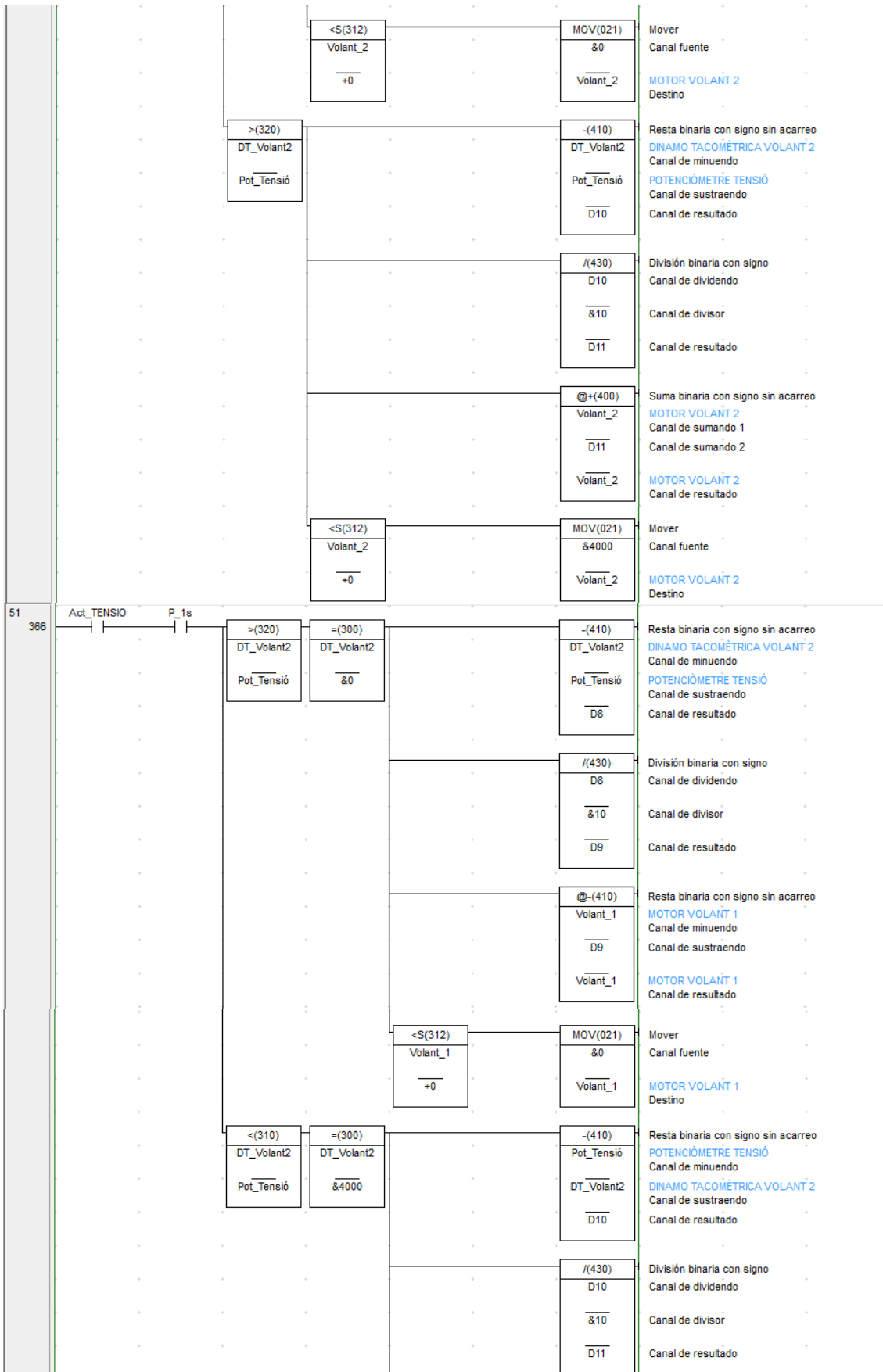


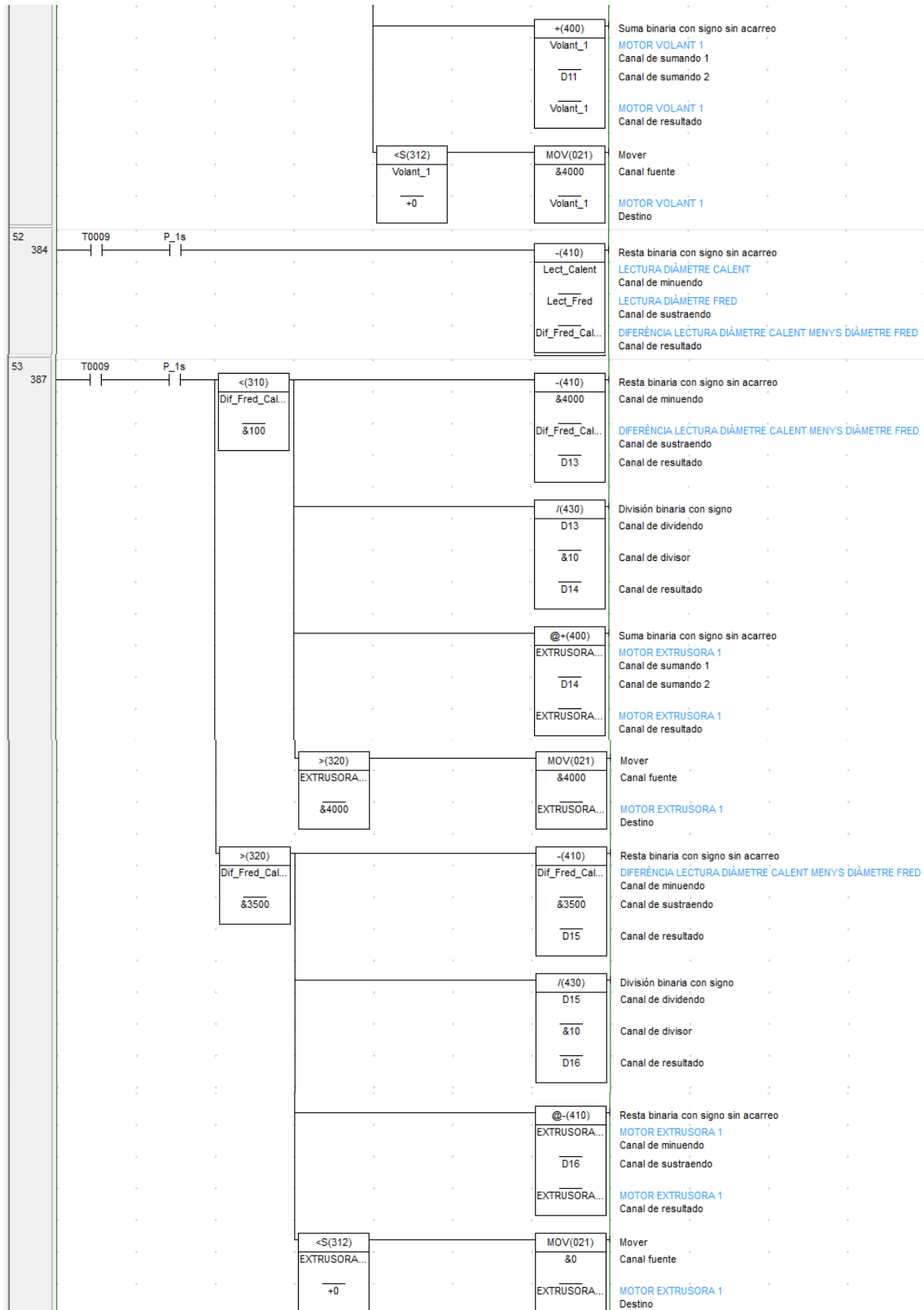












9. SCADA

SCADA és l'acrònim de *Supervisory Control And Data Acquisition*, que traduït de l'anglès significa: control i adquisició de dades de supervisió. Els sistemes SCADA són aplicacions que utilitzen un ordinador i tecnologies de comunicació per a automatitzar i controlar processos industrials.

Per a la realització del control SCADA per a aquest projecte, s'ha emprat el software proporcionat per OMRON als seus productes que és el CX-Supervisor. En la realització d'aquest projecte, s'ha utilitzat la versió educativa 2.1.

9.1. CX-Supervisor

Aquesta eina informàtica permet dissenyar el format visual així com establir-ne la relació amb l'autòmat, assignant i definint cada entrada i sortida a la seva corresponent acció.



CX-Supervisor és un paquet que engloba varis programes. D'aquesta manera en diferenciarem dos de principals:

- CX-Supervisor Developer: aquest té com a objectiu dissenyar i crear la interfícies operari-màquina així com aplicacions.
- CX-Supervisor Runtime: aquest té la missió d'executar i aplicar els dissenys creats en l'anterior.

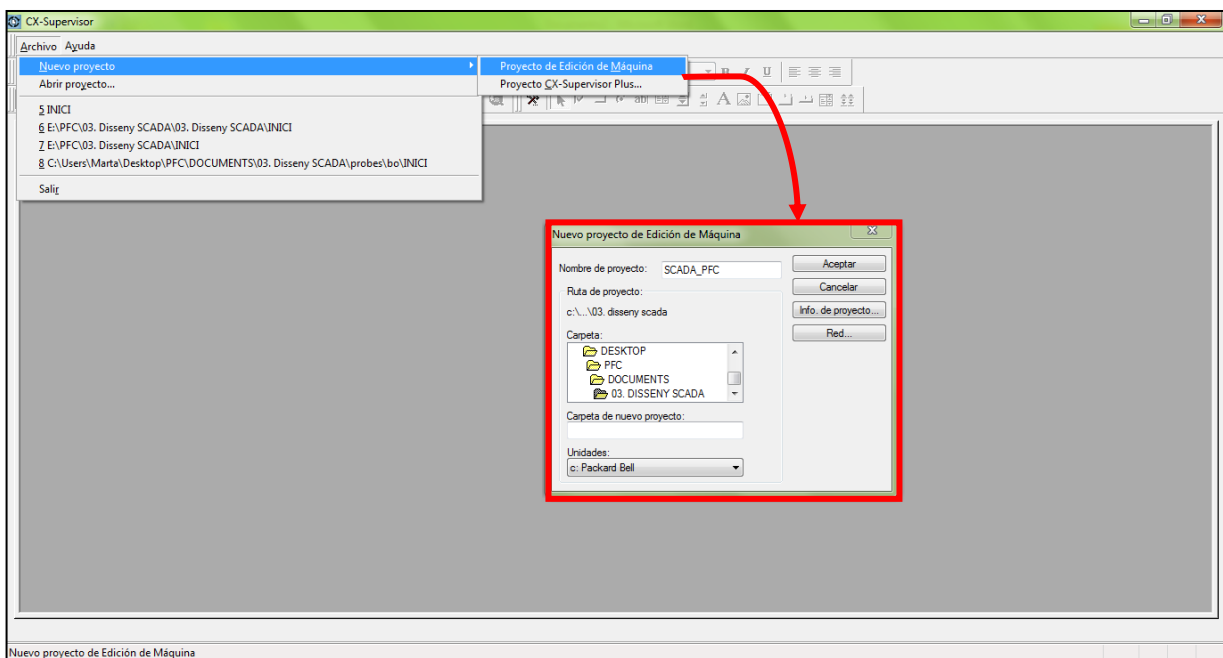
9.1.1. Funcionament del programa CX-Supervisor Developer

Aquest programa, que com s'ha explicat anteriorment, serveix per a programar i dissenyar la interfície operari-màquina o SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) dels autòmats de la marca OMRON.

A continuació es mostrarà l'entorn de treball del programa CX-Supervisor Developer, així com les seves principals eines de treball per tal de mostrar com s'ha creat aquest projecte.

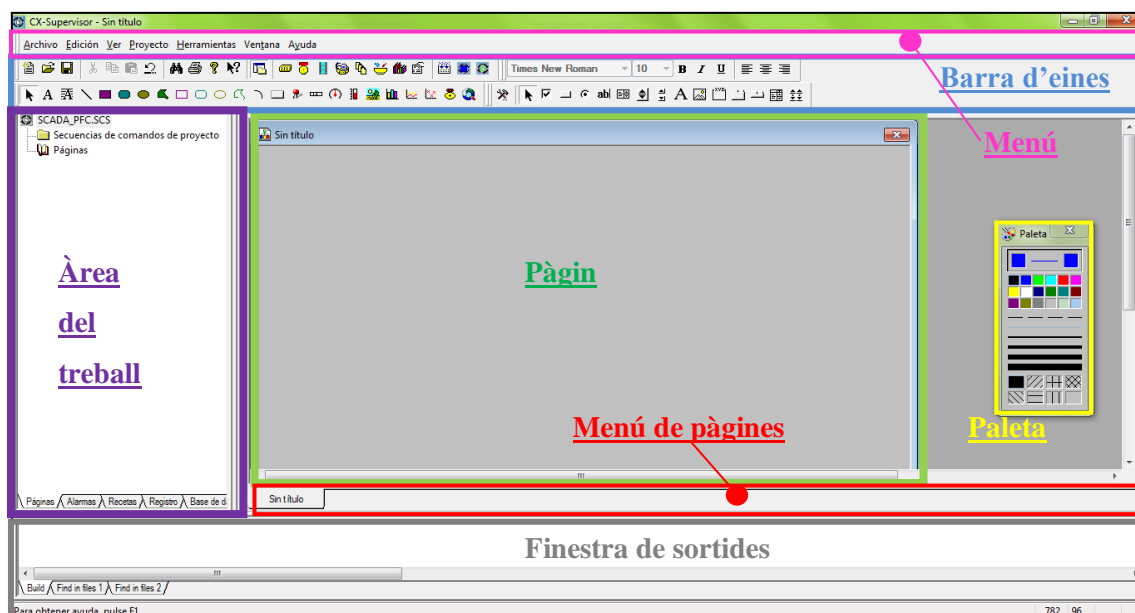
9.1.1.1. Inici i entorn de treball

Per començar a operar, cal obrir el programa i, seguint la ruta *Archivo\Nuevo* en el menú principal, obrirem l'opció *Proyecto de Edición de Máquina*, per tal de assignar-li un nom i un destí al projecte. Així es visualitzarà:



En aquesta pantalla se li pot assignar un nom, en aquest cas *SCADA_PFC* i també una carpeta de destí dels arxius. Només clicant el botó *Aceptar*, ja es pot visualitzar l'entorn de treball del programa.

Inicialment presenta un aspecte sobri i buit. Sense gaires elements que el composin. No obstant, aquestes són les parts que es poden diferenciar.



El funcionament i/o el contingut de cada una d'aquestes parts de l'entorn de treball es mostren en la taula següent:

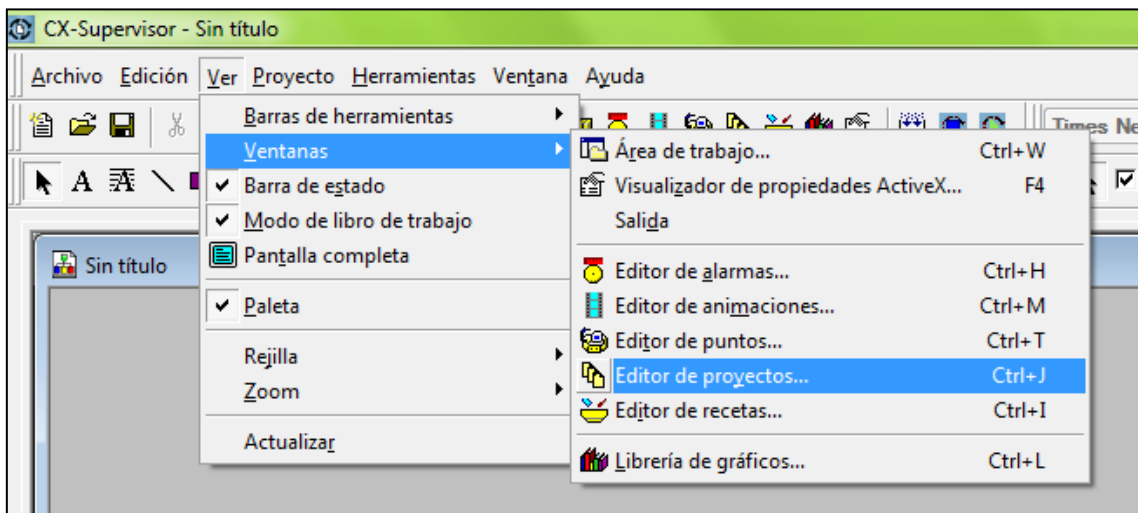
Nom	Contingut/Funció
Menú	Permet seleccionar els diferents elements del menú del programa
Barra d'eines	Permet seleccionar funcions clicant en els icones. En el menú <i>Ver</i> , es poden seleccionar les eines que es mostren.
Pàgina	Cada una de les bases on es combinen els elements que composaran la interfície visual de les aplicacions i que permeten representar el món real.
Àrea del treball	Proporciona una vista detallada del projecte en estructura d'arbre. Proporciona un fàcil accés als diferents elements que componen els projectes: pàgines, scripts, objectes, accions, alarmes...
Paleta	Proporciona l'opció de canviar el color i el dibuix de l'objecte actual.

Menú de pàgines	Visualitza totes les pàgines en les que s'està treballant i que estan incorporades en el projecte.
Finestra de sortida	Mostra la informació dels errors al compilar, mostra els resultats de buscar contactes/bobines en el formulari de la llista i mostra els detalls quan es produeixen errors greus al carregar un arxiu de projecte.

9.1.1.2. Editor de projecte

El punt de partida de qualsevol projecte és l'editor de projectes. Des d'aquest menú s'afegeixen o es treuen pàgines als projectes, s'obren les pàgines, s'especifica quines pàgines s'han de visualitzar al executar el CX-Supervisor Runtime, així com, també es pot configurar diferents paràmetres del projecte.

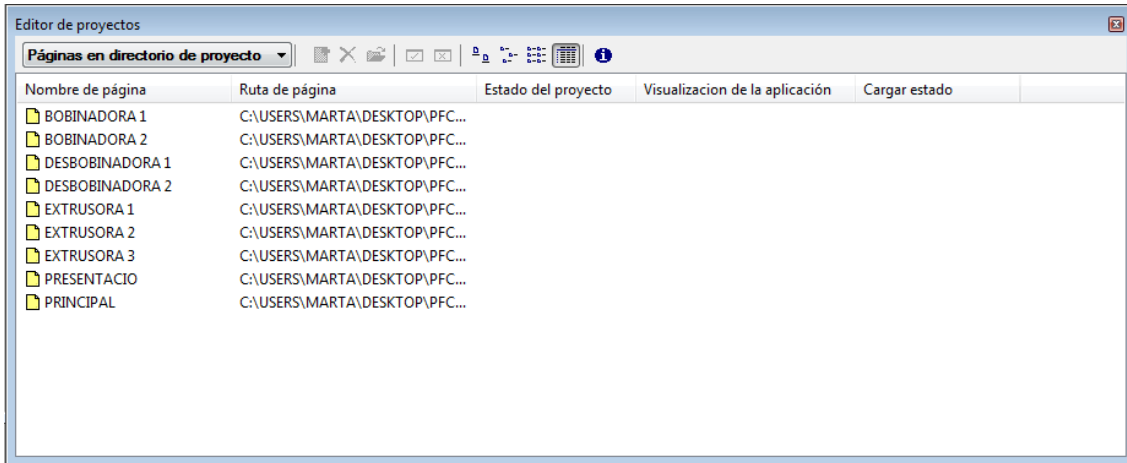
Per accedir-hi es pot utilitzar la combinació de tecles *Ctrl+J* o bé, des del menú principal com es mostra en la següent imatge:



Òbviament, en la barra d'eines es troba la icona que representa aquest editor:

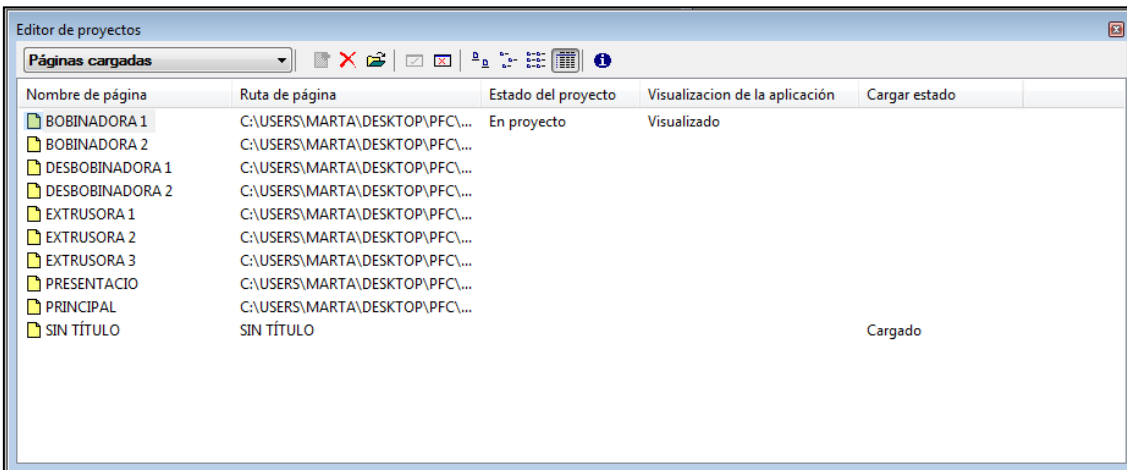


L'editor de projectes presenta la següent aparença:

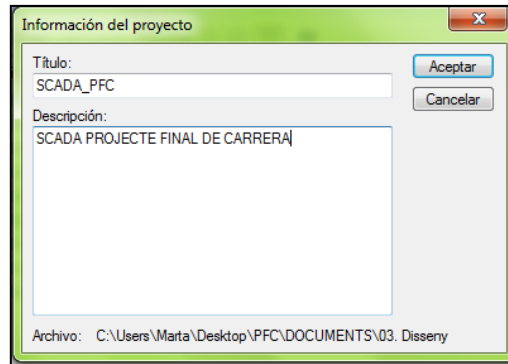


En la primera columna es visualitzen les pàgines que troba en el mateix directori del projecte i que ja estan guardades. És important tenir en compte, que fins que no es dona la ordre de guardar una pàgina, aquesta no s'incorpora al projecte. Per tant, serà un dels primers passos a realitzar i fàcilment, en el menú *Archivo\Guardar proyecto* es podrà realitzar. En aquesta imatge, es veuen les pantalles creades per el projecte que s'està tractant.

Posicionant-se sobre d'una de les pàgines, s'activen els botons de la barra d'eines de la finestra. Aquests ens permeten afegir i treure o obrir pàgines en el projecte. En quan s'adjunta una de les pàgines al projecte, en la tercera columna apareix com a estat *En proyecto*. Això es mostra així:



En la última icona del menú de barras, hi trobem l'accés a informació del projecte com ara el nom, la descripció i la ubicació:



9.1.1.3. Punts

Un punt equival a una variable on es guarden dades dels dispositius i/o processos. Aquestes variables son les que connectades a l'autòmat equivalen als bits o les senyals d'entrada i sortida.

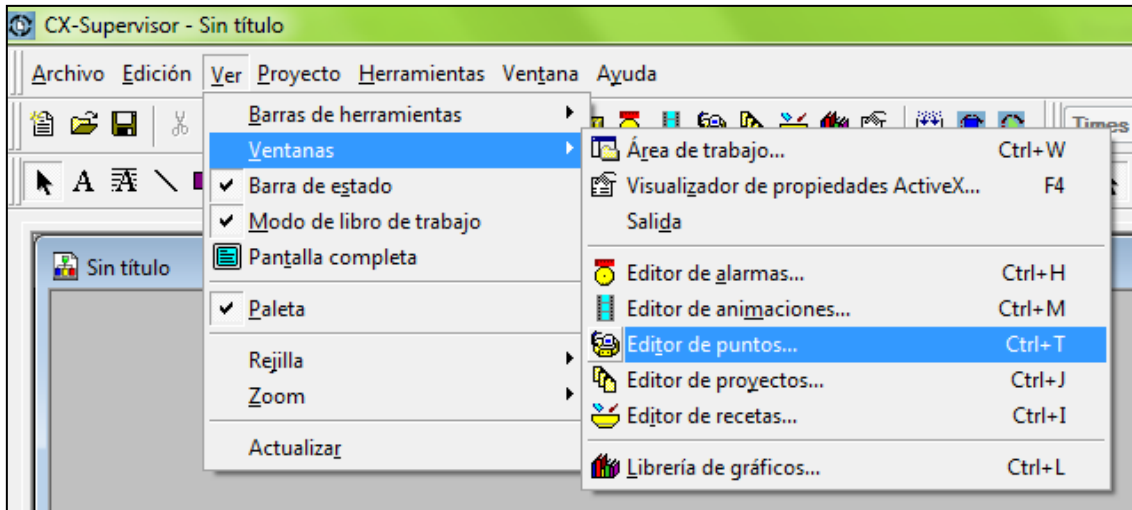
De punts hi ha varis tipus:

- En funció del valor que emmagatzemen:
 - Booleans
 - Enters
 - Reals
 - Text

- En funció de la procedència o localització de les dades:
 - Punts interns o de memòria: ja sigui definits per l'usuari o predefinit pel sistema.
 - Punts d'entrades i sortides (diferents fonts o orígens): aplicacions Windows, hardware de procés (PLCs) o OPC.

Des de l'editor de punts es pot: afegir, modificar i eliminar nous punts; afegir, modificar i eliminar configuracions de PLCs; configurar punts del PLC; ordenar, filtrar i agrupar els punts de la base de dades; utilitzar les funcions estàndard de *copiar*, *retallar* i *enganxar* i obtenir informació sobre el número i tipus de punts del projecte.

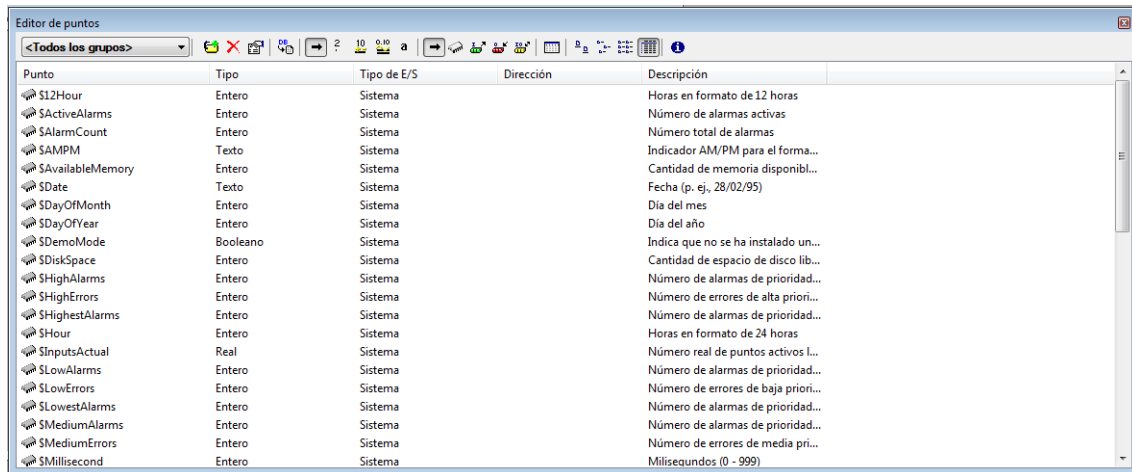
L'accés a l'editor de punts pot ser mitjançant la combinació de tecles *Ctrl+T*, o bé des del menú de la manera que s'expressa en la següent imatge:



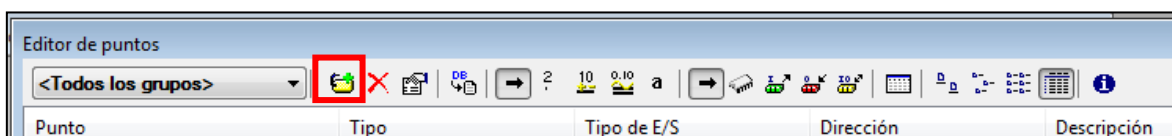
També des de la barra d'eines es pot trobar el botó que hi accedeix, amb la següent icona:



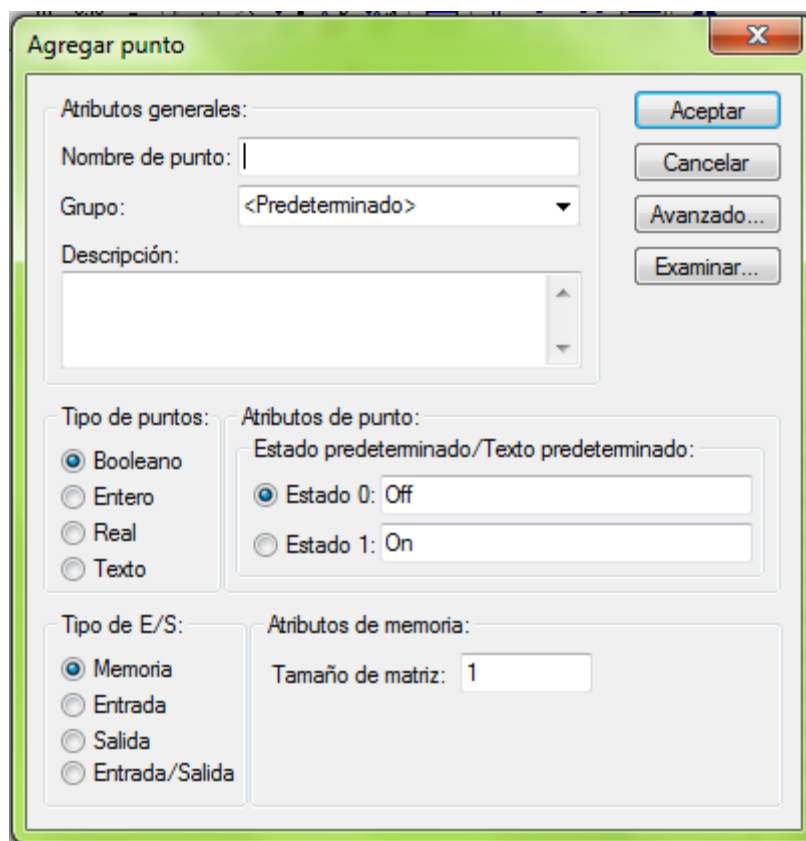
L'aspecte que presenta aquest editor és bastant similar al del editor de projectes, i és:



En aquest cas, el sistema CX-Supervisor ja incorpora un seguit de punts integrats. Igualment, es poden afegir nous punts i editar-los. Per a fer això s'ha de clicar damunt el botó d'afegir punt:



Un cop premut, es visualitza la pantalla de creació del nou punt:



El nom del punt serà aquell que l'usuari vulgui assignar-li i servirà com a reconeixement de la funció, per tant, en aquest cas se seguirà l'exemple descrit en l'apartat del programa CX-Programmer i s'anomenarà *MARXA*.

Com que és una entrada digital, el tipus de punt serà Booleà. Pel que fa al tipus d'entrada o de sortida, en aquest cas, mentre que per l'autòmat és una entrada, aquesta sortirà de l'aplicació que s'està creant, i per tant, en aquest cas, serà una sortida.

Agregar punto

Atributos generales:

Nombre de punto: MARXA

Grupo: <Predeterminado>

Descripción: Inicia sistema

Tipo de puntos:

Booleano

Entero

Real

Texto

Atributos de punto:

Estado predeterminado/Texto predeterminado:

Estado 0: Off

Estado 1: On

Tipo de E/S:

Memoria

Entrada

Salida

Entrada/Salida

Frecuencia de actualización:

Al cambiar

A petición

Con intervalo

Atributos de E/S:

PLC

OPC/Otros

Configuración...

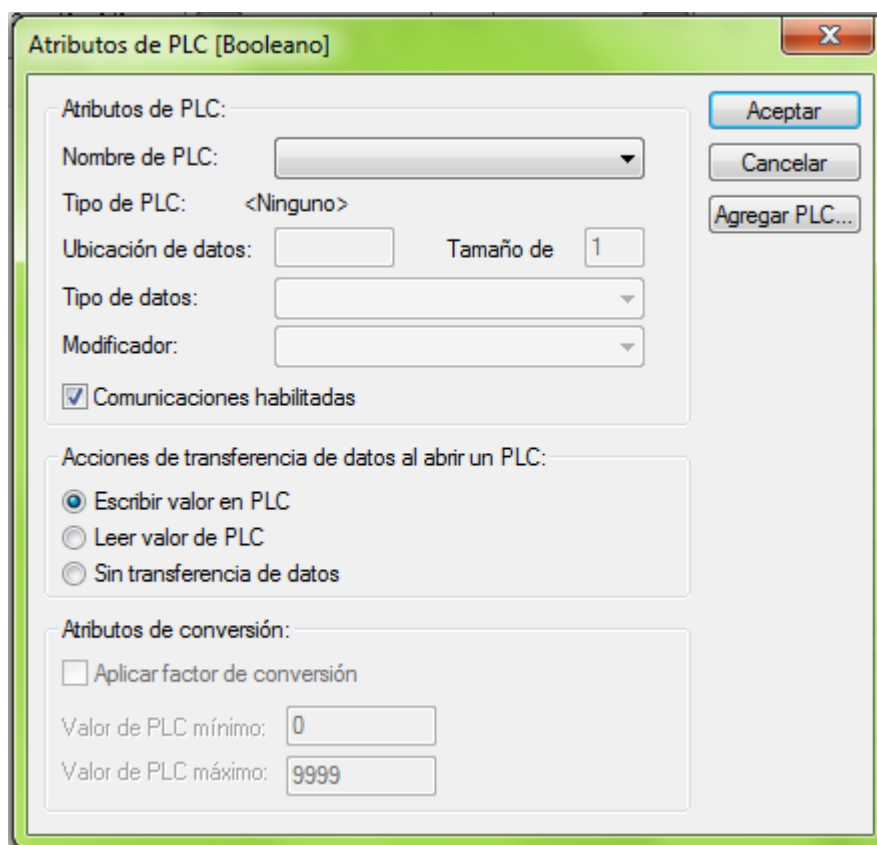
Aceptar

Cancelar

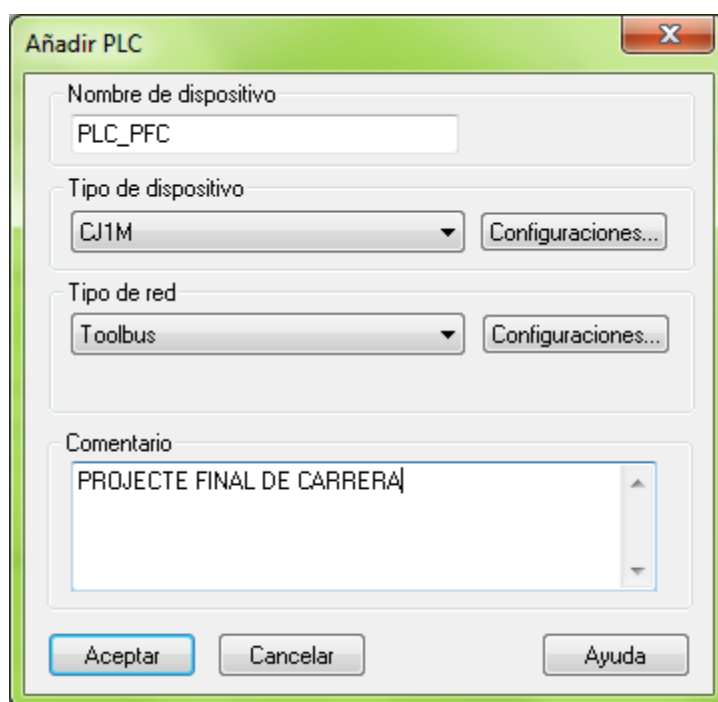
Avanzado...

Examinar...

Una vegada definit el punt com a sortida s'ha de definir la freqüència d'actualització i l'atribut de la sortida. En quan al primer paràmetre, en aquest cas, és convenient que s'actualitzi cada vegada que canviï d'estat, i per tant, se seleccionarà la opció *Al cambiar*. En referència al segon paràmetre, on connectarem aquesta sortida de l'aplicació serà en un PLC per tant se selecciona aquesta opció. També serà necessari configurar el PLC per tal de determinar quina entrada o sortida ocuparà aquesta senyal. Així doncs s'obre el menú per configurar-lo prement la tecla *Configuración*.

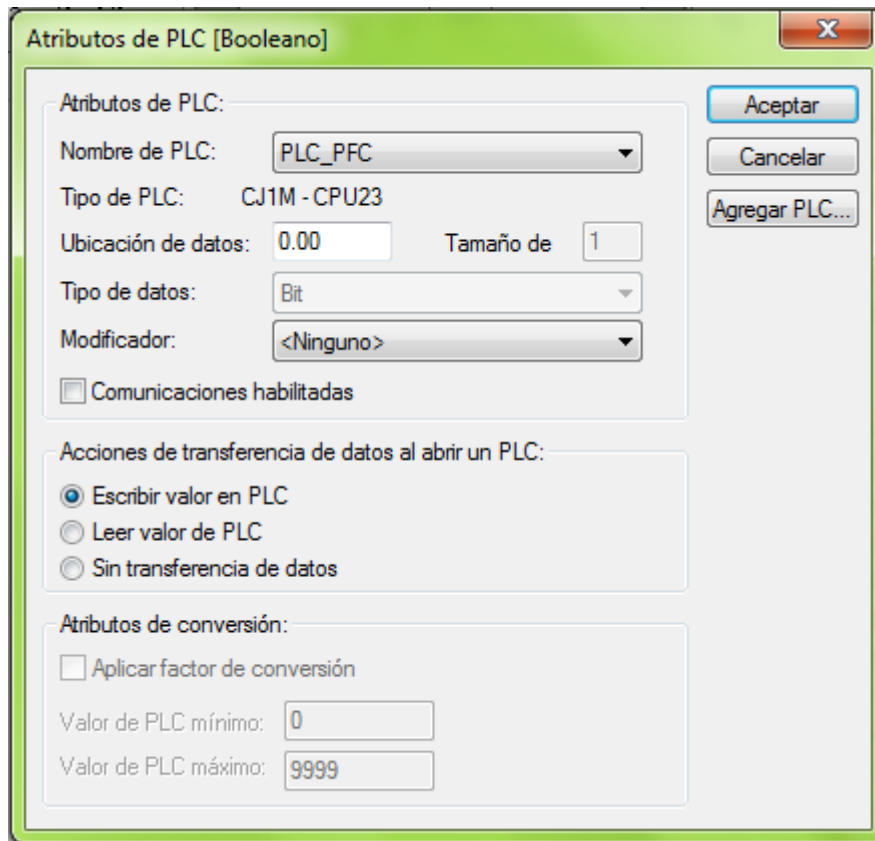


Al ser la primera vegada que es crea i configura un punt enllaçat a un autòmat, caldrà incorporar les dades del autòmat en qüestió, i per tant, se seleccionarà el botó *Agregar PLC...* .



De la mateixa manera que quan es crea un nou projecte amb el programa CX-Programmer, aquí també s'ha especificat el nom del dispositiu i se n'ha configurat el model, essent aquest el CJ1M-CPU23, així com el tipus de xarxa *Toolbus*.

Prement el botó *Aceptar* podem tornar a la finestra anterior i elegir com a autòmat de destí del punt l'autòmat que acabem de configurar. En les següents creacions de punts no serà necessari repetir aquest pas donat que ja està incorporat en la base de dades del projecte que s'està creant.



Un cop s'ha configurat l'autòmat indiquem la ubicació de les dades del punt, que ha de coincidir amb la de l'arxiu del CX-Programmer. En l'apartat d'accions de transferència de dades al PLC és important que se seleccioni la opció de *escriure* ja que així podrem actuar i ordenar sobre el PLC.

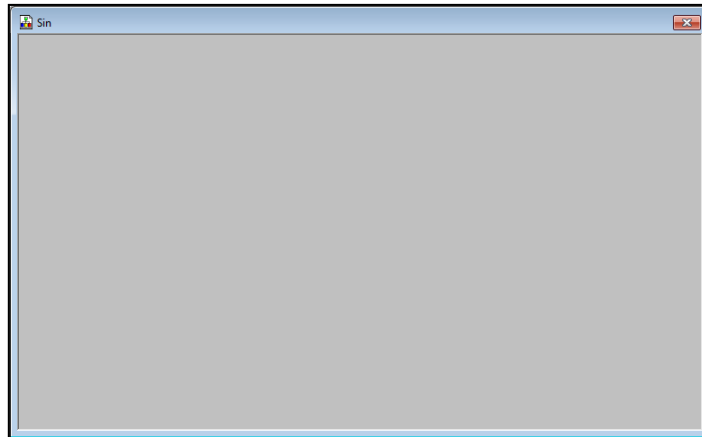
Es pot observar com en l'editor de punts, en el grup on s'ha guardat el punt que s'acaba de configurar (<*Predeterminado*>), apareixen totes les característiques que el dimensionen i caracteritzen.

Punto	Tipo	Tipo de E/S	Dirección	Descripción
MARXA	Booleano	PLC Salida	PLC_PFC[0.0]	Inicia sistema

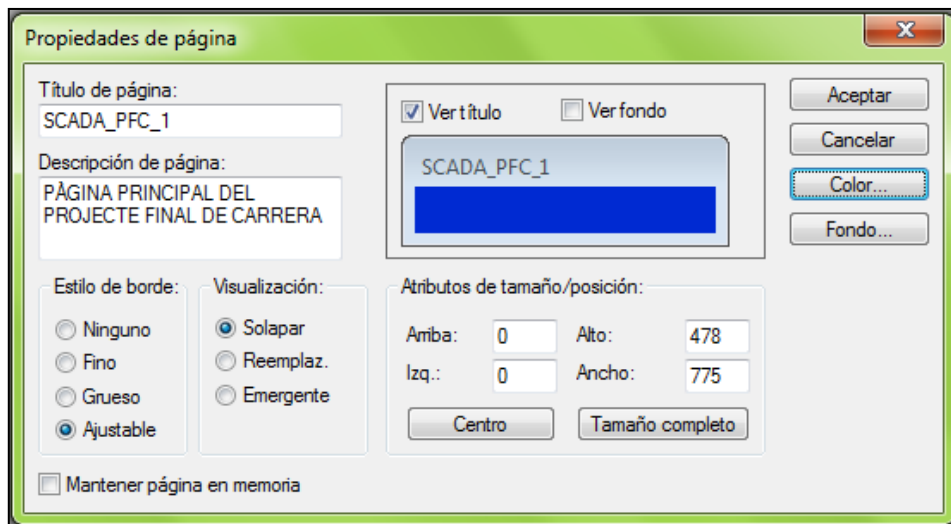
9.1.1.4. Pàgines

Les pàgines són la base de la interfície. En elles es componen els elements que representaran la realitat. Com ja s'ha explicat, des de l'editor de projectes es controlen les pàgines que s'incorporen o no en el projecte.

La imatge inicial d'una pàgina és la següent:



Com es pot veure, no la forma cap element ni hi ha res sobre ella. Per començar a definir-la o a dissenyar-la, primer de tot es configurarà el nom, la descripció, el color del fons... Tot això es pot fer si es fa doble clic damunt de qualsevol punt de la pàgina.



A més a més del nom, la descripció i el color, també es configuren l'estil de l'entorn de la finestra i la visualització, ja que la pàgina respecte d'altres es pot solapar, reemplaçar o bé emergir. La posició i la mida també es poden configurar.

A partir d'aquí s'utilitzaran les icones de la barra d'eines juntament amb la paleta per anar dissenyant-ne el format.

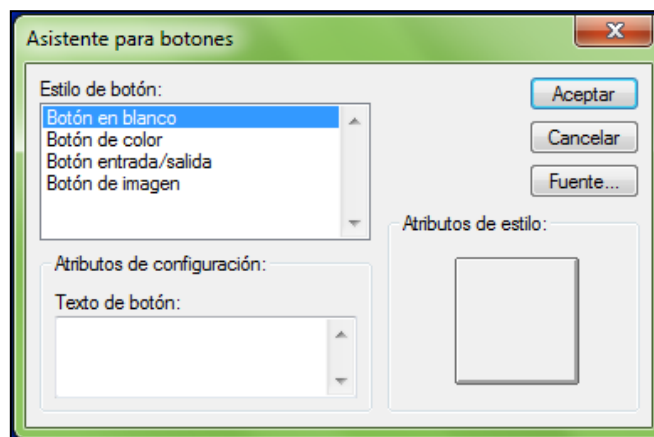


Amb aquests elements es podrà aconseguir el disseny desitjat:

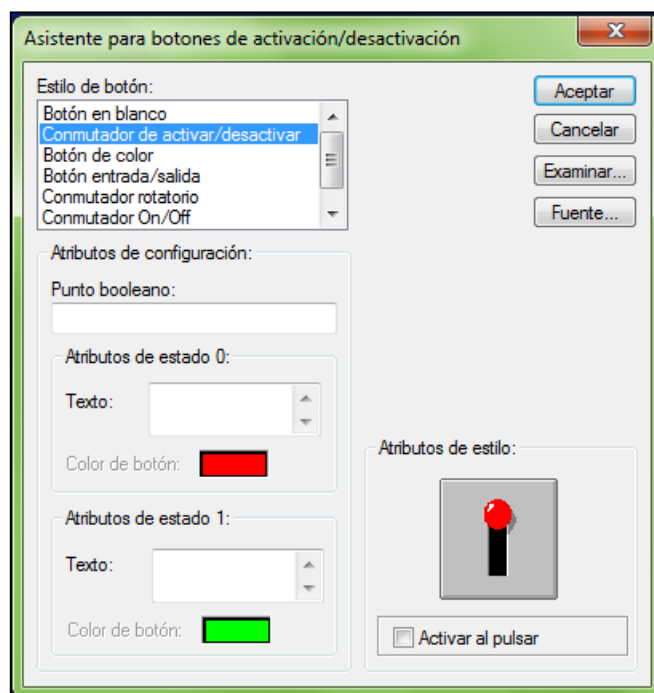
Símbol	Descripció	Símbol	Descripció
	Mode seleccionar		Arc
	Text		Botó
	Text de bloc		Botó d'activar i desactivar
	Línia		Control lliscant
	Rectangle		Mesurador giratori
	Rectangle arrodonit		Mesurador lineal
	El·lipse		Imatge
	Polígon		Diagrama
	Marc rectangle		Gràfica de tendència
	Marc rectangle arrodonit		Gràfica de dispersió
	Marc el·lipse		Alarma
	Marc polígon		Visualitzador de pàgines web

A continuació es mostraran les pantalles de configuració dels elements més importants, per veure'n els paràmetres necessaris per a dimensionar-los.

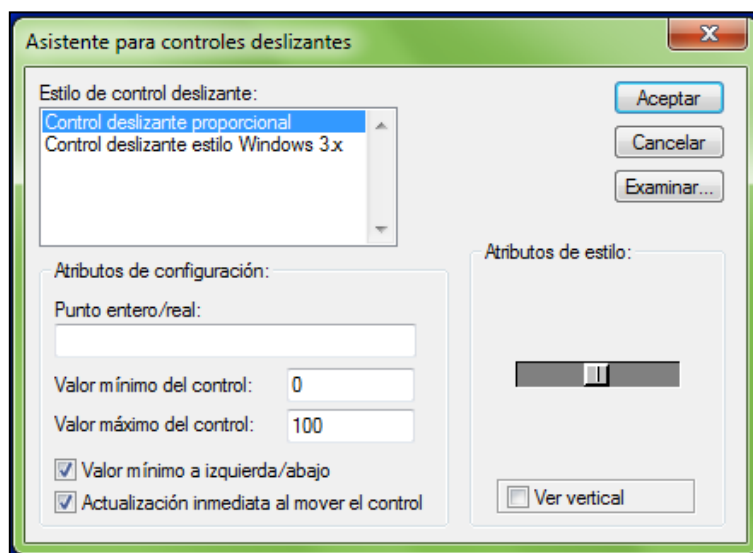
➤ Botó:



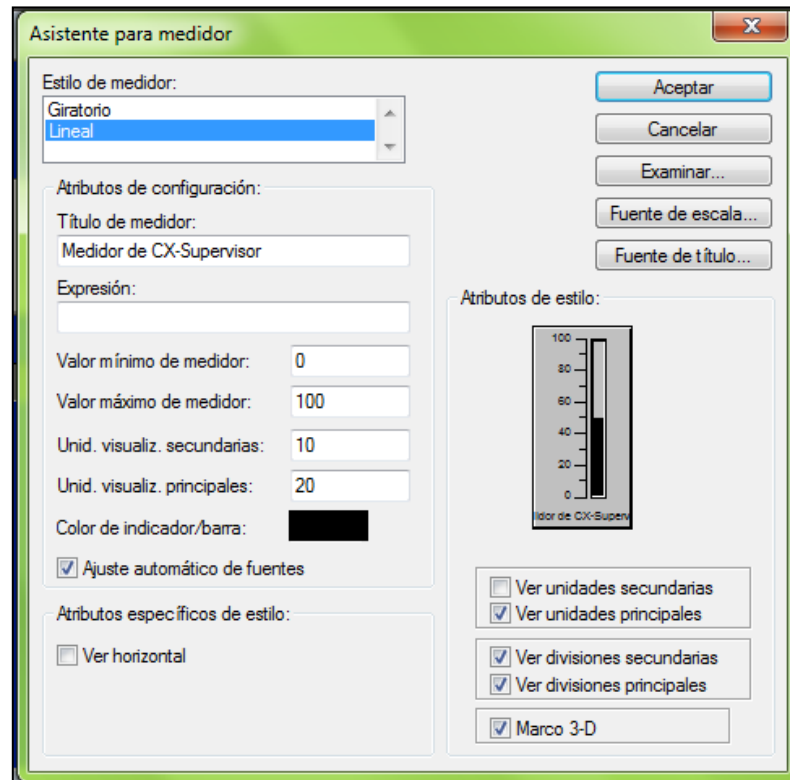
- Botó d'activar i desactivar:



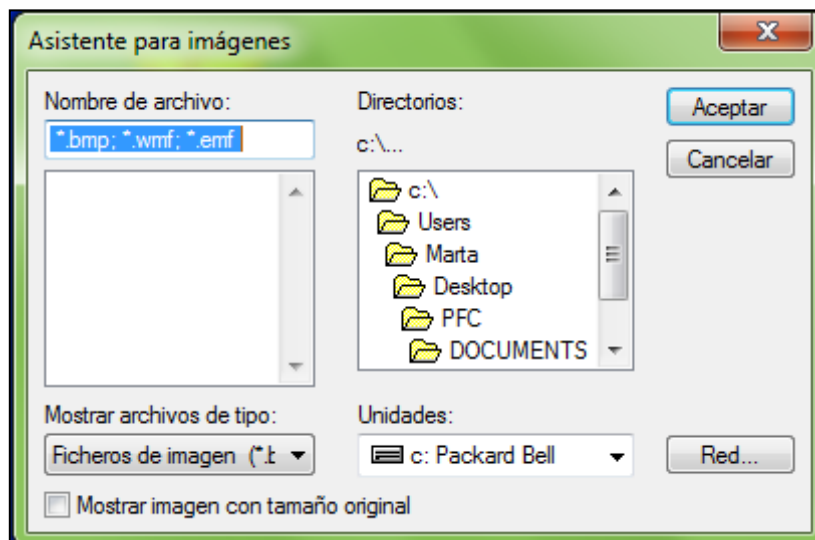
- Control lliscant:



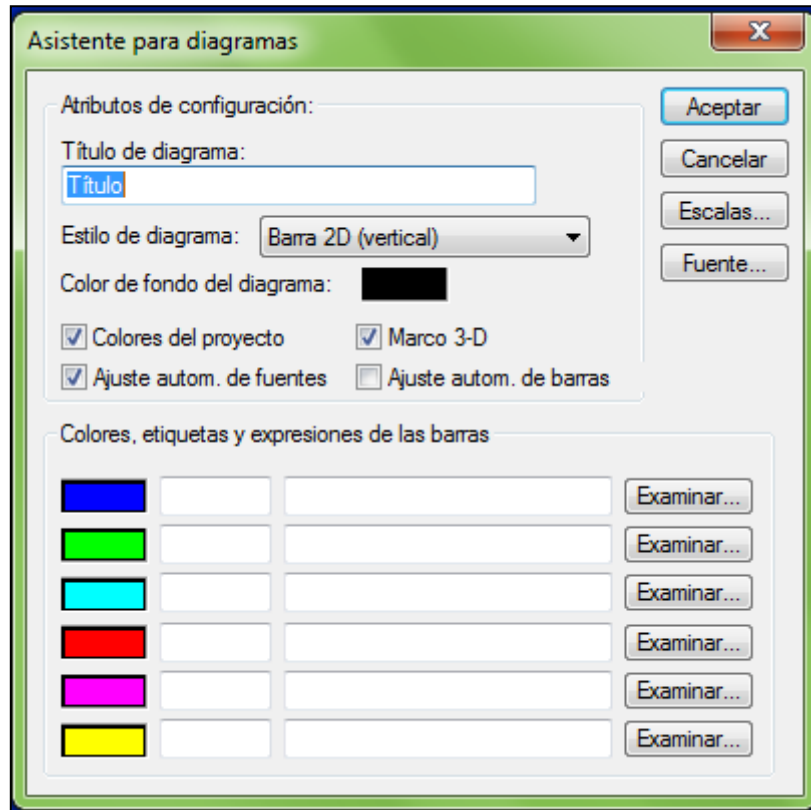
➤ Mesurador lineal:



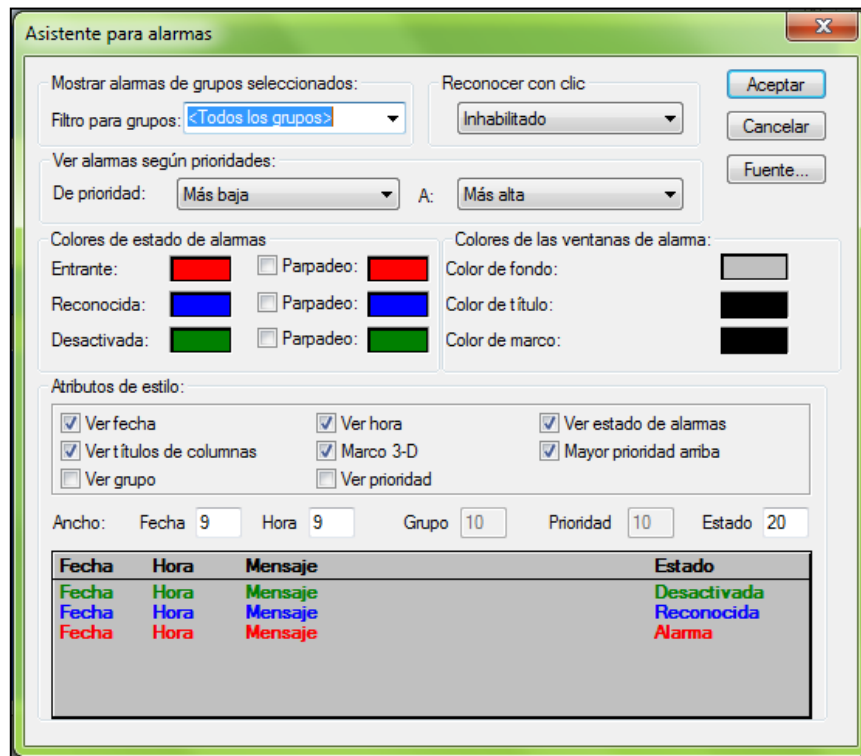
➤ Imatge:



➤ Diagrama:



➤ Alarma:



9.1.1.5. Animacions

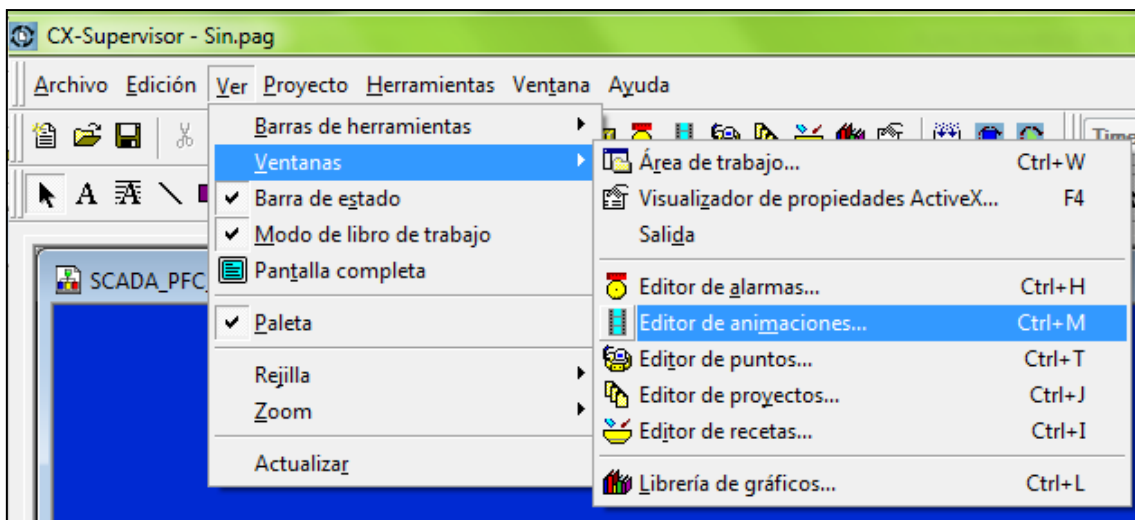
Les animacions serveixen per fer que els objectes prenguin vida. Existeixen diverses animacions com ara: canvi de color, desplaçament o rotació de l'element.

Les animacions es poden distingir a tres nivells diferents:

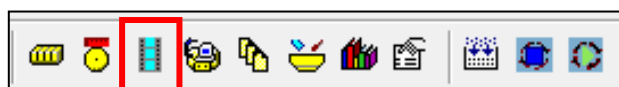
- A nivell objectes: les accions d'animació es refereixen a objectes o a grups d'objectes.
- A nivell pàgines: només es pot aplicar *scripts*. Es pot aplicar l'animació a punts o objectes individuals o a tots els punts i objectes que formin la pàgina específica.
- A nivell de projecte: només es poden utilitzar *scripts*. Les animacions o altres accions s'apliquen al projecte com a un conjunt.

A les animacions s'accedeix a controlar-les des de l'editor d'animacions. Com en el cas dels punts o de les pàgines, les animacions tenen un propi editor des de on es pot: afegir, borrar i modificar accions d'animació; tenir accés a un joc d'animacions predefinides com ara *moure*, *rotar*, *omplir objectes* o *cambiar de color*; crear *scripts* i relacionar-los fàcilment amb objectes, pàgines o el propi projecte, així com assignar nivells de seguretat a les diferents accions de les animacions.

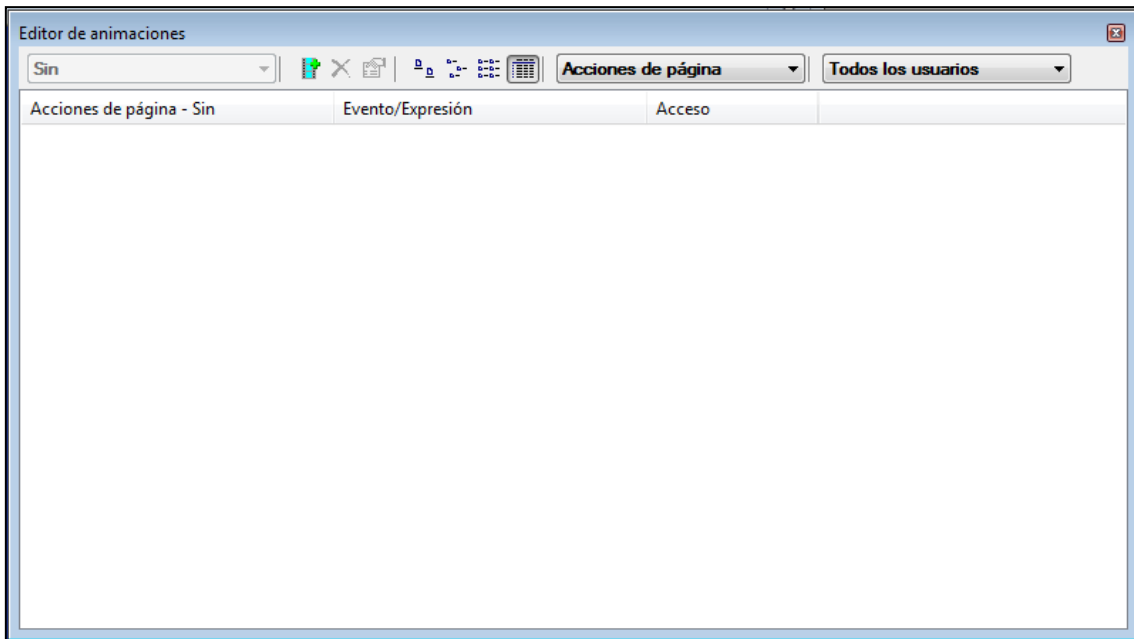
L'accés a l'editor d'animacions l'aconsegim amb la combinació de tecles *Ctrl+M*, o bé, des de la barra del menú principals de la manera que es mostra en la següent imatge:



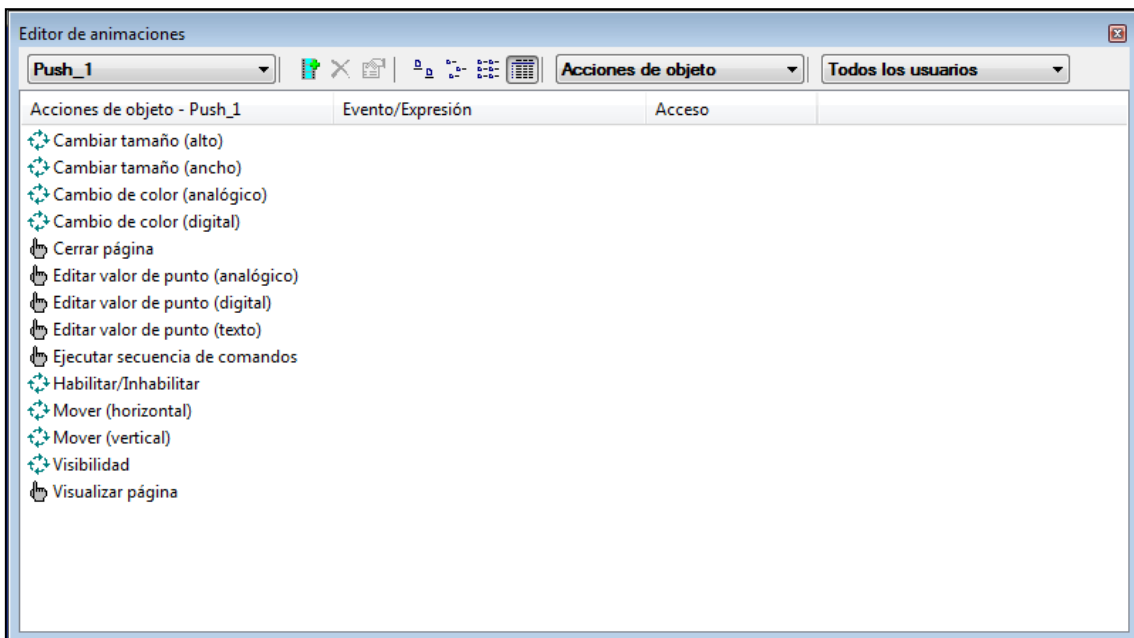
De la mateixa manera que en els casos anterior, des de la barra d'eines es troba la icona que enllaça amb aquest editor, i és:



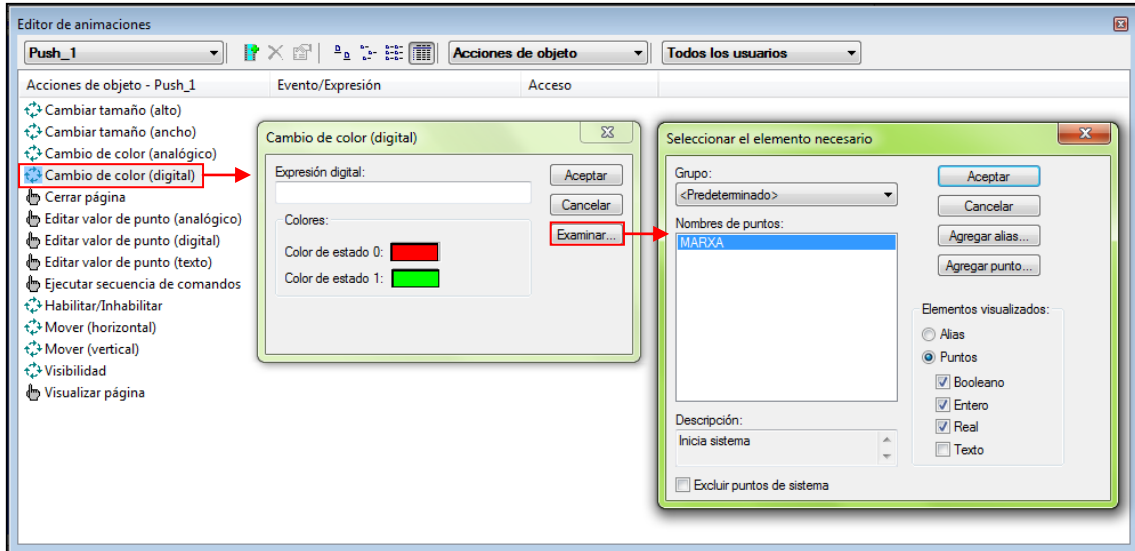
Aquest editor, molt similar als anteriors, presenta el següent aspecte:



En aquest cas, com que encara no s'ha seleccionat cap element no ens apareix cap acció. Però, per exemple, ara es comprovarà en el cas d'un botó quin seria el seu editor d'animacions, que és aquest:

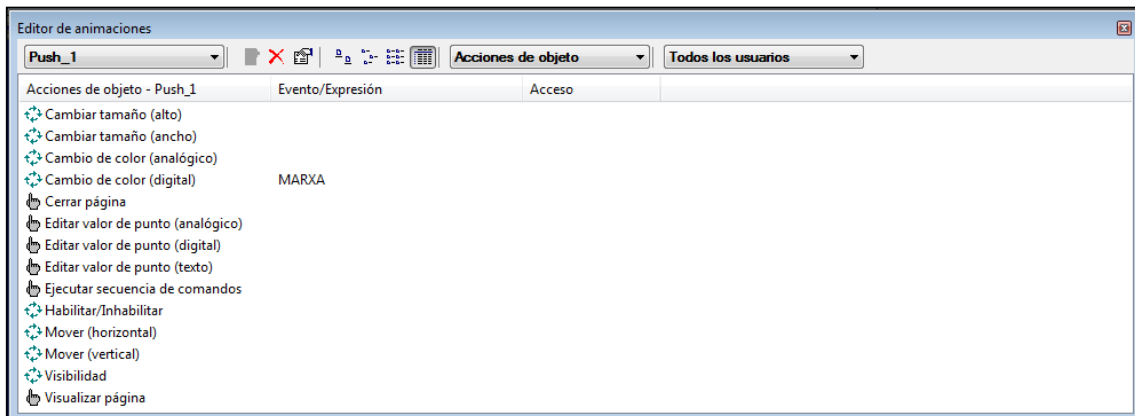


Fent doble clic damunt de cada una de les possibles accions a realitzar, s'obre la finestra que en permet la seva configuració. En el cas de voler fer canviar el botó en el moment de la seva activació, seria:



Es clica damunt l'acció *Cambio de color (digital)*, i en la primera pantalla es poden escollir els colors dels dos estats (activat o desactivat) i, prement el botó *Examinar*, es pot seleccionar el punt que activarà aquesta acció. En aquest cas, i com a exemple, s'utilitzarà el punt ja creat de *MARXA*.

Així doncs, configurat el botó, en l'editor d'animacions es veu com ha canviat la fila en que hi apareix l'acció escollida, i de la següent manera:



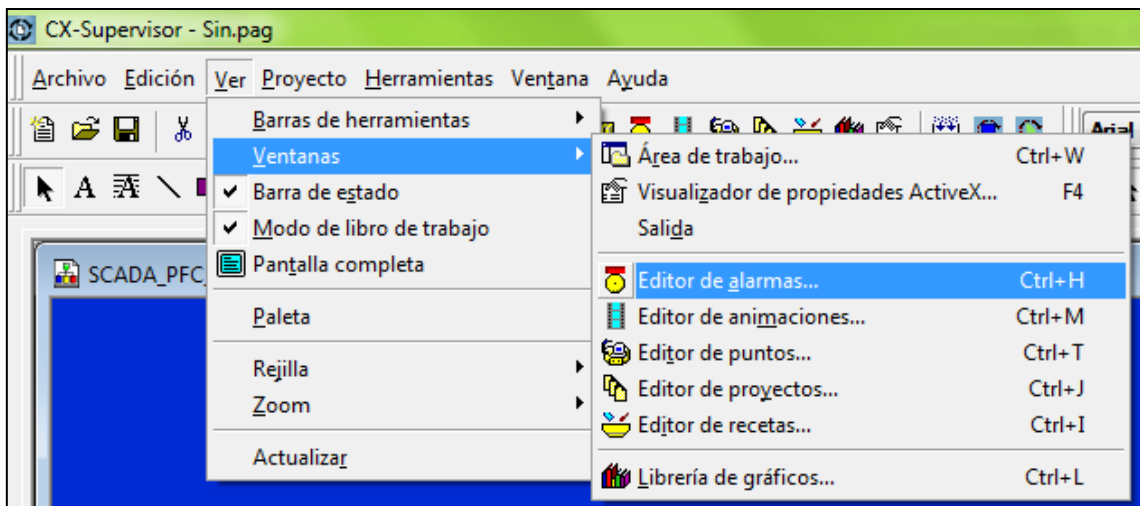
Ara s'hi descriu l'expressió (en aquest cas: punt) que determina l'acció i és la manera de saber quines accions d'aquest element estan activades.

9.1.1.6. Alarmes

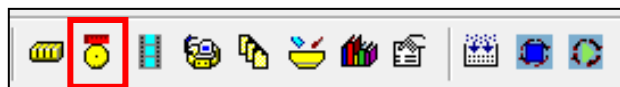
Les alarmes proporcionen una notificació d'una condició prèviament definida. Poden ser monitoritzades i emmagatzemades en fitxers així com també poden ser de diferents tipus i de diferents prioritats.

Anteriorment ja s'han anomenat, en la descripció dels elements de les pàgines. Tanmateix, aquestes es poden editar a partir de l'editor d'alarmes. Des d'aquest editor es pot: afegir, eliminar i modificar alarmes; especificar com es notifica a l'usuari que s'ha produït una alarma; introduir arxius de son per avisar; configurar l'*Alarm Status Viewer* i l'*Alarm History*, de la mateixa manera que es pot veure la informació sobre el número i el tipus d'alarmes en el projecte.

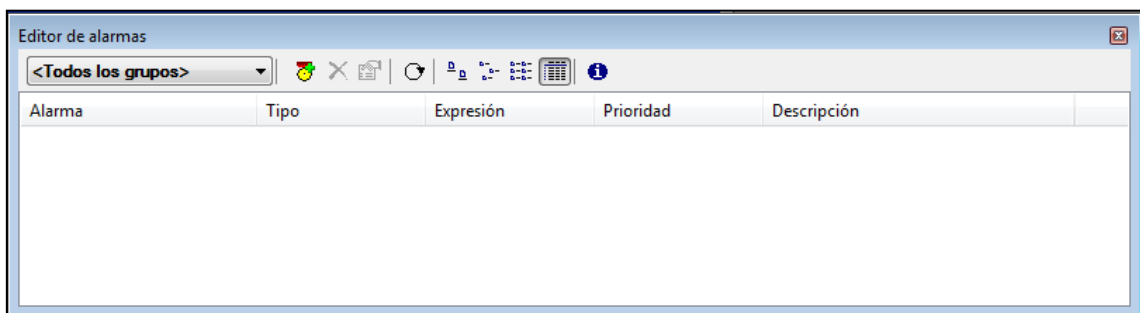
L'accés a aquest editor es similar als anteriors. Mitjançant la combinació de tecles *Ctrl+H* o bé en el menú principal i de la següent manera:



Tanmateix, en la barra d'eines trobem la següent icona representativa de l'editor:



L'editor d'alarmes presenta el següent aspecte:



En aquest cas encara no hi ha cap de creada, i per tant, no apareix res. Però ara es configurarà una alarma de manera que quan s'iniciï el sistema, és a dir, es posi en marxa, una alarma avisi d'aquest fet.

Per començar, es premerà el botó d'afegir alarma situat el primer en el menú de la finestra de l'editor. La nova finestra que apareix és la següent:

Els dos punts més importants d'aquesta configuració són el d' *Atributos de alarma* i el del *Tipo de alarma*. El primer dels dos, indica quin és el punt al qual està lligada aquesta alarma. En el nostre cas és el punt *MARXA* i gràcies a les seves característiques ja configurades, en cas d'activar-se, s'activarà l'alarma. El segon dels aspectes importants, el del tipus d'alarma, en podem diferenciar-ne tres opcions:

- **Simple**: s'activa quan l'expressió és compleix. Es desactiva quan no es compleix.
- **Banda morta**: s'utilitza amb valors fluctuants. S'activa quan l'expressió es compleix i es desactiva quan l'expressió se surt del percentatge especificat per al valor de l'expressió.
- **Freqüència de canvi**: s'utilitza amb valors que varien bruscament. S'activa quan el resultat de l'expressió canvia en un percentatge i temps especificats.

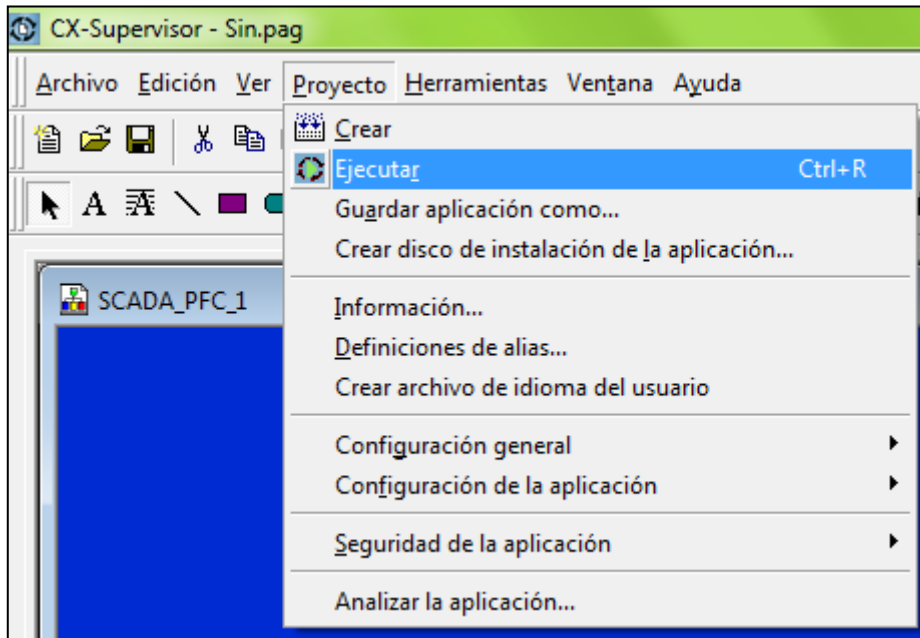
Un cop creada aquesta alarma, ja es disposa d'ella en l'editor d'alarmes de la següent manera:

Alarma	Tipo	Expresión	Prioridad	Descripción
Marxa	Simple	MARXA	Media	S'ha iniciat el sistema

9.1.2. Funcionament del programa CX-Supervisor Runtime

El programa CX-Supervisor Runtime, com a extensió del CX-Supervisor Developer, permet executar les aplicacions creades en aquest últim ja descrit.

En sí, no té cap entorn de treball i des del propi CX-Supervisor Developer es pot posar en marxa de la següent manera:



Òbviament, des de la barra d'eines també es pot executar si es clica sobre la icona següent:



Gràcies a la funcionalitat d'aquest programa, una vegada dissenyat el SCADA, aquest es podrà simular i provar sempre i quan estigui connectat a l'autòmat requerit.

9.2. SCADA realitzat

Un cop explicat com es dissenya una interfície SCADA i, per tant, com s'ha fet en aquest cas, ara es mostrarà i es detallarà tots els elements incorporats en el control SCADA de la *Tecnocable*, de manera que es pugui entendre el seu funcionament.

Pràcticament tots els elements a controlar en la màquina, estan representats i se'n poden visualitzar les seves característiques de funcionament.

A continuació, doncs, es procedeix a explicar per pàgines el resultat d'aquest control proposat.

9.2.1. Pàgines

Com ja s'ha descrit anteriorment, les pàgines són la base des de on es construeixen les pantalles del SCADA. En aquest cas s'han configurat un total de 10 pantalles que a es descriuran a continuació.

9.2.1.1. Inicial - Presentació

Aquesta pantalla, de caire simbòlic, té per objectiu presentar aquest Projecte Final de Carrera mostrant-ne el títol, l'autora i els estudis, així com els logos de la universitat E.P.S.E.V.G. i de l'empresa Prysmian.

Hi ha un botó situat al centre, per poder iniciar l'aplicació i donar pas a la pàgina principal. La configuració d'aquest provoca el tancament d'aquesta pàgina i l'aparició de la segona pàgina, la principal. En la següent imatge es presenta l'aparença d'aquesta primera pàgina.

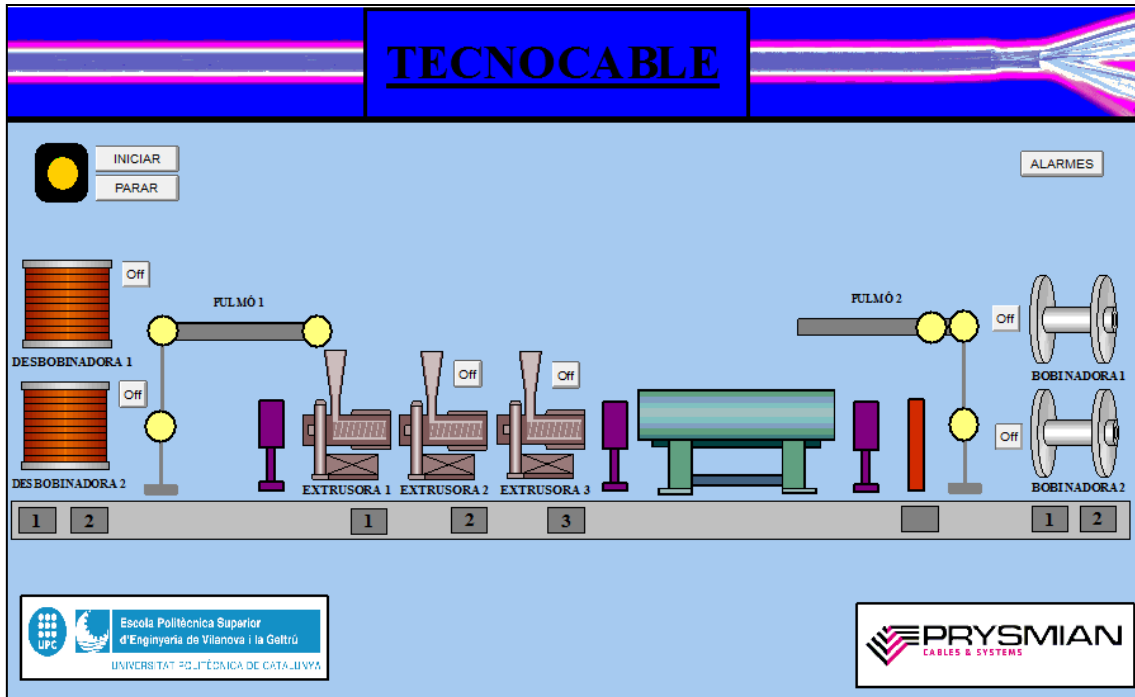


9.2.1.2. Principal

En aquesta segona pàgina està representat l'esquema de la màquina. Hi apareixen les dos desbobinadores al inici, seguides del primer volant i del primer pulmó, el lector de diàmetre

trenat, les tres extrusores, el lector de diàmetre en calent, la refrigeració, el lector de diàmetre en fred, el detector de bonys, el segon volant i el segon pulmó i finalment les dos bobinadores.

A continuació es detalla per cada element les seves característiques, accions i configuracions.



A la part superior esquerra es situa un indicador d'estat de la màquina i els accionaments que posen la màquina en funcionament o bé, la paren. Aquestes són les diferents situacions que es presenten i l'indicador d'estat que li correspon:

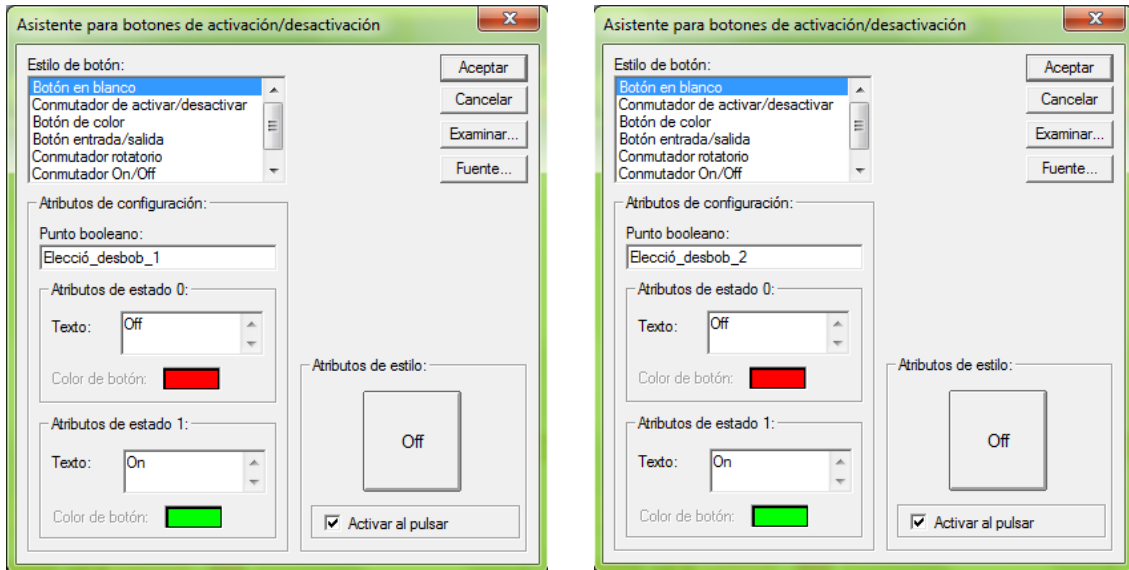
- **Verd** – La màquina està operant en correcte funcionament.
- **Vermell** – La màquina s'ha aturat, ja sigui per motius de seguretat, per accionament manual o per parada d'emergència.
- **Àmbar** – La màquina està preparada per posar-se en marxa.

A l'altra banda de la pàgina, a la part superior dreta, es situa un boto amb el nom d'*ALARMES*, que aquest enllaça amb una altra pàgina amb l'història de les alarmes del sistema. Més endavant es presentarà aquesta pàgina.

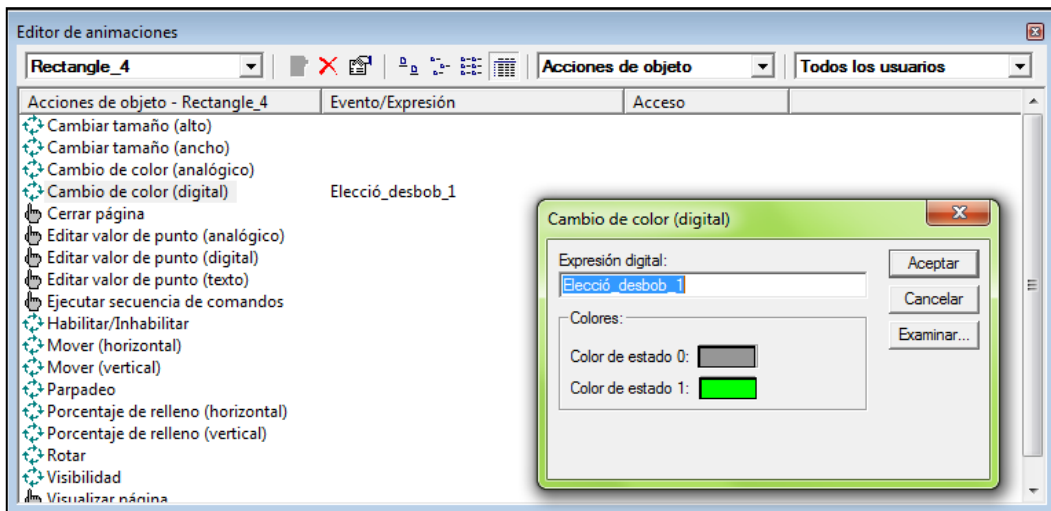
A continuació se situen les dos desbobinadores. Al costat de cada una d'elles hi ha un botó que inicialment està en estat 0 o "Off", és a dir, no seleccionat. Clicant en aquests s'aconsegueix canviar l'estat a 1 o "On" i simbolitza la selecció d'aquesta desbobinadora com la desbobinadora en funcionament. Dins la barra gris que segueix per sota a la línia, els dos primers requadres pertanyen a aquestes desbobinadores (1 i 2 respectivament com indica la numeració) indicaran l'estat de la màquina. Quan la línia està en funcionament, la

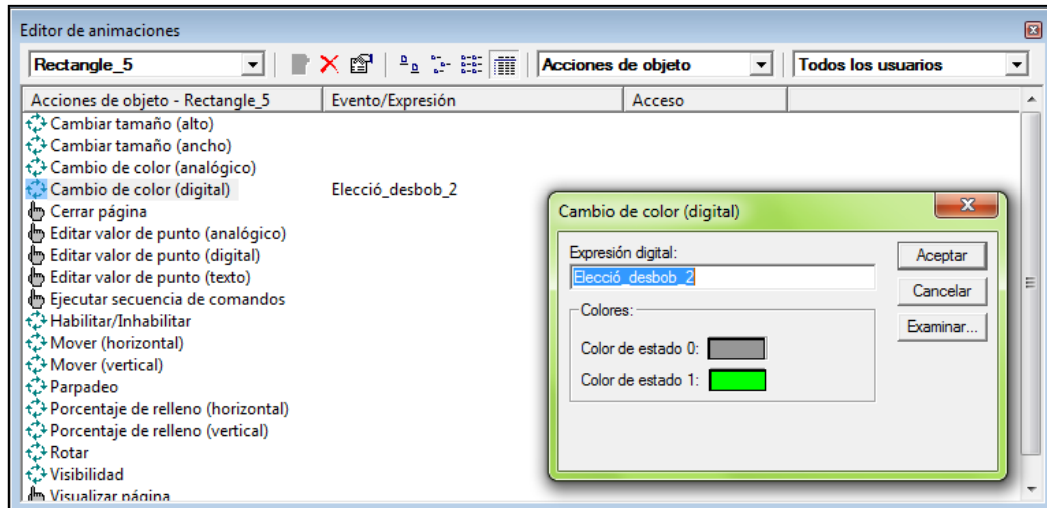
desbobinadora que estigui treballant tindrà el requadre en color verd, mentre la que estigui inactiva romandrà en color gris.

Les configuracions dels botons que elegeixen l'estat de la desbobinadora són les següents:



I pel que fa al canvi de color dels requadres inferiors, aquí se'n pot veure la seva configuració de l'animació:





El següents elements són el primer volant i el primer pulmó. El primer és el representat per un cercle groc a la part més baixa. Els dos cercles groc ubicats alineats horitzontalment sobre la barra grisa representen el primer pulmó. El cercle de l'esquerra, l'alineat verticalment amb la representació del primer volant, és estàtic, és a dir, està fixat i no es mou. El segon, cercle representatiu del primer pulmó, és variable i és va desplaçant representant la realitat de la màquina. Els sensors de posició i final de carrera indiquen la posició en la que es troba.

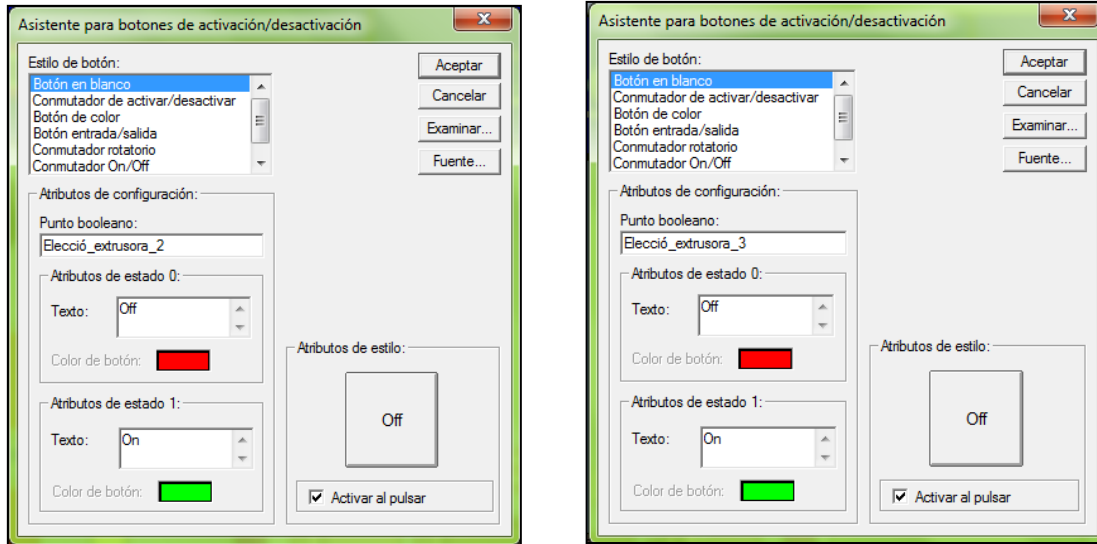
El següent element és el lector del diàmetre. En aquest SCADA és purament figurant i està ubicat per tal que aquesta interfície segueixi la estructura real física de la màquina.

Acte seguit segueixen les tres extrusores. Aquestes, ordenades numèricament equivalen a la capa que creen de la següent manera:

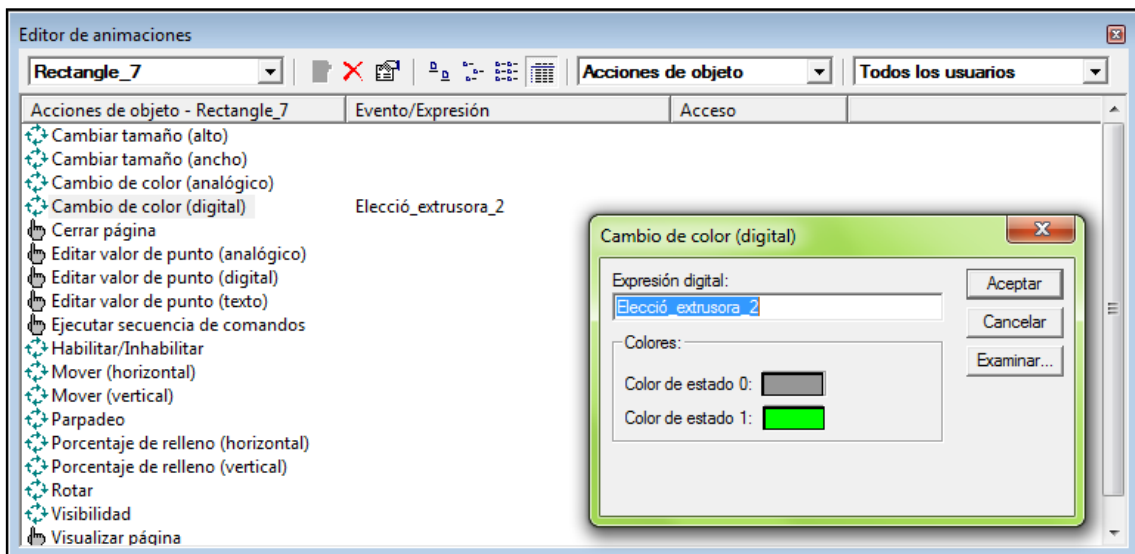
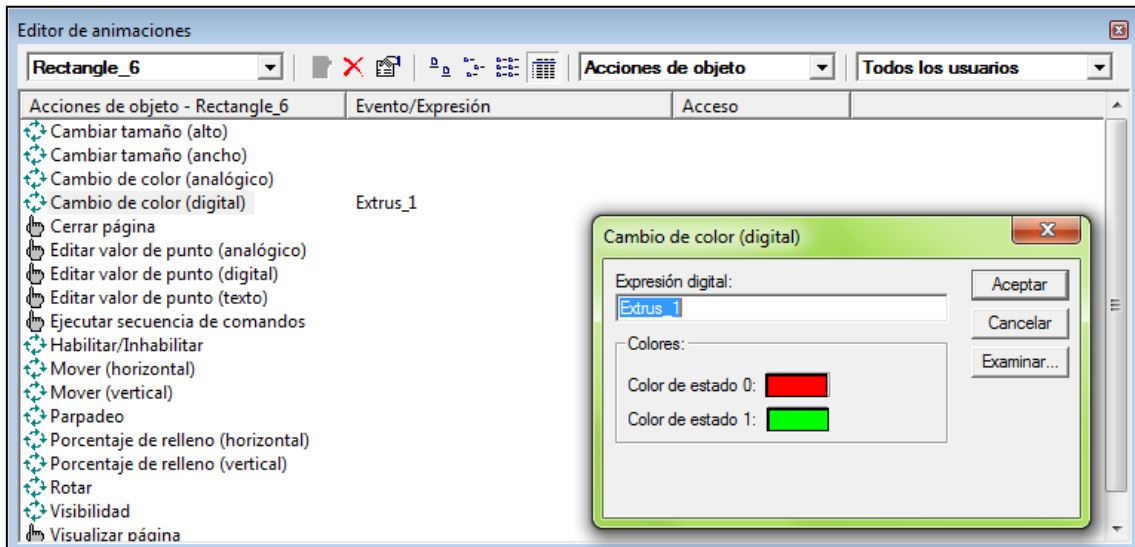
- Extrusora 1 – L'encarregada d'extrusionar la part interior de l'aïllament
- Extrusora 2 – L'encarregada d'extrusionar la capa exterior de color.
- Extrusora 3 – L'encarregada d'extrusionar la línia fina exterior de diferent color al de la segona extrusió.

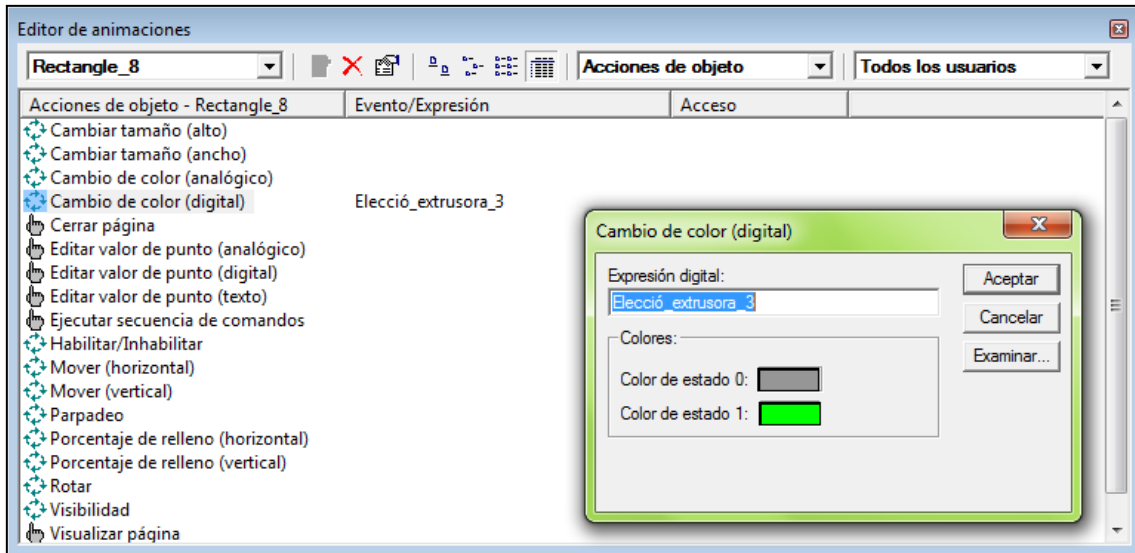
Igualment com en el cas de les desbobinadores, els quadres enumerats sota de cada màquina indica l'estat de la màquina. La simbologia dels colors és la mateixa: en verd quan la línia està en funcionament i la màquina treballa i en gris quan la màquina no treballa o bé la línia està parada.

Pel cas de les extrusores 2 i 3 hi ha la opció d'elegir-ne el funcionament. Aquest se selecciona amb els botons ubicats al capdamunt de cada figura i que en el cas d'estar activats canvien l'estat de 0 a 1 transmetent a l'autòmat aquesta senyal. El seu estat visual també canvia i es mostren en "On" quan operen i en "Off" quan no treballen. Aquestes són les seves configuracions:



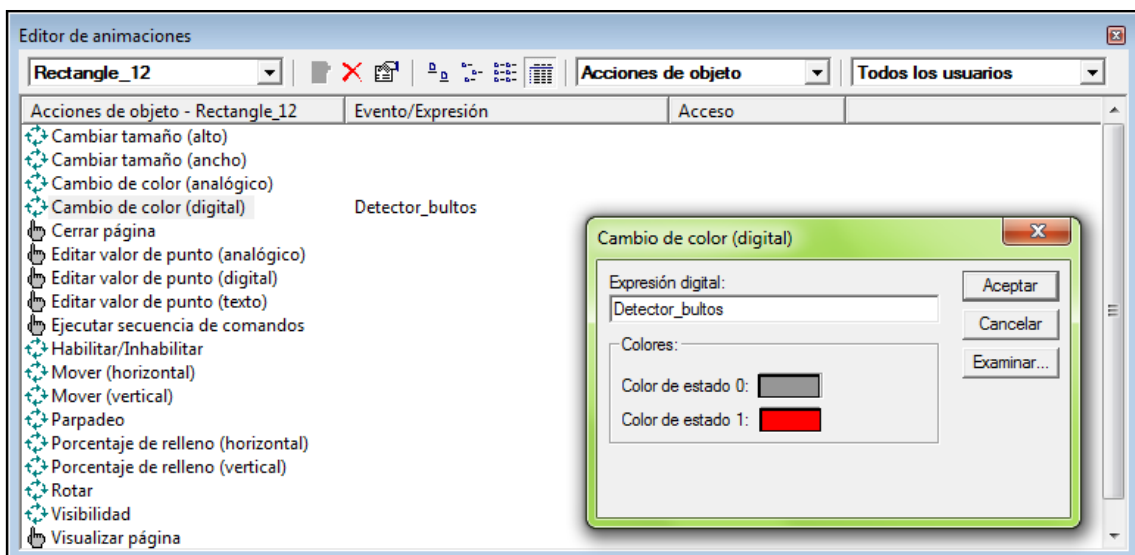
Les configuracions de les animacions dels requadres són les següents:





Un cop passades les extrusores, els següents elements són el lector de diàmetre en fred, la refrigeració i el lector de diàmetre en calent. Aquests tenen la funcionalitat en el programa, ja que s'ha configurat de manera que en el cas que el valor de la diferència del diàmetre no fos suficient, la velocitat de les màquines extrusores augmentaria o disminuiria. En el cas de la interfície del SCADA estan disposats únicament com a referència. En possibles millores de la màquina es podrien incloure paràmetres de control i regulació o visualitzacions d'estat. No obstant, pel que s'ha determinat com a funcionament de la màquina, no es requereix.

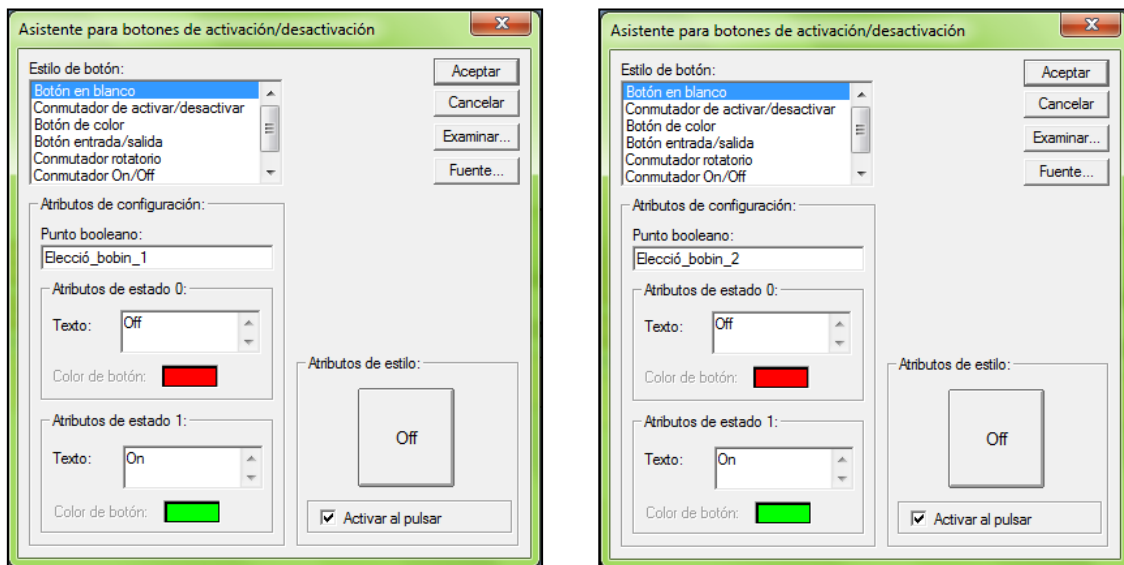
Un cop feta la última lectura del diàmetre es disposa del detector de bonyes. Aquest envia una senyal digital en el que: si no detecta cap defecte, la senyal és 0; si es detecta alguna irregularitat o defecte, la senyal és 1. Així doncs, en el quadre de sota del element representatiu, esta configurat de manera que si la senyal és 0 el color sigui gris, i si es detecta alguna irregularitat, és a dir, la senyal sigui 1, el color del quadre sigui vermell donat que hi esta havent un error.



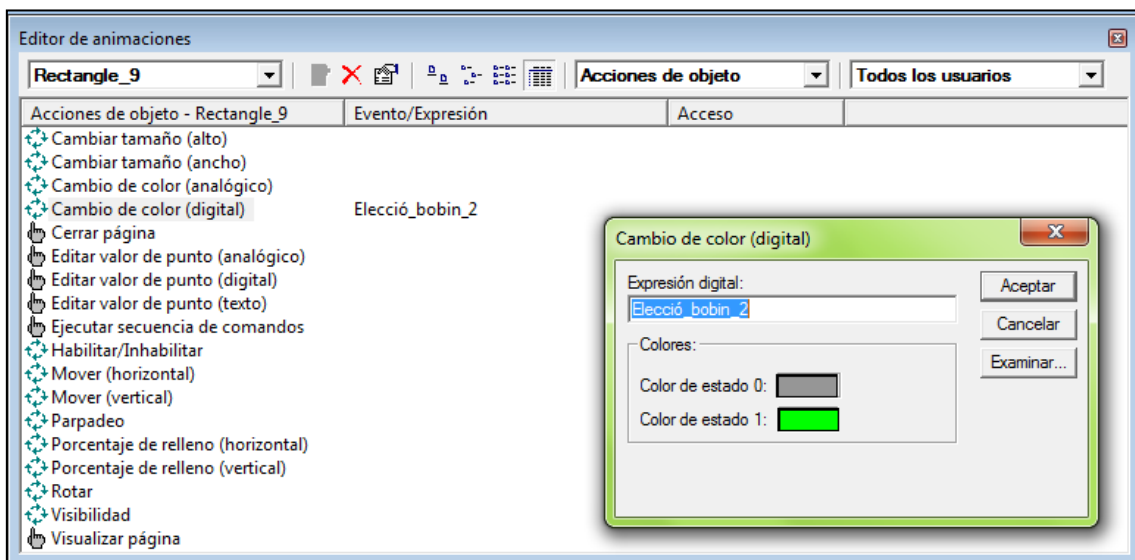
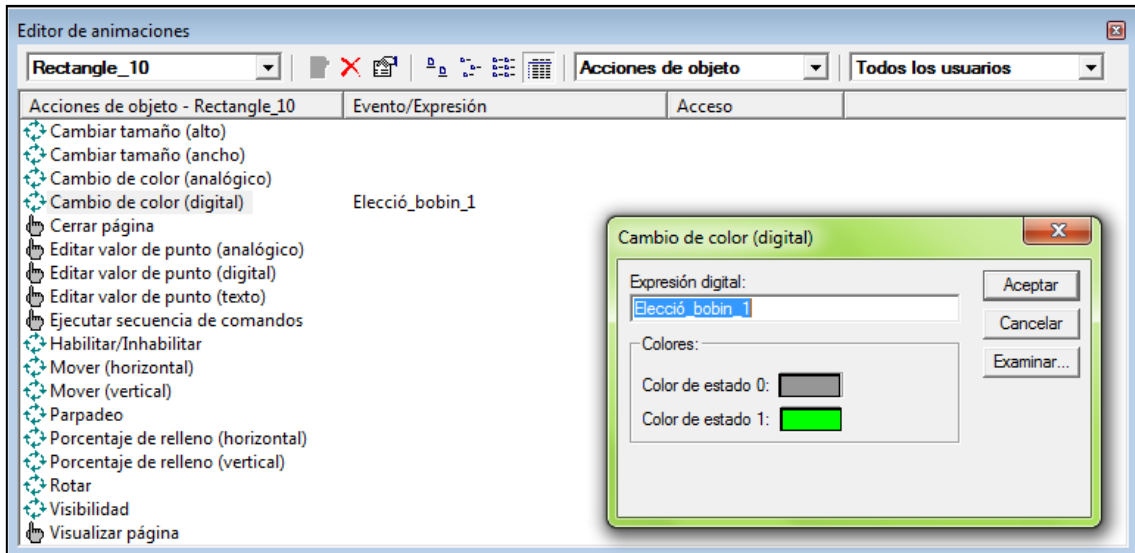
Acte seguit en la màquina es troben el segon volant i el segon pulmó. De la mateixa manera que en el cas del primer volant i el primer pulmó, el volant és el cercle groc de baix, el qual té les característiques d'estar fixa i ser representatiu. En el cas del segon pulmó, que en condicions ideal ha d'estar tancat, el cercle de la dreta és el que està fixat i el de l'esquerra és el que es mou al llarg de tot el recorregut representat en la barra gris horitzontal. De la mateixa manera que en el cas del primer pulmó, en aquest segon pulmó també es determina la posició del pulmó gràcies als sensors de posició i als finals de cursa.

Ja per acabar, l'últim pas a representar en la màquina és el de bobinar de nou el cable. Les bobinadores tenen el mateix funcionament que les desbobinadores: funciona només una de les dos a la vegada i aquesta selecció és realitza mitjançant els botons ubicats al costat esquerra de cada bobinadora. En quan un d'ells està seleccionat, la senyal que transmet al autòmat és una senyal digital amb valor 1, i visualment s'observa el canvi en el text que passa de "Off" a "On". De la mateixa manera que en els altres elements, si la línia està funcionant i, la bobinadora que en aquells moments estigui treballant tindrà el requadre de la part inferior de color verd en lloc de gris.

La configuració dels botons és la següent:



En el cas de les animacions dels botons, la configuració és la següent:

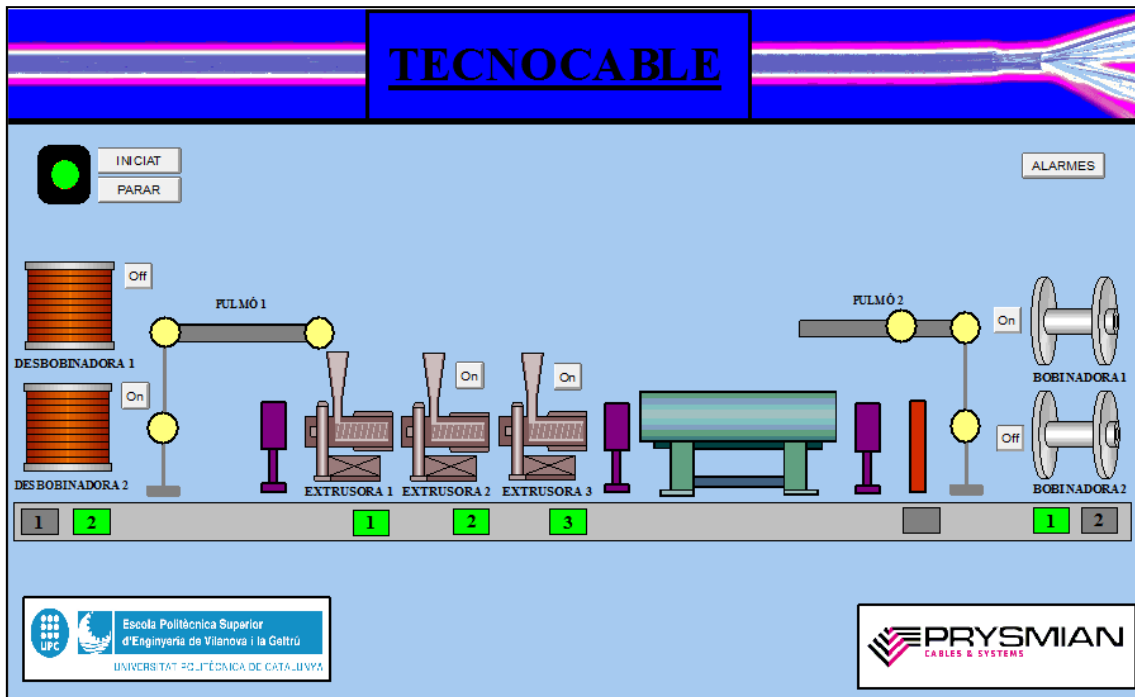


Un cop descrits tots els elements, mencionar també que tant en el cas de les dos desbobinadores, com en les tres màquines extrusores i en el cas de les dos bobinadores, clicant sobre de les figures, s'obren les pantalles que en mostren les seves característiques i que més endavant es descriuran.

9.2.1.2.1. Exemples simulació

Per acabar amb l'explicació de la pantalla o pàgina principal, a continuació es mostraran 3 diferents pantalles que mostren 3 diferents possibilitats d'estats de funcionament de la màquina i la seva corresponent explicació.

9.2.1.2.1.1. Exemple 1:



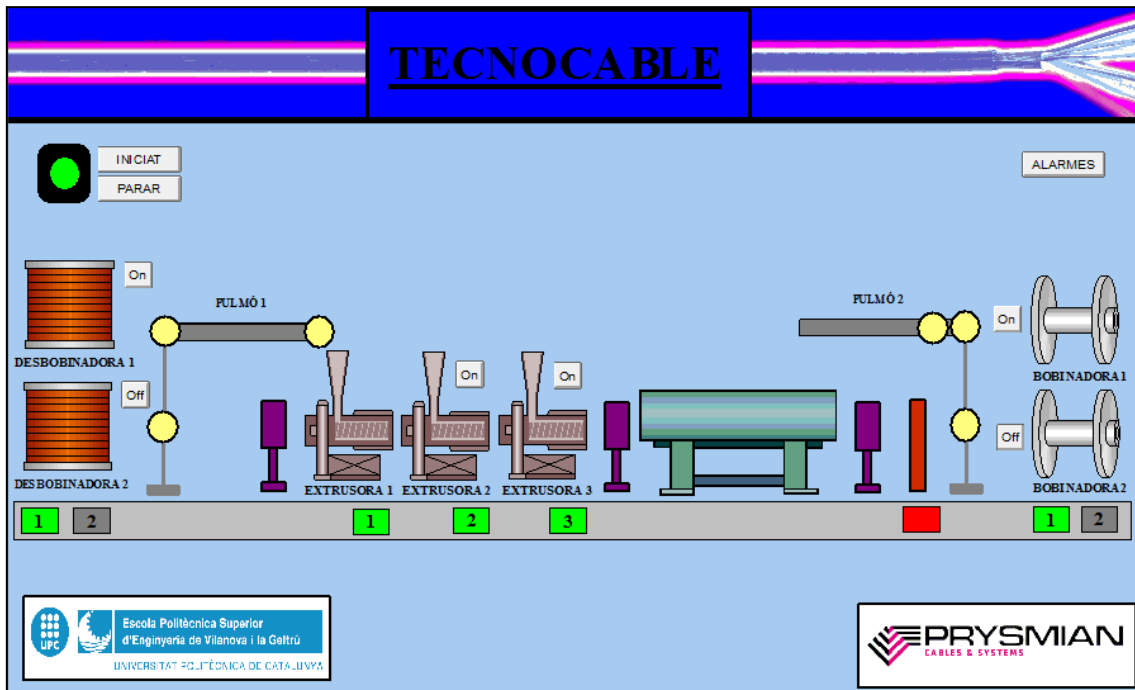
En aquesta situació la màquina esta en funcionament, així ho indica l'indicador d'estat de la màquina, estant en color verd. També es pot veure com el botó que serveix per iniciar la màquina ha canviat el seu text de *INICIAR* a *INICIAT*.

En aquest cas s'ha escollit la desbobinadora 2, així ho indica el text del botó (*On*) i el requadre indicador d'estat (en color verd i no gris). També estan en funcionament les tres extrusores, i la bobinadora 1, on els indicadors són els mateixos que en la desbobinadora.

El pulmó 2, està lleugerament obert mentre que el primer es troba en la seva situació ideal.

Per acabar, comentar que el detector de bonys no està detectant cap defecte.

9.2.1.2.1.2. Exemple 2



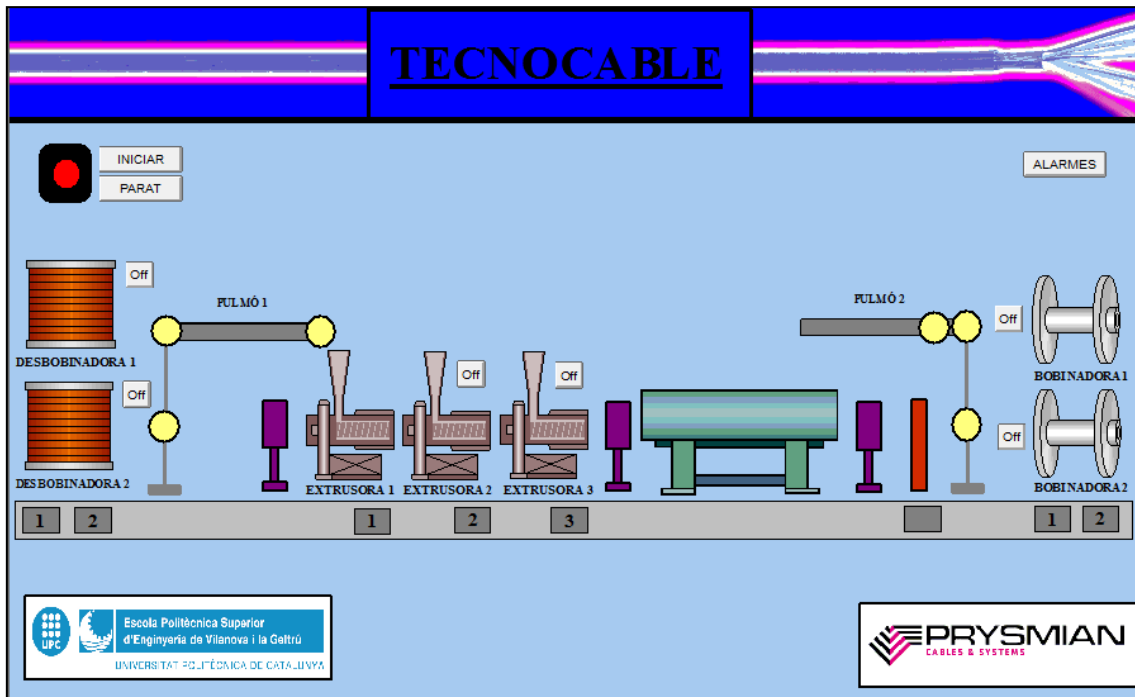
En aquesta segona hipotètica situació la màquina està en funcionament, així ho indica l'indicador d'estat de la màquina, estant en color verd. També es pot veure com el botó que serveix per iniciar la màquina ha canviat el seu text de *INICIAR* a *INICIAT*.

En aquest cas s'ha escollit la desbobinadora 1, així ho indica el text del botó (*On*) i el requadre indicador d'estat (en color verd i no gris). També estan en funcionament les tres extrusores, i la bobinadora 1, on els indicadors són els mateixos que en la desbobinadora.

Tant el primer com el segon pulmó es posicionen en les seves posicions ideals: obert i tancat, respectivament.

Com a cas especial, cal fixar-se que el detector de bonys n'està detectant algun, doncs el requadre ha canviat a color vermell. Aquest tornarà a ser color gris en quan ja no detecti més defecte.

Exemple 3

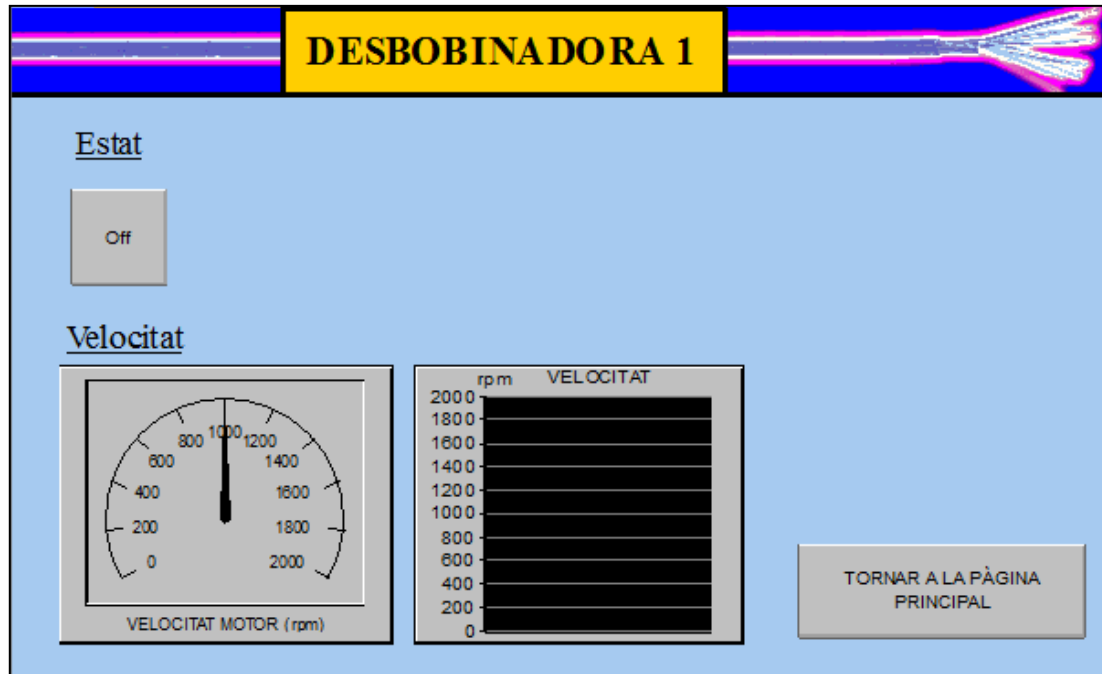


En aquest últim exemple, la màquina no està en funcionament, està parada. Això s'indica en l'indicador d'estat de la màquina, que està en color vermell. També es pot veure com el botó que serveix per iniciar la màquina ha canviat el seu text de *INICIAT* a *INICIAR*, per indicar que està parada, mentre que el botó que serveix per parar la màquina ha variat el text de *PARAR* a *PARAT*.

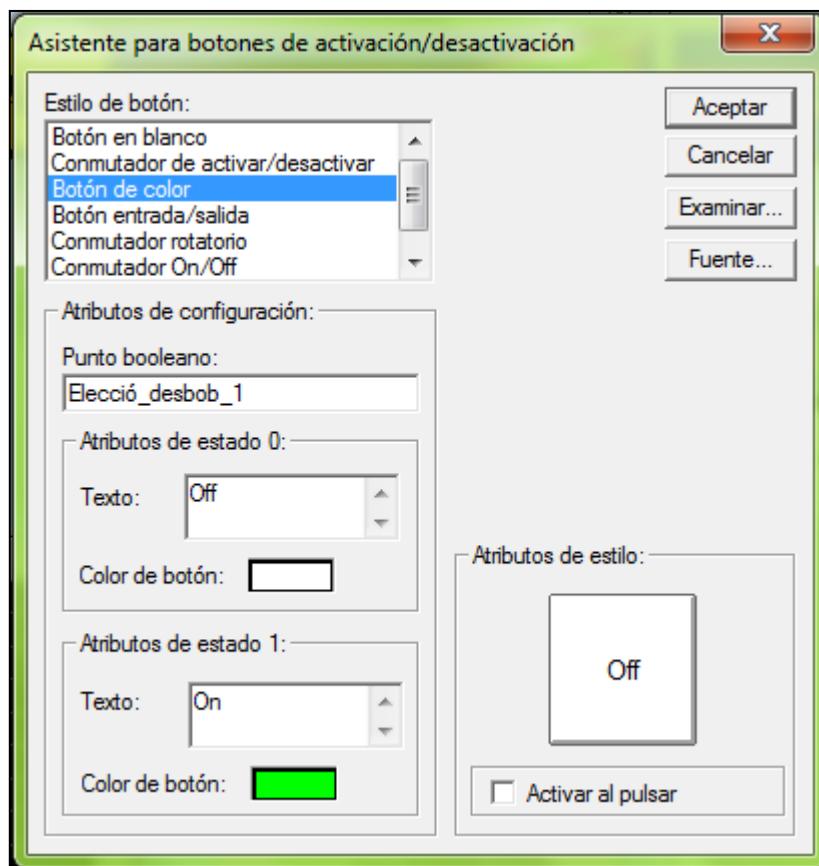
En aquesta situació, tots els elements estan desconnectats i parats.

9.2.1.3. Desbobinadora 1

En aquesta pàgina s'exposa l'estat i el funcionament de la desbobinadora 1. Aquesta és l'aparença que mostra:

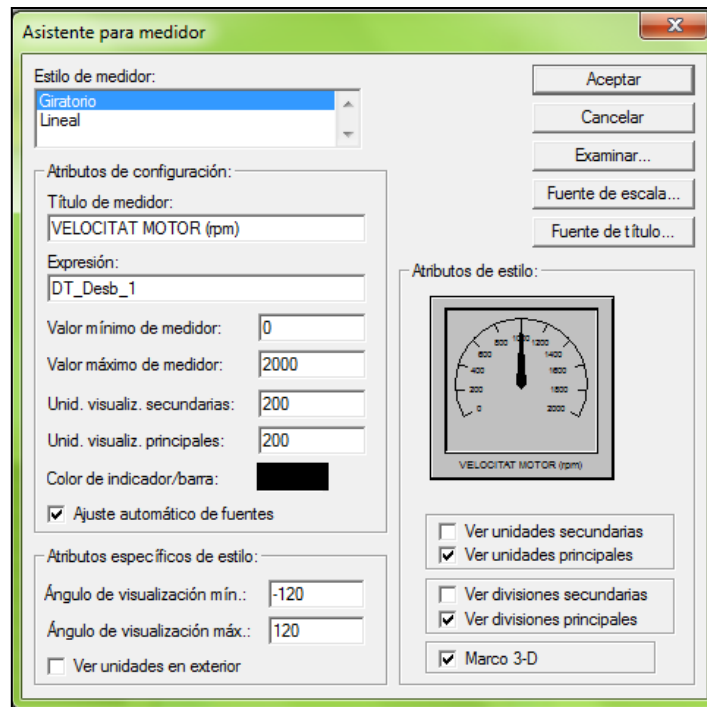


Primer de tot, es pot veure l'estat: si està funcionant o no. En quant la línia està en funcionament i aquesta desbobinadora treballa, el requadre passa a ser de color verd i mostra el text *On* enlloc de *Off*. Aquesta és la seva configuració:

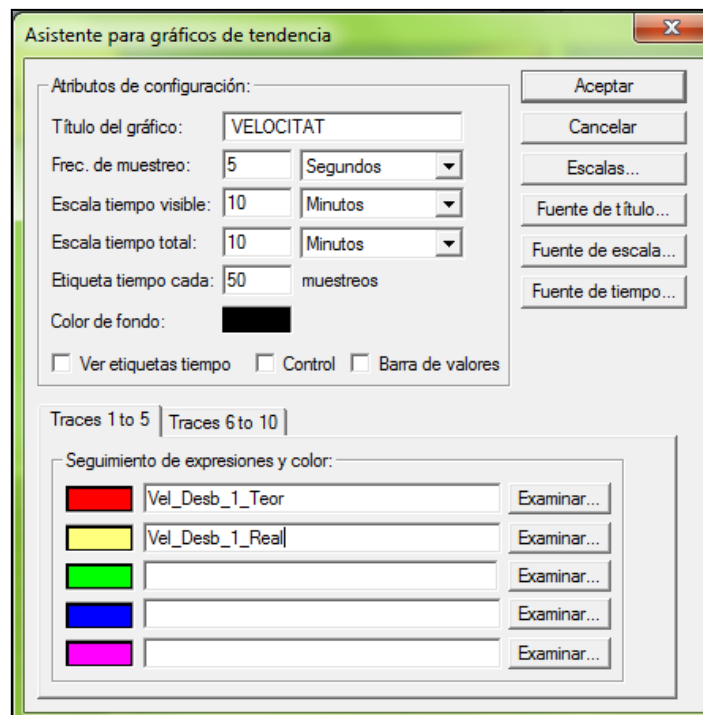


Més ensota es pot veure la velocitat a la que gira el motor de la primera desbobinadora en temps real i una gràfica amb la velocitat desitjada i la real en temps real també.

La configuració del mesurador de la velocitat és la següent:

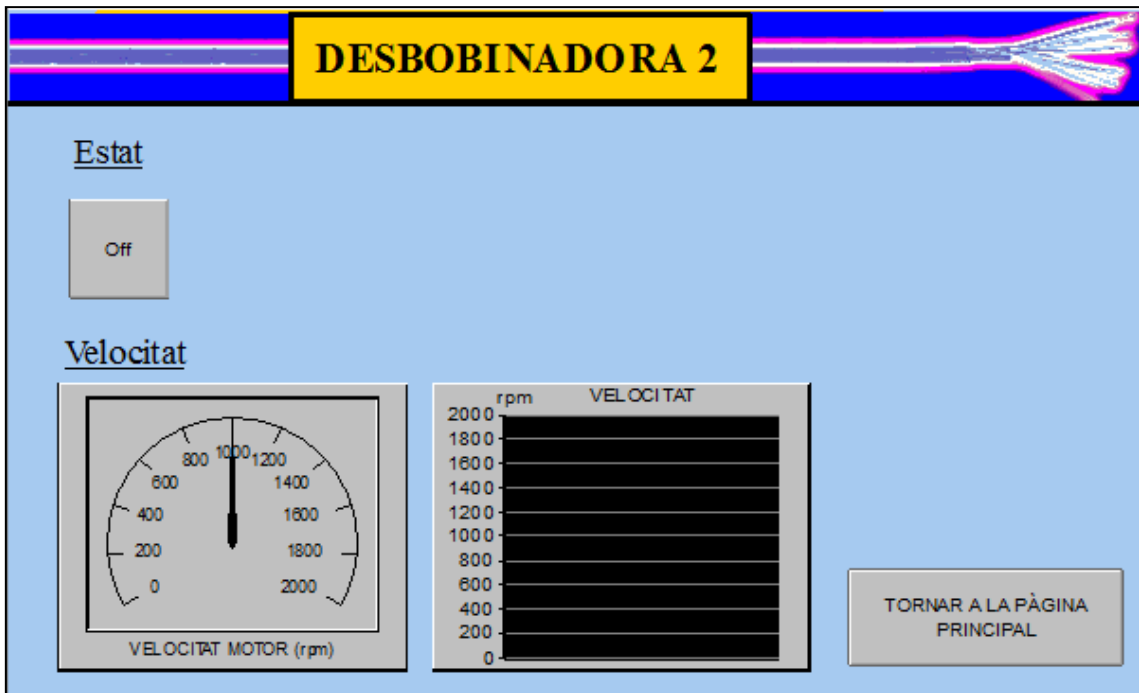


La configuració de la gràfica de la velocitat de la desbobinadora 1 és la següent:

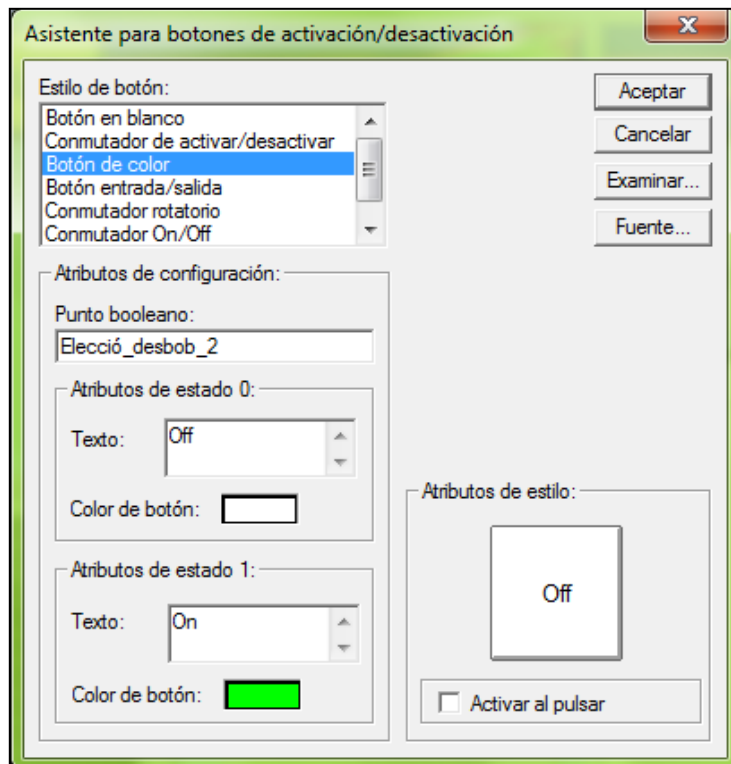


Finalment, per tal de tornar a la pàgina principal hi ha un botó que ho acciona.

9.2.1.4. Desbobinadora 2

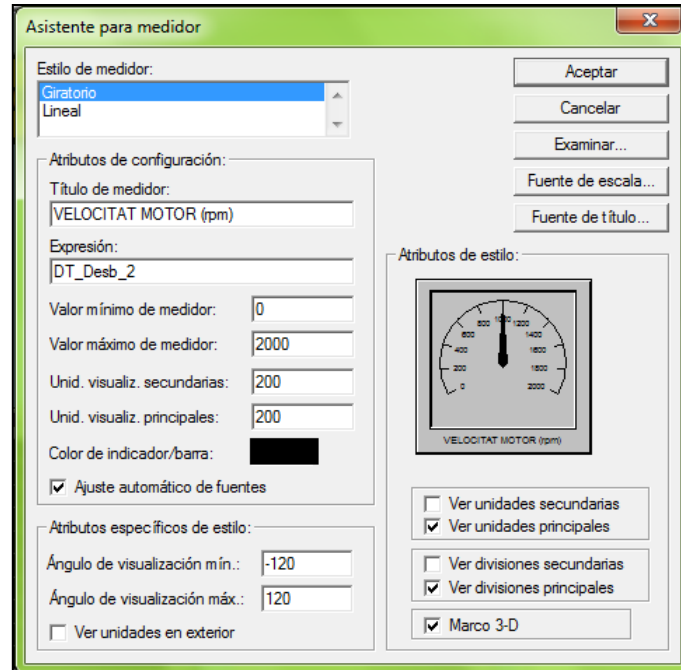


En aquesta pàgina s'exposa l'estat i el funcionament de la segona desbobinadora. Primer de tot, es pot veure l'estat: si està funcionant o no. En quant la línia està en funcionament i aquesta desbobinadora treballa, el requadre passa a ser de color verd i mostra el text *On* enlloc de *Off*. Aquesta és la seva configuració:

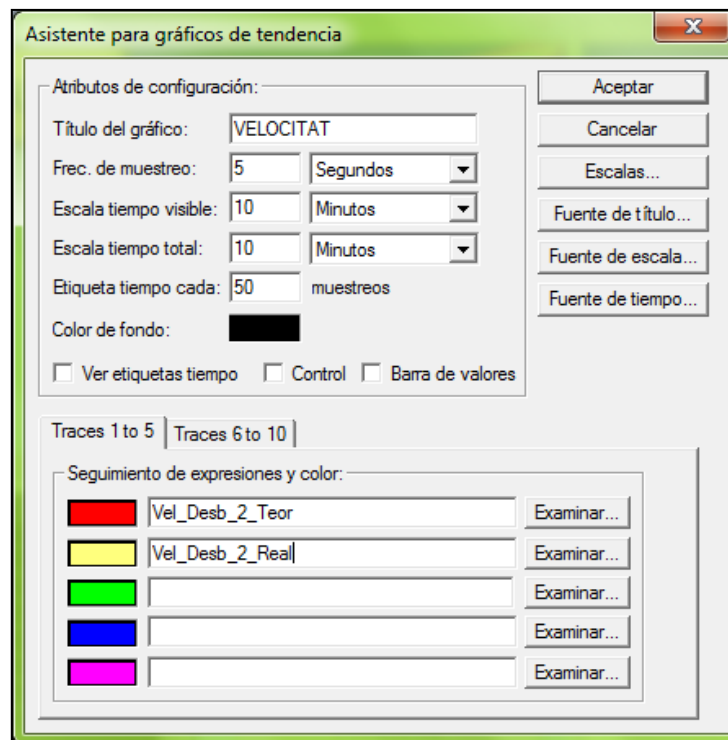


Més ensota es pot veure la velocitat a la que gira el motor de la segona desbobinadora en temps real i una gràfica amb la velocitat desitjada i la real en temps real també.

La configuració del mesurador de la velocitat és la següent:

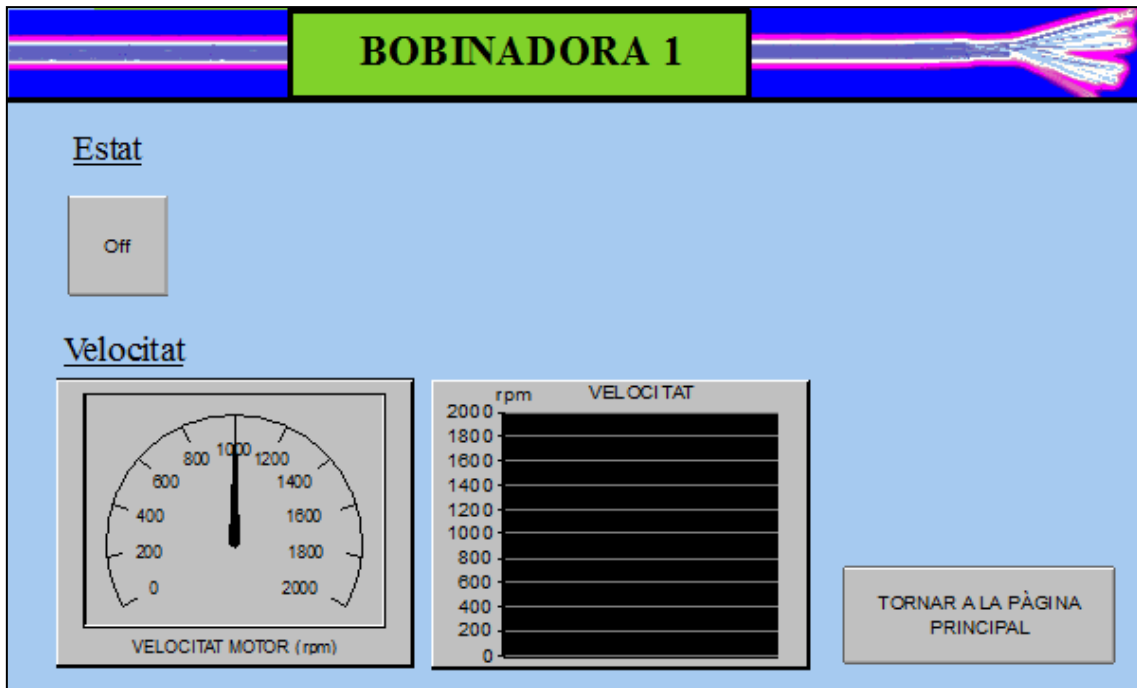


La configuració de la gràfica de la velocitat de la desbobinadora 2 és la següent:

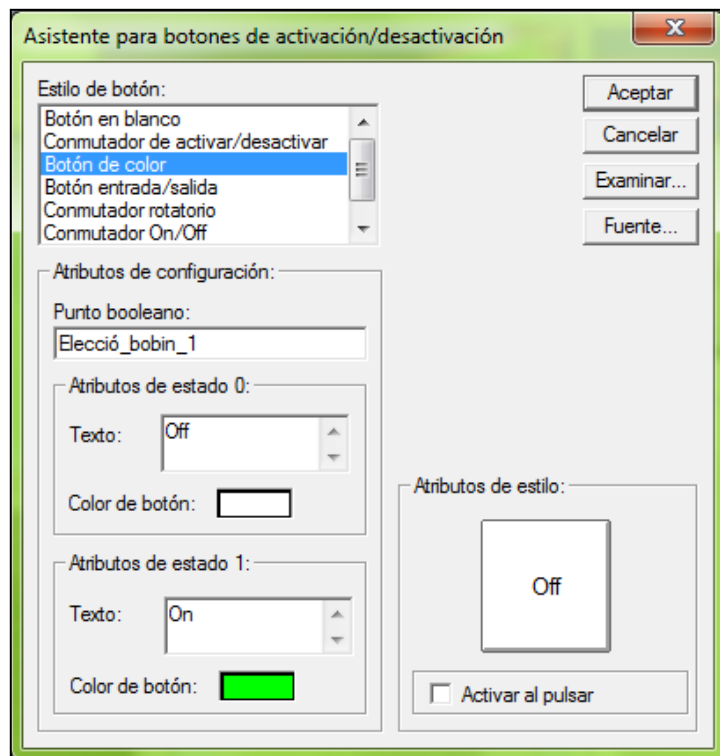


Finalment, per tal de tornar a la pàgina principal hi ha un botó que ho acciona.

9.2.1.5. Bobinadora 1

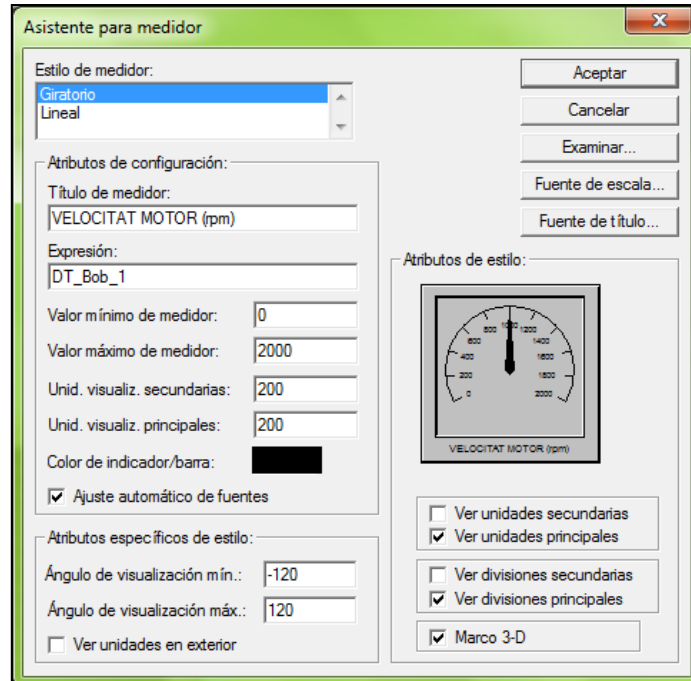


En aquesta pàgina s'exposa l'estat i el funcionament de la primera bobinadora. Primer de tot, es pot veure l'estat: si està funcionant o no. En quant la línia està en funcionament i aquesta bobinadora treballa, el requadre passa a ser de color verd i mostra el text *On* enlloc de *Off*. Aquesta és la seva configuració:

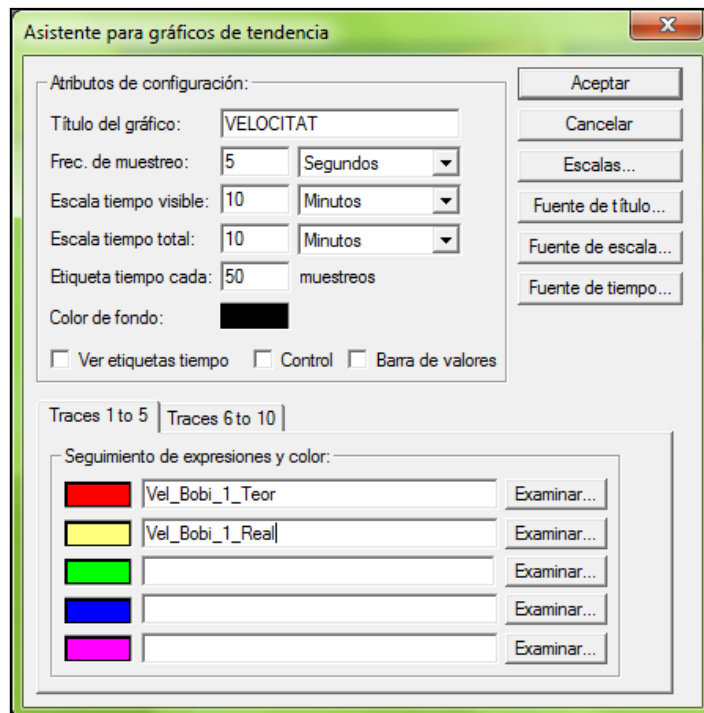


Més ensota es pot veure la velocitat a la que gira el motor de la primera bobinadora en temps real i una gràfica amb la velocitat desitjada i la real en temps real també.

La configuració del mesurador de la velocitat és la següent:

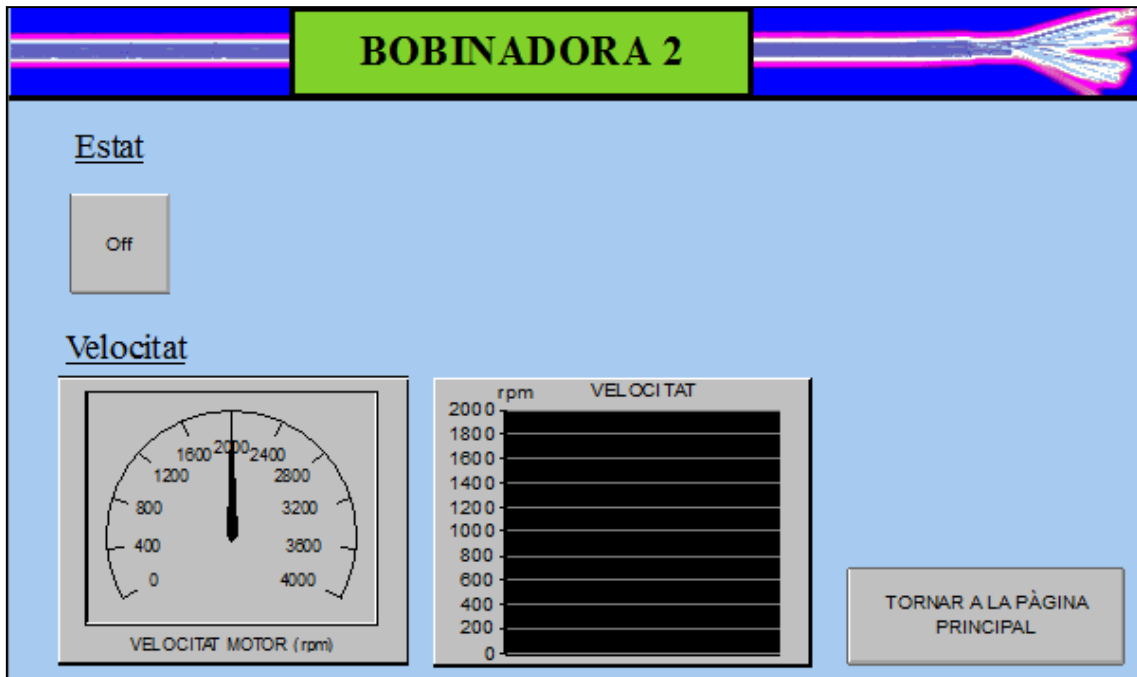


La configuració de la gràfica de la velocitat de la bobinadora 1 és la següent:

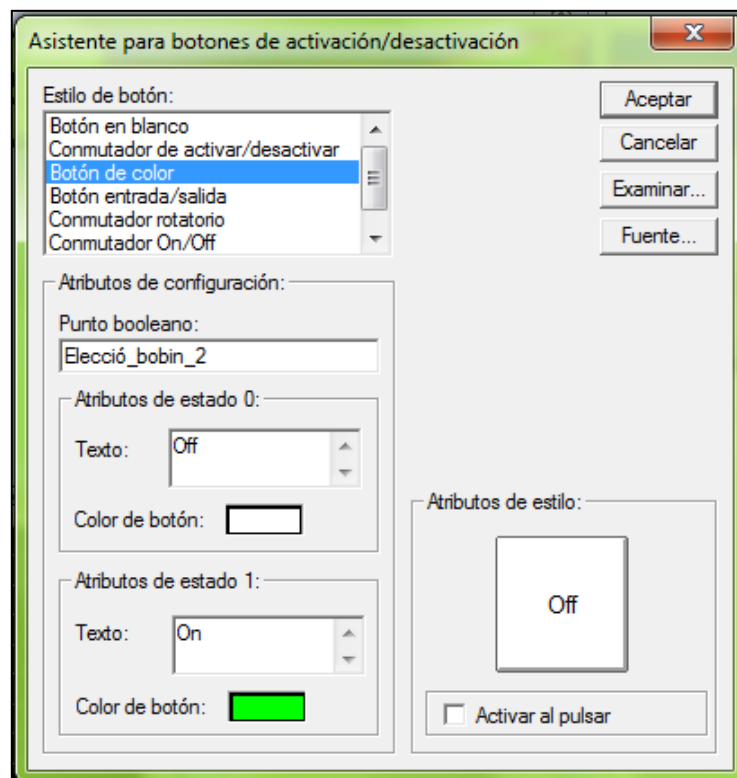


Finalment, per tal de tornar a la pàgina principal hi ha un botó que ho acciona.

9.2.1.6. Bobinadora 2

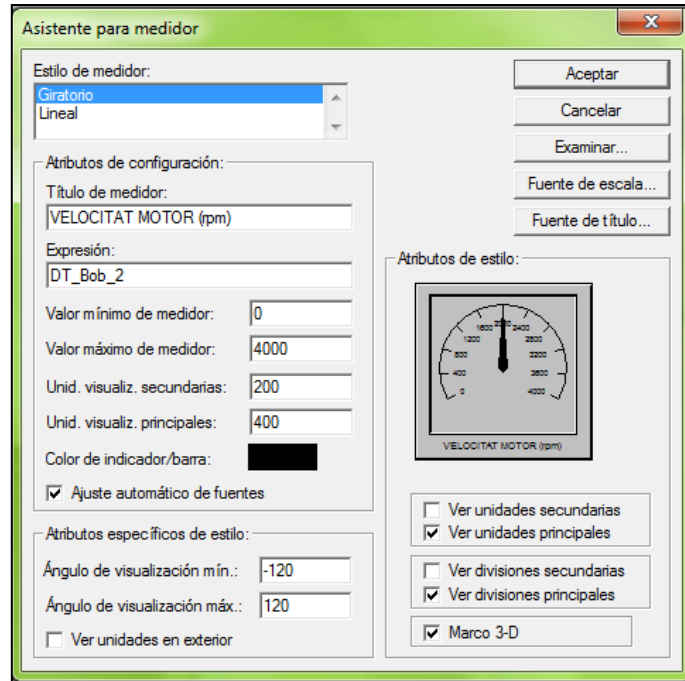


En aquesta pàgina s'exposa l'estat i el funcionament de la segona bobinadora. Primer de tot, es pot veure l'estat: si està funcionant o no. En quant la línia està en funcionament i aquesta bobinadora treballa, el requadre passa a ser de color verd i mostra el text *On* enlloc de *Off*. Aquesta és la seva configuració:

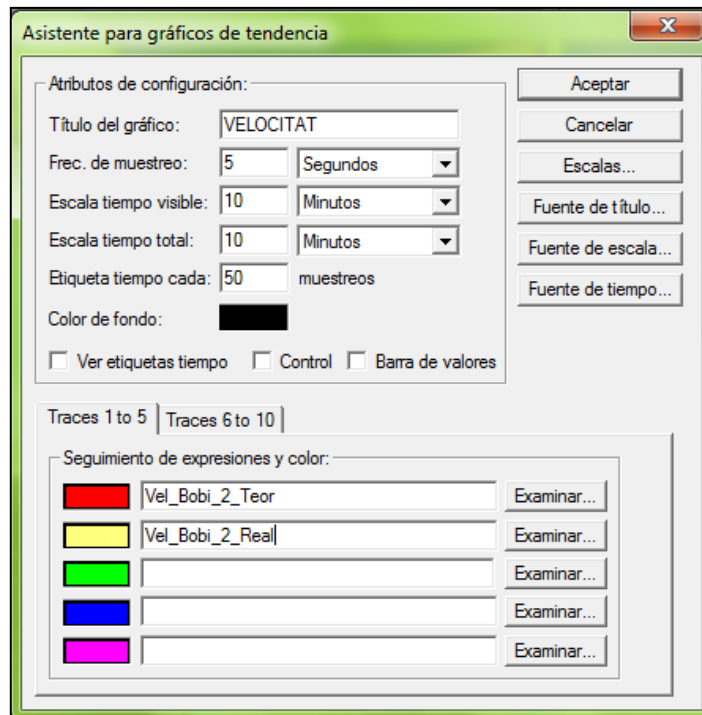


Més ensota es pot veure la velocitat a la que gira el motor de la segona bobinadora en temps real i una gràfica amb la velocitat desitjada i la real en temps real també.

La configuració del mesurador de la velocitat és la següent:

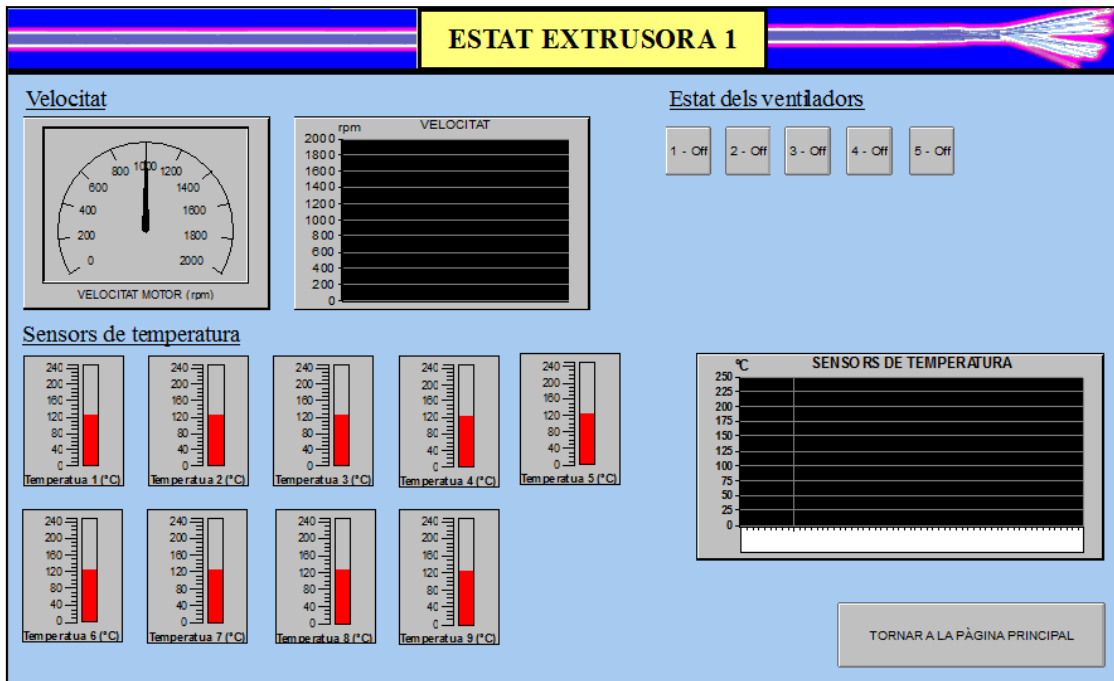


La configuració de la gràfica de la velocitat de la bobinadora 2 és la següent:



Finalment, per tal de tornar a la pàgina principal hi ha un botó que ho acciona.

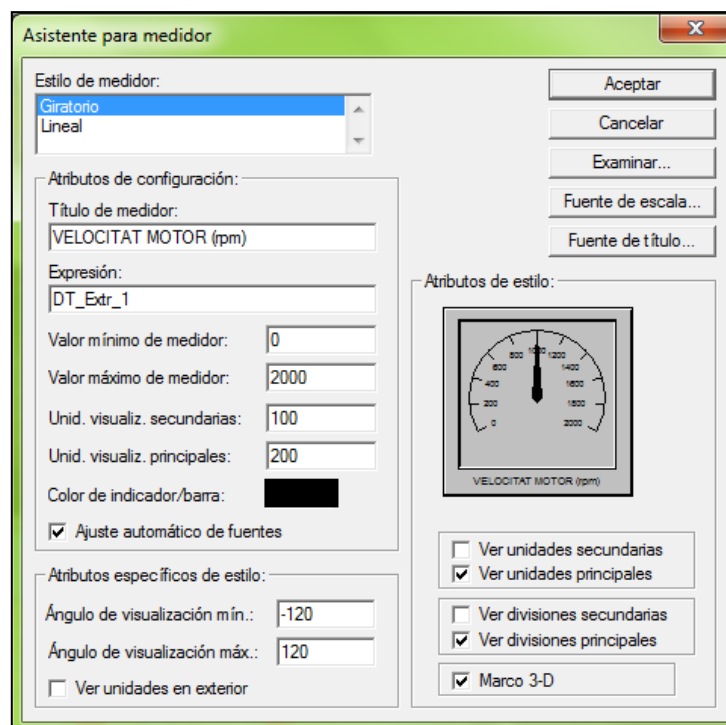
9.2.1.7. Extrusora 1



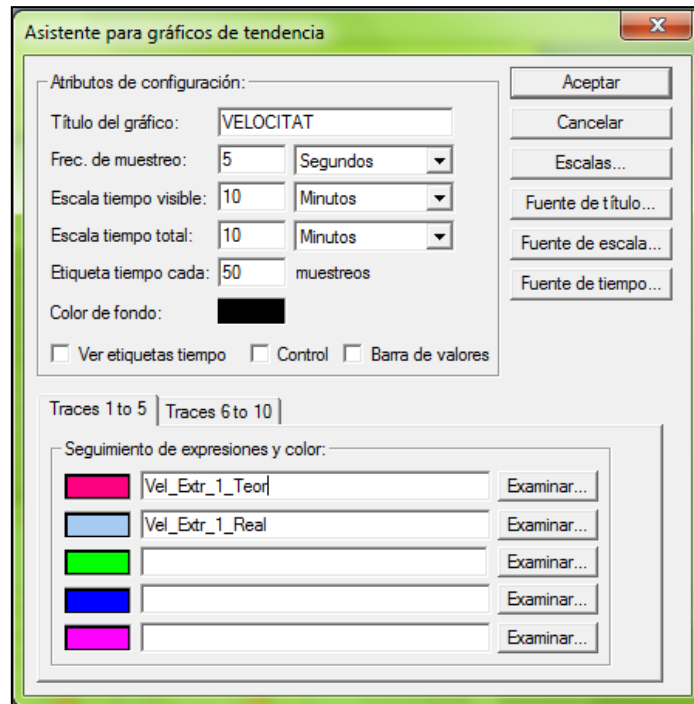
En aquesta pàgina s'exposa l'estat a temps real de l'extrusora 1.

Per una banda està visualitzada la velocitat a temps real, tant en l'indicador giratori com en la gràfica, que mostra la velocitat teòrica a la que ha de girar i la velocitat real a la que ho fa.

Aquesta és la configuració del mesurador de velocitat de l'extrusora 1:

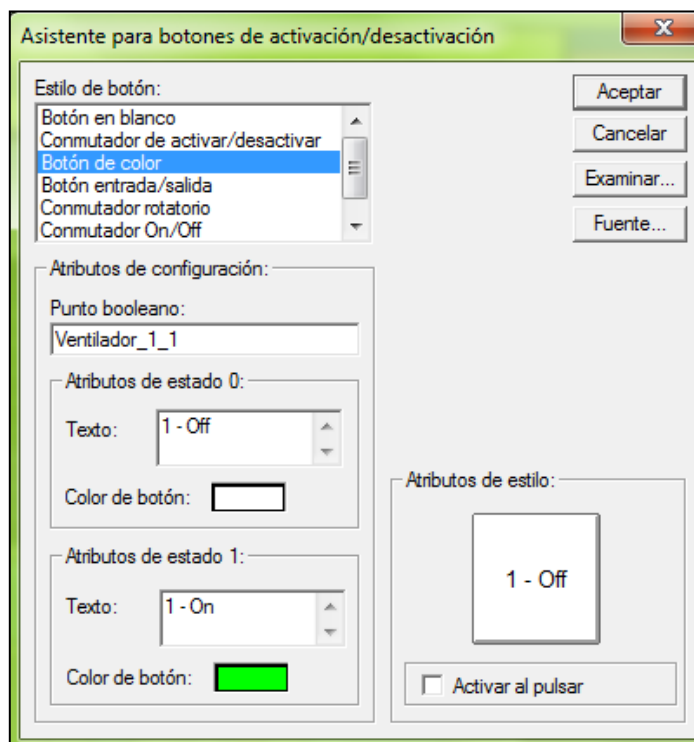


I, aquesta és la configuració de la gràfica de la velocitat de l'extrusora 1:

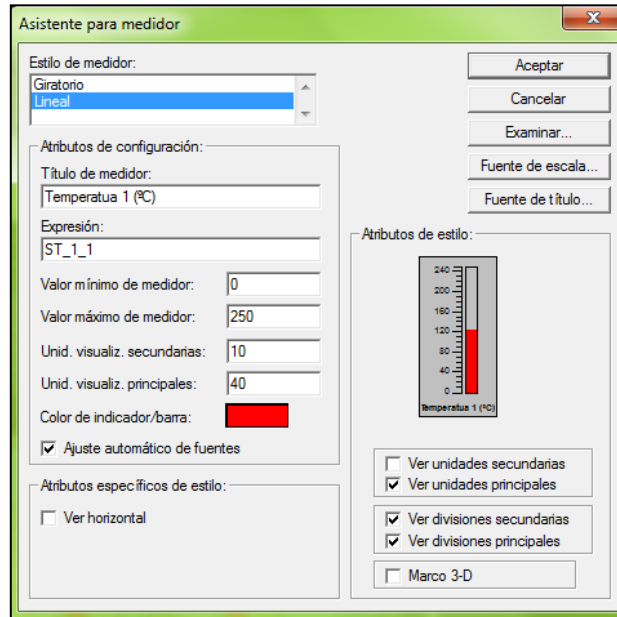


Per una altra banda, es visualitzen els ventiladors. Aquells que estiguin activats apareixeran en color verd, mentre que si no ho estan romandran en color blanc. A més a més, el text, a part d'indicar el número de ventilador, canviarà de *Off* a *On* en quan s'activin.

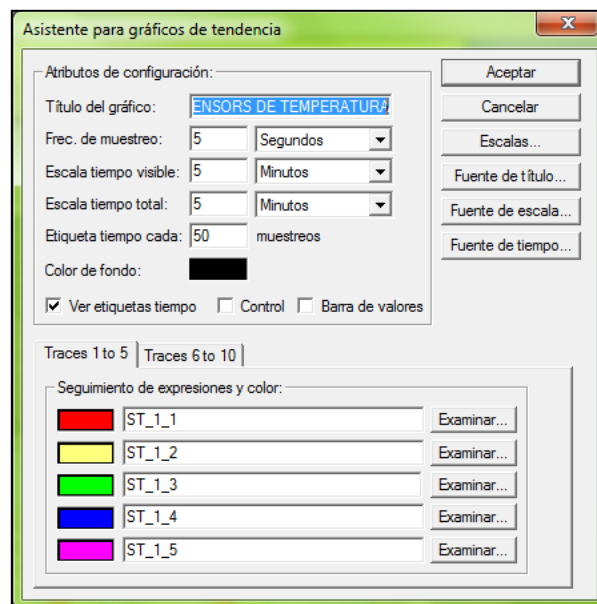
Aquesta és la configuració d'un dels botons del ventilador:



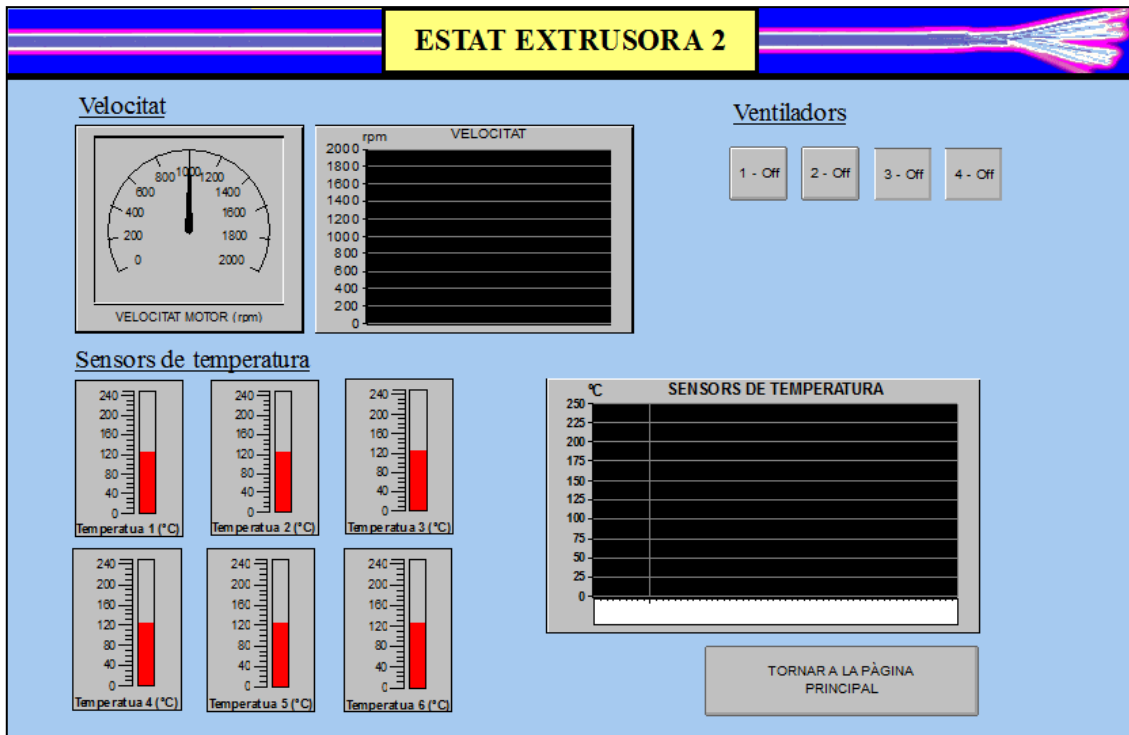
A la part baixa de la pàgina es mostren els indicadors de la temperatura. A cada sensor se li assigna un indicador. En la següent imatge es mostra la configuració d'un dels sensors. Els altres seran iguals modificant-ne el punt assignat.



Mentrestant, al costat dret, a la gràfica, es mostra la progressió de cada un dels sensors. Aquesta és la configuració de la gràfica:



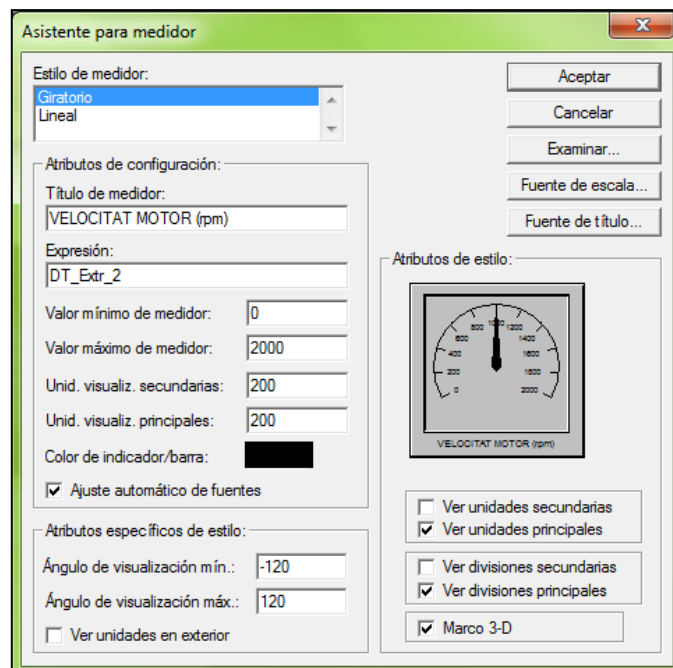
9.2.1.8. Extrusora 2



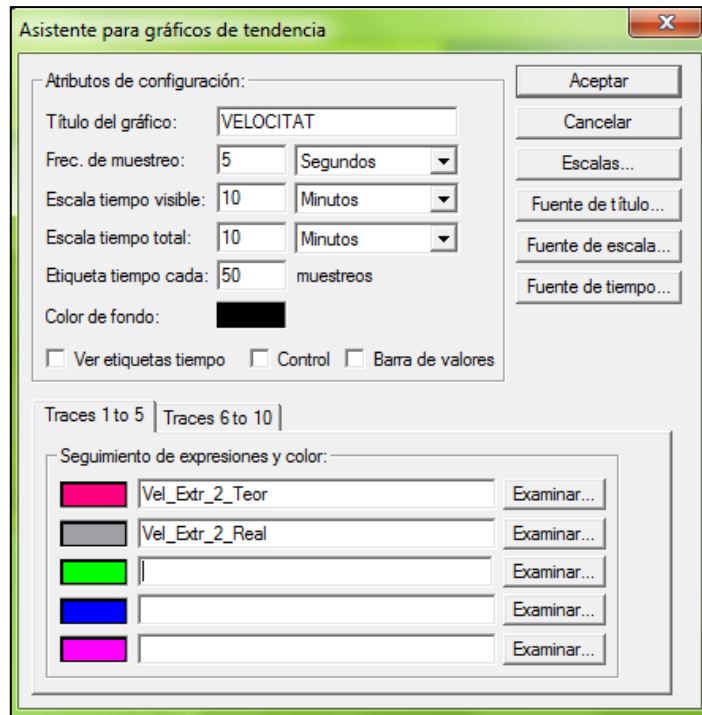
En aquesta pàgina s'exposa l'estat a temps real de la segona extrusora

Per una banda està visualitzada la velocitat a temps real, tant en l'indicador giratori com en la gràfica, que mostra la velocitat teòrica a la que ha de girar i la velocitat real a la que ho fa.

Aquesta és la configuració del mesurador de velocitat de l'extrusora 2:

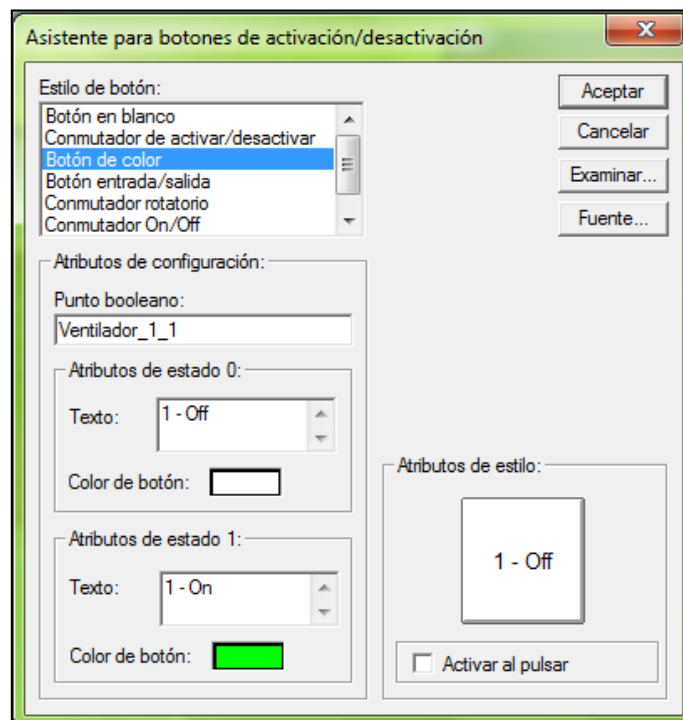


I, aquesta és la configuració de la gràfica de la velocitat de l'extrusora 2:

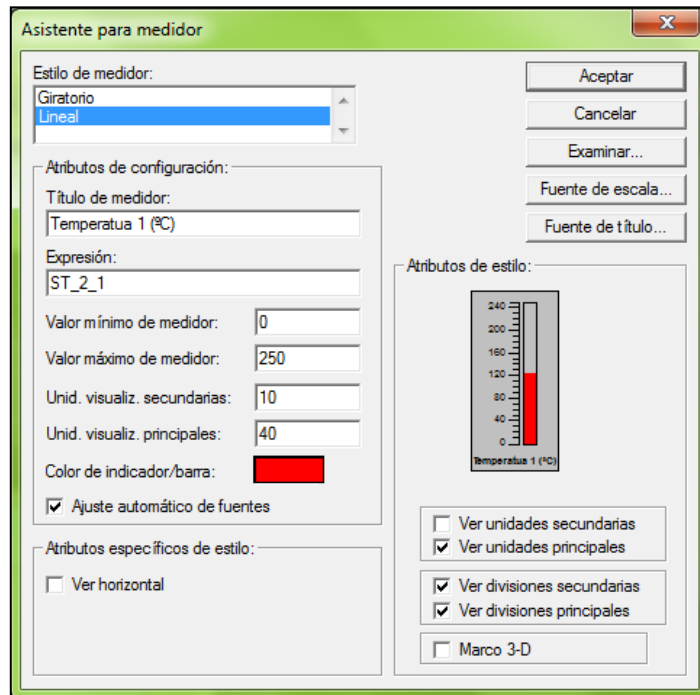


Per una altra banda, es visualitzen els ventiladors. Aquells que estiguin activats apareixeran en color verd, mentre que si no ho estan romandran en color blanc. A més a més, el text, a part d'indicar el número de ventilador, canviarà de *Off* a *On* en quan s'activin.

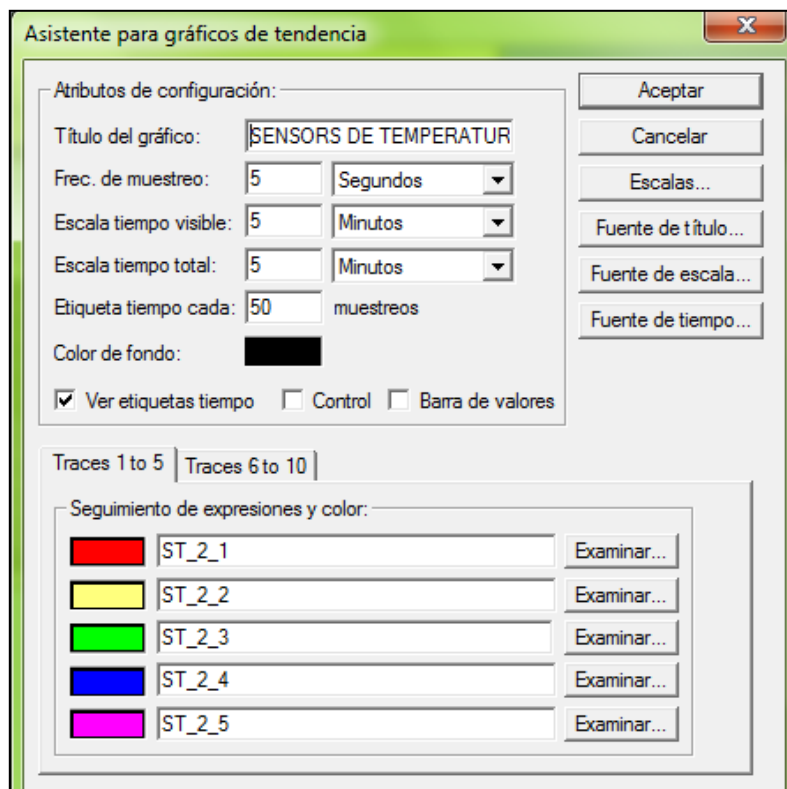
Aquesta és la configuració d'un dels botons del ventilador:



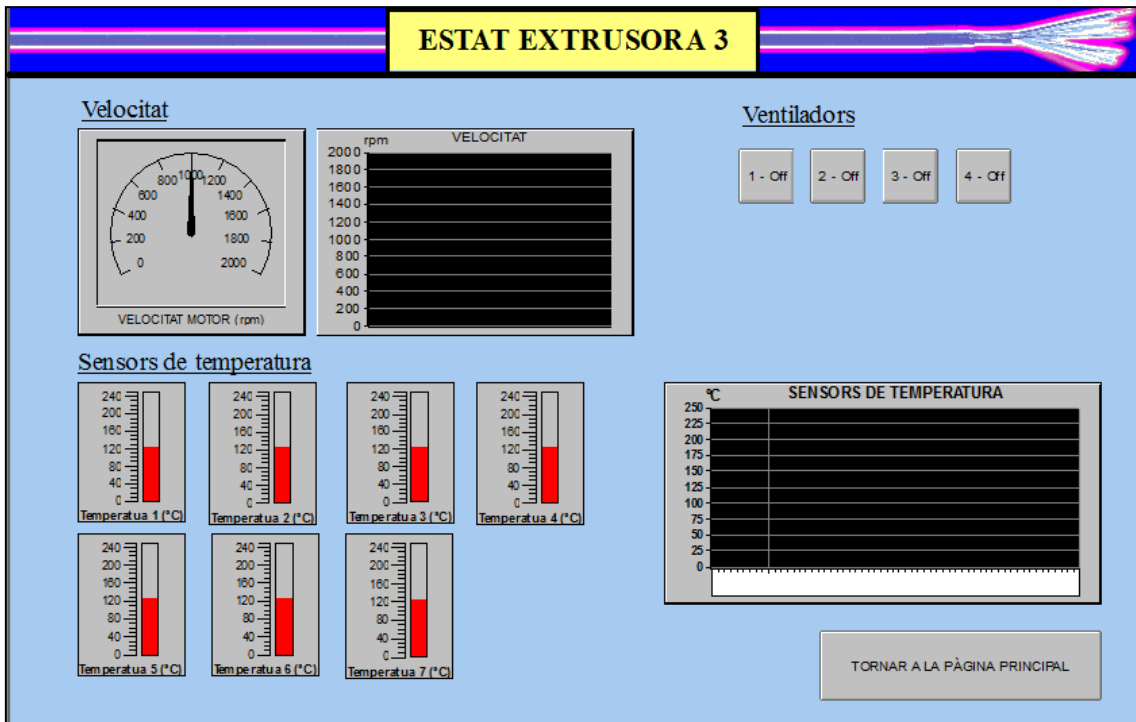
A la part baixa de la pàgina es mostren els indicadors de la temperatura. A cada sensor se li assigna un indicador. En la següent imatge es mostra la configuració d'un dels sensors. Els altres seran iguals modificant-ne el punt assignat.



Mentrestant, al costat dret, a la gràfica, es mostra la progressió de cada un dels sensors. Aquesta és la configuració de la gràfica:



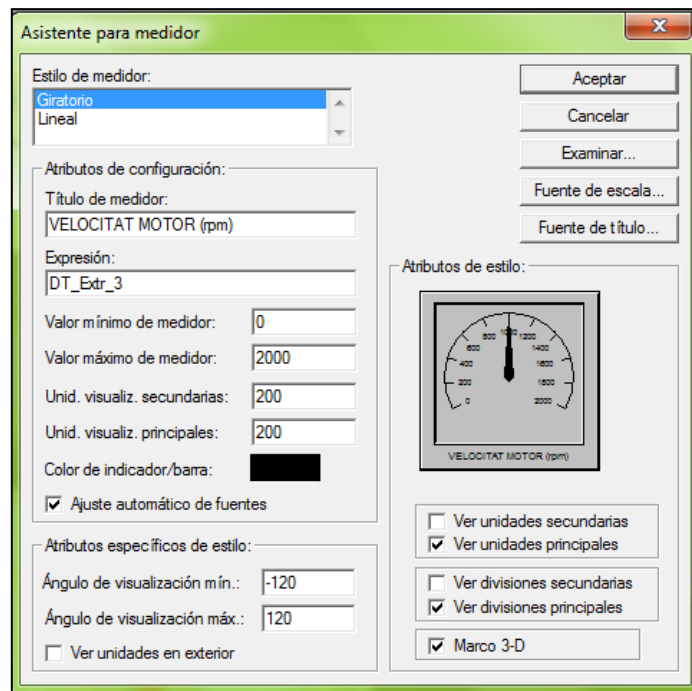
9.2.1.9. Extrusora 3



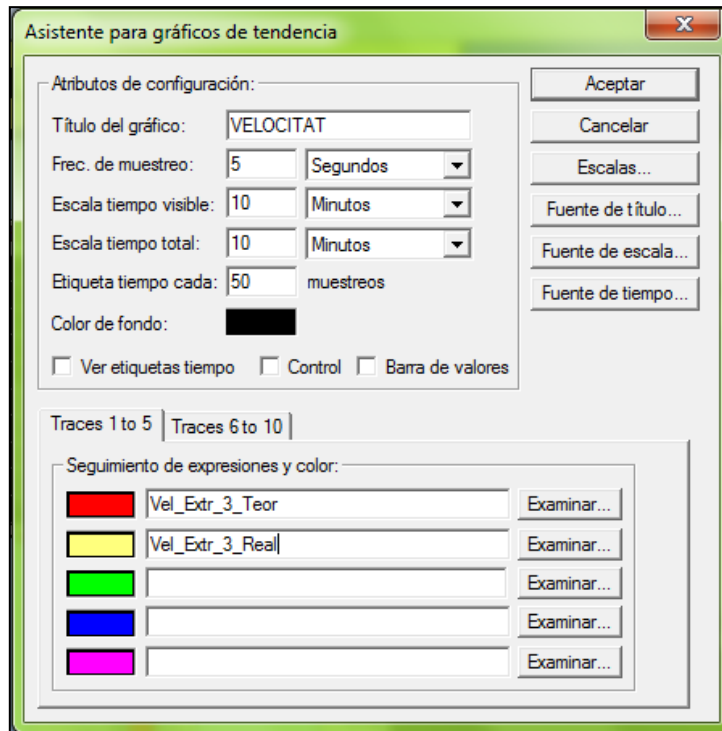
En aquesta pàgina s'exposa l'estat a temps real de l'extrusora 3.

Per una banda està visualitzada la velocitat a temps real, tant en l'indicador giratori com en la gràfica, que mostra la velocitat teòrica a la que ha de girar i la velocitat real a la que ho fa.

Aquesta és la configuració del mesurador de velocitat de l'extrusora 3:

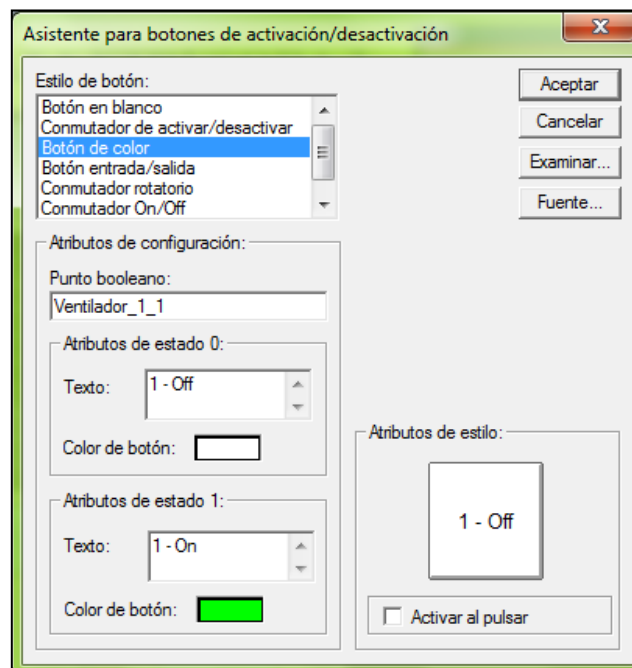


I, aquesta és la configuració de la gràfica de la velocitat de l'extrusora 3:

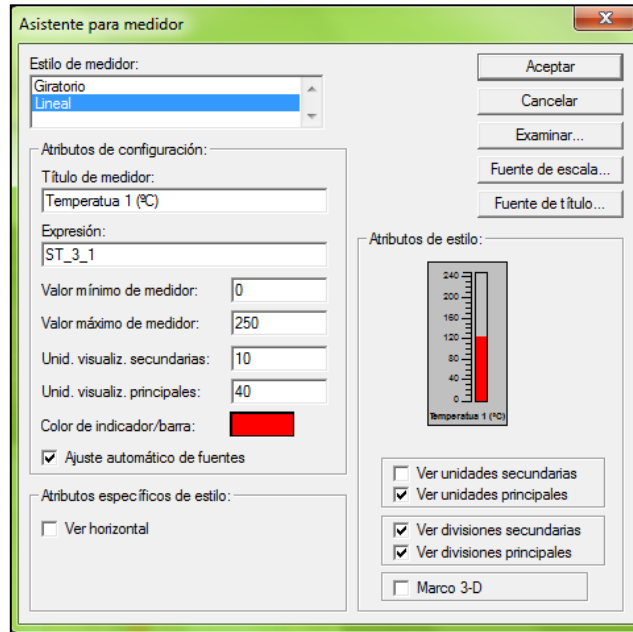


Per una altra banda, es visualitzen els ventiladors. Aquells que estiguin activats apareixeran en color verd, mentre que si no ho estan romandran en color blanc. A més a més, el text, a part d'indicar el número de ventilador, canviarà de *Off* a *On* en quan s'activin.

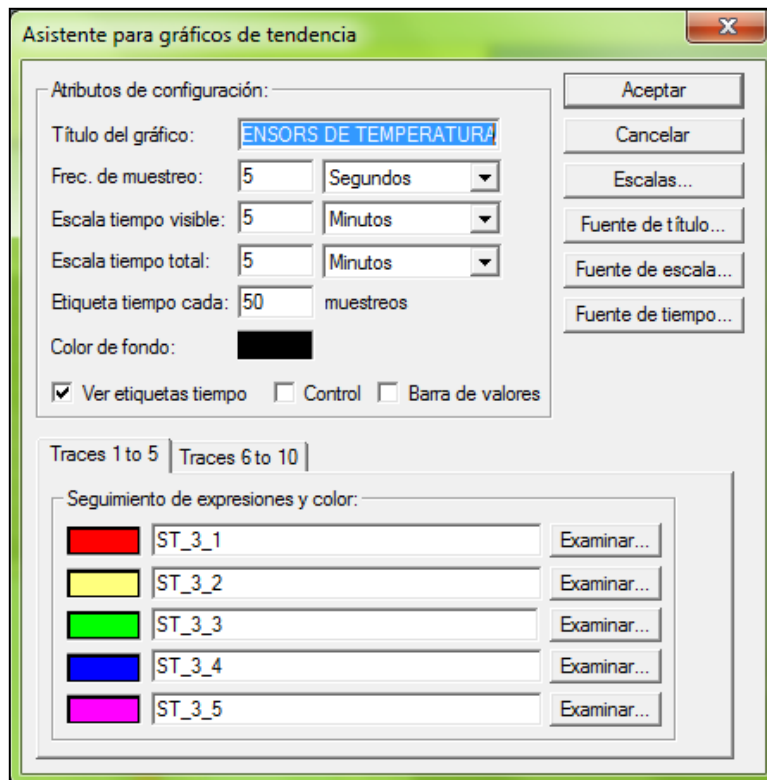
Aquesta és la configuració d'un dels botons del ventilador:



A la part baixa de la pàgina es mostren els indicadors de la temperatura. A cada sensor se li assigna un indicador. En la següent imatge es mostra la configuració d'un dels sensors. Els altres seran iguals modificant-ne el punt assignat.



Mentrestant, al costat dret, a la gràfica, es mostra la progressió de cada un dels sensors. Aquesta és la configuració de la gràfica:



9.2.1.10. Alarmes

Aquesta pàgina mostra l'història d'alarmes que s'han activat. Per característiques de la configuració, aquest historial emmagatzema les 100 últimes alarmes. Cada vegada que s'activa una hi ha una notificació sonora i des de la pàgina principal es pot accedir a aquesta pàgina. L'aspecte que presenta aquesta pàgina és:



La interfície d'aquest és molt simple. Només consta d'un botó que acciona la tornada a la pàgina principal i l'historial d'alarmes. Aquest és l'aspecte que té la seva configuració:



10. ARMARI DE POTÈNCIA

En el següent apartat es descriurà l'armari de potència on s'ubicaran tots els elements referits a l'autòmat i totes les proteccions calculades.

L'alimentació de l'armari serà de 400V/50Hz sense distribució de neutre.

10.1. Característiques elèctriques

- a) Característiques elèctriques nominals del sistema de potència:
 - Intensitat barres principals: el resultant de la potència instal·lada més un 30%.
 - Tensió: 400 V \pm 7% a freqüència de 50 Hz \pm 5%.
 - Neutre: a terra no distribuït.
- b) La tensió de maniobra és de 220 V, 50 Hz, obtinguda a través del transformador de 400/220V. La protecció del circuit general de maniobra és fa mitjançant interruptor automàtic.
- c) Els relés auxiliars són del tipus desconnectables. Segons criteris bàsics.
- d) Les bornes de maniobra són de pas no inferior a 6mm i capacitat mínima de 5A. No s'admet més d'un fil de sortida per borna.
- e) Les barres estan aïllades amb funda termoretràctil i identificades amb el següent codi de colors:
 - Fase R: Verd.
 - Fase S: Groc.
 - Fase T: Marró.
- f) El cablejat intern de força necessari està fet amb cables de 1.000 V de tensió nominal i secció suficient per la In més un 20%, i com a mínim 6 mm². El cablejat intern de comandament està fet amb fil de 500 V de tensió nominal i secció mínima 1,5 mm² flexible. Cada extrem de fil està identificat mitjançant anells numerats, amb el número de cada borna on es connecta.
- g) Tots els magnetotèrmics són de ruptura a l'aire, tall omnipolar i tenen el poder de tall adequat a la intensitat de curt circuit de la instal·lació.
- h) Els interruptors manuals de tall en càrrega són d'un poder de tall no inferior a set vegades la intensitat nominal del motor, amb contactes auxiliar i fusibles de característiques AM
- i) Els contactors estan dimensionats per a categoria AC 3, amb contactes auxiliars 2NA + 2NC com a mínim.
- j) Tots els cables de la mateixa maniobra que tenen sortida a l'exterior estan connectats a una regleta comú i classificats per tensions.

- k) Els fusibles de força són d'alt poder de tall, limitadors de corrent i d'acció lenta, quan van en el circuit d'alimentació de motors.

10.2. Sortides dels motors

10.2.1. Connexions de potència

Les connexions entre les barres i les maniobres es realitzen amb cables unipolars RV-K-0.6/1 kV dimensionats per densitat de corrent considerant com a càrrega nominal, la potència instal·lada més un 20 % i com a mínim 6 mm².

El cable de potència de sortida a camp es connecta directament al contactor o sortida del relé tèrmic segons el tipus de maniobra.

10.2.2. Proteccions contra sobrecàrregues

Es protegiran els motors amb relés tèrmics.

10.2.3. Plaques de maniobra

Com s'ha indicat anteriorment, tots els elements de la sortida de cada motor estan connectats en una placa que inclou relés auxiliars i els relés de connexió de sortida del PLC.

11. CÀLCUL DE LÍNIES

Per a calcular les línies d'alimentació de les màquines, es procedeix a calcular els tres criteris necessaris:

- Criteri d'escalfament
- Criteri de caiguda de tensió
- Criteri de curt circuit

11.1. Criteri d'escalfament:

Les fórmules utilitzades són:

- en el cas de línia monofàsica:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi}$$

- en el cas de línia trifàsica:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

On:

V = tensió de línia en V.

I = Intensitat de línia en A.

P = Potència de línia en W.

Cosφ = Factor de potència.

A continuació es mostren els paràmetres i els valor obtinguts de calcular, segons aquest criteri, la secció del conductor.

Element	Tensió (V)	Potència (W)	Cos(φ)	Intensitat (A)	Factor de correcció	Corrent total (A)	Secció real (mm ²)
Desbobinadora 1	400	9000	0.85	16,08	1.25	20,10	2,5
Desbobinadora 2	400	9000	0.85	16,08	1.25	20,10	2,5
Volant 1	400	19000	0.85	32,26	1.25	40,33	10
Pulmó 1	400	3000	0.85	5,09	1.25	6,37	2,5
Extrusora 1	440	132000	0.85	203,77	1.25	254,71	150

Extrusora 2	440	92000	0.85	142,02	1.25	177,53	95
Extrusora 3	400	5300	0.85	8,99	1.25	11,25	4
Volant 2	400	7400	0.85	11,423	1.25	14,28	2,5
Pulmó 2	400	3000	0.85	5,09	1.25	6,37	2,5
Bobinadora 1	400	6900	0.85	11,72	1.25	14,64	2,5
Guia-Fil 1	400	1500	0.85	2,56	1.25	3,18	2,5
Bobinadora 2	400	6900	0.85	11,72	1.25	14,64	2,5
Guia-Fil 2	400	1500	0.85	2,56	1.25	3,18	2,5
PLC (considerant mòduls d'ampliació i sensors)	220	1000	0.9	2,92	1	2,92	2,5
Línia general	400	297500	0.9	477,11	1	477,16	300

Per arribar a concloure amb la secció real adequada, s'ha calculat el corrent i mitjançant la taula a.52-1 de la norma UNE 20460-5-523 se determinat la mesura del cable adient. Aquest procés es repetirà en els tres processos.

11.2. Criteri de caiguda de tensió

Per a calcular aquest criteri s'ha de tenir en compte que la caiguda màxima del conjunt de les línies per normativa no pot ser superior al 5% de la tensió instal·lada.

Per a procedir amb la realització dels càlculs d'aquest criteri, s'utilitzaran les següents expressions:

- en el cas de línia monofàsica:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{K \cdot c \cdot d \cdot t \cdot m \cdot a \cdot x \cdot a \cdot d \cdot m \cdot V}$$

- en el cas de línia trifàsica:

$$S = \frac{P \cdot L}{K \cdot c \cdot d \cdot t \cdot m \cdot a \cdot x \cdot a \cdot d \cdot m \cdot V}$$

On:

S = secció del conductor en mm^2

P = potència en W

L = longitud de la línia en m .

K = conductivitat del coure = $44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$

V = tensió de la línia en V .

En la següent taula es mostren els valors utilitzats i calculats per a la determinació de la secció necessària segons aquest segon criteri.

Element	Potència (W)	Long. Línia (m)	c.d.t. màx. adm. (V)	Tensió (V)	Secció real (mm^2)
Desbobinadora 1	9000	15	12	380	2,5
Desbobinadora 2	9000	15	12	380	2,5
Volant 1	19000	7.5	12	400	2,5
Pulmó 1	3000	7.5	12	400	2,5
Extrusora 1	132000	7.5	12	440	4
Extrusora 2	92000	7.5	12	440	2,5
Extrusora 3	5300	7.5	12	400	2,5
Volant 2	7400	30	12	440	2,5
Pulmó 2	3000	7.5	12	400	2,5
Bobinadora 1	6900	15	12	400	2,5
Guia-Fil 1	1500	15	12	400	2,5
Bobinadora 2	6900	22.5	12	400	2,5
Guia-Fil 2	1500	22.5	12	400	2,5
PLC (considerant mòduls d'ampliació i sensors)	1000	5	12	220	2,5
Línia general	297500	75	12	400	70

11.3. Criteri de curt circuit

La fórmula utilitzada per a calcular la resistència de cada línia és:

$$R_T = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

On:

R_T = Resistència en Ω .

L = Longitud de la línia en m.

S = secció en mm^2 .

ρ = resistivitat del coure, segons taules = $1/56 \text{ mm}^2 \cdot \Omega/\text{m}$.

La fórmula utilitzada per a calcular la secció de curt circuit és:

$$s_{cc} = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{k}$$

On:

s_{cc} = Secció de curt circuit en mm^2

I_{cc} = Intensitat de curt circuit en A.

\sqrt{t} = temps de duració del curt circuit en s. (En el cas més desfavorable, 20 ms).

k = constant. En el cas del coure, aïllant XLPE, 143.

En la següent taula es recullen els valors utilitzats i determinats en el càlcul de la secció necessària per al dimensionament de cada conductor en funció del criteri de curt circuit.

Element	Potència (W)	Longitud (m)	Resistència (Ω)	Intensitat de curt circuit (kA)	Secció real (mm^2)
Desbobinadora 1	9000	15	0,108	2,40	2,5
Desbobinadora 2	9000	15	0,108	2,40	2,5

Volant 1	19000	7.5	0,013	10,01	10
Pulmó 1	3000	7.5	0,09	2,95	4
Extrusora 1	132000	7.5	0,0009	18,16	25
Extrusora 2	92000	7.5	0,0014	17,69	10
Extrusora 3	5300	7.5	0,034	6,12	2.5
Volant 2	7400	30	0,36	0,98	4
Pulmó 2	3000	7.5	0,09	2,95	2.5
Bobinadora 1	6900	15	0,18	1,61	2,5
Guia-Fil 1	1500	15	0,18	1,61	2,5
Bobinadora 2	6900	22.5	0,27	1,11	2,5
Guia-Fil 2	1500	22.5	0,27	1,11	2,5
PLC (considerant mòduls d'ampliació i sensors)	1000	5	0,06	2,24	2,5
Línia general	297500	75	0,0045	13,92	16

11.4. Secció real

Una vegada calculades les seccions en els tres criteris, s'elegirà la secció més gran per a cada línia com a mesura de seguretat. Així doncs, la secció real definitiva de cada línia serà:

Element	Criteri d'escalfament (secció en mm ²)	Criteri de c.d.t. (secció en mm ²)	Criteri de curt circuit (secció en mm ²)	Criteri que predomina	Secció real (mm ²)
Desbobinadora 1	2,5	2,5	2,5	Iguals	2,5
Desbobinadora 2	2,5	2,5	2,5	Iguals	2,5
Volant 1	10	2,5	10	Escalfament i curt circuit	10
Pulmó 1	2,5	2,5	4	Curt circuit	4
Extrusora 1	150	4	25	Escalfament	150
Extrusora 2	95	2,5	10	Escalfament	95
Extrusora 3	4	2,5	2.5	Escalfament	4

Volant 2	2,5	2,5	4	Curt circuit	4
Pulmó 2	2,5	2,5	2,5	Iguals	2,5
Bobinadora 1	2,5	2,5	2,5	Iguals	2,5
Guia-Fil 1	2,5	2,5	2,5	Iguals	2,5
Bobinadora 2	2,5	2,5	2,5	Iguals	2,5
Guia-Fil 2	2,5	2,5	2,5	Iguals	2,5
PLC (considerant mòduls d'ampliació i sensors)	2,5	2,5	2,5	Iguals	2,5
Línia general	300	70	16	Escalfament	300

11.5. Càlcul de proteccions

En aquest apartat es calcularan els valors de dimensionament dels contactors, fusibles i relés tèrmics que protegeixen cada un dels motors. A continuació es mostraran els mètodes de càlcul per a les tres proteccions i finalment es mostrarà una taula amb els valors nominals de cada element per a cada línia.

Immediatament després es calcularan les dimensions dels interruptors automàtics que protegeixen el transformador de 400/220 V i el convertidor de corrent alterna a corrent continu que es poden visualitzar en el plànol *PI. Escomesa*.

11.5.1. Càlcul dels contactors

Per el càlcul dels contactors es calcularà la intensitat nominal, calculada ja anteriorment amb la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

On:

V = tensió de línia en V.

I = Intensitat de línia en A.

P = Potència de línia en W.

Cosφ = Factor de potència.

Per a elegir el contactor correcte s'elegirà el que tingui com a valor normalitzat de calibre el immediatament superior.

11.5.2. Càlcul dels fusibles

Els fusibles s'hauran de dimensionar de manera que cada un suporti entre 1,6 i 2 vegades el valor de la intensitat nominal calculada anteriorment.

11.5.3. Càlcul dels relès tèrmics

Els relès tèrmics també es dimensionaran en funció del corrent nominal.

11.5.4. Resultats obtinguts

En la següent taula es presenten doncs els resultats obtinguts en les diferents línies.

Element	Contactors		Fusibles		Relés tèrmics	
	Nom	I_N (A)	Nom	I_N (A)	Nom	$I_{\min} \div I_{\max}$ (A)
Guia-Fil 1	KM1	16	F1	4	RT1	2,3÷3,5
	KM2					
Guia-Fil 2	KM3	16	F2	4	RT2	2,3÷3,5
	KM4					
Pulmó 1	KM5	16	F3	10	RT3	4÷6,3
Pulmó 2	KM7	16	F4	10	RT4	4÷6,3
Desbobinadora 1	KM9	20	F5	25	RT5	16÷25
Desbobinadora 2	KM10	20	F6	25	RT6	16÷25
Bobinadora 1	KM11	16	F7	20	RT7	8÷12,5
Bobinadora 2	KM12	16	F8	20	RT8	8÷12,5
Extrusora 1	KM13	225	F9	400	RT9	175÷280
Extrusora 2	KM14	180	F10	250	RT10	135÷160
Extrusora 3	KM15	16	F11	16	RT11	8÷12,5
Volant 1	KM16	40	F12	50	RT12	32÷50
Volant 2	KM17	16	F13	20	RT13	8÷12,5

11.5.5. Càlcul dels interruptors automàtics

Per al càlcul dels interruptors automàtics es té en compte les característiques nominals dels elements a protegir: el transformador i el convertidor.

En aquesta primera taula es mostren els valors nominals del transformador, el càlcul de la intensitat nominal i finalment, el valor de corrent nominal del magnetotèrmic.

Especificar abans que el càlcul de la intensitat s'ha fet de la següent manera:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

On:

V = tensió de línia en V.

I = Intensitat de línia en A.

P = Potència de línia en W.

Cosφ = Factor de potència.

Així doncs, els valors són

Element	Tensió (V)	Potència (W)	Intensitat (A)	Intensitat nominal magnetotèrmic (A)
Transformador	400	960	1,63	6

Per el càlcul de dimensionament del segon interruptor el procediment a seguir és el mateix. Aquí es presenta la taula amb les característiques i els valors determinats de la mateixa manera que en el cas anterior.

Element	Tensió (V)	Potència (W)	Intensitat (A)	Intensitat nominal magnetotèrmic (A)
Convertidor	400	500	0.85	6

12. PRESSUPOST

Una vegada calculat i dissenyat tot, com a últim objectiu, es presenta el pressupost. Aquest pressupost no té en compte la maquinària i els sensors, degut a que aquests ja estan implantats en la línia. Així doncs, es tindrà només en compte el hardware referit a l'autòmat (tant l'autòmat com tots els seus mòduls) i les proteccions anteriorment calculades. També es consideraran les tasques d'enginyeria.

Element	Nombre d'unitats	Preu unitat (€)	Preu total (€)
Autòmat CJIM-CPU23	1	1215,40	1215,40
Mòdul analògic CJ1W-MAD42	11	637,20	7009,20
Mòdul digital ID211	3	171,10	513,30
Mòdul digital OD212	4	206,50	826,00
Contactador tripolar 16 A, AEG, LS 07	10	43,62	436,20
Contactador tripolar 20 A, AEG, LS 4	8	103,87	830,96
Contactador tripolar 40 A, AEG, LS 27	1	125,90	125,90
Contactador tripolar 180 A, AEG, LS 107	1	761,20	761,20
Contactador tripolar 225 A, AEG, LS 117	1	815,96	815,96
Fusibles 4 A,	4	0,97	3,88
Fusibles 10 A	2	1,06	2,12
Fusibles 16 A	1	0,94	0,94
Fusibles 20 A	3	1,08	3,24
Fusibles 25 A	2	1,75	3,50
Fusibles 50 A	1	3,83	3,83
Fusibles 250 A	1	35,93	35,93
Fusibles 400 A	1	51,28	51,28
Relé tèrmic AEG 2,3÷3,5 A, b27T	2	41,20	82,40
Relé tèrmic AEG 4÷6,3 A, b77S	2	41,20	82,40
Relé tèrmic AEG 8÷12,5 A, b77S	4	47,90	191,60
Relé tèrmic AEG 16÷25 A, b77S	2	54,40	108,8
Relé tèrmic AEG 32÷50 A, b77S	1	74,90	74,90
Relé tèrmic AEG 135÷160 A, b375K	1	99,45	99,45
Relé tèrmic AEG 175÷280 A, b177S	1	112,28	112,28

Interruptor magnetotèrmic bipolar gamma industrial, 6 A	2	62,62	125,24
Subtotal 1			13.515,91
Tasques enginyeria (10 %)			1.351,59
Subtotal 2			14.867,501
18 % I.V.A.			2.676,15
TOTAL			17.543,65

13. CONCLUSIONS

En aquest projecte s'ha realitzat l'automatització de la línia 6 o Tecnocable. Aquesta automatització suposa un clar avantatge i un pas endavant. D'aquest projecte se'n deriven certes millores.

Primer de tot, com en qualsevol procés automatitzat, tot i la despesa inicial, un cop amortitzada aquesta, la producció resulta molt més econòmica. També, i com a resultat de la idea d'automatització es guanya en llibertat de treball i això es tradueix en menys despeses i per tant majors beneficis econòmics també.

Altres de les millores que es poden tenir en compte com a resultat d'aquesta automatització poden ser: més facilitat pels usuaris a l'hora de operar amb la màquina; se'n farà un millor control i l'entorn visual del SCADA el millorarà i simplificarà, i també, indirectament, degut a aquest control, hi haurà una major fiabilitat en les màquines i major facilitat per a la detecció d'errors o defectes en la maquinària. Gràcies també a les alarmes configurades, en cas d'error, l'avís és immediat i, per tant, no es perd tant de temps en detectar la fallada, ja que el propi sistema avisa.

Del que s'ha pogut observar del procés i de la maquinària, es podrien millorar alguns aspectes. En particular dos d'importants.

El primer d'ells podria ser que en un futur l'empresa reemplaqués tots els motors de corrent continua per motors de corrent alterna, donades les característiques de les màquines.

El segon dels casos on es podria ampliar i millorar molt el sistema de control seria en la introducció d'Internet en el sistema. Aquesta opció permetria que el control automatitzat es pogués dur des de qualsevol punt amb connexió a la xarxa, així doncs, els membres autoritzats, podrien parar la màquina en cas que fos necessari. Òbviament hi ha tasques de les quals es requereix la intervenció humana i no se'n pot prescindir, no obstant això, com a mesura de seguretat, aquest seria un gran avenç. Dir també, que això seria possible en aquest mateix autòmat ja que té la capacitat de ser controlat a través d'aquesta gran i important via de comunicació.

14. BIBLIOGRAFIA

La major part de la bibliografia utilitzada per a la realització d'aquest projecte s'ha extret de la pàgina web www.omron.es i és correspon als següents manuals i catàlegs:

- CJ1M-CPU21/22/23 Manual de funcionament.
- CX-Programmer Manual d'operació.
- CX-Supervisor Manual d'operació.

Altres llibres i material consultats han estat:

- Material docent de l'assignatura d'aquesta titulació, PLCS.
- Balcells, J; Romeral, J.L. (1997). *Autómatas programables*. Barcelona: Marcombo.
- Boyer, S.A. (2003). *SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition*. Paperback.
- Moreno F.; Zubiaurre J. *Automatismos y Cuadros Eléctricos*. CEYSA Editorial Técnica.

Aquests són els programes utilitzats per a la realització d'aquest projecte:

- CX-Programmer
- Cx-Supervisor
- AutoCAD 2012
- Microsoft Word i Microsoft Office 2007