



**Universitat Autònoma
de Barcelona**

Estació de Mescla de Líquids: Automatització i Control

Memòria del projecte d'Enginyeria tècnica de telecomunicacions
especialitat en sistemes electrònics

Realitzat per Pelegrí Gargallo González i dirigit per Carles Pedret Ferré

2 de juliol de 2013

Escola d'Enginyeria de la Universitat Autònoma de Bellaterra

El firmant, Carles Pedret Ferré,

professor de l'Escola d'Enginyeria de la Universitat Autònoma de Barcelona,

CERTIFICA

Que el treball al qui correspon la present memòria ha estat realitzat sota la seva direcció per
Pelegrí Gargallo González.

Es deixa constància amb la següent firma.

Bellaterra, Gener de 2013.

.....

Firmat: Carles Pedret Ferré

AGRAIMENTS

Vull agrair a tots aquells que m'han permès seguir endavant amb el treball, malgrat les dificultats personals, especialment a la meva família, la meva parella i al meu amic Pau.

També és indispensable donar les gràcies al meu tutor de projecte Carles Pedret, a l'Ernesto i en Jordi.

Memòria del Projecte Final de Carrera

Titulació: Enginyeria tècnica de telecomunicacions especialitat en sistemes electrònics.

Títol: Control d'una estació de mescla de líquids.

Autor: Pelegrí Gargallo González.

Director: Carles Pedret Ferré.

Departament: Telecomunicació i Enginyeria de Sistemes.

Universitat: Escola d'Enginyeria (Campus Bellaterra), Universitat Autònoma de Barcelona.

Resum del Projecte Final de Carrera

Aquesta memòria presenta el Projecte Final de Carrera basat en el control i l'automatització d'una estació de mescla de líquids, subministrada per la companyia FESTO.

Els propòsits del projecte són:

- La posada en funcionament de l'estació, de manera que estigui llesta per ser utilitzada.
- La programació d'un conjunt de processos, per tal d'automatitzar les diverses mescles de líquids.
- La programació d'un control PID, que reguli el cabal del circuit davant una pertorbació, amb el qual s'emprin diverses sintonies trobades analíticament, de manera que aquestes siguin comparades a fi de trobar els rendiments que ofereix cadascuna.
- La programació d'un terminal tàctil amb la finalitat que aquest permeti a l'usuari mitjançant una interfície gràfica accionar els diferents processos de mescles i monitoritzar el cabal del circuit i el valor del cabal desitjat.
- Finalment fer del projecte un nou element de formació per a què l'Escola d'Enginyeria de la Universitat Autònoma de Barcelona l'utilitzi en pràctiques d'assignatures de cursos següents.

TAULA DE CONTINGUTS

1. INTRODUCCIÓ	8
1.1 PRESENTACIÓ	8
1.3 TASQUES DE L'ESTACIÓ DE MESCLES	10
1.4 DIRECCIONS	11
1.5 MOTIVACIONS	12
1.6 OBJECTIUS	12
1.7 FASES.....	13
1.8 ESTRUCTURA DE LA MEMÒRIA.....	14
2. ESTUDI DE VIABILITAT	16
2.1 INTRODUCCIÓ.....	16
2.2 PLANIFICACIÓ DEL PROJECTE	16
2.3 CONCLUSIONS	24
3. CONTROLADORS I COMUNICACIÓ	26
3.1 INTRODUCCIÓ.....	26
3.2 PLC	26
3.3 LADDER.....	31
3.4 COMUNICACIÓ SERIAL	33
3.5 DEVICENET	33
3.6 PROCÉS.....	36
3.7 PID.....	37
4. FUNCIONAMENT I RESULTATS	42
4.1 INTRODUCCIÓ.....	42
4.5 FUNCIONAMENT.....	42
5. CONCLUSIONS	51
5.1 INTRODUCCIÓ.....	51
5.2 SEGUIMENT DE LA PLANIFICACIÓ	51
5.3 GRAU DE COMPLIMENT DELS OBJECTIUS	51
5.4 POSSIBLES AMPLIACIONS.....	53
5.5 APRENTATGE.....	53
5.6 VALORACIÓ PERSONAL	53
8. ÍNDEX TAULES	54
9. ÍNDEX FIGURES.....	57
10. BIBLIOGRAFIA	61
ANNEX A: DESCRIPCIÓ TECNOLÒGICA	64
A.1 INTRODUCCIÓ	64
A.2 ESTACIÓ DE MESCLES.....	64
A.3 PLC	94
A.4 SENSOR DE NIVELL.....	103

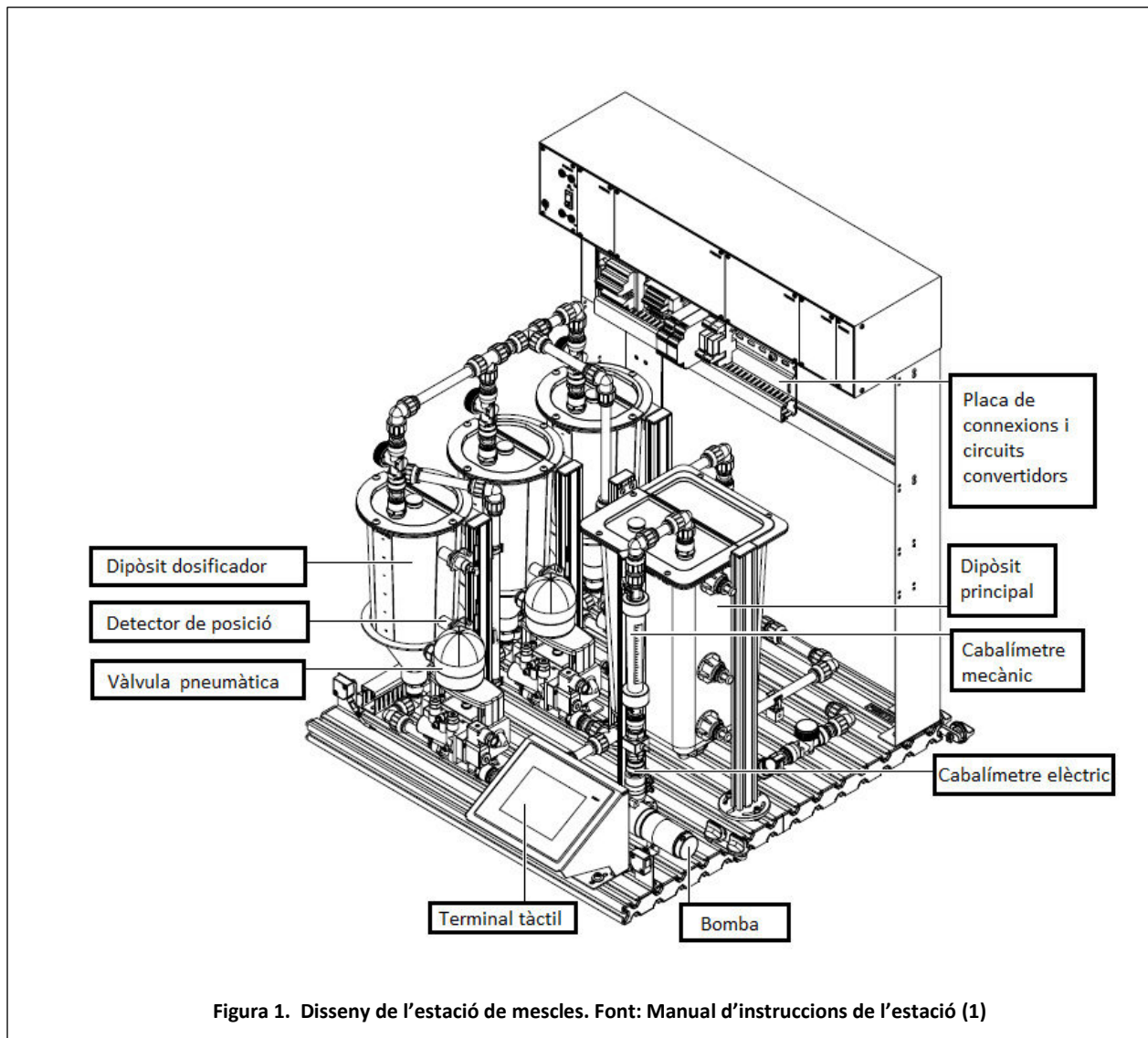
ANNEX B: ETIQUETAT I CONNEXIONS	105
B.1 INTRODUCCIÓ	105
B.2 ETIQUETATGE	105
B.3 CONNEXIONS.....	112
ANNEX C: MANUAL D'USUARI	120
C.1 INTRODUCCIÓ.....	120
C.2 DEVICENET CONFIGURATOR	120
C.3 CX-PROGRAMMER.....	128
C.4 DESIGNER	146

1. INTRODUCCIÓ

En aquest primer apartat es presentarà la informació necessària per entendre i tenir una idea bàsica del projecte.

1.1 PRESENTACIÓ

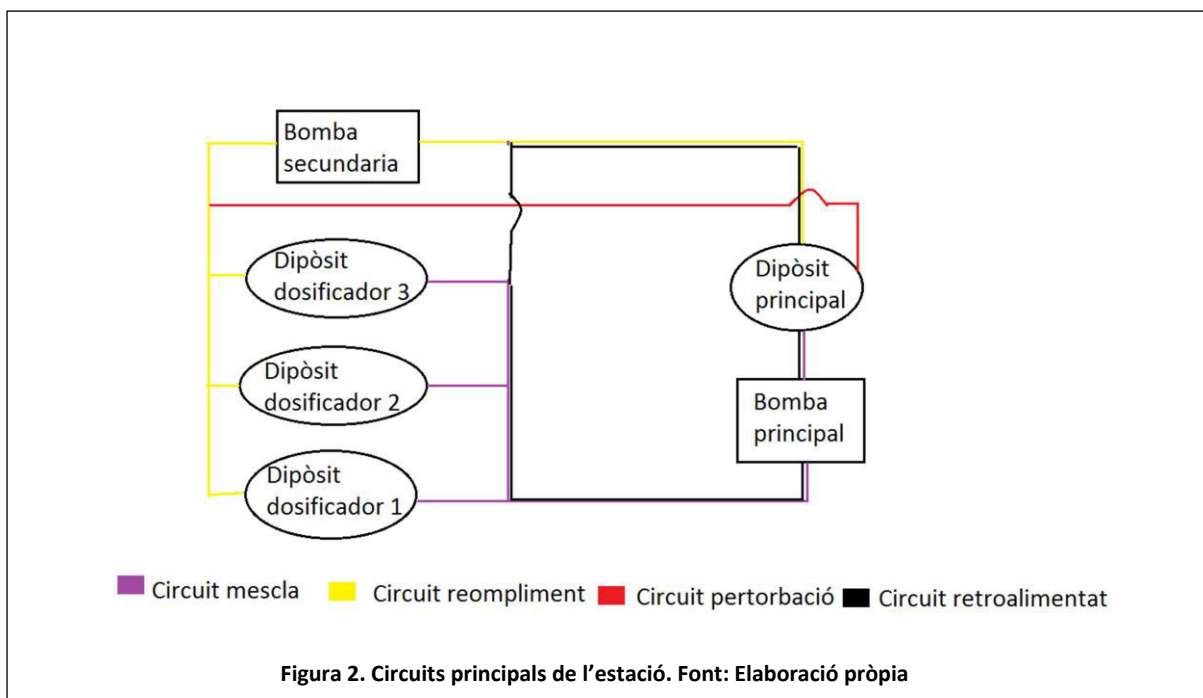
El projecte que s'exposa a continuació utilitza una estació de mescles subministrada per la companyia FESTO, a la figura 1 es pot veure un disseny on es mostra la tipologia dels elements pels que està composta, i un controlador lògic programable de l'empresa OMRON.



L'estació de mescla disposa de quatre circuits de distribució de líquids, la figura 2 exposa els tres circuits. Com es pot observar, cada circuit està connectat a un altre, com per exemple el circuit de reompliment i el de pertorbació. Per tal d'evitar que el líquid vagi per un circuit no desitjat s'utilitzen les vàlvules manuals, les quals tanquen o obren el circuit.

- **Circuit mescla:** Circuit encarregat de portar els líquids des dels dipòsits dosificadors fins al principal. Funciona emprant les vàlvules pneumàtiques i la bomba principal.
- **Circuit reompliment:** Circuit per portar la mescla del dipòsit principal als dipòsits dosificadors. Funciona emprant la bomba secundària.
- **Circuit retroalimentat:** Circuit tancat que comparteix part del circuit de reompliment i mescla realimentant el dipòsit principal amb el líquid de sortida d'aquest. Funciona emprant la bomba principal.
- **Circuit pertorbació:** Circuit que condueix el líquid fins al dipòsit principal però per un camí diferent al principal. Funciona emprant la bomba secundària.

Els circuits de mescla i de reompliment pertanyen als processos automatitzats de mescla, mentre que els circuits de retroalimentació i de pertorbació a la part relacionada amb el controlador PID.



1.3 TASQUES DE L'ESTACIÓ DE MESCLES

En aquest apartat es definiran aquelles tasques que es podran sol·licitar des del terminal tàctil i que l'estació juntament amb el PLC s'encarregaran d'executar.

1.3.1 Receptes

Les receptes són els processos automatitzats que durant a terme els diferents tipus de mescles. En aquest apartat els dipòsits són expressats segons el seu etiquetatge, les referències d'aquests es poden trobar a l'Annex B: Etiquetatge i Connexions.

En el projecte hi hauran cinc receptes:

- **Recepta en paral·lel 1:** s'encarregarà de portar en paral·lel l'aigua destil·lada dels tres dipòsits dosificadors al dipòsit principal únicament amb una bomba, la 2M1. S'extraurà una quantitat dels dipòsits dosificadors determinada de la manera següent: dels dipòsits B201 i B202 s'extraurà 30 cl, mentre que del B203 s'extraurà 60 cl.
- **Recepta en sèrie:** s'encarregarà de mesclar el líquid dels tres dipòsits amb diferents percentatges al dipòsit principal. Les quantitats seran: del B201 s'extraurà 90 cl, del B202 30 cl i del B203 60 cl.
- **Recepta en paral·lel 2:** s'encarregarà de portar en paral·lel l'aigua destil·lada dels tres dipòsits dosificadors al dipòsit principal amb la bomba 2M1 també. S'extraurà una quantitat dels dipòsits dosificadors determinada de la manera següent: dels dipòsits B202 i B203 s'extraurà 10 cl, mentre que del B201 s'extraurà 70 cl.
- **La recepta dipòsits dosificadors al mateix nivell:** s'encarregarà de deixar els tres dipòsits dosificadors a nivell baix, per corregir les alteracions de nivell.
- **La recepta dipòsits dosificadors:** envia l'aigua destil·lada del dipòsit principal als dipòsits dosificadors, de manera que els emplena fins al nivell del sensor 2B2.

1.3.2 Manual

L'opció manual permetrà accionar les bombes i les vàlvules elèctriques, com l'usuari desitgi, de manera que podrà crear noves mescles no automatitzades.

1.3.3 PID

L'opció PID permetrà veure al terminal tàctil els senyals: el valor del cabalímetre i el valor de cabal a assolir en funció del temps. També permetrà escollir els paràmetres K_p , K_i i K_D , per poder cercar sintonies, i el valor a assolir.

1.4 DIRECCIONS

Les direccions utilitzades pels diversos dispositius són presentades en aquest apartat en el format canal i bit. Com es pot veure a les taules 1, 2, 3 i 4 els elements estan expressats segons el seu etiquetatge, el qual es pot veure a l'Annex B: Etiquetat i Connexions.

Part digital: Detectors	Canal	Bit
2B2	1	2
2B3	1	3
2B4	1	4
2B5	1	5
2B6	1	6
2B7	1	7

Taula 1. Direccions dels detectors. Font: Elaboració pròpia.

Part digital: Actuadors	Canal	Bit
2M1	0	1
2M2	0	2
2M3	0	3
2M4	0	4
2M5	0	5

Taula 2. Direccions dels actuadors. Font: Elaboració pròpia.

Part analògica	Canal	Bit
2M1	2002	--
Sensor de nivell	2005	--
2B1	2006	--
Sortida analògica	2000	01

Taula 3. Direccions de la part analògica. Font: Elaboració pròpia extreta de (2).

Part PID	Canal
Valor seleccionat	D10
K_p	D11
K_i	D12
K_D	D13
Sortida PID	D200

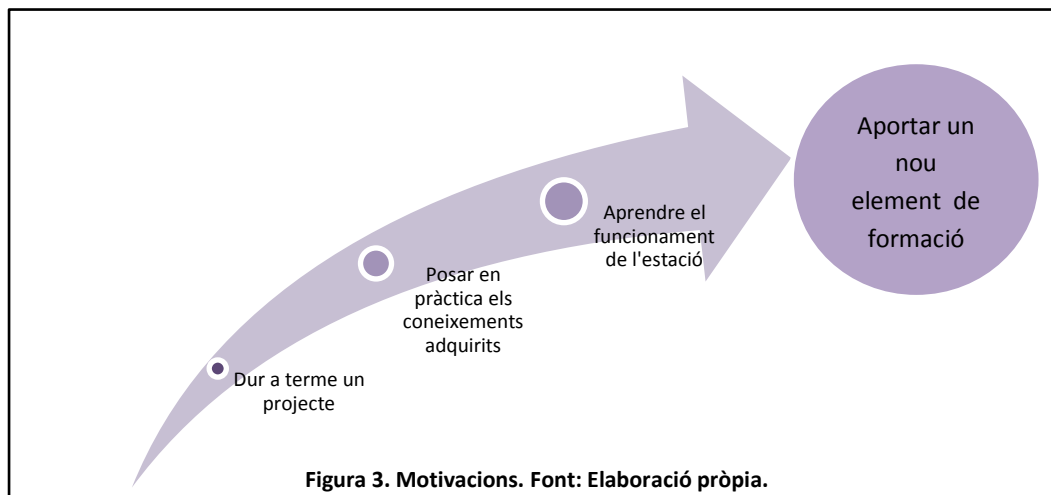
Taula 4. Direccions de la part PID. Font: Elaboració pròpia.

1.5 MOTIVACIONS

La realització d'aquest projecte està motivada per dues fites:

- La primera correspon a l'aprenentatge a nivell personal, que inclou saber dur a terme un projecte amb tota la seva complexitat, posar en pràctica els coneixements adquirits al llarg de la carrera i aprendre el funcionament de l'estació de barreges, així com el funcionament del controlador lògic programable, llenguatge Ladder i programari utilitzat.
- La segona correspon a aportar un nou element de formació, com ara programar una part del codi del PLC i veure la resposta dels components de l'estació. D'aquesta manera es podrà oferir una relació més ampla, experimental i visual del funcionament de la indústria de procés així com una familiarització amb el món industrial als alumnes dels cursos següents.

La figura 3 presenta les motivacions esquemàticament.



1.6 OBJECTIUS

Els objectius fonamentals del projecte són:

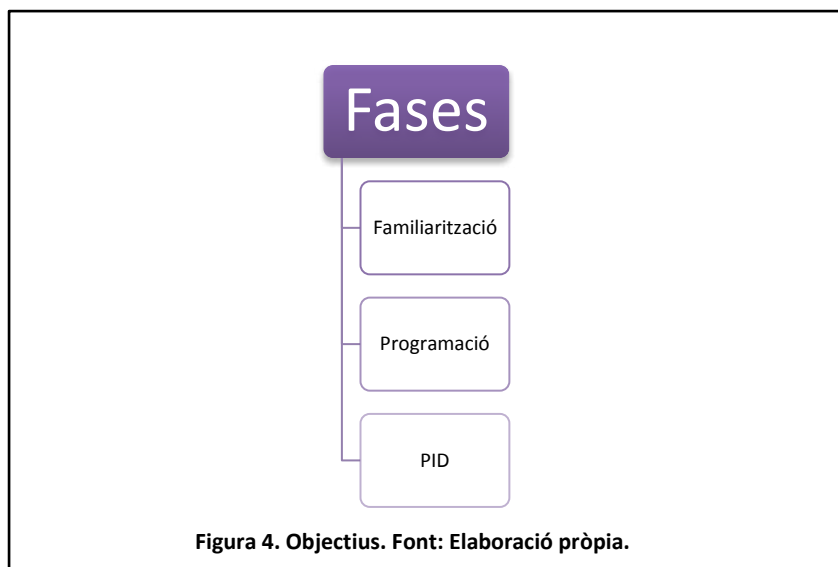
- **La posada en marxa de l'estació de mescles:** Comprovar que tots els dispositius funcionin i estiguin llestos per dur a terme els processos desitjats.
- **L'elaboració de mescles automàtiques i manuals:** Programar un conjunt d'instruccions que duguin a terme les mescles de líquids de manera exacte, en la

quantitat del líquid, i elaborar un altre conjunt d'instruccions que permetin fer una mescla controlada per l'usuari.

- **El disseny d'un controlador PID:** Programar un conjunt d'instruccions per dissenyar un controlador PID, el qual s'encarregui de regular el cabal.
- **La comparació de sintonies:** Trobar analíticament diverses sintonies amb el controlador PID dissenyat i dur a terme una comparació entre aquestes.
- **La confecció d'una eina de formació:** Fer del projecte una eina d'aprenentatge per alumnes d'anys següents.

1.7 FASES

Els objectius presentats en l'apartat 1.6 es poden distribuir en les fases que presenta la figura 4. L'eina de formació es forma amb les tres fases.



1.7.1 Familiaritzar-se amb el sistema

La primera fase del projecte consistirà en la familiarització del sistema per a conèixer els elements que hi intervenen, com està realitzada la connexió, l'alimentació, els mòduls elèctrics, la integració del PLC amb l'estació i la connexió del terminal tàctil amb el PLC, aquesta es farà utilitzant el programari DeviceNet Configurador.

1.7.2 Programació

En aquesta fase es programaran, en llenguatge Ladder, les instruccions necessàries per poder implementar les diverses receptes, les opcions manuals i el controlador PID. Per dur-ho a terme s'utilitzarà el programa CX-Programer.

D'altra banda també es programarà el terminal tàctil per poder iniciar les diverses opcions automatitzades mitjançant una interfície gràfica, en aquest cas s'utilitzarà el programari Designer, que és el que porta el terminal tàctil.

1.7.3 Conèixer i utilitzar el control PID

Conèixer el funcionament del controlador PID i implementar diferents sintonies per fer un estudi del rendiment obtingut.

1.8 ESTRUCTURA DE LA MEMÒRIA

Tot seguit es presenta l'estructura de la memòria organitzada en les parts mostrades a continuació, amb una breu explicació del que considera cadascuna d'aquestes.

- **Introducció**

El primer capítol presenta el projecte, les motivacions, els objectius i l'estructura de la memòria.

- **Estudi de viabilitat**

El segon capítol exposa la introducció de l'estudi de viabilitat, els antecedents, la situació actual, la planificació del projecte i les conclusions de l'estudi de viabilitat.

- **Controladors i comunicació**

El tercer capítol tracta la part teòrica dels PLCs, del llenguatge Ladder, del protocol RS-232, de la comunicació DeviceNet, del procés i del controlador PID.

- **Funcionament i resultats**

El quart capítol mostra la part pràctica del projecte, és a dir, el funcionament i els resultats obtinguts.

- **Conclusions**

El cinquè capítol manifesta la valoració personal, el seguiment de la planificació, les conclusions sobre l'aprenentatge, el grau de compliment dels objectius i les possibles ampliacions.

- **Bibliografia**

El vuitè capítol projecte els recursos consultats per dur a terme el projecte.

- **Índex de figures i taules**

S'exposen les figures i taules amb la pàgina de situació.

- **Annex A: Descripció tecnològica**

L'annex A descriu la part tecnològica de l'estació de mescles, del PLC i dels components addicionals.

- **Annex B: Etiquetatge i connexions**

L'annex B es proposa fer conèixer al lector l'etiquetatge de cada element de l'estació i com s'han situat les connexions més importants del PLC i de la placa de connexions.

- **Annex C: Manual d'usuari**

L'annex C és un manual d'usuari on apareix el que s'ha dut a terme, amb els diversos programes, per obtenir els resultats, com ara: les receptes, l'opció manual i el control PID.

2. ESTUDI DE VIABILITAT

2.1 INTRODUCCIÓ

El present document pretén comprovar la viabilitat de la posada en marxa i l'automatització d'una estació de mescla de líquids monitoritzada des d'una pantalla tàctil. També expressar per què es vol projectar aquest estudi i explicar quina és la tecnologia necessària per dur-ho a terme. Per acabar es manifesta en les conclusions un resum de les idees expressades i s'argumenta la viabilitat del projecte.

2.1.1 Antecedents

L'escola d'Enginyeria del Campus de Sabadell de la UAB ja fa tres anys que va afegir als seus laboratoris una maqueta d'una estació de mescles amb el propòsit de dur a terme un projecte similar al que s'exposa en aquestes pàgines. La finalitat va ser ampliar els elements de formació dels alumnes de assignatures de Control Automàtic i/o Informàtica Industrial.

2.1.2 Situació actual

Actualment l'Escola d'Enginyeria del Campus de Bellaterra de la UAB no utilitza cap maqueta amb la que proporcionar un ensenyament més complert sobre l'automatització i control d'un sistema de procés. No obstant disposa de la tecnologia per efectuar el projecte, ja que l'estació de mescla ha estat traslladada de l'Escola d'Enginyeria del Campus de Sabadell a la del Campus de Bellaterra, de manera que només cal dur a terme el projecte per facilitar l'aprenentatge en aquesta matèria.

La situació actual de l'estació de mescla de FESTO és la mateixa, ja que només disposen d'un sol model per a cada tipus de estació.

2.2 PLANIFICACIÓ DEL PROJECTE

2.2.1 Distribució dels recursos

2.2.1.1 Recursos humans

El projecte consta únicament de dos individus:

- **Professor:** S'encarregarà de dirigir, supervisar i coordinar l'estudiant per a la correcta realització del projecte.

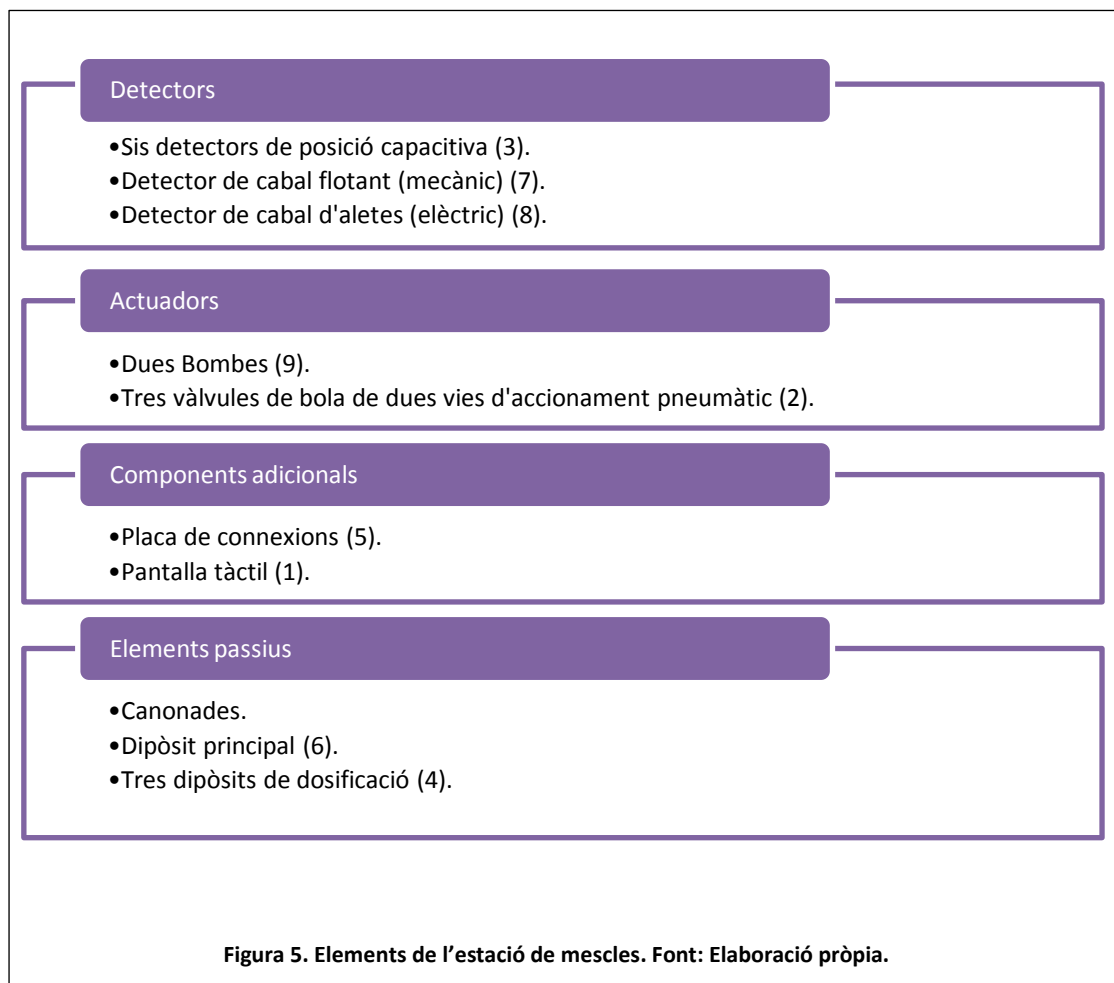
- **Estudiant:** S'ocuparà de dur a terme el desenvolupament del projecte per complir els objectius anteriorment proposats.

2.2.1.2 Recursos materials

A continuació s'anomenen els principals recursos materials i es distribueixen en els components de l'estació de mescles, en el programmable logic controller, en un ordinador de sobretaula i el programari.

Estació de mescles

A la figura 5 podem veure els elements que formen l'estació de mescles.



A la figura 6 es poden veure les parts de l'estació anomenades anteriorment.

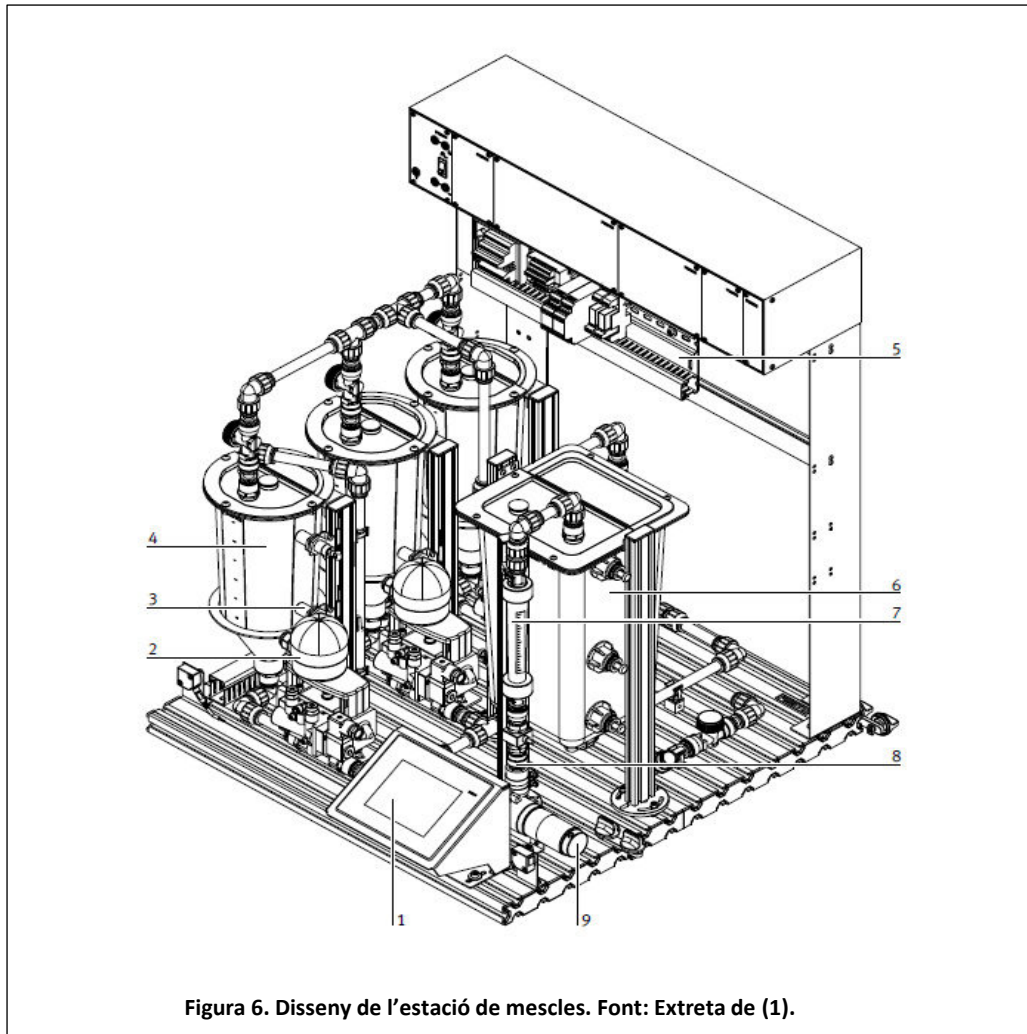


Figura 6. Disseny de l'estació de mescles. Font: Extreta de (1).

Programmable logic controller

El programmable logic controller o controlador lògic programable està format dels mòduls mostrats a la figura 7.

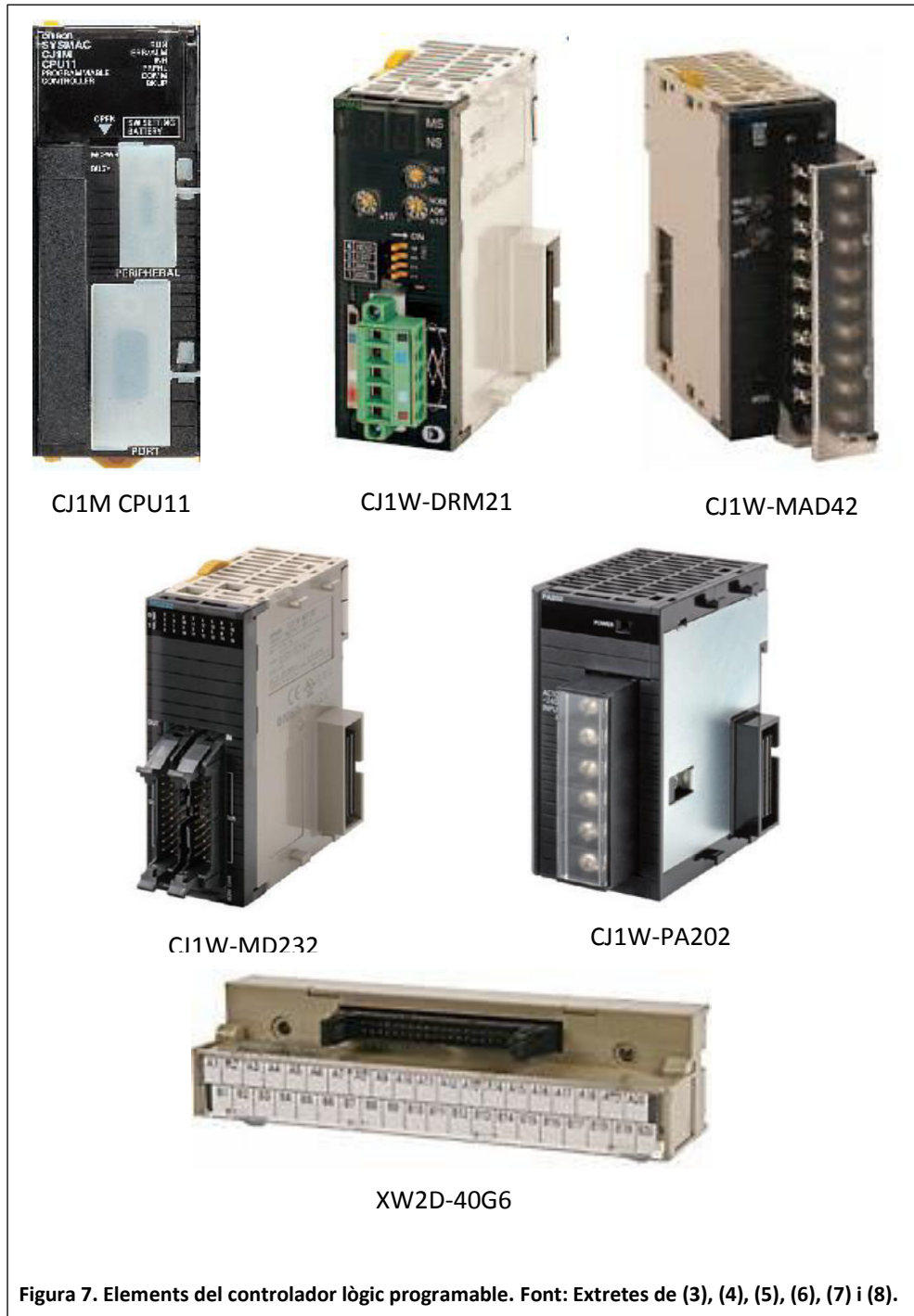


Figura 7. Elements del controlador lògic programable. Font: Extreptes de (3), (4), (5), (6), (7) i (8).

Ordinador de sobretaula

L'ordinador que s'utilitza per fer funcionar el programari té les següents característiques:

- Un processador AMD Athlon (tm) xp 1700+ amb una velocitat de 1467 MHz.
- Una memòria RAM de 512 MB.
- Una targeta gràfica NVIDIA RIVA TNT2 Model 64.
- Dos ports serials.
- Un disc dur de 24,4 GB.
- De sistema operatiu empra Microsoft Windows 2000 5.00.2195 Service Pack 4.

Programari

De programari es farà servir el Cx-Programmer, DeviceNet Configurator i el Designer 6.

2.2.1.3 Avaluació de riscos

Abans de descriure totes les etapes del projecte, cal tenir en compte tots els imprevistos que poden sorgir i les repercussions que aquestes poden tenir.

- **Demora en disposar del material:** És possible que no es disposi dels materials requerits per portar a terme el projecte en el temps previst de manera que s'allargui la durada del projecte. Per corregir mínimament el problema, mentre s'espera poder accedir al material, s'avançarà en la recaptació d'informació i de coneixements teòrics, això farà més fàcil i ràpida la acció davant el conjunt de tasques.
- **Dificultat en la comprensió de la informació:** En principi, destinant el temps requerit a cadascuna de les tasques de planificació s'han de poder comprendre tots els requisits intel·lectuals per donar resposta a les accions pràctiques com ara el muntatge i la programació del control de la maqueta.
- **Danys a l'estació i/o seguretat de l'usuari:** Per evitar qualsevol imprevist que redueixi el nivell de seguretat per l'equip i/o usuari es llegirà detingudament el manual del que disposa l'estació de mescla a fi de poder actuar dins dels límits acotats per FESTO.

2.2.2 Planificació de tasques

En aquest apartat es mostra la organització de les diverses tasques amb les seves corresponents etapes i una breu descripció d'aquestes:

1. **Reunió de planificació:** Conjunt de reunions entre el tutor i l'alumne on es detallen els principals aspectes de la organització del treball, com ara els horaris per accedir al laboratori, els objectius del projecte i es fa l'entrega del manual de l'estació de mescla.

2. **Familiarització:** L'estudiant s'ocupa de comprendre quina es la funció de cada component de l'estació de mescla.
 - **Lectura del manual de FESTO:** S'estudien els components de manera teòrica utilitzant el manual.
 - **Lectura dels manuals de OMRON:** S'estudien els components de manera teòrica utilitzant el manual.
 - **Contacte amb l'estació de mescla:** S'observa l'estació visualment i es compara amb l'explicació que es recull al manual de FESTO.

3. **Adaptació de l'estació:** L'estudiant munta i/o revisa el correcte muntatge dels diversos components de l'estació per fer possible la comunicació d'aquests.
 - **Muntatge d'elements passius:** Es comprova el correcte muntatge dels elements, com ara canonades i bastidor del PLC, i en cas de ser erroni o no estar muntat s'instal·len.
 - **Muntatge d'elements actius:** Es verifica el correcte muntatge dels elements, com ara detectors i actuadors, i en cas de estar errats o no estar armats s'instal·len.
 - **Connexió del PLC amb l'estació:** Es revisen les connexions de l'estació i la placa del PLC per obtenir una comunicació òptima.
 - **Connexió del terminal tàctil amb el PLC:** S'examinen les connexions del terminal tàctil i del PLC per obtenir la exitosa comunicació entre aquests. S'usa el DeviceNet Configurator per aconseguir-ho.

4. **Instal·lació del software:** L'alumne instal·la el programari necessari per poder comunicar l'ordinador amb els perifèrics i programar el codi.
 - **Instal·lació de controladors al PC:** S'instal·len els programes informàtics que permetran al sistema operatiu de l'ordinador interactuar amb els dispositius perifèrics.

- **Instal·lació de programari:** S'instal·len els programes informàtics que permetran al usuari programar el controlador PLC i la pantalla tàctil.
5. **Programació:** L'estudiant programa els codis necessaris per al correcte funcionament de l'estació.
- **Lectura de manuals:** Per obtenir nocions bàsiques s'estudiarà el llenguatge Ladder, així com diversos manuals dels programes CX-Programmer i Designer 6.
 - **Programació del PLC:** Es programa el codi que utilitzarà el PLC per controlar i automatitzar l'estació de mescles.
 - **Programació del terminal tàctil:** Es programa la interfície gràfica que comunicarà l'usuari amb el PLC.
6. **Controlador PID:**
- **Lectura controladors PID:** Es llegeix informació relacionada amb el controladors PID.
 - **Adaptació de la programació del PLC al controlador PID:** Es porta a terme l'adaptació del programa Ladder.
 - **Adaptació de la programació del terminal al controlador PID:** Es porta a terme l'adaptació de la interfície gràfica.
7. **Test del sistema:** L'estudiant s'encarrega de comprovar el correcte funcionament del sistema, així com dels possibles errors. D'aquesta manera s'assegura complir amb les objectius proposats.
- **Proves:** Es comprova el funcionament de l'estació, receptes i controlador PID.
 - **Reunió test del sistema:** L'estudiant i el professor es reuneixen per parlar sobre els resultats del test del sistema.

Tot seguit es presenta a la figura 8 la taula de distribució de tasques.

		Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	Modo de
1		Estació de Mescla de Líquids: Automatització i Control	94 días	vie 30/11/12	mié 10/04/13			
2		Reunió de planificació	1 día	vie 30/11/12	vie 30/11/12		Estudiant;Professor	
3		Familiarització	11 días	lun 03/12/12	lun 17/12/12			
4		Lectura del manual de FESTO	2 días	lun 03/12/12	mar 04/12/12	2	Estudiant	
5		Lectura dels manuals de OMRON	4 días	mié 05/12/12	lun 10/12/12	4		
6		Contacte amb l'estació de mescla	5 días	mar 11/12/12	lun 17/12/12	5	Estudiant	
7		Adaptació de l'estació	9 días	mar 18/12/12	vie 28/12/12			
8		Muntatge d'elements passius	1 día	mar 18/12/12	mar 18/12/12	6	Estudiant	
9		Muntatge d'elements actius	1 día	mié 19/12/12	mié 19/12/12	8	Estudiant	
10		Connexió del PLC amb l'estació	3 días	jue 20/12/12	lun 24/12/12	9	Estudiant	
11		Connexió del terminal tàctil amb el PLC	4 días	mar 25/12/12	vie 28/12/12	10	Estudiant	
12		Instal·lació del software	2 días	lun 03/12/12	mar 04/12/12			
13		Instal·lació de controladors al PC	1 día	lun 03/12/12	lun 03/12/12	2	Estudiant	
14		Instal·lació de programari	1 día	mar 04/12/12	mar 04/12/12	13	Estudiant	
15		Programació	46 días	lun 31/12/12	lun 04/03/13			
16		Lectura de manuals	10 días	lun 31/12/12	vie 11/01/13	11		
17		Programació del PLC	20 días	lun 14/01/13	vie 08/02/13	16	Estudiant	
18		Programació del terminal tàctil	15 días	lun 11/02/13	vie 01/03/13	17	Estudiant	
19		Carregar programes	1 día	lun 04/03/13	lun 04/03/13	18	Estudiant	
20		Controlador PID	11 días	mar 05/03/13	mar 19/03/13			
21		Lectura controladors PID	3 días	mar 05/03/13	jue 07/03/13	19		
22		Adaptació de la programació del PLC al controlador PID	5 días	vie 08/03/13	jue 14/03/13	21		
23		Adaptació de la programació del terminal al controlador PID	3 días	vie 15/03/13	mar 19/03/13	22		
24		Test del sistema	16 días	mié 20/03/13	mié 10/04/13			
25		Proves	15 días	mié 20/03/13	mar 09/04/13	23		
26		Reunió test del sistema	1 día	mié 10/04/13	mié 10/04/13	25	Estudiant;Professor	

Figura 8. Distribució de tasques. Font: Elaboració pròpia.

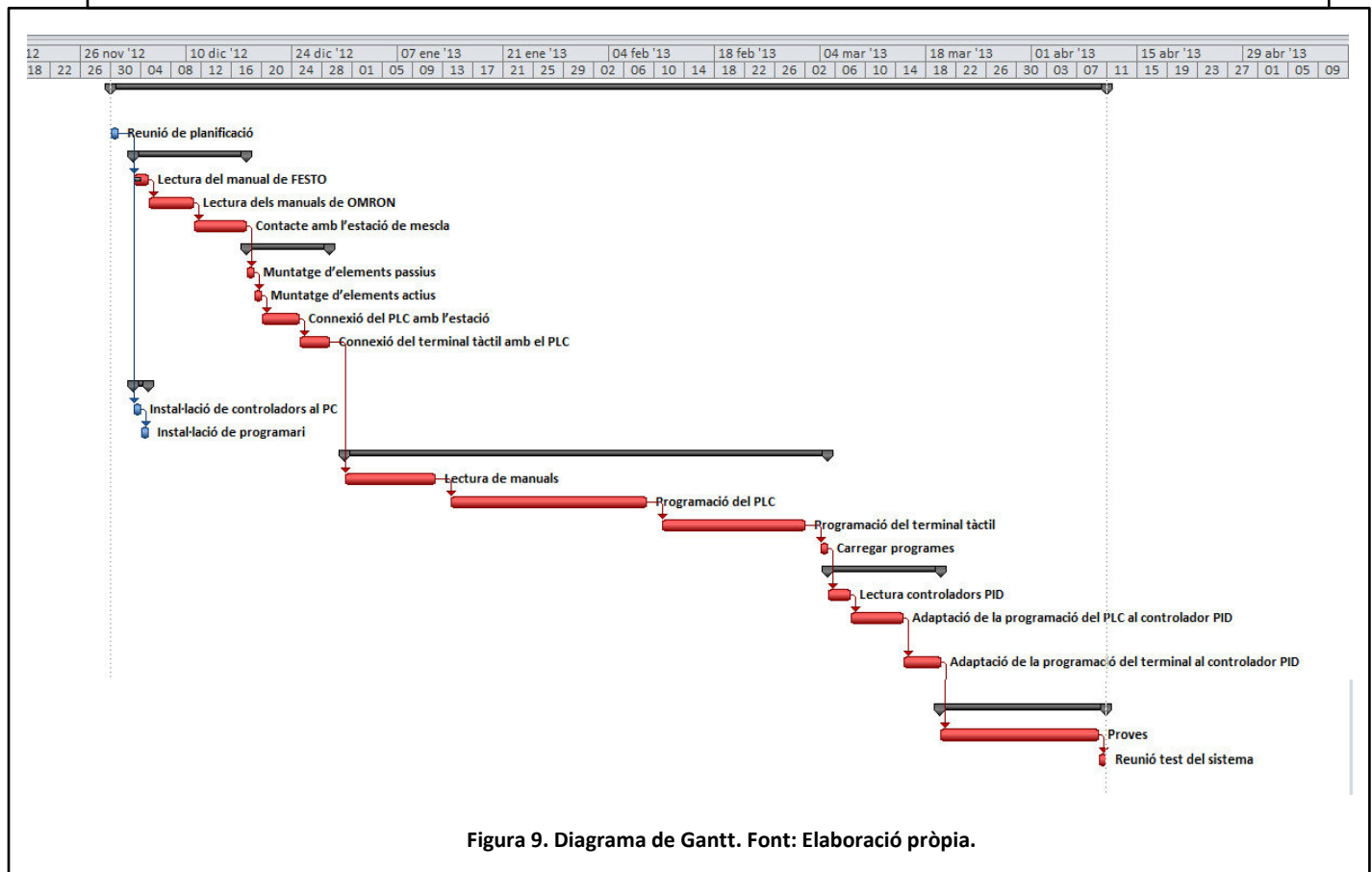


Figura 9. Diagrama de Gantt. Font: Elaboració pròpia.

A la figura 9 es pot observar el Diagrama de Gantt i veure com es connecten les tasques. Aquest diagrama permet tenir una visió global de tot el projecte. En vermell es pot observar el camí crític que en cas de que les tasques que el contenen pateixin canvis, es retassarà tot el projecte.

2.2.3 Viabilitat econòmica

Per estudiar la viabilitat econòmica del projecte cal tenir en compte el cost dels recursos materials i humans.

- **Cost dels recursos materials:** Com l'Escola d'Enginyeria de la UAB ja disposa de tots els materials el cost és de 0 euros.
- **Cost dels recursos humans:** Com el projecte és realitzat per un estudiant i un professor tampoc hi ha cost econòmic en quant als recursos humans.

Per tant es pot concloure que el projecte es viable en el marc econòmic.

2.2.4 Viabilitat tècnica

Un cop escollida la tecnologia que es vol implementar podem afirmar que el projecte és viable tecnològicament, ja que la tecnologia existeix i a més a més esta a l'abast, és a dir, l'Escola d'Enginyeria de la UAB disposa d'aquesta tecnologia.

2.2.5 Viabilitat legal

Com el projecte es porta a terme dins dels límits dels laboratoris d'una universitat i a més l'estació està pensada, única i exclusivament, per a la formació dels estudiants el projecte és viable legalment.

2.3 CONCLUSIONS

S'han manifestat els possibles riscos que es poden presentar durant l'elaboració del projecte i s'han donat solucions a cadascun d'aquests de manera que s'espera poder complir amb èxit el pla de tasques. D'altra banda s'han analitzat cadascuna de les viabilitats arribant a concloure amb que el projecte es viable en els tres marcs presentats. També s'han exposat els recursos humans i materials i s'ha pogut concloure que tampoc oferiran cap dificultat al curs del projecte, ja que es disposa dels components tecnològics a la universitat i per tant no hi ha cap cost econòmic.

En conclusió, s'espera realitzar el projecte de forma satisfactòria i aportar un nou element de formació a l'Escola d'Enginyeria.

3. CONTROLADORS I COMUNICACIÓ

3.1 INTRODUCCIÓ

Aquest capítol fa una descripció teòrica sobre els PLCs, el llenguatge ladder, el protocol RS-232, la comunicació DeviceNet i el control PID. La descripció que es presenta és breu, si es té en compte que cada element dels anomenats té documents sencers dedicats a aquests, però intenta il·lustrar les nocions bàsiques per poder comprendre la base de la tecnologia utilitzada. D'altra banda es dedica més extensió al PLC perquè s'entén que és l'eina principal que s'empra per dur a terme el projecte.

Els elements utilitzats en el projecte i la seva descripció tecnològica es troben a l'Annex A: Descripció tecnològica.

3.2 PLC

3.2.1 Introducció històrica

Els PLCs apareixen a l'any 1969 per respondre al desig de la indústria de l'automòbil, la qual volia disposar de cadenes de producció automatitzades que poguessin seguir la evolució de les tècniques de producció i permetessin reduir el temps de començament de producció dels nous models de vehicles. Concretament la Divisió Hydramatic de la General Motors va ser la primera corporació en instal·lar el primer PLC, el qual va ser dissenyat per Bedford Associates, s'anomenà MODICON 084. Al 1971 els avantatges eren tant nombrosos que altres indústries utilitzarien els PLCs (9).

3.2.2 Definició

Segons la definició del estàndard IEC 61131 un controlador lògic programable o un autòmat programable és una màquina electrònica programable dissenyada per ser utilitzada en un entorn industrial, que utilitza una memòria programable per l'emmagatzematge intern d'instruccions orientades a l'usuari, per implementar solucions específiques, com ara funcions lògiques, seqüències, temporitzadors, comptadors i funcions aritmètiques; amb la finalitat de controlar mitjançant entrades i sortides (digitals i analògiques) diversos tipus de dispositius, màquines o processos(10).

3.2.3 Avantatges

Els PLCs han estat dissenyats per fer front un entorn industrial hostil és per això que estan adaptats per suportar un gran nombre d'adversitats, com ara un rang ampli de

temperatures i humitat, vibracions, cops, radiofreqüències, soroll elèctric. El principal desavantatge que tenen els PLCs és el seu alt cost alhora d'adquirir-los. A la taula 5 es poden veure alguns dels avantatges que ofereix la lògica dels PLCs davant de la lògica de Relés.

Lògica PLCs	Lògica Relés
Reducció del cost a mesura que augmenta la complexitat del procés.	A partir de 15 o 20 relés, el cost comparatiu supera el cost amb PLCs.
Consum d'energia reduït.	Major consum d'energia.
Ofereix una gran confiança degut als elements d'estat sòlid.	Poca confiança, format per parts mecàniques.
Localització fàcil i ràpida de averies.	Lent i més difícil de trobar l'averia.
Muntatge més fàcil i ràpid.	Muntatge lent i complexa.
Reducció d'espai.	Necessita més espai.
Gran ventall de funcions.	Poques funcions.
Ràpids canvis de la lògica de control.	Un temps molt més gran per canviar la lògica de control.
Flexibilitat de la configuració i programació.	Els canvis de hardware són molt cars.
Possibilitat de governar diverses màquines amb el mateix autòmat.	No pot oferir el mateix.
Manteniment econòmic més barato.	Manteniment econòmic més car.

Taula 5. Avantatges de la lògica dels PLCs. Font: Elaboració pròpia basat en el document (10).

3.2.4 Classificació dels PLCs

Es poden classificar els PLCs segons les seves funcions, capacitat, número de entrades i sortides, mida de memòria, aspecte físic, etc. Tot seguit es mostra un tipus de classificació (10):

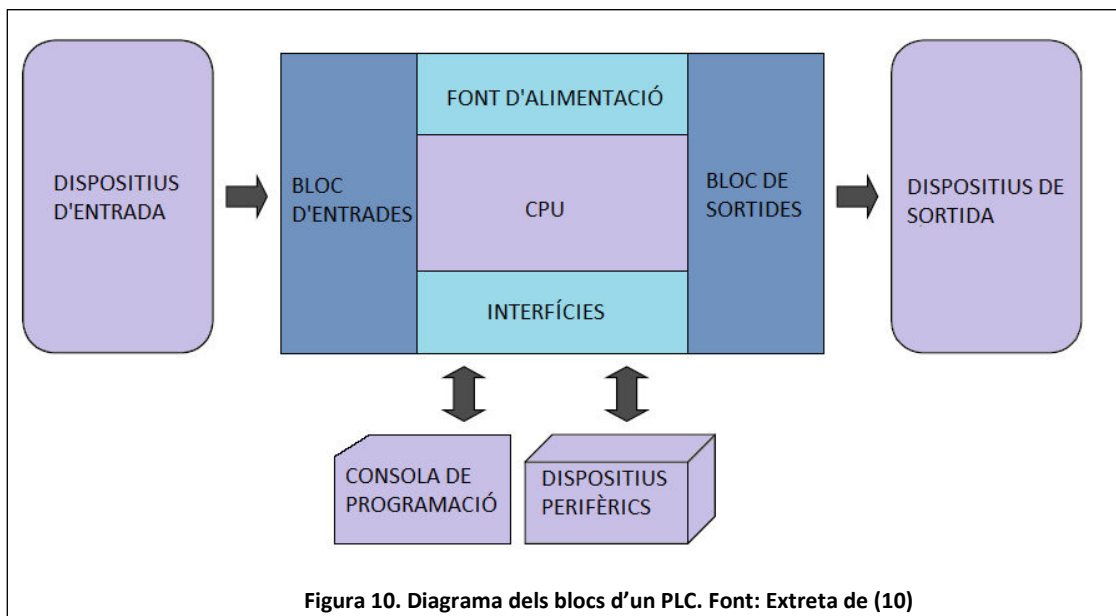
- PLCs de tipus compactes: Són PLCs que incorporen una font d'alimentació, la CPU, els mòduls de E/S i els mòduls de comunicació en un únic mòdul principal. Permeten controlar des de poques E/S fins a centenars. S'utilitzen quan el procés no és complexa i no requereix un gran nombre d'entrades i sortides i/o de mòduls especials.
- PLCs de tipus Modular: Aquests PLCs es componen d'un rack o bastidor on van fixats els diversos mòduls, d'una font d'alimentació, del processador, de mòduls de E/S, de mòduls de comunicacions. D'aquest tipus de PLC hi ha des dels anomenats MicroPLC que poden controlar gran quantitat de E/S, fins als PLC de grans prestacions que suporten milers de E/S. Dins dels PLCs modulars hi ha també dues classificacions:

- Estructura Americana (també anomenats semimodulars): Els mòduls E/S estan separats de la resta del PLC que està contingut de manera compacte en un sol mòdul.
- Estructura Europea: Cada mòdul realitza una funció específica, és a dir, tots els mòduls estan separats.

Un cop descrita la classificació podem esmentar que el PLC que s'utilitza en aquest projecte és modular i d'estructura Europea.

3.2.5 Arquitectura del PLC

Els PLCs estan compostos dels blocs que mostra la figura 10. A continuació es fa un breu resum de cada bloc (9).



3.2.5.1 CPU

La unitat central de processos és on s'executa el programa de control del procés. Aquesta llegeix les entrades i posteriorment processa la informació per enviar la informació tractada al mòdul de sortida.

Les seves funcions són:

- Vigilar que el temps d'execució del programa d'usuari no excedeixi d'un determinat temps màxim (temps de cicle màxim).
- Executar el programa d'usuari.
- Crear una imatge de les entrades, ja que el programa d'usuari no ha d'accedir directament a les entrades.
- Renovar l'estat de les sortides en funció de la imatge de les mateixes obtingudes al final del cicle d'execució del programa d'usuari.
- Testejar el sistema.

3.2.4.2 Font d'alimentació

Fent ús d'una tensió exterior proporciona les tensions necessàries per al funcionament dels diversos circuits electrònics del PLC, a més disposa d'una bateria per mantenir el programa i algunes dades a la memòria com a prevenció, per si s'extingís la tensió exterior.

3.2.5.3 Bloc d'entrades

S'encarrega d'adaptar i codificar de manera comprensible per a la CPU els senyals que provenen dels dispositius d'entrada, com ara els detectors capacitius.

3.2.5.4 Bloc de sortides

S'encarrega de descodificar els senyals procedents de la CPU, els amplifica i els envia als dispositius de sortida o actuadors, com ara les bombes.

Els mòduls de E/S analògics poden ser mòduls intel·ligents que poden executar funcions com ara el control PID.

3.2.5.5 Consola de programació

Permet comunicar a l'operari amb el sistema, fent possible la programació i la posada a punt dels programes. Hi ha consoles que permeten simulacions i poden estar constituïdes per un dispositiu de presentació visual o bé un ordinador personal. Les funcions bàsiques de la consola són les següents:

- Transferència i modificació de programes.
- Verificació de la programació.
- Informació del funcionament dels processos.

3.2.5.6 Perifèrics

Els perifèrics no intervenen directament en el funcionament del PLC, però faciliten la feina a l'operari.

3.2.6 Cicle de funcionament del PLC

Al encendre un PLC s'executen inicialment un conjunt de rutines de manera seqüencial, per l'auto diagnòstic i inicialització, i per l'execució del programa, que es porta a terme de forma cíclica.

A continuació a la figura 11 es mostra un diagrama del cicle de funcionament del PLC.

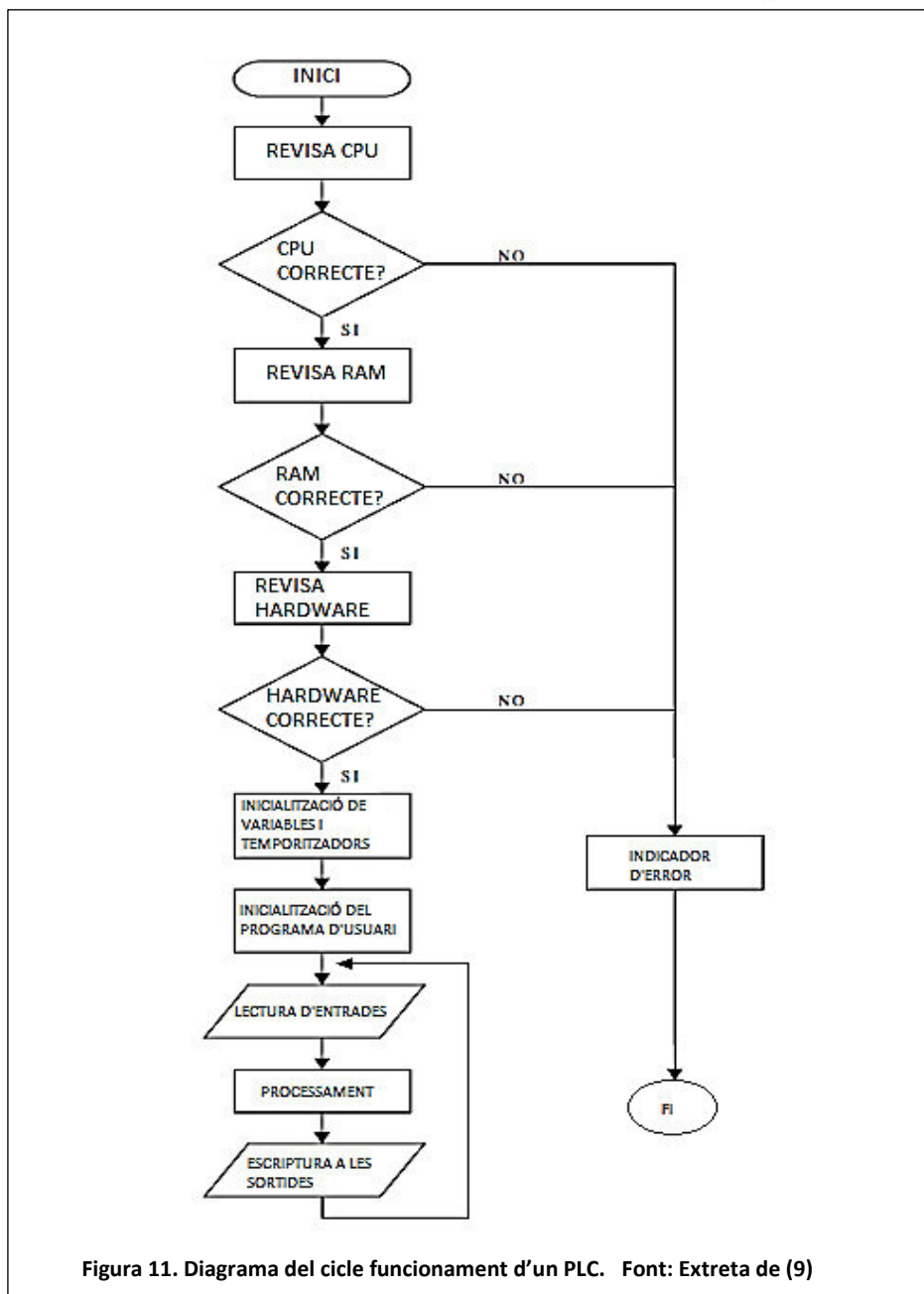


Figura 11. Diagrama del cicle de funcionament d'un PLC. Font: Extreta de (9)

Mirant el diagrama de la figura 11 es pot veure que la rutina d'inici només s'executa un sol cop i com acte seguit el PLC entra en un procés cíclic que consta principalment de tres passos:

1. La lectura de les entrades.
2. El processament de la informació segons el programa de l'usuari.
3. La modificació de les sortides.

A cada cicle, a més del programa de l'usuari, també s'executen petites rutines de revisió, verificant de manera permanent que el programa estigui funcionant de forma adequada.

3.3 LADDER

Els llenguatges amb els que treballa un PLC es poden dividir en:

- **Llenguatges gràfics:** Són el diagrama d'escala (Ladder), el diagrama de Blocs Funcionals i Grafcet.
- **Llenguatges literals:** Llista d'instruccions i text estructurat.

En el projecte s'utilitzarà el llenguatge Ladder, també anomenat llenguatge de contactes, i és el que permetrà descriure el conjunt d'accions consecutives o processos de manera que el PLC ho pugui interpretar i dur a terme.

El llenguatge Ladder és un llenguatge gràfic, derivat del llenguatge de relés. Mitjançant símbols, com ara contactes i bobines, disposats en branques, permet crear la lògica necessària per dur a terme els processos (11). Les branques tenen origen en una barra vertical que es troba a l'esquerra del diagrama i el flux del senyal va de esquerra a dreta, acabant sempre a la barra vertical que es situa a la dreta (12).

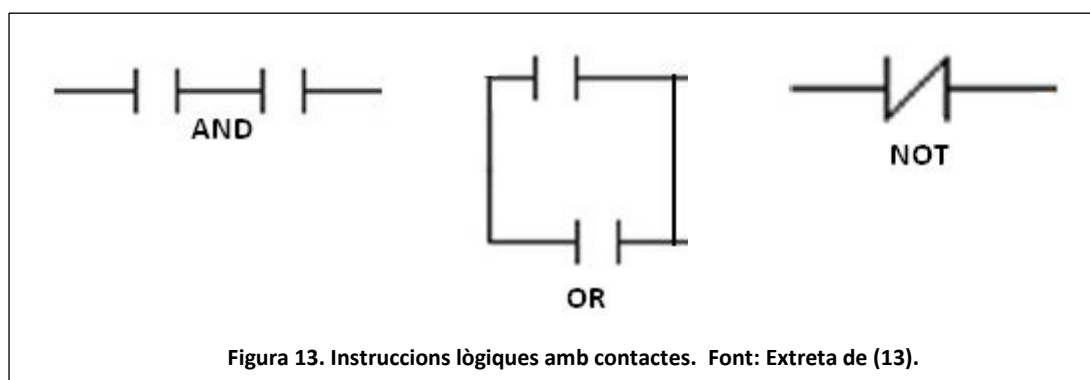
Els contactes són elements a avaluar, per decidir si activar o no les sortides, i són variables lògiques que poden prendre dos estats (1 o 0), els quals provenen d'entrades o relés interns del PLC (11). A la figura 12 es poden observar els dos tipus de contactes. El contacte obert es tanca quan rep un 1 i el contacte tancat quan rep un 1 s'obre.



Com a sortides en el programa del PLC no només es prenen a les sortides que el sistema posseeix físicament cap a l'exterior, sinó que també les que es coneixen com a relés interns o marques. Aquests es mostren amb el símbol d'una bobina i són variables lògiques amb dos estats (0 i 1). La figura 12 mostra el disseny d'una bobina. Tant les bobines com els contactes tenen una direcció, com per exemple 1.02, on es posa el canal abans del punt i tot seguit el número de bit.

Hi ha un gran nombre d'instruccions que es poden utilitzar, com ara comptadors i temporitzadors, d'altra banda la instrucció primordial és la END, que marca el final del programa.

Segons com es situïn els contactes poden formar instruccions AND, OR o NOT. De manera que si es situen en sèrie formen una instrucció lògica AND, en paral·lel una OR i si s'utilitza un contacte negat o tancat una NOT. La figura 13 presenta visualment el que s'ha explicat.



Per programar en Ladder s'utilitzarà el programa CX-Programmer, per veure informació més extensa sobre el llenguatge i el programa es pot consultar l'Annex C: Manual d'usuari.

3.4 COMUNICACIÓ SERIAL

Davant de la gran varietat d'equips, sistemes i protocols que existeixen va sorgir la necessitat d'un acord que permetés als equips de varis fabricants comunicar-se entre si. Per aquest motiu la EIA (Electronics Industry Association), a finals dels anys seixanta, va elaborar la norma RS-232, la qual defineix la interfície mecànica, els pins, els senyals i els protocols que han de complir la comunicació serial (13). La norma RS-232 permet intercanviar dades binaries entre un DTE (Equip terminal de dades) i un DCE (Equip de comunicació de dades) (14). Tot seguit a la taula 6 es poden veure algunes característiques.

Característiques RS-232
La comunicació serial rep i envia la informació un bit darrere d'un altre, a diferència de la comunicació en paral·lel que pot enviar bits alhora.
Normalment el connector RS-232 consisteix en un connector D-Sub 25, 25 pins, o D-Sub 9, 9 pins.
Existeixen dos tipus de comunicacions serials: <ul style="list-style-type: none">La síncrona: A més a més, d'una línia de transmissió de dades és necessari una línia per transmetre els polsos de rellotge.La asíncrona: No utilitza polsos de rellotge, la duració de cada bit està determinada per la velocitat amb la qual es realitza la transferència de dades.
Els nivells de voltatge que compleixen totes les normes RS-232 són els següents: <ul style="list-style-type: none">Un 1 lògic està comprès entre els voltatge entre -5 V i -15 V, en el transmissor, i entre -3 V i -25 V, en el receptor.Un 0 lògic està comprès entre +5 V i +15 V, en el transmissor, i entre +3 V i +25 V, en el receptor.
La velocitat està estandarditzada en bauds: 75, 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, y 19200.

Taula 6. Característiques principals de la norma RS-232. Font: Elaboració pròpia extreta de (13) i (14).

3.5 DEVICENET

3.5.1 Introducció

DeviceNet és una implementació del protocol Common Industrial Protocol (CIP) presentat en 1994 per xarxes de comunicacions industrials. DeviceNet utilitza el protocol Controller Area Network (CAN) per enllaçar les dades i per a l'accés al medi, és a dir, les capes 2 i 1 del model Open System Interconnection (OSI), respectivament (15).

S'utilitza principalment en l'interconnexió de controladors industrials i dispositius de E/S. Aquest sistema pot ser configurat per operar en una arquitectura mestre-esclau o en una arquitectura punt a punt.

Una xarxa DeviceNet pot disposar de fins a seixanta-quatre dispositius, els quals van de 0 a 63 nodes. A continuació s'explicaran breument les capes de DeviceNet (15).

3.5.2 Capa Física

DeviceNet utilitza una topologia de xarxa del tipus bus principal/derivació que permet que tant el cable del senyal com el de l'alimentació estiguin presents en el mateix cable. Aquesta alimentació és subministrada per una font connectada directament a la xarxa i posseeix les següents característiques:

- Alimenta a 24 V DC.
- La sortida DC està aïllada de la d'entrada AC.
- La capacitat de corrent és compatible amb els equips instal·lats.
- La mida total de la xarxa varia d'acord a la velocitat de transmissió: Per 125 Kbps, 500 m; per 250 Kbps, 250 m; i per 500 Kbps, 100 m.

Per evitar reflexions de senyal a la línia, es recomana la instal·lació de resistències de terminació en les extremitats de la xarxa, doncs la falta d'aquestes, pot provocar errors intermitents. El resistor ha de posseir les següents característiques:

- 121 Ω .
- 0,25 W.
- 1 % de tolerància.

3.5.3 Capa de Enllaç de Dades

Aquesta capa és definida per l'especificació del CAN, el qual defineix dos estats possibles: el dominant (nivell lògic 0) i recessiu (nivell lògic 1). CAN utilitza el Carrier Sense Multiple Access/Non-Destructive Bit Arbitration (CSMA/NBA) per accedir al medi físic. Això significa que el node, abans de transmetre, ha de verificar si el canal està lliure i si ho està pot transmetre, sinó ha d'esperar. CAN defineix quatre tipus de telegrams (data, remote, overload, error), però DeviceNet utilitza únicament el frame de dades i el frame de errors.

3.5.4 Capa de Transport i Xarxa

DeviceNet requereix que una connexió sigui establerta abans de que hi hagi un canvi de dades amb el dispositiu. Per establir aquesta connexió, cada node del DeviceNet ha d'implementar el Unconnected Message Manager (UCMMO) o el Group 2 Unconnected Port.

Els telegrams de DeviceNet són classificats en grups, els quals defineixen funcions i prioritats específiques. Aquests telegrams utilitzen el camp identificador, que està format per

11 bits, del frame de dades CAN per identificar únicament cadascun dels missatges i assegurar el mecanisme de prioritats CAN.

Un node DeviceNet pot ser client, servidor o els dos alhora.

3.5.5 Capa d'Aplicació

DeviceNet utilitza el protocol CIP a la capa d'aplicació. És un protocol estrictament orientat a objectes i utilitzat també per la implementació ControlNet i per la EtherNET/IP. La figura 14 presenta l'estructura del protocol CIP. Aquest protocol és independent del medi físic i de la capa d'Enllaç de Dades, i té els següents objectius:

- Transportar les dades de control dels dispositius de E/S.
- Transportar les informacions de configuració i diagnòstic del sistema.

Un node DeviceNet és modelat per un conjunt d'objectes CIP, els quals encapsulen dades i serveis, i determinen d'aquesta manera el seu comportament.

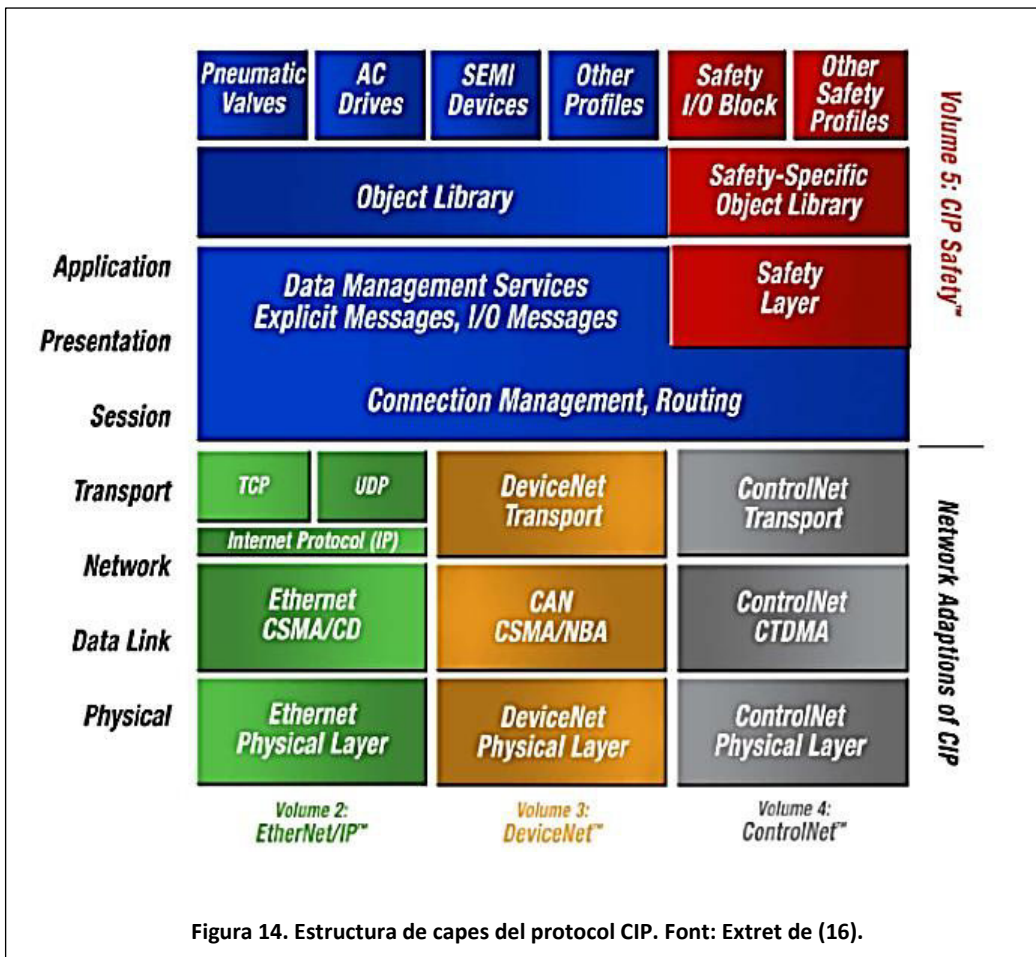


Figura 14. Estructura de capes del protocol CIP. Font: Extret de (16).

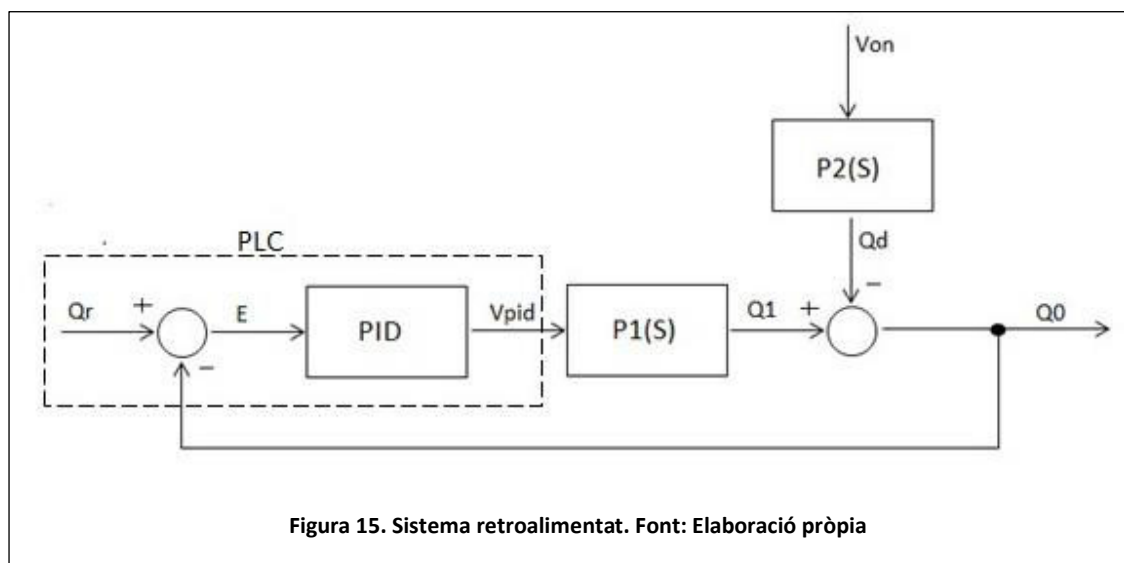
3.5.6 Modes de comunicació

El protocol DeviceNet té dos tipus bàsics de missatges (16): E/S i explícit. Cadascun d'aquests és adequat per a un determinat tipus de dades.

- E/S: Tipus de telegrama síncron, que s'encarrega del desplaçament de dades prioritàries entre un productor i un o més consumidors.
- Explícit: Tipus de telegrama d'ús general i no prioritari. Utilitzat principalment en tasques asíncrones com ara parametrització i configuració de l'equipament.

3.6 PROCÉS

El procés per dur a terme el control de cabal està representat a la figura 15, on es pot veure un sistema realimentat. Està format pel PLC que s'encarrega d'enviar un cabal de referència (el senyal Q_r), obtenir la diferència (el senyal E) entre Q_r i el cabal de sortida Q_0 i finalment utilitzant un controlador PID enviar el senyal de tensió V_{pid} . El procés $P1(S)$ amb la tensió V_{pid} produeix el cabal Q_1 que formarà part del cabal Q_0 . Si s'activa el senyal de tensió V_{on} el procés $P2(S)$ produeix la pertorbació anomenada Q_d , que resta intensitat al cabal Q_1 obtenint el cabal final Q_0 . El cabalímetre elèctric s'encarregarà d'aportar el valor del cabal Q_0 al PLC per a què aquest pugui obtenir el senyal d'error E .



A la figura 16 es pot veure detallat el procés $P1(S)$ i el procés $P2(S)$. Així doncs, el procés $P1(S)$ està format per la bomba 2M1 que és l'encarregada de produir el cabal Q_1 que es dipositarà al

contenedor principal de l'estació, mentre que el procés P2(S) està format per la bomba 2M2 que és l'encarregada de produir el cabal Q_d . Aquesta pertorbació, com es pot veure a la figura 16, es produeix degut a que la bomba 2M2 i 2M1 comparteixen part del circuit de distribució del líquid. Per tal d'assolir el cabal desitjat el controlador PID haurà d'augmentar la tensió V_{pid} per aconseguir que la bomba 2M1 produeixi el cabal demanat, quan la bomba 2M2 enviï el líquid del cabal Q_0 per l'altre circuit que desemboca al contenidor.

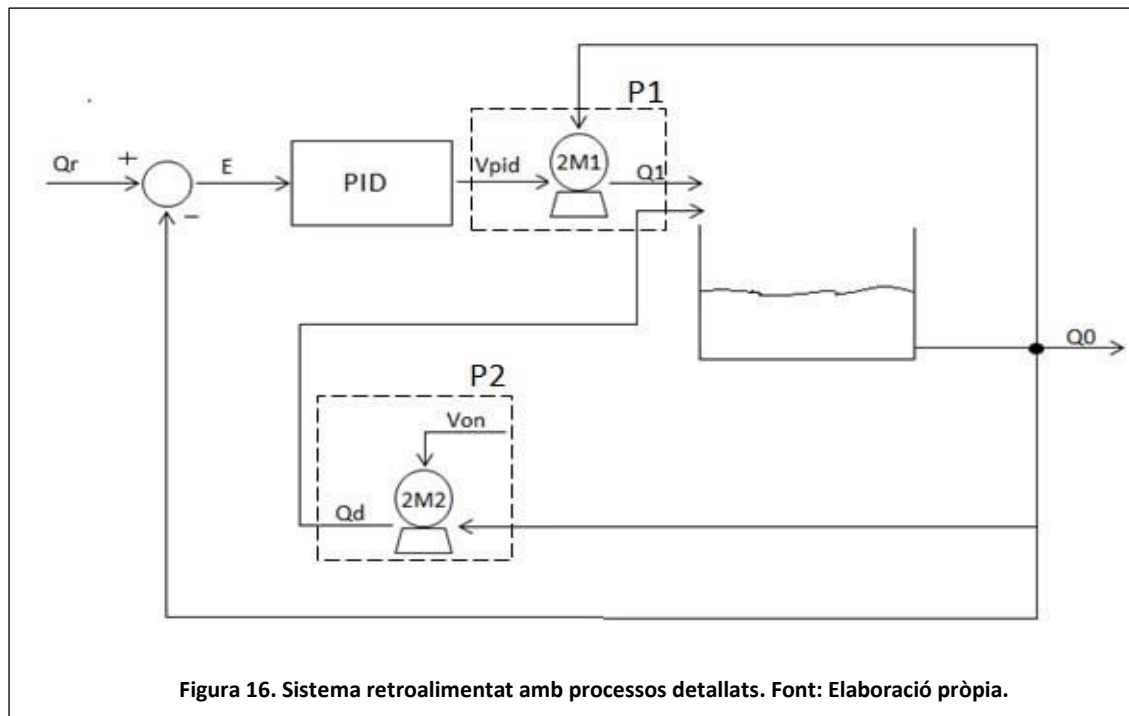


Figura 16. Sistema retroalimentat amb processos detallats. Font: Elaboració pròpia.

3.7 PID

3.7.1 Introducció

Al 1922 Minorsky va demostrar la importància del controlador PID. La funció proporcional es va conèixer des del principi del relé. No obstant, la part integral no es va conèixer fins al 1920 i la derivativa fins al 1930 (16).

Els controladors PID són suficients per resoldre el problema de control de moltes aplicacions a la indústria. El seu ús és tant extensiu a la indústria que el 95% dels llaços de control en aplicacions industrials són del tipus PID (17).

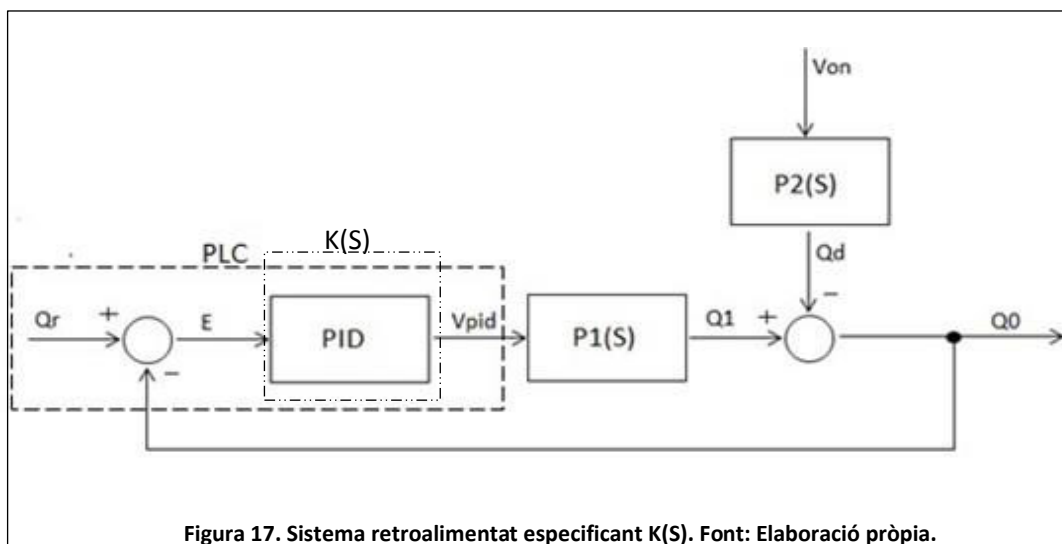
3.7.2 Definició

El controlador PID (Proporcional, Integral i Derivatiu) és un controlador realimentat amb el propòsit d'aconseguir que l'error en estat estacionari, entre el senyal de referència, en aquest projecte el cabal desitjat, i el senyal de sortida del sistema, en el projecte el cabal de sortida Q_0 , sigui zero (17).

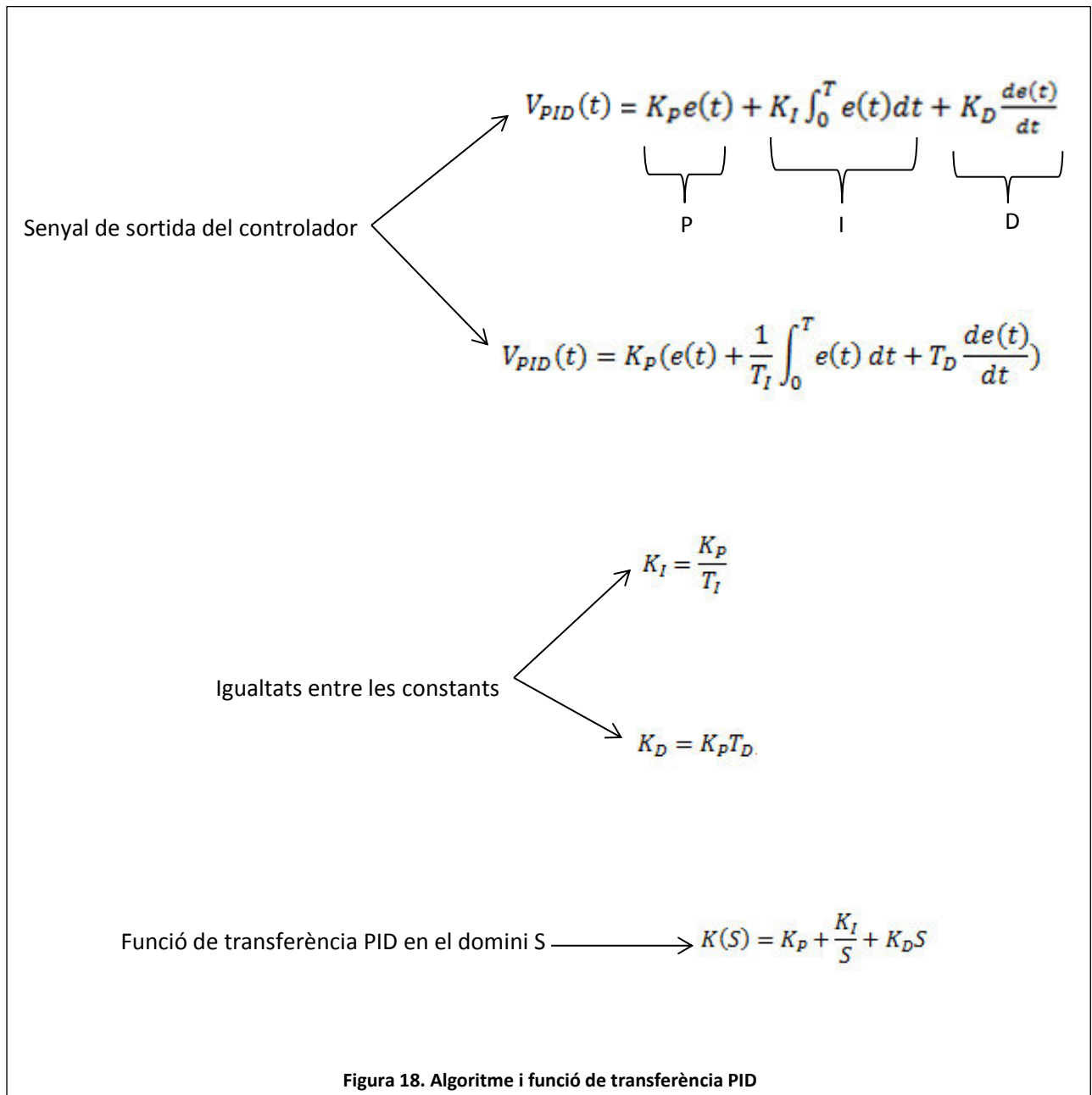
El controlador PID consta de tres paràmetres (18):

- Proporcional: La constant K_p que es pot observar a la figura 18 s'utilitza per ajustar el valor del guany del controlador. Aquesta acció disminueix el temps de pujada, incrementa el sobre-pic i redueix l'error estacionari.
- Integral: La constant K_i que es pot observar a la figura 18 indica la velocitat amb la que es repetirà l'acció proporcional davant de l'error acumulat. Aquesta acció disminueix el temps de pujada, incrementa el sobre-pic i elimina l'error estacionari.
- Derivativa: Aquesta acció es manifesta quan hi ha un canvi en el valor absolut de l'error de manera que té un efecte predictiu sobre la sortida del procés. Aquesta acció ofereix poc canvi sobre el temps de pujada, disminueix el sobre-pic i ofereix també poc canvi sobre l'error estacionari.

La figura 17 mostra un sistema retroalimentat, on s'observa una pertorbació que s'afegeix a la sortida, de manera que el controlador ha d'encarregar-se de que el procés modifiqui les seves característiques per anul·lar els efectes de la pertorbació. També es pot veure el controlador PID expressat com a $K(S)$ i els diferents senyals que componen el sistema.



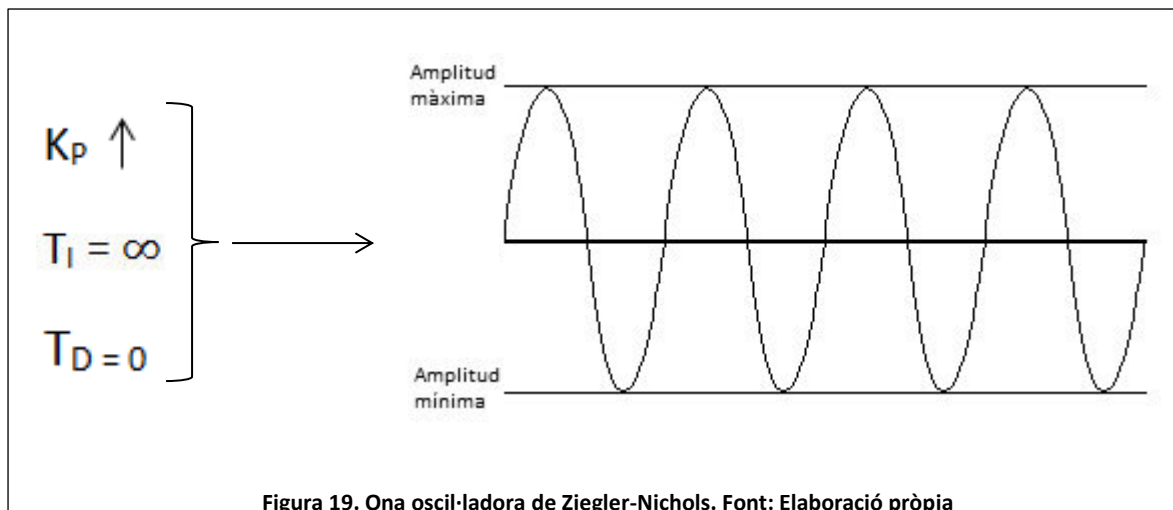
L'algoritme PID es pot veure a la figura 18, aquest formarà el senyal de sortida del controlador. També es pot observar la funció de transferència del controlador PID en el domini S, on K_p és la constant proporcional, on K_i és la constant integral i on K_d és la constant derivativa.



3.7.3 Sintonia Ziegler-Nichols en llaç tancat

Per tal de que el controlador PID satisfaci les especificacions de funcionament, com ara la velocitat de resposta al seguiment del senyal de referència o el rebuig de pertorbació, cal ajustar els seus paràmetres mitjançant la utilització de regles de sintonia.

Per trobar els paràmetres de la sintonia de Ziegler-Nichols en llaç tancat cal anular les parts integradora i derivativa del controlador PID. Això s'aconsegueix adaptant la constant T_I a infinit i la constant T_D a zero. Tot seguit s'ha d'augmentar la K_p des de zero fins aconseguir un valor crític, anomenat K_u o K_c , i obtenir una ona oscil·ladora amb la mateixa amplitud per a cada pic i la mateixa longitud d'ona per a cada cicle. El període d'oscil·lació s'anomena T_u . Aquestes dues constants són les que s'empraran per aconseguir els paràmetres del controlador PID, a la taula 7 es pot veure la seva conversió. A la figura 19 es pot veure la ona oscil·ladora.



Tipus de controlador PID (Paràmetres)	Llaç tancat
K_p	$0,6K_u$
T_i	$0,5T_u$
T_d	$0,125T_u$

Taula 7. Paràmetres de Ziegler-Nichols en llaç tancat per controlador PID. Font: Elaboració pròpia basada en (19).

En el projecte s'utilitzaran tres tipus de sintonies:

- Sintonia 1: Ziegler-Nichols en llaç tancat.
- Sintonia 2: Modificant la constant integradora de la sintonia 1 aconseguir una millor resposta a la pertorbació.
- Sintonia 3: Modificant la constant derivativa de la sintonia 1 aconseguir una millor resposta al senyal de referència.

4. FUNCIONAMENT I RESULTATS

4.1 INTRODUCCIÓ

Aquest tema presenta el funcionament que s'ha de dur a terme per activar les receptes, l'opció manual i el controlador PID. També presenta els resultats relacionats amb les sintonies PID.

Per tenir un major coneixement sobre el funcionament dels programes utilitzats en el projecte i les passes que s'han dut a terme amb aquests, com ara els codis del llenguatge de contactes i la interfície gràfica, es pot consultar l'Annex C: Manual d'usuari. Aquesta informació s'ha posat en un annex per facilitar la lectura del treball al lector.

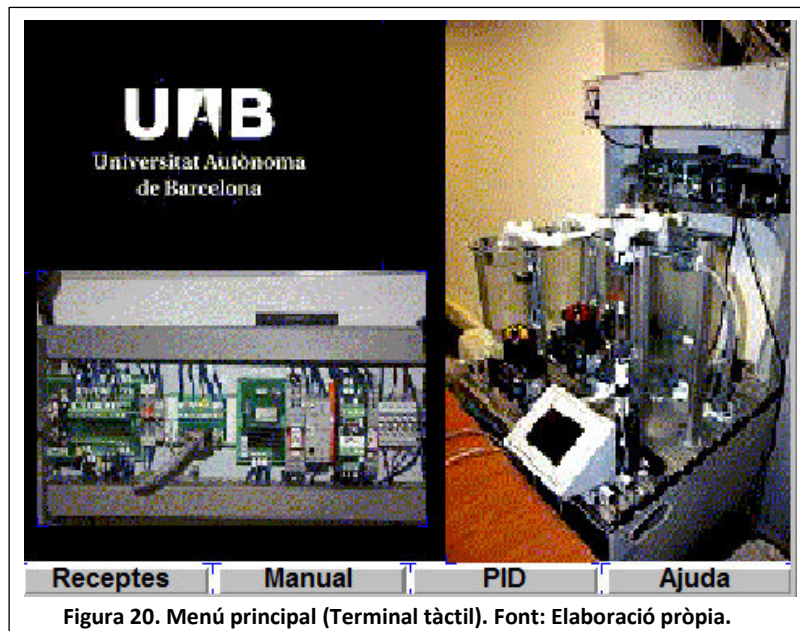
4.5 FUNCIONAMENT

S'ha enllaçat el dispositiu terminal amb el PLC mitjançant DeviceNet Configurator, s'ha implementat el codi de contactes i s'han dissenyat els gràfics i opcions, per accionar des del terminal tàctil el codi de contactes i per poder cercar sintonies PID.

4.5.1 Menú principal

Quan l'usuari es disposa davant l'estació la primera pàgina que troba és el menú principal, el qual es pot observar a la figura 20. Hi ha quatre opcions:

- Receptes.
- Manual.
- PID.
- Ajuda.



4.5.2 Receptes

4.5.2.1 Menú receptes

Pressionant sobre el botó receptes es salta a la pàgina menú receptes i es posa a "1" el bit lògic que habilita les receptes (3300.03 en el codi Ladder). La pàgina es pot veure a la figura 21, on es poden veure els botons que permeten accedir a les diverses receptes i també els botons per tornar al menú principal i d'ajuda.



4.5.2.2 Comprovació de receptes

Quan s'acciona un botó de receptes es salta a la pàgina de comprovació, específica per cada recepta. Aquestes pàgines informen a l'usuari de la posició que han de tenir les vàlvules manuals i mitjançant indicadors d'il·luminació quin és l'estat de cada detector. Quan la comprovació està enllestida l'usuari pot accionar el botó seguir, el qual accionarà la recepta escrivint un "1" lògic a la direcció corresponent. La figura 22 presenta la pàgina de comprovació de la recepta en paral·lel 1 amb els indicadors d'il·luminació de manera correcta per poder ser accionada. Els altres botons permeten tornar al menú receptes, al menú principal i accionar l'ajuda.

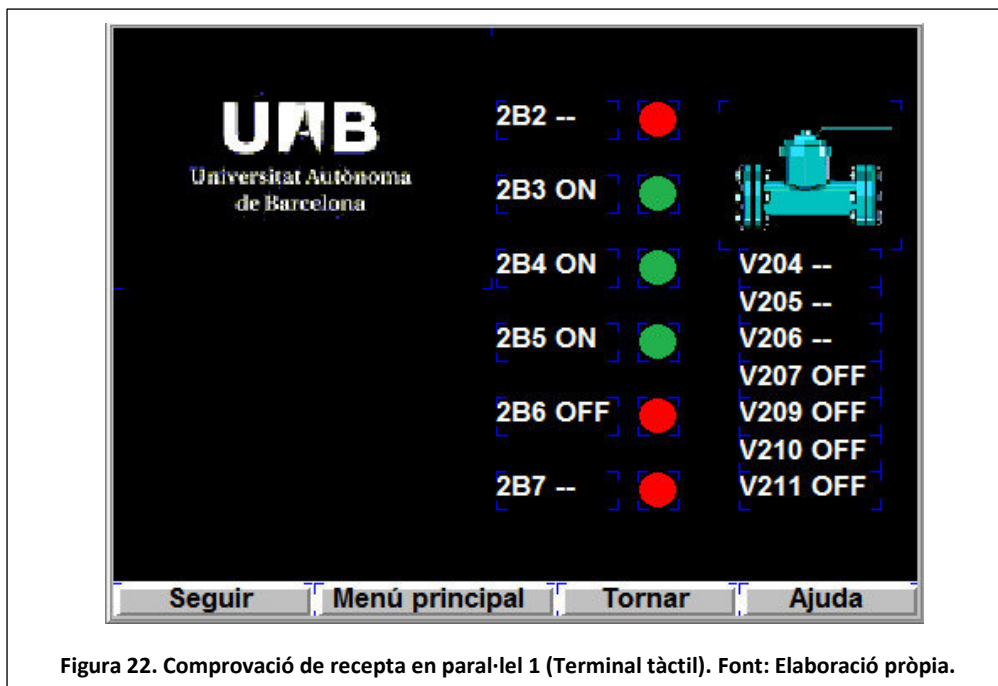
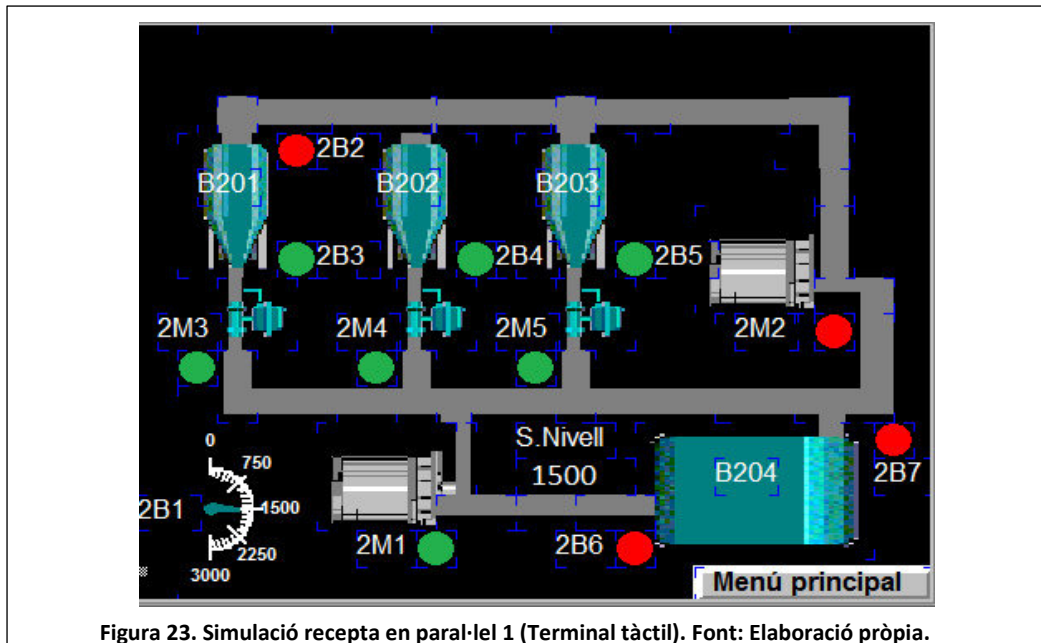


Figura 22. Comprovació de recepta en paral·lel 1 (Terminal tàctil). Font: Elaboració pròpia.

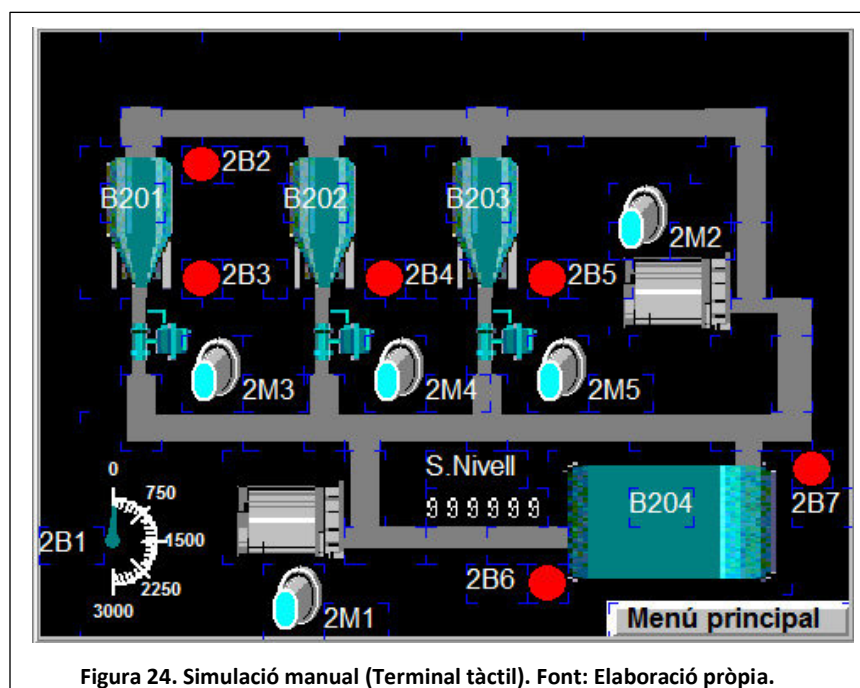
4.5.2.3 Simulació

Per tal de fer un seguiment dels detectors i actuadors, s'ha dissenyat un circuit amb els elements principals que disposa l'estació de mescles. A la figura 23 es pot veure aquest circuit, els indicadors d'il·luminació, un aparell mesurador, un camp numèric i el botó que permet saltar al menú principal de nou.



4.5.3 Opció Manual

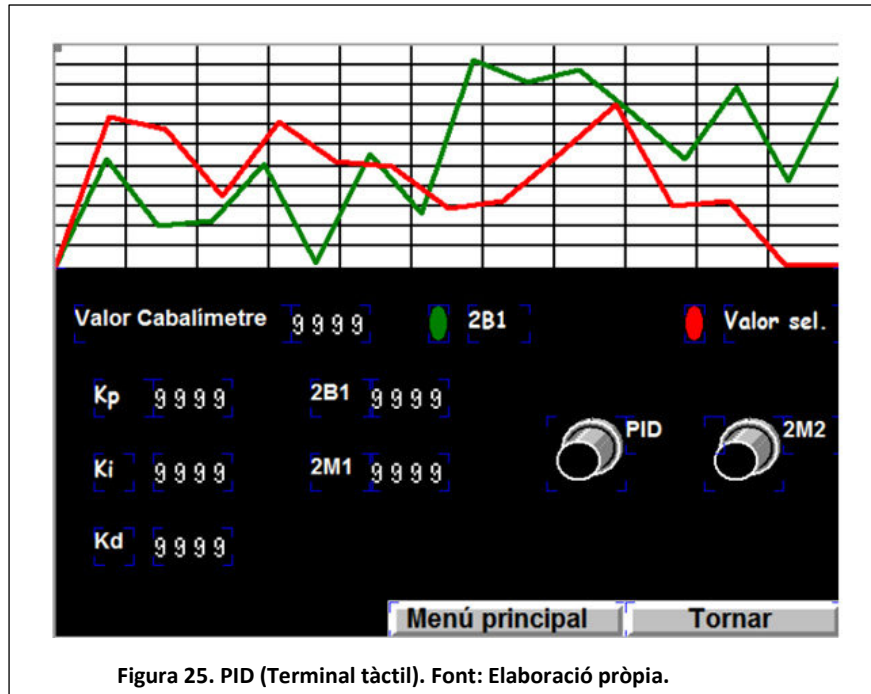
Com ja s'ha dit anteriorment aquesta opció fa possible que l'usuari utilitzi els actuadors com ell s'estimi. Des del menú principal clicant a Manual es salta a la pàgina comprovació, que es similar a la de la figura 22. Quan es clica seguir es posa a "1" el valor lògic que habilita el menú manual i es salta a la pàgina simulació manual, la qual es pot veure a la figura 24, que és molt semblant a l'altre simulació amb l'afegit d'uns polsadors que permeten accionar els bits que governen aquests actuadors.



4.5.4 PID

L'opció PID es selecciona des del menú principal, quan es clica aquesta dona pas a una pàgina de comprovació igualment similar a les anteriors. Quan s'acciona seguir, la pantalla salta a la pàgina PID pròpiament, a la figura 25 es pot veure.

Cal tenir en compte que el selector D/A ha d'estar en analògic.



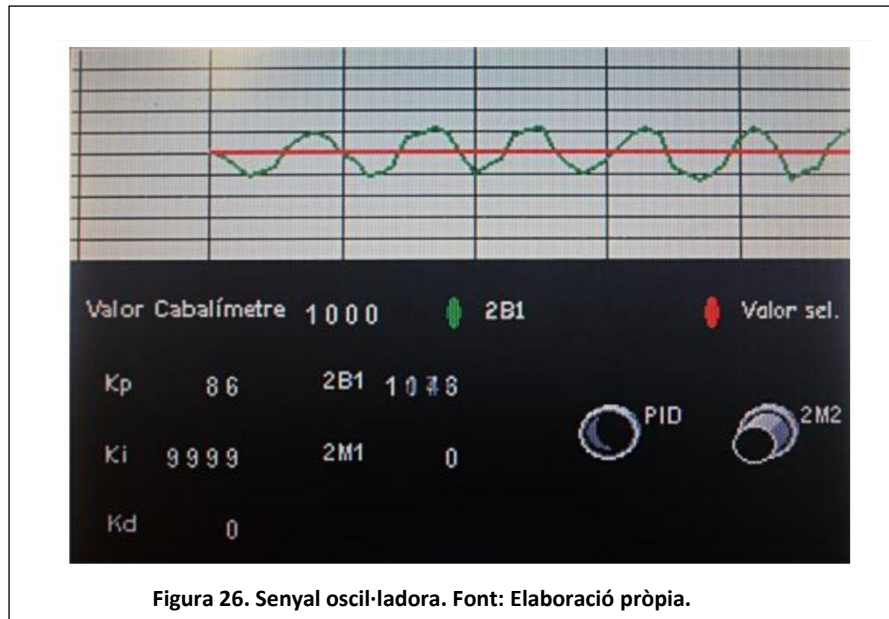
Com es pot observar a la figura 25 es disposa de sis camps numèrics, d'un Trend Window i dos polsadors. Primer s'ha d'escriure un valor numèric pel valor del cabalímetre, K_p , K_i i K_d . Tot seguit es pot accionar el polsador PID per a que l'estació es posi en funcionament i anar visualitzant al gràfic i als camps numèrics la progressió de les variables. Per acabar quan l'usuari desitgi pot accionar el polsador 2M2, que acciona la pertorbació, i així estudiar quin és el rendiment davant de la pertorbació.

4.5.4.1 Sintopies PID

S'han portat a terme les diverses sintopies que s'havien exposat en el capítol 3.

Ziegler-Nichols en llaç tancat

Seguint el procés explicat al capítol 3 i amb el dipòsit principal omplert amb 7 litres, s'ha obtingut la gràfica oscil·ladora que es pot veure a la figura 26.

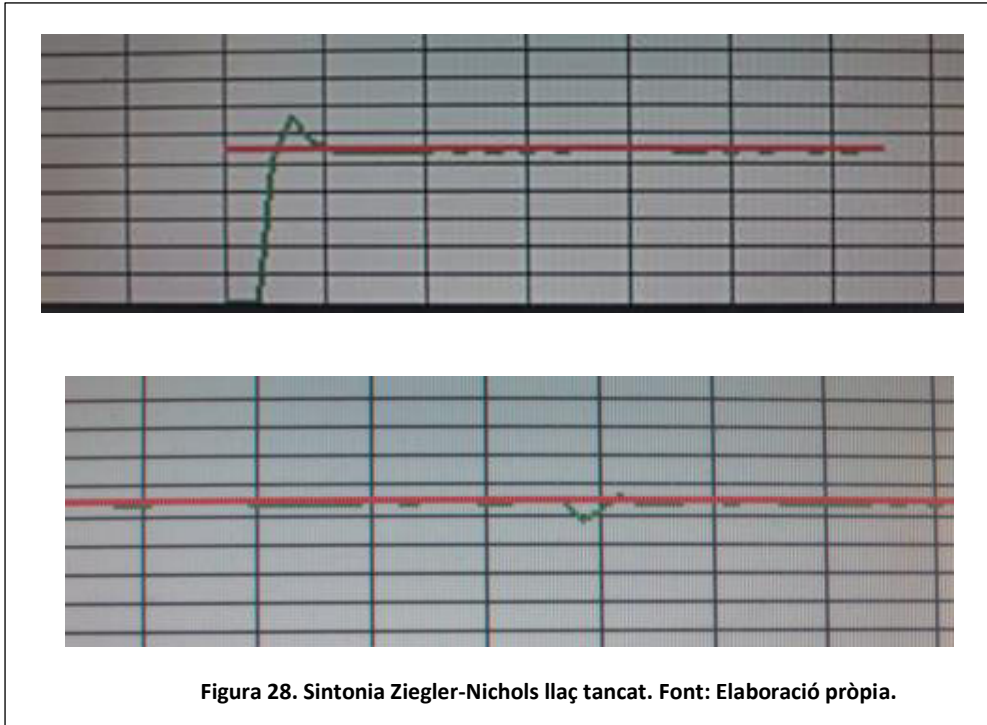


Anul·lant les constants K_i i K_D , i augmentant K_p s'ha obtingut una K_C , la K crítica, el valor de la qual és 86 i una T_U de 6,22 segons. Amb això i els càlculs corresponents s'han obtingut els valors de K_p , K_i i K_D per la sintonia de Ziegler-Nichols en llaç tancat, la figura 27 mostra els càlculs. Els valors s'han hagut d'aproximar a un nombre enter, perquè la funció PID del CX-Programmer no permet utilitzar 32 bits per a les constants.

$$K_p = 0,6 * K_C = 0,6 * 86 = 51,6 \cong 52$$
$$K_i = \frac{K_p}{T_I} = \frac{K_p}{T_U * 0,5} = \frac{51,6}{3,11} = 16,59 \cong 17$$
$$K_D = K_p * T_D = 51,6 * 0,77 = 40,119 \cong 40$$

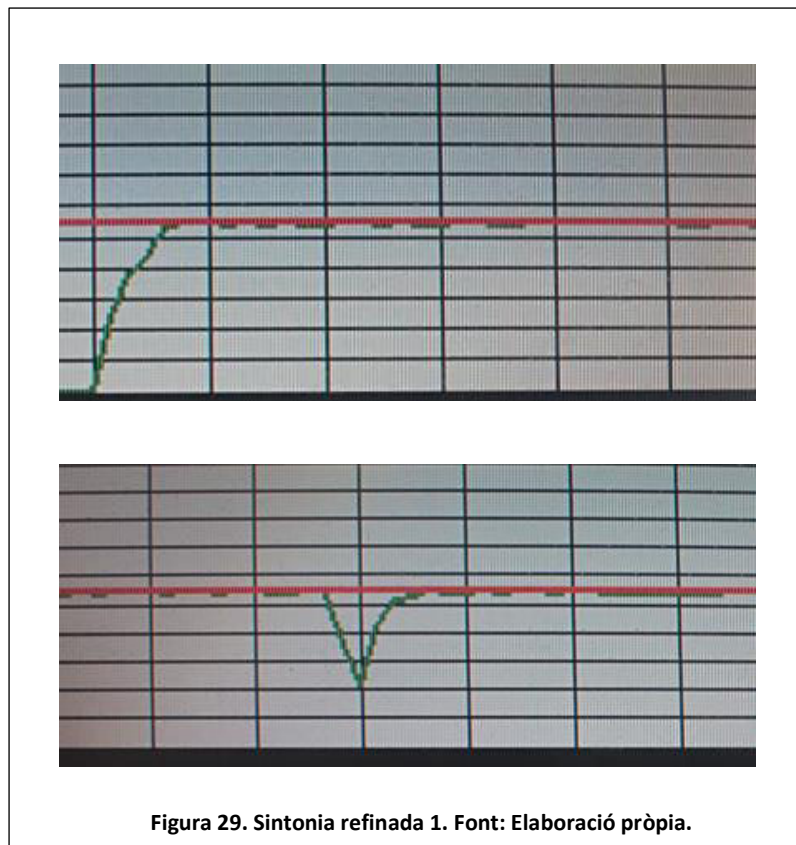
Figura 27. Càlculs constants. Font: Elaboració pròpia.

Posant els valors trobats s'ha trobat la gràfica representada a la figura 28. Com es pot veure la sintonia de Ziegler-Nichols dona una millor resposta a la pertorbació.



Sintonia refinada 1

En aquesta sintonia es tractava de millorar la resposta del senyal. Com mostra la figura 29, s'ha millorat la resposta al senyal utilitzant els valors $K_p=52$, $K_I=1$ i $K_D=45$, però la resposta a la pertorbació ha empitjorat notablement.



Sintonia refinada 2

En aquesta sintonia es tractava de refinar la resposta a la pertorbació. Com mostra la figura 30, s'ha eliminat gairebé l'efecte de la pertorbació sobre el senyal utilitzant els valors $K_p=520$, $K_i=17$ i $K_D=40$. En aquest cas milloren les dues respostes, tant el senyal com la pertorbació, si s'hagués modificat la constant K_i s'hagués aconseguit una millor resposta a la pertorbació, però hagués empitjorat la resposta al senyal de referència. No obstant, la sintonia refinada 1 segueix responent millor al senyal d'entrada que aquesta, per això segons les necessitats ens convindrà més una sintonia o una altra.

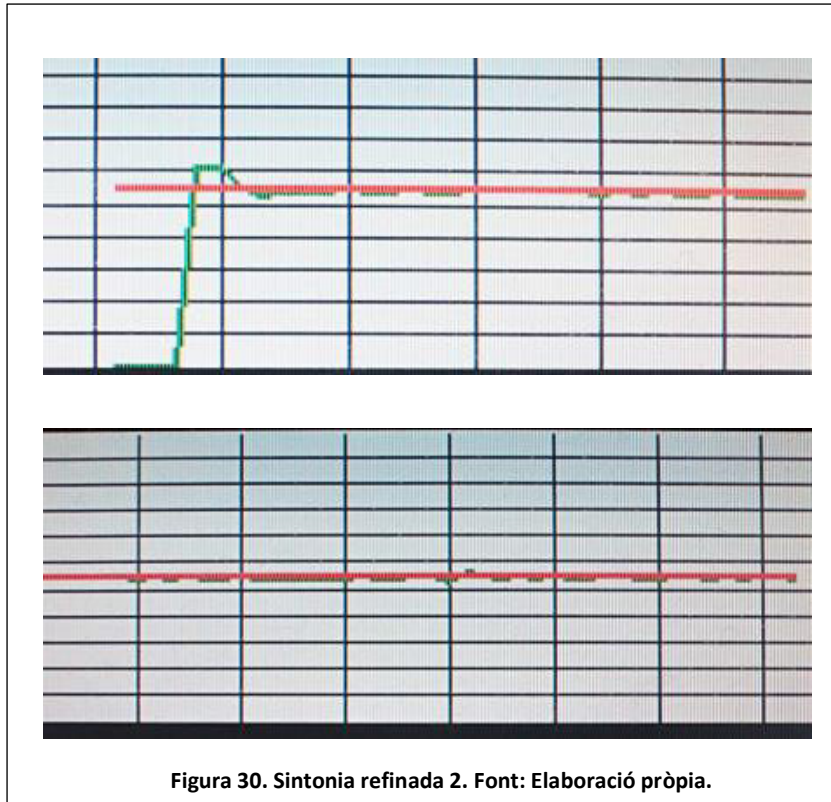


Figura 30. Sintonia refinada 2. Font: Elaboració pròpia.

5. CONCLUSIONS

5.1 INTRODUCCIÓ

Les conclusions estan distribuïdes en els següents apartats:

- **Seguiment de la planificació:** S'expliquen les dificultats que s'han tingut davant del calendari previst abans de començar el projecte.
- **Grau de compliment dels objectius:** S'avaluen els objectius i s'exposa un comentari per cada objectiu avaluat.
- **Possibles ampliacions:** S'argumenten algunes de les ampliacions que es podrien dur a terme.
- **Aprenentatge:** S'expressa de manera breu el que s'ha après.
- **Valoració personal:** Es tracta la opinió que té l'autor del projecte sobre el treball.

5.2 SEGUIMENT DE LA PLANIFICACIÓ

En general s'han dut a terme totes les tasques de manera molt similar a com s'havia previst al capítol de l'estudi de viabilitat, únicament hi ha hagut un petit endarreriment alhora d'instal·lar el programa Designer i el DeviceNet Configurator. L'endarreriment amb el programa Designer ha estat degut a que l'usuari que s'utilitzava a l'ordinador no tenia permisos per instal·lar programes, així doncs, l'endarreriment ha estat de dues setmanes i no ha tingut cap repercussió. No obstant en el cas del DeviceNet Configurator ha obligat a canviar l'ordre de les tasques del projecte, de manera que s'ha començat a programar el codi de contactes primer i més tard aquest s'ha adaptat a les direccions obtingudes amb el DeviceNet Configurator. L'endarreriment del DeviceNet Configurator ha estat de prop de tres setmanes i s'ha degut a la no disposició del CD d'instal·lació, que finalment s'ha trobat i s'ha pogut procedir a temps amb el projecte. En conclusió, el grau de compliment amb la planificació ha estat satisfactori.

5.3 GRAU DE COMPLIMENT DELS OBJECTIUS

A la taula 8, mostrada tot seguit, es presenta el grau de compliment en tant per cent de cada objectiu i un comentari que fa una descripció d'aquest.

Objectiu	%	Comentari
La posada en marxa de l'estació de mescles.	100	Tots els dispositius s'han testejat i aquests han funcionat correctament en cada procés.
L'elaboració de mescles automàtiques i manuals	100	S'han programat i posat a prova cadascuna de les mescles automàtiques i manuals, les quals han funcionat i han complert amb les tasques assignades.
Disseny d'un controlador PID	100	S'ha dissenyat correctament el controlador PID en Ladder.
Comparació de sintonies	40	<p>Tot i poder experimentar amb la sintonia Ziegler-Nichols, refinar-la experimentalment, trobant dues sintonies més, el propòsit en un inici era poder comparar diverses sintonies analítiques. No s'ha pogut dur a terme degut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A les limitacions de monitoratge, ja que el programa Designer no ofereix cap opció per fer-ho. Per tant s'ha optat per extreure la imatge amb una càmera de fotografies. 2. A limitacions per a treballar amb nombres reals amb la funció PID, en el programa CX-Programmer. Aquesta funció només permet agafar 16 bits per a cada constant (K_p, K_i i K_D), i es necessita treballar amb 32 bits. Per tant s'han hagut d'aproximar les dades trobades analíticament. 3. A la no possible utilització d'un pols, per trobar la sintonia de llaç obert de Ziegler-Nichols, ja que les funcions que ofería el programa CX-Programmer no eren compatibles amb el PLC utilitzat.
Eina de formació	100	S'ha realitzat un conjunt d'annexos que permeten entendre més específicament com funciona l'estació i com s'han dut a terme les comunicacions del terminal tàctil amb el PLC. També s'ha elaborat un codi Ladder, el qual es pot emprar per utilitzar en sessions de pràctiques d'assignatures relacionades amb l'automatització i el control.

Taula 8. Grau de compliment dels objectius. Font: Elaboració pròpia.

En conclusió, exceptuant l'objectiu de comparacions de sintonies el grau de compliment dels objectius ha estat satisfactori.

5.4 POSSIBLES AMPLIACIONS

Com ampliació principal i important seria adequat dur a terme un sistema SCADA, el qual comuniqués el PLC amb el PC de manera independent del terminal tàctil. D'aquesta manera es podria programar un programa a l'ordinador, que per exemple obtingues vectors de dades del PLC i les presentes en gràfics monitoritzats en temps real a l'ordinador, això permetria un ventall més ampli de possibilitats per comparar les sintonies i dur-les a terme.

Com ampliacions secundaries es podrien fer més receptes amb diferents quantitats de mescles o aconseguir alguna altra de les estacions que ofereix FESTO, com ara la de filtratge i la d'emplenat. D'aquesta manera es podrien enllaçar unes amb altres i tenir una més àmplia i completa visió de l'automatització de processos.

5.5 APRENTATGE

He après ha tractar amb tot el conjunt de l'estació de mescles i he comprès el seu funcionament. També he vist el funcionament d'un PLC modular, l'enllaç de les direccions del terminal tàctil amb el PLC emprant el DeviceNet Configurator, la programació en Ladder i la seva càrrega al PLC amb CX-programmer, la programació del terminal tàctil amb el Designer i el control PID utilitzant algunes sintonies.

5.6 VALORACIÓ PERSONAL

Estic satisfet amb el projecte, crec que compleix amb els objectius proposats a l'inici de la memòria i podrà ser utilitzat en assignatures per donar una més àmplia visió sobre el procés d'automatització. He dedicat moltes hores per poder assolir l'aprenentatge necessari per dur-ho a terme i he descobert una branca molt interessant que gairebé desconeixia.

8. ÍNDEX TAULES

Taula 1. Direccions dels detectors. Font: Elaboració pròpia.	11
Taula 2. Direccions dels actuadors. Font: Elaboració pròpia.	11
Taula 3. Direccions de la part analògica. Font: Elaboració pròpia extreta de (2).	11
Taula 4. Direccions de la part PID. Font: Elaboració pròpia.	11
Taula 5. Avantatges de la lògica dels PLCs. Font: Elaboració pròpia basat en el document (10).	27
Taula 6. Característiques principals de la norma RS-232. Font: Elaboració pròpia extreta de (13) i (14).	33
Taula 7. Paràmetres de Ziegler-Nichols en llaç tancat per controlador PID. Font: Elaboració pròpia basada en (19).	40
Taula 8. Grau de compliment dels objectius. Font: Elaboració pròpia.	52
Taula 9. Dades tècniques de l'interruptor amb flotador (vertical). Font: Elaboració pròpia segons el datasheet.	66
Taula 10. Dades tècniques de l'interruptor amb flotador (lateral). Font: Elaboració pròpia segons el datasheet.	67
Taula 11. Dades tècniques del detector de posició capacitiu. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	69
Taula 12. Dades tècniques del detector de cabal flotant (mecànic). Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	70
Taula 13. Dades tècniques del detector de cabal d'aletes. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	72
Taula 14. Dades tècniques de la bomba hidràulica. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	75
Taula 15. Dades tècniques de la vàlvula de tancat esfèric. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	78
Taula 16. Dades tècniques de la electrovàlvula. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	78
Taula 17. Dades tècniques de l'estrangulació d'escapament. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	79
Taula 18. Dades tècniques dels elements d'unió. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	81
Taula 19. Dades tècniques dels tubs. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	82
Taula 20. Dades tècniques dels dipòsits cilíndrics. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	83
Taula 21. Dades tècniques del dipòsit rectangular. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	85
Taula 22. Dades tècniques del terminal tàctil. Font: Elaboració pròpia a partir de (20).	87
Taula 23. Dades tècniques del terminal E/S. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	91
Taula 24. Dades tècniques del terminal analògic. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	92

Taula 25. Dades tècniques del Convertidor PT100/U. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	93
Taula 26. Dades tècniques del Convertidor PT100/U. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	94
Taula 27. Estructura de l'area de memòria del CJ1M. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	96
Taula 28. Dades tècniques del mòdul CJ1M CPU11. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	96
Taula 29. Dades tècniques del mòdul CJ1W-PA202. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	97
Taula 30. Dades tècniques del mòdul CJ1W-DRM21. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	98
Taula 31. Funcions dels indicadors del mòdul CJ1W-DRM21. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	99
Taula 32. Funcions dels punts del display del mòdul CJ1W-DRM21. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	99
Taula 33. Funcions dels microinterruptors. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	100
Taula 34. Dades tècniques del mòdul MAD42. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	100
Taula 35. Característiques de les entrades del mòdul MAD42. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	101
Taula 36. Característiques de les sortides del mòdul MAD42. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	101
Taula 37. Funcions dels leds del mòdul MAD42. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	102
Taula 38. Dades tècniques del mòdul MD232. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	103
Taula 39. Dades tècniques del dispositiu XW2D-40G6 . Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	103
Taula 40. Dades tècniques del Sensor Siemens PEPPER+FUCHS. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	104
Taula 41. Connexions del XW2D-40G6 a XMA2. Font: Elaboració pròpia.	114
Taula 42. Connexions XMA2 amb detectors i actuadors. Font: Elaboració pròpia.	115
Taula 43. Elements de l'estació de mescles connectats a XW2D-40G6. Font: Elaboració pròpia.	115
Taula 44. Funcions dels pins del MAD42. Font: Elaboració pròpia a partir de (26).	116
Taula 45. Enllaç MAD42 amb XMA3 i funcions dels pins del XMA3. Font: Elaboració pròpia.	117
Taula 46. Elements connectats a MAD42. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.	117
Taula 47. Funcions i connexions dels cables al connector Sub-D9. Font: Elaboració pròpia a partir de (15).	119
Taula 48. Direccions del terminal tàctil i de la part CIO DeviceNet. Font: Elaboració pròpia. ...	127
Taula 49. Direccions secció Enllaços. Font: Elaboració pròpia.	134
Taula 50. Direccions secció PID cel·la zero. Font: Elaboració pròpia.	137
Taula 51. Direccions secció PID primera cel·la. Font: Elaboració pròpia.	138

Taula 52. Temps de cada temporitzadors i temps total, per recepta. Font: Elaboració pròpia.
.....141

Taula 53. Temps de cada vàlvula i aigua extreta, per recepta. Font: Elaboració pròpia.143

9. ÍNDEX FIGURES

Figura 1. Disseny de l'estació de mescles. Font: Manual d'instruccions de l'estació (1)	8
Figura 2. Circuits principals de l'estació. Font: Elaboració pròpia	9
Figura 3. Motivacions. Font: Elaboració pròpia.	12
Figura 4. Objectius. Font: Elaboració pròpia.	13
Figura 5. Elements de l'estació de mescles. Font: Elaboració pròpia.	17
Figura 6. Disseny de l'estació de mescles. Font: Extreta de (1).	18
Figura 7. Elements del controlador lògic programable. Font: Extreteres de (3), (4), (5), (6), (7) i (8).....	19
Figura 8. Distribució de tasques. Font: Elaboració pròpia.	23
Figura 9. Diagrama de Gantt. Font: Elaboració pròpia.	23
Figura 10. Diagrama dels blocs d'un PLC. Font: Extreta de (10)	28
Figura 11. Diagrama del cicle funcionament d'un PLC. Font: Extreta de (9)	30
Figura 12. Contactes i bobina Ladder. Font: Elaboració pròpia.	32
Figura 13. Instruccions lògiques amb contactes. Font: Extreta de (13).	32
Figura 14. Estructura de capes del protocol CIP. Font: Extret de (16).	35
Figura 15. Sistema retroalimentat. Font: Elaboració pròpia.....	36
Figura 16. Sistema retroalimentat amb processos detallats. Font: Elaboració pròpia.	37
Figura 17. Sistema retroalimentat especificant K(S). Font: Elaboració pròpia.....	38
Figura 18. Algorisme i funció de transferència PID	39
Figura 19. Ona oscil·ladora de Ziegler-Nichols. Font: Elaboració pròpia	40
Figura 20. Menú principal (Terminal tàctil). Font: Elaboració pròpia.	43
Figura 21. Menú receptes (Terminal tàctil). Font: Elaboració pròpia.	43
Figura 22. Comprovació de recepta en paral·lel 1 (Terminal tàctil). Font: Elaboració pròpia.	44
Figura 23. Simulació recepta en paral·lel 1 (Terminal tàctil). Font: Elaboració pròpia.	45
Figura 24. Simulació manual (Terminal tàctil). Font: Elaboració pròpia.	45
Figura 25. PID (Terminal tàctil). Font: Elaboració pròpia.....	46
Figura 26. Senyal oscil·ladora. Font: Elaboració pròpia.....	47
Figura 27. Càlculs constants. Font: Elaboració pròpia.	47
Figura 28. Sintonia Ziegler-Nichols llaç tancat. Font: Elaboració pròpia.....	48
Figura 29. Sintonia refinada 1. Font: Elaboració pròpia.	49
Figura 30. Sintonia refinada 2. Font: Elaboració pròpia.	50
Figura 31. Fotografia de l'estació. Font: Elaboració pròpia.	64
Figura 32. Detectors i actuadors. Font: Elaboració pròpia.	65
Figura 33. Interruptors amb flotador. Font: Datasheet del dispositiu.....	66
Figura 34. Fotografies interruptors amb flotador. Font: Elaboració pròpia.....	67
Figura 35. Disseny detector de posició capacitiu. Font: Datasheet del dispositiu.	68
Figura 36. Fotografia detector de posició capacitiu. Font: Elaboració pròpia.	69
Figura 37. Detector de cabal (mecànic). Font: Datasheet del dispositiu.	70
Figura 38. Fotografia del detector de cabal (mecànic). Font: Elaboració pròpia.	71
Figura 39. Circuit elèctric del detector de cabal d'aletes. Font: Datasheet del dispositiu.	72
Figura 40. Disseny del detector de cabal d'aletes. Font: Datasheet del dispositiu.....	72

Figura 41. Fotografia del detector de cabal d'aletes. Font: Elaboració pròpia.	73
Figura 42. Disseny de les peses de les bombes. Font: Datasheet del dispositiu.	74
Figura 43. Fotografies de les bombes. Font: Elaboració pròpia.	76
Figura 44. Disseny de la vàlvula de bola de dues vies. Font: Datasheet del dispositiu.	77
Figura 45. Disseny del circuit elèctric de les tres vàlvules. Font: Datasheet del dispositiu.	77
Figura 46. Fotografia del filtre regulador i del compressor. Font: Elaboració pròpia.	79
Figura 47. Fotografies de la vàlvula. Font: Elaboració pròpia.	80
Figura 48. Elements passius. Font: Elaboració pròpia.	80
Figura 49. Disseny dels elements d'unió. Font: Datasheet.	81
Figura 50. Disseny d'un tub de l'estació de mescles. Font: Datasheet.	81
Figura 51. Fotografia d'un tram del circuit hidràulic. Font: Elaboració pròpia.	82
Figura 52. Disseny dipòsit cilíndric. Font: Datasheet.	83
Figura 53. Fotografia d'un dels dipòsits cilíndrics. Font: Elaboració pròpia.	84
Figura 54. Disseny dipòsit rectangular. Font: Datasheet.	84
Figura 55. Fotografia del dipòsit rectangular. Font: Elaboració pròpia.	85
Figura 56. Disseny del terminal tàctil. Font: Extreta de (20).	86
Figura 57. Fotografia del terminal tàctil. Font: Elaboració pròpia.	87
Figura 58. Disseny del panel de connexions. Font: Extret de (1).	89
Figura 59. Disseny del connexionat del terminal E/S. Font: Datasheet.	90
Figura 60. Fotografia del connexionat del terminal E/S. Font: Elaboració pròpia.	90
Figura 61. Disseny del connexionat del terminal analògic. Font: Datasheet.	91
Figura 62. Fotografia del terminal analògic. Font: Elaboració pròpia.	92
Figura 63. Fotografia dels components del convertidor de mesurament. Font: Datasheet.	93
Figura 64. Fotografia del PLC. Font: Elaboració pròpia.	94
Figura 65. Fotografia del CJ1M CPU11. Font: Extret de (22).	95
Figura 66. Disseny del CJ1W-PA202. Font: Datasheet.	97
Figura 67. Disseny del CJ1W-DRM21. Font: Datasheet.	98
Figura 68. Fotografia del XW2D-40G6. Font: Elaboració pròpia.	102
Figura 69. Fotografia del sensor de nivell Siemens. Font: Elaboració pròpia.	103
Figura 70. Fotografia localització dels dipòsits. Font: Elaboració pròpia.	106
Figura 71. Fotografia localització de les vàlvules circuit superior. Font: Elaboració pròpia.	106
Figura 72. Fotografia localització de les vàlvules circuit inferior. Font: Elaboració pròpia.	107
Figura 73. Fotografia localització de la vàlvula circuit vertical. Font: Elaboració pròpia.	107
Figura 74. Fotografia localització de les vàlvules de bola de dues vies. Font: Elaboració pròpia.	108
Figura 75. Fotografia localització de les bombes. Font: Elaboració pròpia.	108
Figura 76. Fotografia localització del cabalímetre elèctric. Font: Elaboració pròpia.	109
Figura 77. Fotografia localització dels detectors capacitius dels dipòsits dosificadors. Font: Elaboració pròpia.	110
Figura 78. Fotografia localització dels detectors capacitius del dipòsit principal. Font: Elaboració pròpia.	110
Figura 79. Esquema etiquetat de la placa de connexions. Font: Elaboració pròpia.	111
Figura 80. Fotografia etiquetat de la placa de connexions. Font: Elaboració pròpia.	112
Figura 81. Fotografia suport de cables. Font: Elaboració pròpia.	112

Figura 82. Pins i bits del connector XW2Z. Font: Extret de (26).....	113
Figura 83. Circuit connexions conector MIL amb XW2D-40G6. Font: Extret de (26).	113
Figura 84. Fotografies unitat XW2D-40G6 i XMA2. Font: Elaboració pròpia.	114
Figura 85. Fotografia pins MAD42. Font: Elaboració pròpia.....	116
Figura 86. Fotografies font d'alimentació de l'estació i connector DeviceNet. Font: Elaboració pròpia.....	118
Figura 87. Imatge i fotografia del connector Sub-D9 al terminal tàctil. Font 1: Extreta de (28). Font 2: Elaboració pròpia.	118
Figura 88. Fotografia connexions del PA202. Font: Elaboració pròpia.	119
Figura 89. Pantalla inici del DeviceNet Configurador. Font: Elaboració pròpia.	120
Figura 90. EDS File del DeviceNet Configurador. Font: Elaboració pròpia.	121
Figura 91. Marc esquerra DeviceNet Configurador. Font: Elaboració pròpia.	121
Figura 92. Pantalla amb els dos dispositius (DeviceNet Configurador). Font: Elaboració pròpia.	122
Figura 93. Pantalla de canvi de node i de propietats (DeviceNet Configurador). Font: Elaboració pròpia.....	123
Figura 94. Pantalla per registrar un dispositiu a un altre (DeviceNet Configurador). Font: Elaboració pròpia.	123
Figura 95. Propietats del terminal tàctil (DeviceNet Configurador). Font: Elaboració pròpia. .	124
Figura 96. Selecció de canals del UniOP (DeviceNet Configurador). Font: Elaboració pròpia. .	125
Figura 97. Selecció del temps de cicle (DeviceNet Configurador). Font: Elaboració pròpia.	126
Figura 98. Selecció del temps de cicle (DeviceNet Configurador). Font: Elaboració pròpia.	126
Figura 99. Selecció de PLC i tipus de xarxa (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.	128
Figura 100. Configuracions de dispositiu i tipus de xarxa (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.....	129
Figura 101. Finestra principal del programa (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.....	130
Figura 102. Icona treballar online i opció mode operatiu (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.....	131
Figura 103. Taula de E/S del PLC (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.....	131
Figura 104. Instrucció MOV (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.	132
Figura 105. Codi secció Enllaços (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.	133
Figura 106. Codi configuració MAD42 imatge 1. Font: Basada en (24).....	134
Figura 107. Codi configuració MAD42 imatge 2. Font: Basada en (24).....	135
Figura 108. Cel·la zero secció PID (CX-programmer) imatge 1. Font: Elaboració pròpia.	136
Figura 109. Cel·la zero secció PID (CX-programmer) imatge 2. Font: Elaboració pròpia.	137
Figura 110. Primera cel·la secció PID (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.	138
Figura 111. Cel·la dos secció PID (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.	139
Figura 112. Cel·la dos secció Timers (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.	140
Figura 113. Cel·la dos, tres i quatre secció Timers (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.	140
Figura 114. Cel·la cinc i sis secció Timers (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.	141
Figura 115. Codi secció Bombes (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.	142
Figura 116. Codi secció Vàlvules (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.	143
Figura 117. Codi secció Fi_receptes (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.....	144

Figura 118. Codi secció END (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.	144
Figura 119. Símbol pujar codi a PLC (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.....	145
Figura 120. Mode run (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.....	145
Figura 121. Finestra de nou projecte (Designer). Font: Elaboració pròpia.	146
Figura 122. Finestra principal de configuració dels controladors (Designer). Font: Elaboració pròpia.....	147
Figura 123. Finestres de configuració dels controladors (Designer). Font: Elaboració pròpia..	148
Figura 124. Finestra de selecció del terminal (Designer). Font: Elaboració pròpia.	149
Figura 125. Opcions per crear o borrar pàgines (Designer). Font: Elaboració pròpia.....	150
Figura 126. Barra d'eines i finestra de les propietats del botó genèric (Designer). Font: Elaboració pròpia.	151
Figura 127. Finestra d'edició del llistat de comandes Macro (Designer). Font: Elaboració pròpia.	151
Figura 128. Icones utilitzades a les opcions Macro (Designer). Font: Elaboració pròpia.	152
Figura 129. Finestra per escriure un valor lògic en una direcció del PLC (Designer). Font: Elaboració pròpia.	152
Figura 130. Finestra per saltar de pàgina (Designer). Font: Elaboració pròpia.	153
Figura 131. Icona i finestra dels indicadors d'il·luminació (Designer). Font: Elaboració pròpia.	153
Figura 132. Icona i finestra dels aparells de lectura (Designer). Font: Elaboració pròpia.	154
Figura 133. Icona i finestra del camp numèric/ASCII (Designer). Font: Elaboració pròpia.....	155
Figura 134. Icona i finestra del botó per prémer (Designer). Font: Elaboració pròpia.	156
Figura 135. Icona i finestra de text (Designer). Font: Elaboració pròpia.....	157
Figura 136. Pestanya Graphics (Designer). Font: Elaboració pròpia.....	158
Figura 137. Finestra Bitmap Editor (Designer). Font: Elaboració pròpia.	158
Figura 138. Finestra Bitmap Settings (Designer). Font: Elaboració pròpia.	159
Figura 139. Finestra Configure Trend Buffers (Designer). Font: Elaboració pròpia.	160
Figura 140. Icones de creació i d'eliminació de variables (Designer). Font: Elaboració pròpia.	160
Figura 141. Icona i finestra de Trend Window (Designer). Font: Elaboració pròpia.	161

10. BIBLIOGRAFIA

1. Bernhard Schellmann, Jürgen Helmich. **Estación de mezcla: Manual. Denkendorf : s.n., 2006.**
2. **OMRON.** *Autómatas programables: Manual de operación.* 2002.
3. **OMRON.** OMRON Industrial Automation Singapore. *CJ1W-DRM21* . [En línia] [Data: 12 / 05 / 2013.] http://www.omron-ap.com/product_info/CJ1W-DRM21/index.asp.
4. **OMRON.** UPTRONIK. *CJ1W-MAD42*. [En línia] 12 / 05 / 2013. <http://www.uptronik.es/es/productosindustriales-omron-automatasplccj1/905-modulo-16-entradas-24-vcc.html>.
5. **OMRON.** OMRON Industrial Automation Global. *CJ1W-MD232*. [En línia] [Data: 12 / 05 / 2013.] <http://www.ia.omron.com/products/family/2056/dimension.html>.
6. **OMRON.** ZiDongHua.com. *CJ1M-CPU11/21*. [En línia] [Data: 12 / 05 / 2013.] <http://www.zidonghua.com.cn/product/detail.asp?id=5700>.
7. **OMRON.** RSDelivers. *XW2D-40G6*. [En línia] [Data: 12 / 05 / 2013.] <http://cy.rsdelivers.com/product/omron/xw2d-40g6/40-point-terminal-block/5101524.aspx>.
8. **OMRON.** DYNAMIC DESIGN SOLUTIONS. *CJ1W-PA202*. [En línia] [Data: 12 / 05 / 2013.] <http://www.dds-products.com/omron/automation-systems/10422/cj1wpa202>.
9. **OMRON.** Controladores Lógicos Programables. [En línia] [Data: 12 / 05 / 2013.] <http://automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/Presentaci%C3%B3n%20P.L.C..pdf>.
10. **FI-UNLP, Instrumentación y Comunicaciones Industriales.** *Diagrama de contactos (Ladder)*. [En línia] [Data: 12 / 05 / 2013.] <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Diagrama%20Escalera.pdf>.
11. **FI-UNLP, Instrumentación y Comunicaciones Industriales.** [En línia] [Data: 12 / 05 / 2013.] <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/ApuntePLC.pdf>.

12. **Universidad de Alcalá.** *Programación en lenguaje Ladder I.* [En línea] 30 / 04 / 2011. [Data: 12 / 05 / 2013.] <http://www.general-files.com/download/source/g508a07fbh32i0>.
13. **Pérez, Eric López.** *INGENIERIA EN MICROCONTROLADORES: Tutorial del Protocolo RS-232.* [En línea] [Data: 12 / 05 / 2013.] http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=OCDSQFjAA&url=http%3A%2F%2Fselectrobomba.googlecode.com%2Ffiles%2FSerial_RS232.pdf&ei=HnqPUYCzKu6I7AbT24GADA&usg=AFQjCNFNXvrz5osASZ9BCzXUrNlr5WBKMA&bvm=bv.46340616,d.ZGU.
14. **Electrónica: teoría y práctica.** *RS232.* [En línea] 04 / 08 / 2012. [Data: 12 / 05 / 2013.] <http://electronica-teoriaypractica.com/rs232/>.
15. **WEG.** *Manual de Comunicación.* [En línea] [Data: 16 / 05 / 2013.] <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/1-17071.pdf>.
16. *Regulación automática con MATLAB.* [En línea] [Data: 16 / 05 / 2013.] <http://usuarios.multimania.es/automatica/temas/tema1/historia/HISTORIACTRLAUTOM.pdf>.
17. *APUNTES DE CONTROL PID.* [En línea] [Data: 16 / 05 / 2013.] <http://read.pudn.com/downloads161/ebook/732022/PID%20motor%20control/Control.Pid.pdf>.
18. *ACCIONES DE CONTROL.* [En línea] [Data: 16 / 05 / 2013.] http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/nunez_e_f/capitulo1.pdf.
19. **Mazzone, Virginia.** *Controladores PID.* [En línea] [Data: 16 / 05 / 2013.] <http://www.eng.newcastle.edu.au/~jhb519/teaching/caut1/Apuntes/PID.pdf>.
20. **FESTO.** *Unidades de indicación y control FED.* [En línea] [Data: 16 / 05 / 2013.] http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_ES/PDF/ES/FED_ES.PDF.
21. **OMRON.** [En línea] [Data: 16 / 05 / 2013.] <http://omron.es/>.
22. **OMRON.** *SYSMAC CJ-series Power Supply Unit CJ1M-PA/PD.* [En línea] [Data: 16 / 05 / 2013.] http://www.ia.omron.com/data_pdf/data_sheet/cj1w-pa_pd_dsheetsheet_csm1612.pdf.
23. **OMRON.** *Device units: SYSMAC CS/CJ Series, CS Series: CS1W-DRM21(-V1), CJ Series: CJ1W-DRM21.* [En línea] [Data: 16 / 05 / 2013.] <http://home.agh.edu.pl/~fkaszuba/pliki/sieci/w380-e1-07a.pdf>. Cat. No. W380-E1-08.

24. **OMRON**. *Guía rápida del módulo analógico CJ1W-MAD42*. [En línia] [Data: 16 / 05 / 2013.]
http://www.caroligualada.es/Documentos/OMRON/GR_MAD42.pdf.
25. **OMRON**. *CJ1 BASIC I/O MODULES*. [En línia] [Data: 16 / 05 / 2013.]
<http://elcodis.com/parts/5591904/CJ1W-ID201.html#datasheet>.
26. **OMRON**. Slim Connector-Terminal Block Conversion Units XW2D. [En línia] [Data: 16 / 05 / 2013.]
http://www.ia.omron.com/data_pdf/data_sheet/xw2d_ds_csm1346.pdf.
27. **Pepperl+Fuchs** . *Sensor ultrasónico UB400-12GM-I-V1*. [En línia] [Data: 16 / 05 / 2013.]
http://files.pepperl-fuchs.com/selector_files/navi/productInfo/edb/120342_spa.pdf.
28. *SubD9*. [En línia] [Data: 16 / 05 / 2013.] <http://www.dataip.co.uk/Reference/SubD9P.gif>.
29. **OMRON**. *OPERATION MANUAL: DeviceNet Configurator*. [En línia] [Data: 16 / 05 / 2013.]
<http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/downloads/mosoftconfiguradordevice neting.pdf>.
30. **OMRON**. *CX-Programmer : Introduction Guide* . [En línia] [Data: 16 / 05 / 2013.]
<http://es.scribd.com/doc/137594166/R132-ES2-02-CX-Progr-IntroGuide>.
31. **OMRON**. INSTRUCTIONS REFERENCE MANUAL. [En línia] 1999. [Data: 24 / 05 / 2013.]
<http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/downloads/introduccionmanualdeinstr uccionescj1m.pdf>. Cat. No. W340-E1-11.
32. **FESTO**. *FED Designer User's manual*. 27.12.2005 / STA.

ANNEX A: DESCRIPCIÓ TECNOLÒGICA

A.1 INTRODUCCIÓ

Aquest capítol descriu cadascun dels elements que formen l'estació de mescles i el PLC. El datasheet de cada component es troba al manual de l'estació (1), exceptuant els components addicionals.

A.2 ESTACIÓ DE MESCLES

L'estació de mescles ha estat subministrada per l'empresa FESTO que s'ocupa de dissenyar maquetes per a la formació tècnica en el àmbit de l'automatització industrial i de processos. Aquesta estació es pot estructurar en tres grups: elements actius, com ara els detectors de posició capacitius; per elements passius, com ara els dipòsits de dosificació; i per components addicionals, com ara la pantalla tàctil. A la figura 31 es pot observar una fotografia de l'estació.

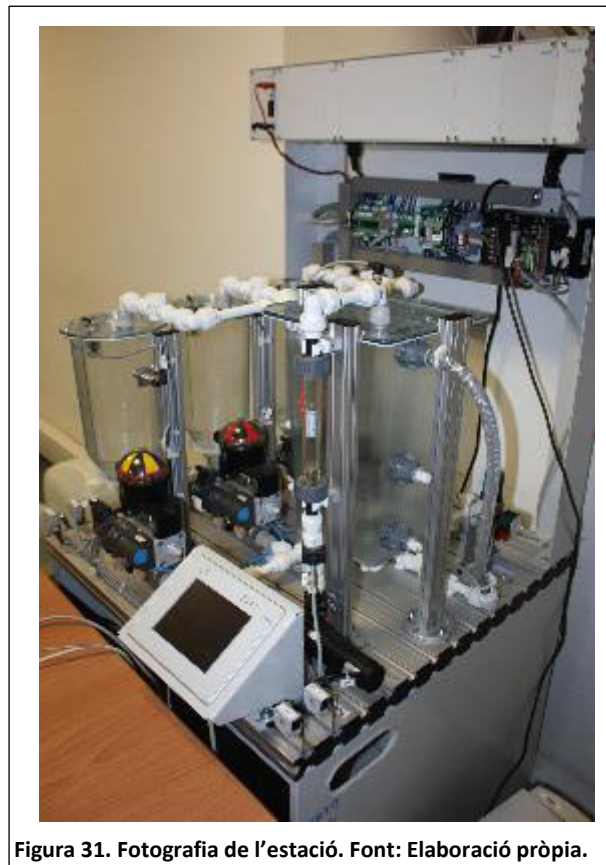
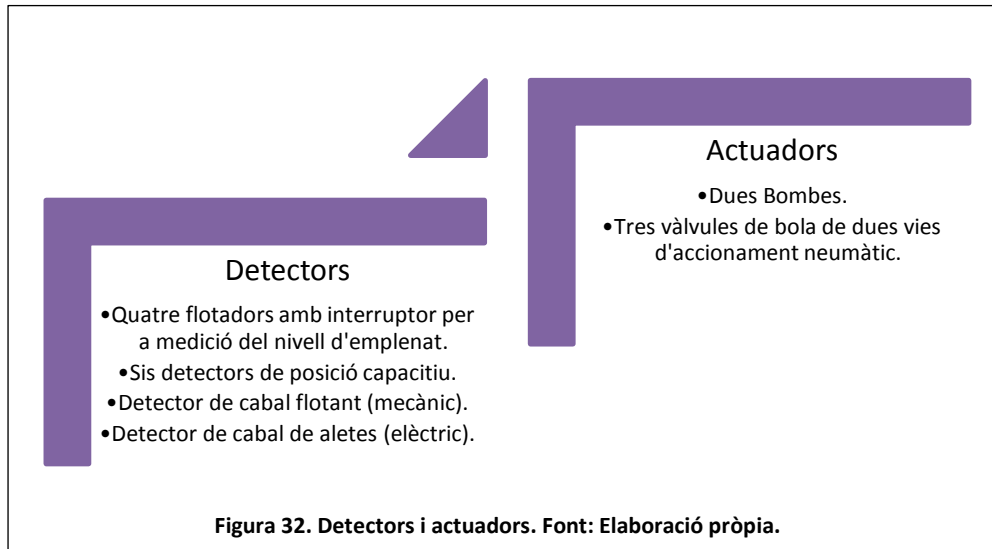


Figura 31. Fotografia de l'estació. Font: Elaboració pròpia.

A.2.1 Elements actius

Els elements actius de la maqueta són de dos tipus: detectors i actuadors. Es poden veure de quins components disposen a la figura 32.



A.2.1.1 Detectors

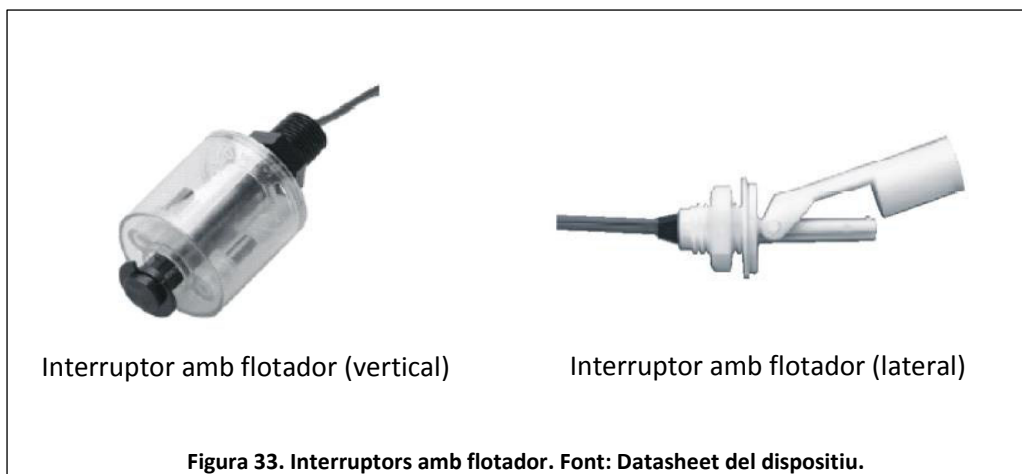
El concepte detector en aquest cas fa referència a un dispositiu capaç de percebre un determinat fenomen físic, com ara detectar la presència d'aigua a una alçada determinada del dipòsit, i comunicar elèctricament aquesta detecció.

Interruptor amb flotador

Hi ha dos tipus d'interruptors:

- L'interruptor amb flotador que es munta verticalment als tres dipòsits dosificadors i que s'usa per prevenir el sobreiximent del líquid en el dipòsit. El fluid que es mesura pressiona sobre el flotador desplaçant cap amunt i, a partir d'una determinada posició activa l'interruptor.
- L'interruptor amb flotador que es munta a la part lateral del dipòsit principal i que s'empra com a protecció de vessament. El detector reacciona directament a qualsevol canvi del nivell del líquid a partir de l'imant integrat en el flotador. De manera que l'imant acciona el contacte Reed girant l'interruptor 180°. El contacte Reed està muntat en mode normalment tancat, així doncs, el líquid acciona l'interruptor obrint el contacte Reed.

A la figura 33 es poden distingir els dos interruptors.



Tot seguit es presenten a la taula 9 i a la taula 10 les dades tècniques dels dos interruptors flotadors.

Paràmetre	Valor
Materials	
▪ Tub	Polysulfon
▪ Flotador	Polysulfon
Temperatura	
▪ Cable	-40°C a +80°C
▪ Conductor trenat	-40°C a +107°C
Profunditat de immersió amb densitat 1	≈15 mm
Pressió de funcionament	3 bar
Densitat mínima del líquid	0,75
Tipus d'interruptor Reed	SPST 50 VA cable SPST 20 VA conductor
Connexió elèctrica (longitud aprox. 0,6 m)	Cable: 0,34 mm ² PVC Conductor: AWG 22 PVC
Classe de protecció segons DIN 40050	IP64
Pes de la unitat llesta per l'enviament (aprox.)	20 g

Taula 9. Dades tècniques de l'interruptor amb flotador (vertical). Font: Elaboració pròpia segons el datasheet.

Paràmetre	Valor
Materials	
▪ Tub / Flotador	Polipropilè (no apropiat per olis minerals)
▪ Recobriments del cable	PVC
Temperatura	
▪ Polipropilè	-40°C a +107°C
Densitat mín. del líquid	
▪ Polipropilè	0,55
Pressió de funcionament	7 bar
Tipus d'interruptor Reed	20 VA
Cable de connexió (de 2,5 m)	22 AWG
Recorregut del flotador	55 mm
Classe de protecció segons DIN 40050	IP64
Pes de la unitat llesta per l'enviament (aprox.)	80 g

Taula 10. Dades tècniques de l'interruptor amb flotador (lateral). Font: Elaboració pròpia segons el datasheet.

A la figura 34 es poden veure els dos interruptors amb flotador a l'estació de mescla.

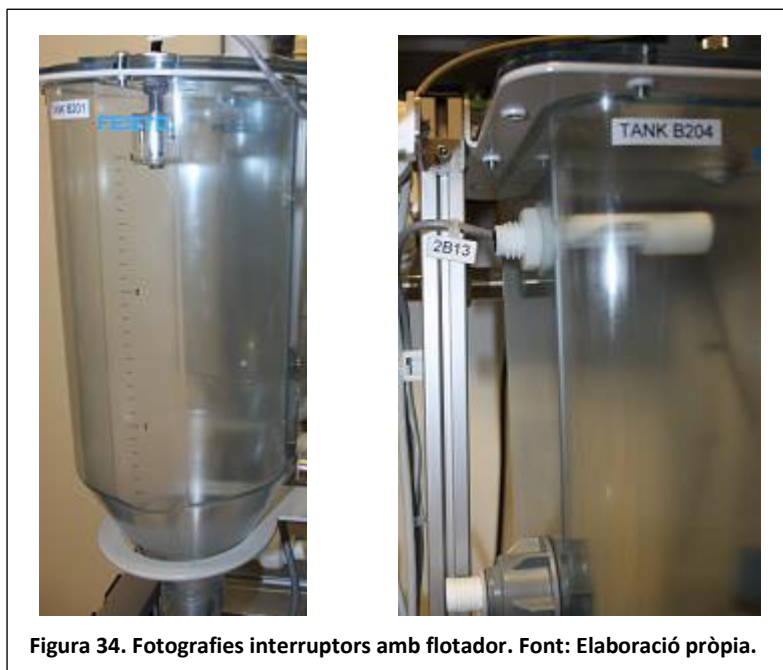


Figura 34. Fotografies interruptors amb flotador. Font: Elaboració pròpia.

Detector de posició capacitiu

Aquest detector es basa en l'avaluació del canvi capacitiu d'un condensador, inclòs en un circuit de regulació RC, de manera que si un material s'apropa al detector la capacitat augmenta. La seva sensibilitat es regula mitjançant un petit cargol d'ajustament. L'estat de commutació s'indica mitjançant un díode lluminós (LED) de color groc, mentre que un díode de color verd indica que el dispositiu ja està preparat per funcionar.

L'estació de mescles té sis detectors d'aquest tipus: dos al dipòsit tank B201, un als dipòsits tank B202 i tank B203, i dos al tank B204. Aquests detectors s'utilitzen per detectar el líquid i així indicar si el dipòsit conté el màxim i/o mínim de fluid. A la figura 35 es pot apreciar el disseny d'aquest detector.

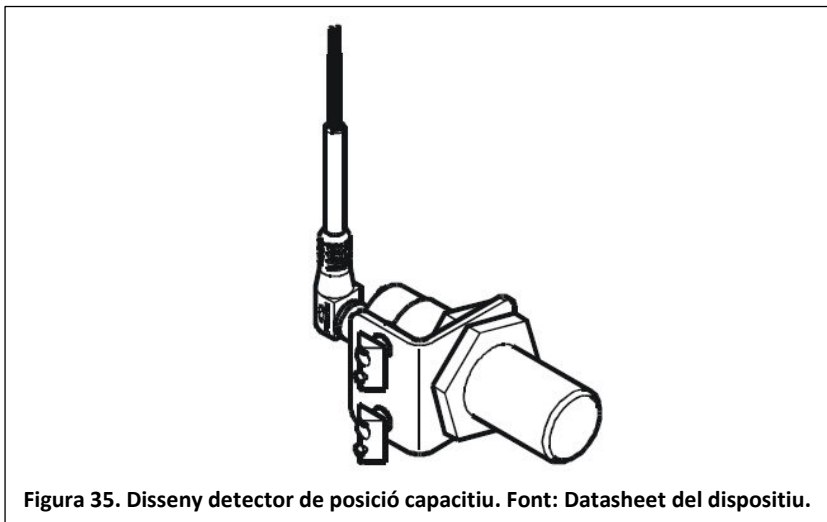


Figura 35. Disseny detector de posició capacitiu. Font: Datasheet del dispositiu.

A continuació a la taula 11 es presenten les dades tècniques del detector capacitiu.

Paràmetre	Valor
Tensió de funcionament admissible	12 a 48 V DC
Distància nominal de commutació (ajustable)	9,5 a 10 mm
Histèresis (en relació amb la distància nominal de commutació)	1,9 a 2 mm
Corrent màxima de commutació	200 mA
Freqüència màxima de commutació	25 Hz
Temperatura ambient admissible durant el funcionament	-10°C a +50°C
Materials	
▪ Tapa frontal	PTFE
▪ Cos	Llautó niquelat
Dimensions del cos	M18 x 59,7 mm
Indicacions	
▪ LED per a la tensió d'alimentació	Verd
▪ Element de commutació <<ON>> LED	Groc
Pes	55 g

Taula 11. Dades tècniques del detector de posició capacitiu. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

Tot seguit, a la figura 36, es presenta un dels detectors capacitius de l'estació de mescles.



Figura 36. Fotografia detector de posició capacitiu. Font: Elaboració pròpia.

Detector de cabal flotant (mecànic)

Aquest aparell consta d'un tub de vidre cònic vertical, de major diàmetre a la part superior. El fluid travessa el detector des de la part inferior elevand un element en forma de con, el qual, està suspès a l'interior del tub. Un cop queda establerta i equilibrada la peça, es pot llegir el cabal. A la figura 37 es pot percebre la forma del detector de cabal mecànic.



Seguidament a la taula 12 es poden analitzar les dades tècniques.

Paràmetre	Valor
Marge de mesurament amb aigua	20 a 250 l/h
Diàmetre nominal del tub de mesurament	15 mm
Materials	
▪ Tub de mesurament	Trogamida-T
▪ Element de connexió	PVC-U
Material de la junta	EPDM
Pressió de funcionament	Màx. 10 bar
Dimensions	
▪ Diàmetre interior x llarg	20 mm x 208 mm (L4)
Pes	0,12 Kg

Taula 12. Dades tècniques del detector de cabal flotant (mecànic). Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

A la figura 38 es pot contemplar el detector a l'estació de mescles.



Figura 38. Fotografia del detector de cabal (mecànic). Font: Elaboració pròpia.

Detector de cabal d'aletes (elèctric)

El líquid que flueix ha de ser transparent per a què funcioni adequadament. El fluid executa un moviment giratori provocat per l'element de torsió que es troba a la càmera de mesurament. Tot seguit, el líquid es dirigeix cap al rotor lleuger de tres aletes. Tenint en compte les revolucions del rotor es pot esbrinar el cabal, ja que les revolucions i el cabal són proporcionals, i aquestes revolucions es capturen fent ús del sistema opto-elèctric de raigs infrarojos, format per un díode i un transistor fotosensible. Finalment l'amplificador integrat emet un senyal rectangular estable, l'altura d'aquest senyal depèn de la tensió d'alimentació que ha de ser de 8 a 24 V DC. Aquest detector es pot muntar en qualsevol posició. A la figura 39 es presenta el circuit elèctric del detector per fer-ho més entenedor i a la figura 40 el seu disseny.

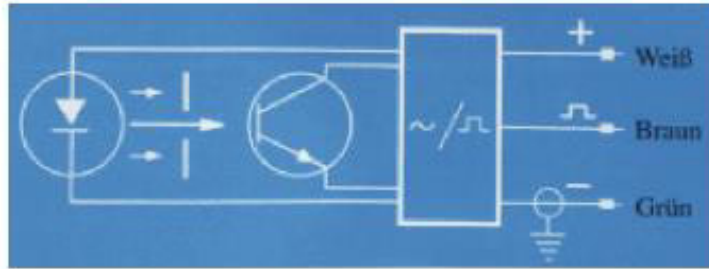


Figura 39. Circuit elèctric del detector de cabal d'aletes. Font: Datasheet del dispositiu.



Figura 40. Disseny del detector de cabal d'aletes. Font: Datasheet del dispositiu.

A la taula 13 es mostren les dades tècniques.

Paràmetre	Valor
Tensió de funcionament admissible	8 a 24 v DC
Consum de corrent	18 a 30 mA
Marge de freqüències (sortida)	40 a 1200 Hz
Carrega màxima	2,2 kΩ
Pressa de la senyal	Infraroja (optoelectrònica)
Marge de mesurament	0,3 a 9,0 l/min
Imprecisió de la mesura	±1% del valor mig, amb 20°C
Linealitat	±1% del valor mig
Pressió de funcionament	Màx. 10 bar
Marge de mesurament estàndard	-40°C a +85°C
Materials	
▪ Peces en contacte amb el fluid	PVDF
▪ Juntes	Vitón

Taula 13. Dades tècniques del detector de cabal d'aletes. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

La figura 41 mostra el detector a l'estació de mescles.

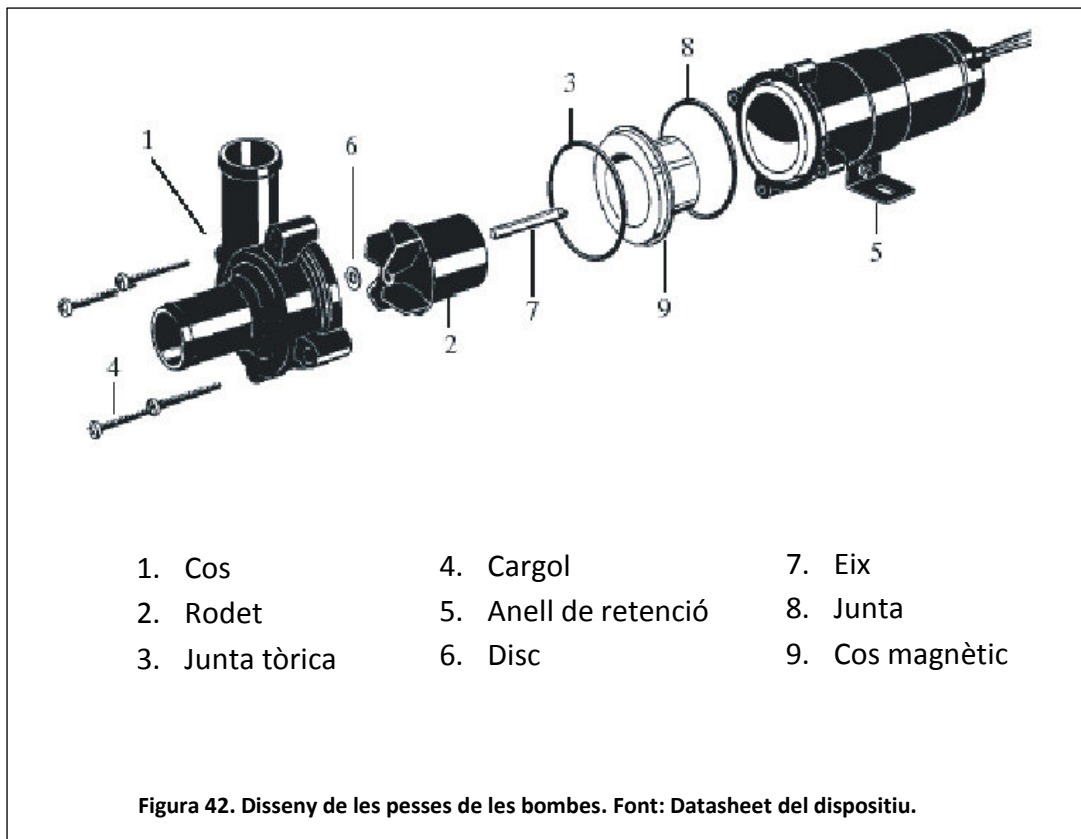


A.2.1.2 Actuadors

El concepte actuator, en aquest cas, fa referència a un dispositiu que és capaç d'utilitzar l'energia hidràulica, pneumàtica o elèctrica per complir amb una ordre d'un procés automatitzat. Així doncs, l'actuator rep una ordre del controlador i actua per fer possible aquesta ordre, per exemple l'accionament d'una vàlvula utilitza un funcionament pneumàtic que fa possible obtenir posicionaments (en el cas de l'estació deixa passar l'aigua o no la deixa passar).

Bomba hidràulica

La bomba s'encarrega de fer possible la circulació del fluid, com per exemple traslladar el líquid dels dipòsits dosificadors al dipòsit principal. L'estació de mescles disposa de dues bombes hidràuliques, una d'aquestes en principi està pensada per enviar l'aigua a una estació addicional, però en aquest cas se li dona unes altres funcions. Les bombes poden funcionar ininterrompudament, però és convenient fer-les servir plenes de líquid, o si es fan servir en sec és important no utilitzar-les més de mitja hora (si es dur a terme aquesta acció la bomba es danyarà). La bomba es pot muntar en qualsevol posició, no obstant, cal tenir en compte que si la bomba es munta horitzontalment la sortida ha d'anar sempre cap amunt per evitar bombolles d'aigua. A la figura 42 es visualitza el disseny dels objectes que formen cada bomba.



Tot seguit a la taula 14 es poden veure les dades tècniques de la bomba.

Paràmetre	Valor
Cos de la bomba	Material sintètic reforçat amb fibra de vidre (PPA, GF 30 %)
Eix	Acer inoxidable
Placa de desgast	Acer inoxidable
Junta tòrica	EPDM
Rodet	Cos: material sintètic reforçat amb fibra de vidre (PPS, GF 40 %) Imant: ferrita Suport: carboni amb resina
Cos de l'imant	Material sintètic reforçat amb fibra de vidre (PSU, GF 30 %)
Brida del motor	Material sintètic reforçat amb fibra de vidre (PA66, GF 30 %)
Cos del motor	Acer, ferro zincat
Recobriment del motor	Material sintètic reforçat amb fibra de vidre (PA 66, GF 30 %)
Cargols	Acer, ferro zincat
Suport del motor	Alumini pintat
Tipus de protecció	IP67 (DIN 40050)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Connexió ▪ Connector tipus clavilla per diàmetre exterior del tub 	<ul style="list-style-type: none"> 20 mm (3/4") 15 mm
Marges de temperatures	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Líquid ▪ Entorn 	<ul style="list-style-type: none"> -40°C a +100°C -40°C a +70°C
Pressió màxima del sistema	2,5 bar
Tensió de funcionament	24 V DC
Potència	26 W
Cabal màxim	10 l/min
Dimensions	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Llarg ▪ Ample ▪ Alt 	<ul style="list-style-type: none"> 170 mm 62 mm 75 mm
Pes	0,53 Kg

Taula 14. Dades tècniques de la bomba hidràulica. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

La figura 43 presenta les dues bombes a l'estació de mescles.

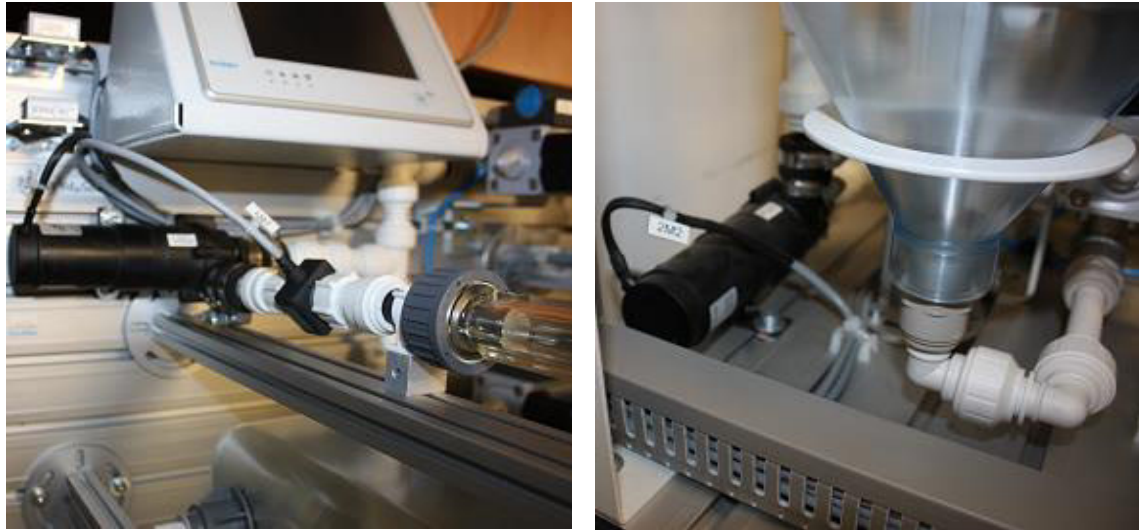


Figura 43. Fotografies de les bombes. Font: Elaboració pròpia.

Vàlvula de bola de dues vies

Cada dipòsit de dosificació té una vàlvula de dues vies que s'obre o es tanca mitjançant un sistema d'accionament neumàtic, de manera que depenen de l'acció de la vàlvula l'aigua circularà del dipòsit dosificador al tub o quedarà en repòs.

El sistema està format per una vàlvula de bola de llautó (2) amb un actuador giratori (4), que aconseguix el moment de gir mitjançant una cinemàtica de palanca i biela; una vàlvula NAMUR bridada (1) amb bobina elèctrica (3) i una caixa de detector (5), que s'utilitza principalment per a l'emissió de senyals electromagnètiques cap a la unitat de control i regulació, i també per a la indicació visualitzada per a l'operari. A la figura 44 es poden contemplar les diferents parts de les que consta la vàlvula de bola de dues vies.

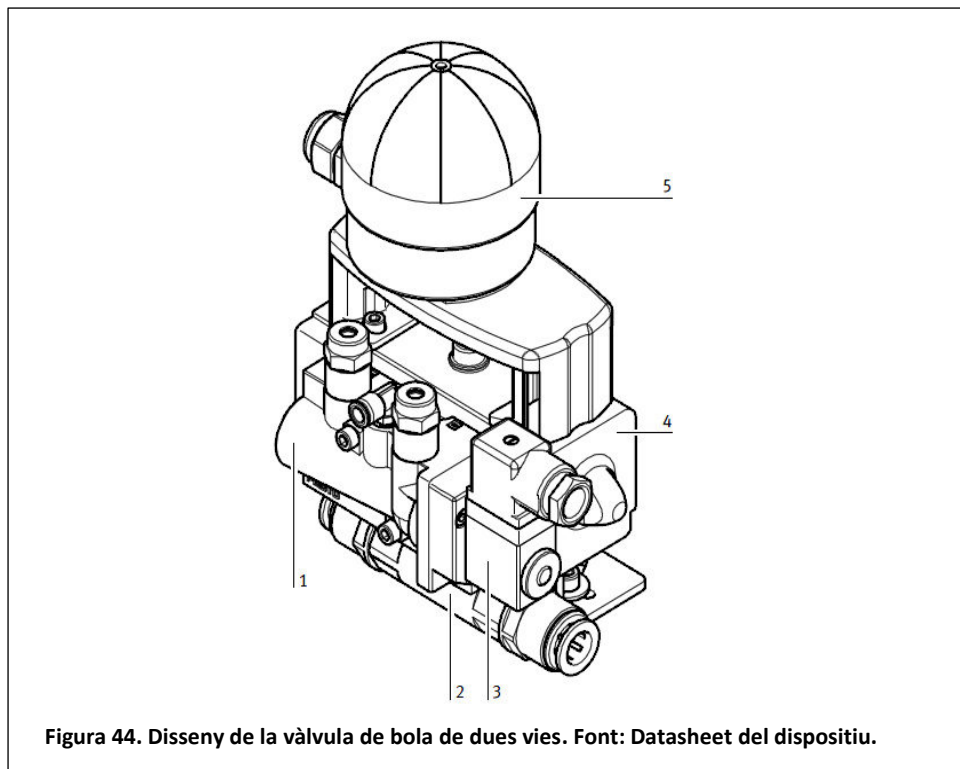


Figura 44. Disseny de la vàlvula de bola de dues vies. Font: Datasheet del dispositiu.

Tot seguit a la figura 45 es pot veure el circuit elèctric del sistema pneumàtic de l'estació de mescles. On es pot distingir la vàlvula de tancat esfèric (1), la electrovàlvula (2) i l'estrangulació d'escapament (3). La taula 15, 16 i 17 exposen, respectivament, les dades tècniques dels tres components.

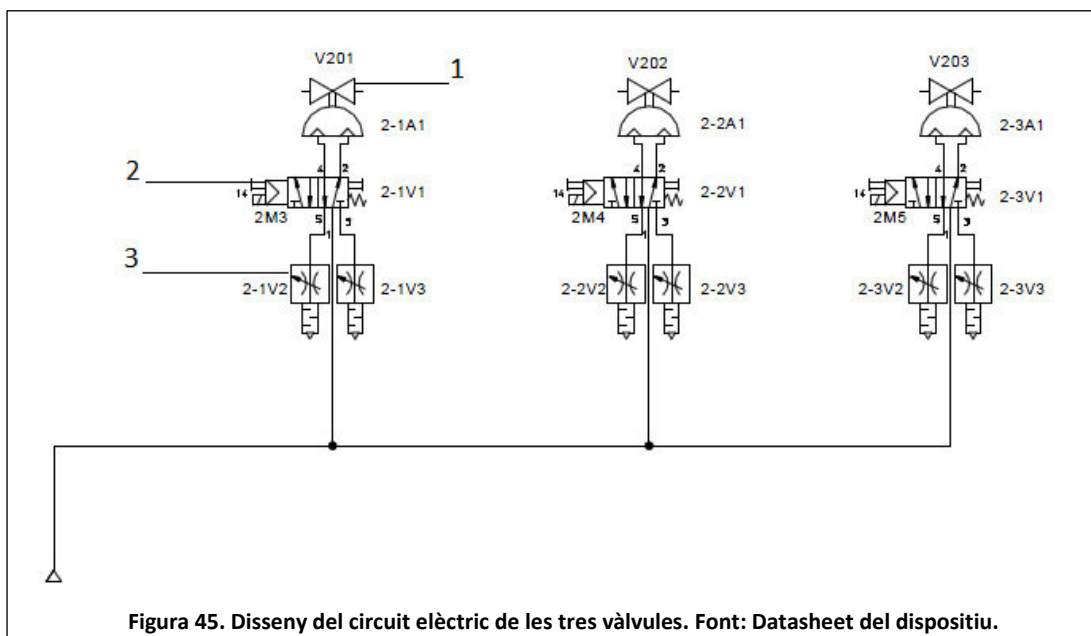


Figura 45. Disseny del circuit elèctric de les tres vàlvules. Font: Datasheet del dispositiu.

Paràmetre	Valor
Diàmetre nominal	15 mm
Tipus d'accionament	pneumàtic
Posició de muntatge	Indistint
Construcció	Vàlvula de bola
Pressió nominal de funcionament	40 bar
Cabal nominal normal	283,33 l/min
Fluid	Líquid neutre, aigua, gasos neutrals i aire comprimit
Temperatura del medi	-20°C a +150°C
Pes del producte	400 g
Connexió neumàtica 1	Rp ½
Connexió neumàtica 2	Rp ½
Material de les juntes	PTFE
Material del cos	Llautó
Classe de resistència a la corrosió KBK	1

Taula 15. Dades tècniques de la vàlvula de tancat esfèric. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

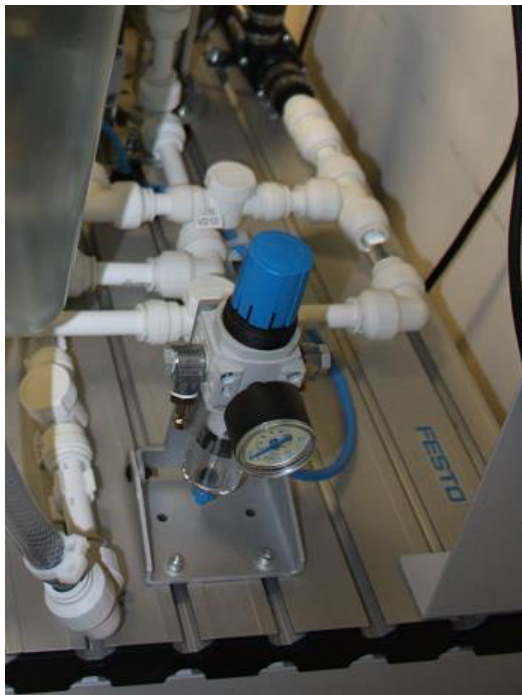
Paràmetre	Valor
Diàmetre nominal	7 mm
Tipus d'accionament	Elèctric
Posició de muntatge	Indistint
Funció d'escapament	Estrangula-ble
Construcció	Seient de plat
Tipus de reposició	Moll mecànic
Tipus de control	Prepilotat
Pressió de funcionament	2 a 10 bar
Cabal nominal normal	900 l/min
Desconnexió del temps de commutació	100 ms
Connexió del temps de commutació	50 ms
Temperatura ambient	-5 °C a +40 °C
Fluid	Aire comprimit filtrat, sense lubricar, grau de filtració de 40 µm Aire comprimit filtrat i lubricat, grau de filtració de 40 µm
Classe de resistència a la corrosió KBK	1
Pes del producte	260 g
Connexió pneumàtica 1	G1/4
Connexió pneumàtica 3	G1/4
Connexió pneumàtica 5	G1/4
Material de cos	Alumini anoditzat

Taula 16. Dades tècniques de la electrovàlvula. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

Paràmetre	Valor
Funció de les vàlvules	Funció de regulador de cabal i silenciador
Posició de muntatge	Indistint
Pressió de funcionament	0 a 10 bar
Cabal nominal normal en el sentit de l'estrangulació	996 l/min
Fluid	Aire comprimit filtrat, sense lubricar Aire filtrat i lubricat
Temperatura del medi	-10°C a +70°C
Temperatura ambient	-10°C a +70°C
Connexió pneumàtica 1	G1/4
Material de la xaveta cargola-ble	Aliatge forjable d'alumini
Material de les juntes	NBR
Material del cargol de regulació	Llautó

Taula 17. Dades tècniques de l'estrangulació d'escapament. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

El sistema pneumàtic és alimentat amb aire comprimit a través d'un filtre regulador amb manòmetre amb el qual es pot regular la pressió de l'aire comprimit. Aquest filtre regulador ha rebut prèviament l'aire comprimit d'un compressor d'aire com el que es pot veure a la figura 46, on també es pot observar el filtre regulador. El filtre regulador pot rebre com a màxim a 16 bar l'aire comprimit i a l'hora de treballar amb aquest el pot subministrar a un màxim de 12 bars.



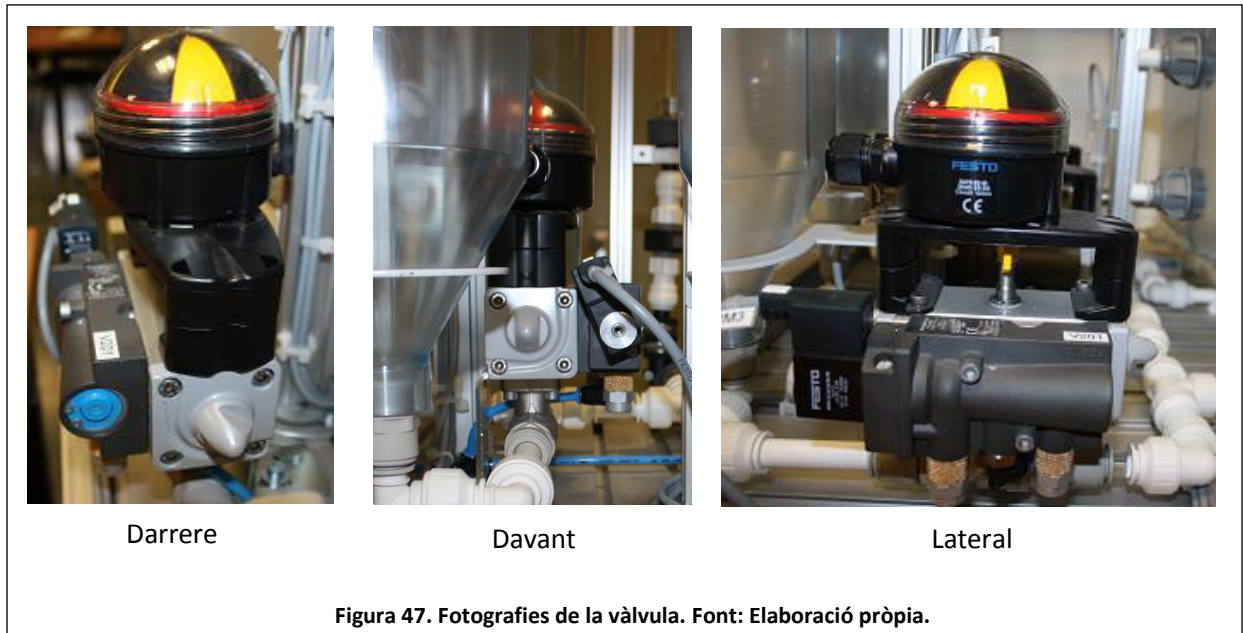
Filtre regulador de pressió



Compressor d'aire

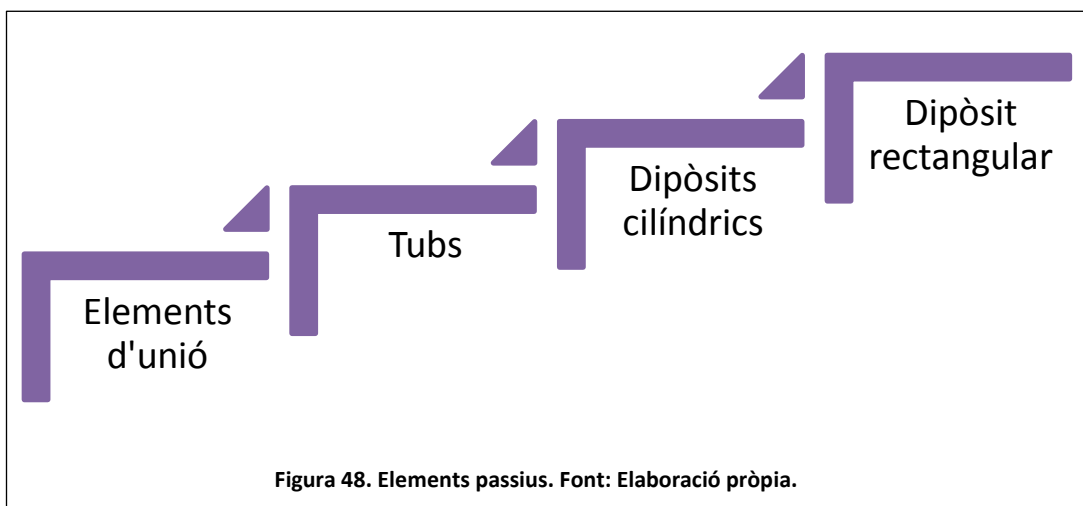
Figura 46. Fotografia del filtre regulador i del compressor. Font: Elaboració pròpia.

Finalment a la figura 47 es presenten tres imatges de una de les vàlvules a l'estació de mescles.



A.2.2 Elements passius

L'estació de mescla conté principalment quatre tipus d'elements passius, la figura 48 els manifesta.



A.2.2.1 Elements d'unió

Permeten connectar els diferents tubs de manera ràpida, fiable i hermètica. La figura 49 mostra els diversos tipus d'elements d'unió que s'utilitzen a l'estació. El primer element de la dreta és una vàlvula manual i s'encarrega de deixar passar el líquid o no.

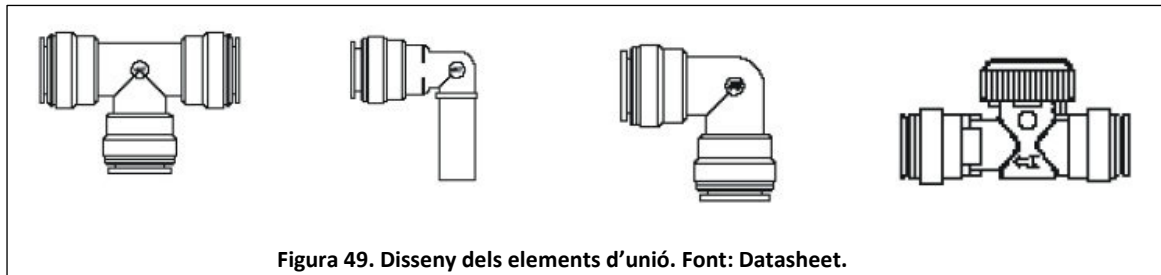


Figura 49. Disseny dels elements d'unió. Font: Datasheet.

A la taula 18 es descriuen les dades tècniques.

Paràmetre	Valor
Tipus de sistema	
▪ Sistema d'aigua freda	20°C/10 bar
▪ Sistema d'aigua calenta	65°C/7bar
▪ Sistema de calefacció central	82°C/4 bar
Força de desconnexió	>1200 N/20°C
Pressió d'esclat	> 40 bar/20°C
Fluids	Aigua, diversos gasos
Pressió de funcionament	Màx. 6 bar amb 80°C
Material	Material sintètic PEM (membranes de polímer electrolític)
Diàmetre exterior del tub	15 mm

Taula 18. Dades tècniques dels elements d'unió. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

A.2.2.2 Tubs

Els tubs s'utilitzen per traslladar el líquid i així fer possible formar el circuit hidràulic. A la figura 50 es mostra el disseny d'un tub.

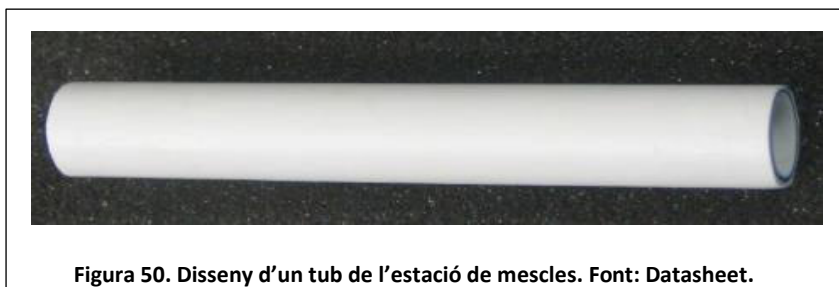


Figura 50. Disseny d'un tub de l'estació de mescles. Font: Datasheet.

A la taula 19 es projecten les dades tècniques d'aquest element.

Paràmetre	Valor
Material	Polietilè (sense plom i sense tòxics)
Temperatura i pressió	
▪ Aigua calenta	6 bar amb 65°C
▪ Aigua freda	12 bar amb 20°C
▪ Interrupcions periòdiques (no utilitzar amb una font de calor incontrolada)	114°C
Fluid	Aigua
Llum	Protegir davant de raigs ultraviolats (llum solar)
Dimensions	
▪ Diàmetre exterior del tub	15 mm
▪ Longitud de la barra	2 m

Taula 19. Dades tècniques dels tubs. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

Tot seguit es poden veure a la figura 51 una imatge dels tubs i elements d'unió de l'estació de mescles.

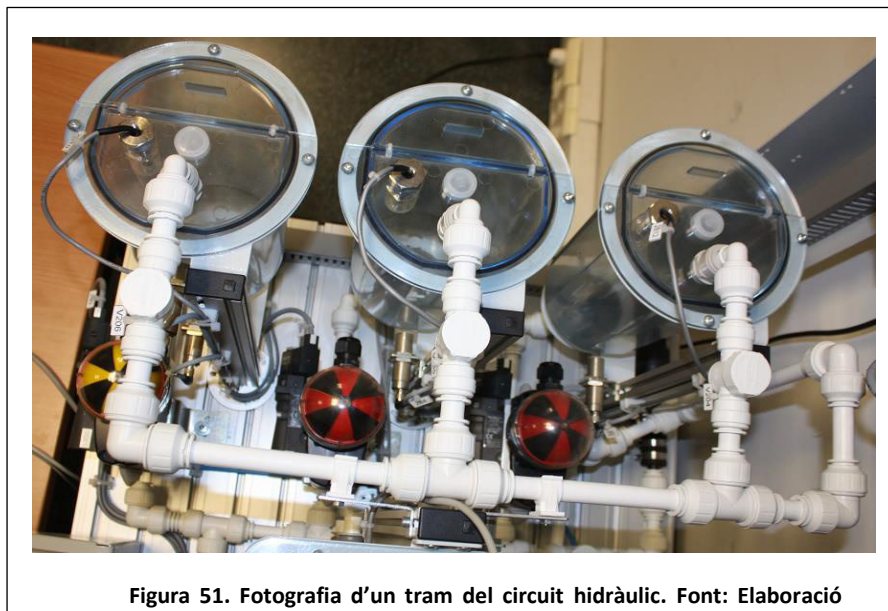


Figura 51. Fotografia d'un tram del circuit hidràulic. Font: Elaboració

A.2.2.3 Dipòsits cilíndrics

Els dipòsits cilíndrics s'utilitzen per emmagatzemar líquids. Aquest tipus de dipòsit cilíndric permet connectar detectors i altres materials, com ara una manega. A la part inferior del dipòsit es troba un broquet de connexió d40 per a l'evacuació del fluid. La figura 52 presenta el disseny del dipòsit cilíndric.

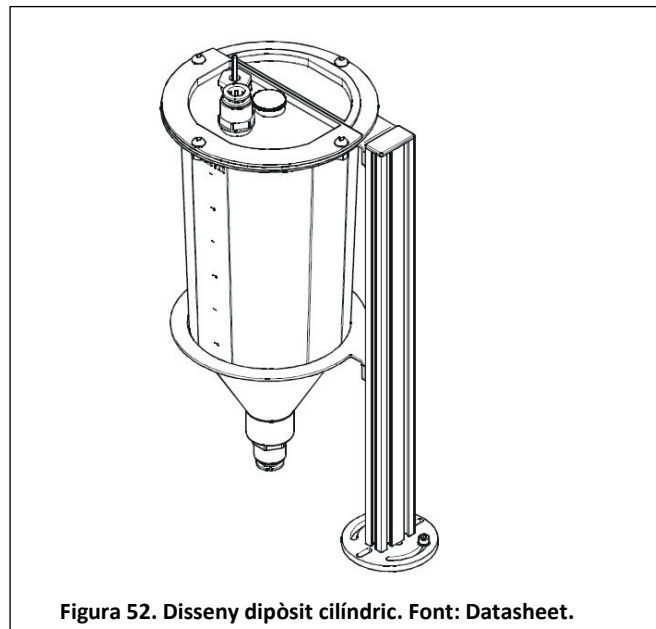


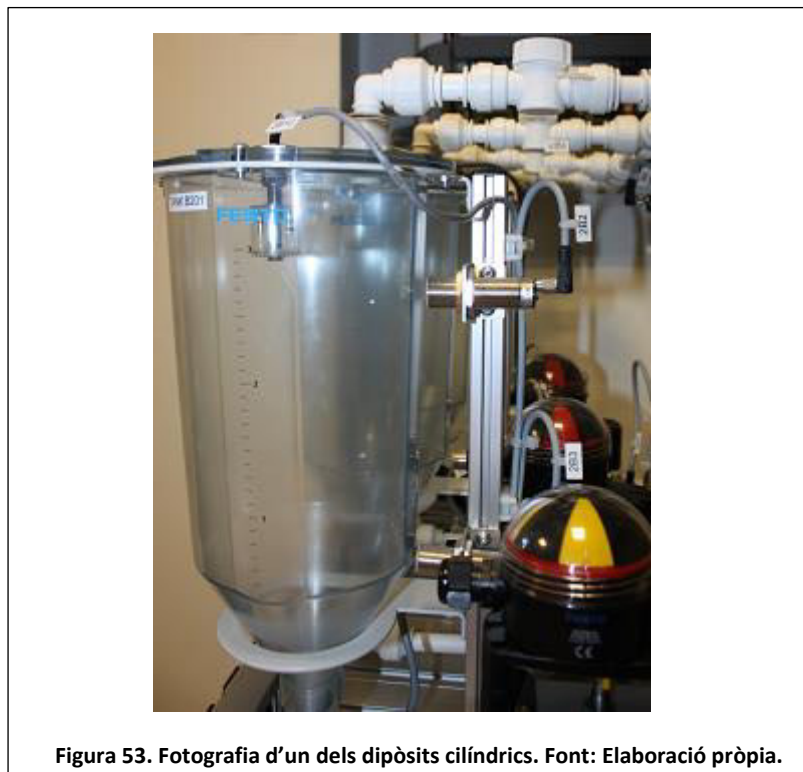
Figura 52. Disseny dipòsit cilíndric. Font: Datasheet.

La taula 20 presenta les dades tècniques del dipòsit.

Paràmetre	Valor
Material	Makrolon 2805
Temperatura de funcionament admissible	Màx. +65°C
Capacitat	Màx. 4 l (volum total del dipòsit)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volum aprofitable ▪ Escala del dipòsit 	<ul style="list-style-type: none"> 3 l 0,5 a 3 l
Dimensions aproximades del cilindre	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diàmetre exterior/interior ▪ Altura exterior/interior 	<ul style="list-style-type: none"> 150 mm/140 mm 210 mm/200 mm
Dimensions aproximades del con inferior	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diàmetre exterior/interior ▪ Altura exterior/interior 	<ul style="list-style-type: none"> 60 mm/50 mm 90 m/80 mm
Connexions per diàmetre exterior del tub	15 mm

Taula 20. Dades tècniques dels dipòsits cilíndrics. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

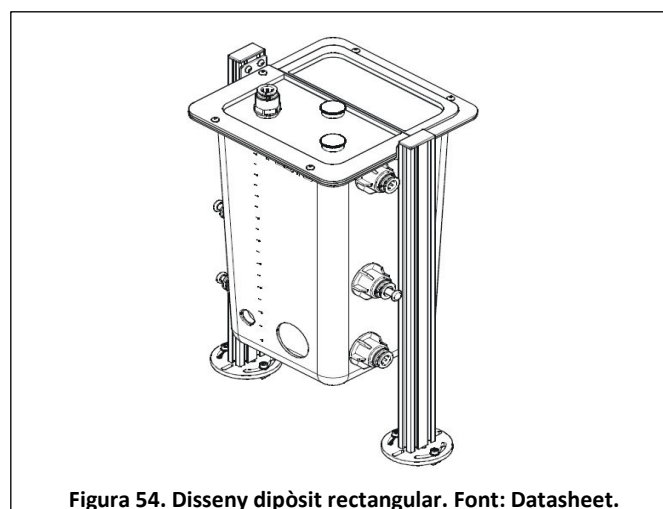
A la figura 53 es pot observar una imatge d'un dels tres dipòsits cilíndrics.



A.2.2.4 Dipòsit rectangular

El dipòsit rectangular té un volum més ampli que el dels dipòsits cilíndrics i per això s'utilitza com el principal. També fa possible la utilització de detectors i altres materials.

A la figura 54 s'exposa un disseny del dipòsit rectangular o principal.



A la taula 21 es poden analitzar les dades tècniques del dipòsit principal.

Paràmetre	Valor
Material	Makrolon 2805
Temperatura de funcionament admissible	Màx. +65°C
Capacitat	Màx. 12 l (volum total del dipòsit)
▪ Volum aprofitable	10 l
▪ Escala del dipòsit	0,5 a 10 l
Dimensions	
▪ Amplada exterior/interior	200 mm/190 mm
▪ Altura exterior/interior	350 mm/340 mm
▪ Profunditat exterior/interior	200 mm/190 mm
Connexions per diàmetre exterior del tub	15 mm

Taula 21. Dades tècniques del dipòsit rectangular. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

La figura 55 mostra una imatge del dipòsit principal.

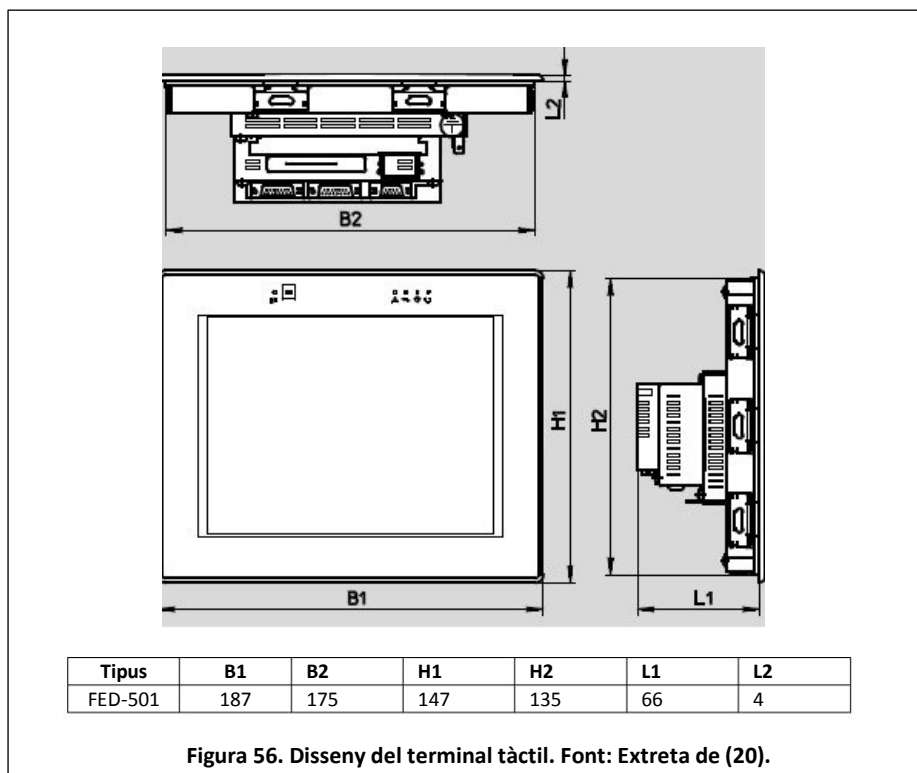


A.2.3 Components addicionals

A.2.3.1 Terminal tàctil FED 500

S'utilitza com a interfície entre l'usuari i l'estació, de manera que permet controlar de forma senzilla les tasques d'automatització. Aquest terminal permet una gran versatilitat a l'hora de representar processos i dades ja que pot representar gràficament els processos i les

dades. A la figura 56 es pot veure el disseny del terminal en diverses perspectives i amb diverses mesures de alçada, amplada i profunditat.



La taula 22 exposa les dades tècniques del terminal.

Paràmetre	Valor
Tensió nominal d'alimentació DC	24 V
Marge de tensió de funcionament DC	De 18 a 30 V
Consum de corrent amb tensió nominal de funcionament	1 A
Interfície AUX	Connector Sub-D tipus sòcol, 9 contactes
Interfície d'impressora	Connector Sub-D tipus sòcol, 15 contactes, RS232
Interfície per PC	Connector Sub-D tipus sòcol, 15 contactes, RS232
Software de programació	FED Designer, versió 6.06 o superior
Interfície PLC	Connector Sub-D tipus clavilla, 15 contactes, RS232
Bateria de seguretat	3 V / 270 mA (liti)
Relloige de temps real	Si
Desviació del rellotge	130 s/mes
Tipus de protecció	IP65 a la part frontal, IP20 a la part posterior
Característiques de visualització	Pantalla tàctil
Indicador	LCD monocromàtic
Mida de la representació	5,6"
Resolució del display	¼ VGA, 320x240 píxels
Quantitat de colors	8 escales de gris
Memòria d'usuari	32 MByte
Memòria de programa	32 KByte
Llistat d'esdeveniments	1024
Dimensions	
▪ Alçada	147 mm
▪ Amplada	187 mm
▪ Profunditat	70 mm
Temperatura ambient	0°C a +50°C
Pes del producte	1400 g

Taula 22. Dades tècniques del terminal tàctil. Font: Elaboració pròpia a partir de (20).

La figura 57 presenta una imatge del terminal a l'estació de mescles.

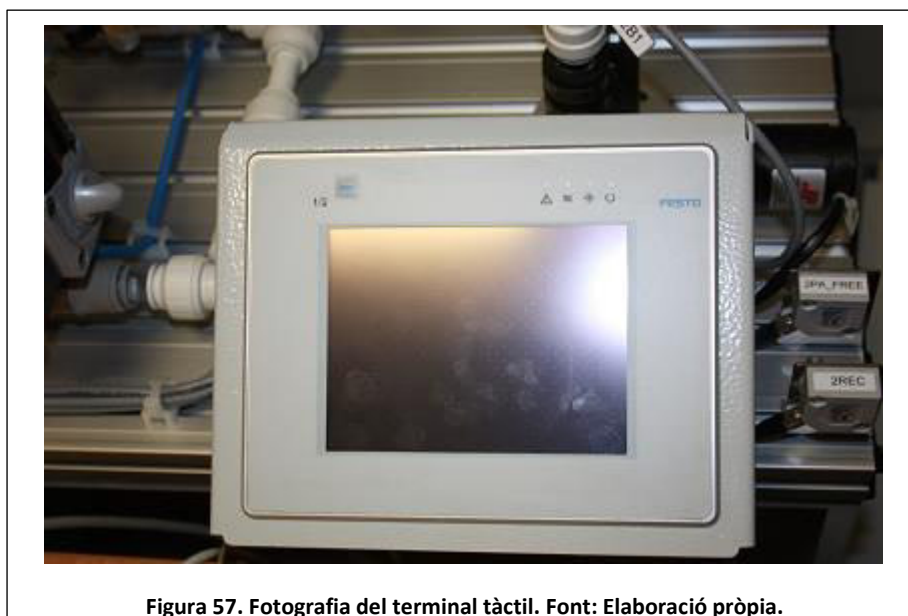


Figura 57. Fotografia del terminal tàctil. Font: Elaboració pròpia.

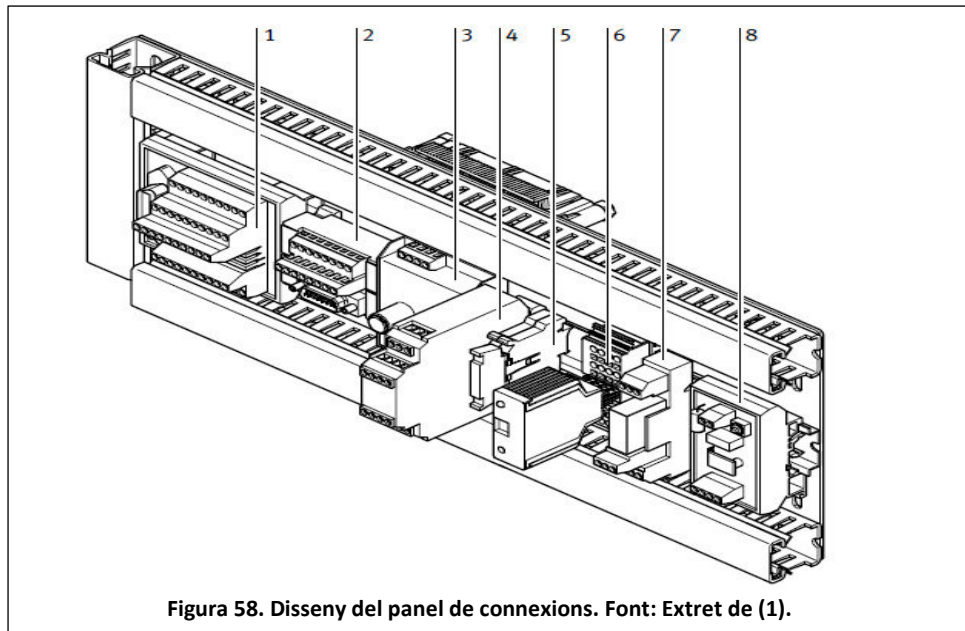
A.2.3.2 Panel de connexions

El panel de connexions de l'estació de mescles fa de interfície pels senyals d'entrada i sortides analògiques i digitals. Tots els senyals analògics es transformen de 0 a 10 V i es disposen en el terminal analògic. Les senyals binàries són màxim vuit entrades i vuit sortides per estació, i es posen en el terminal de E/S.

El panel de connexions conté:

1. **Terminal E/S (estació Syslink):** Connexió d'entrades, com ara detectors capacitius, i connexió de sortides, com per exemple bombes.
2. **Terminal analògic (Syslink analògic):** Connexió analògica del valor real x y de la magnitud y .
3. **Comparador:** Mitjançant els potenciòmetres és possible convertir el valor real en un senyal digital.
4. **Accionament del motor:** Permet l'accionament analògic de motors, de manera que de 0 a 10 V correspon de 0 a 24 V.
5. **Pont:** Quan el pont està en connexió analògica s'activa analògicament l'actuador, com ara la bomba. Quan el pont està en connexió digital l'actuador s'activa de manera digital.
6. **Convertidor de mesurament de freqüència/tensió:** Transforma senyals de procés en valors de tensió uniformes de 0 a 10 V.
7. **Circuit de protecció contra sobreeiximent:** Si un dipòsit està a punt de sobrepassar la capacitat del dipòsit, s'obre un commutador del flotador, el relé es desactiva i s'interromp l'alimentació de corrent a les bombes.
8. **Limitador de corrent d'arrencada:** Limita el corrent màxim de l'estació, com ara el corrent d'arrencada de les bombes.

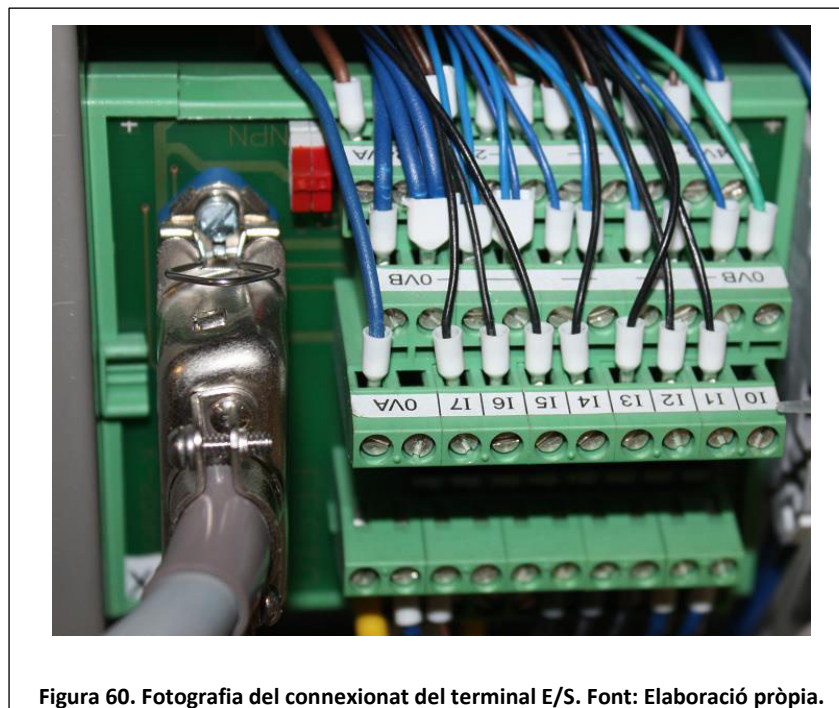
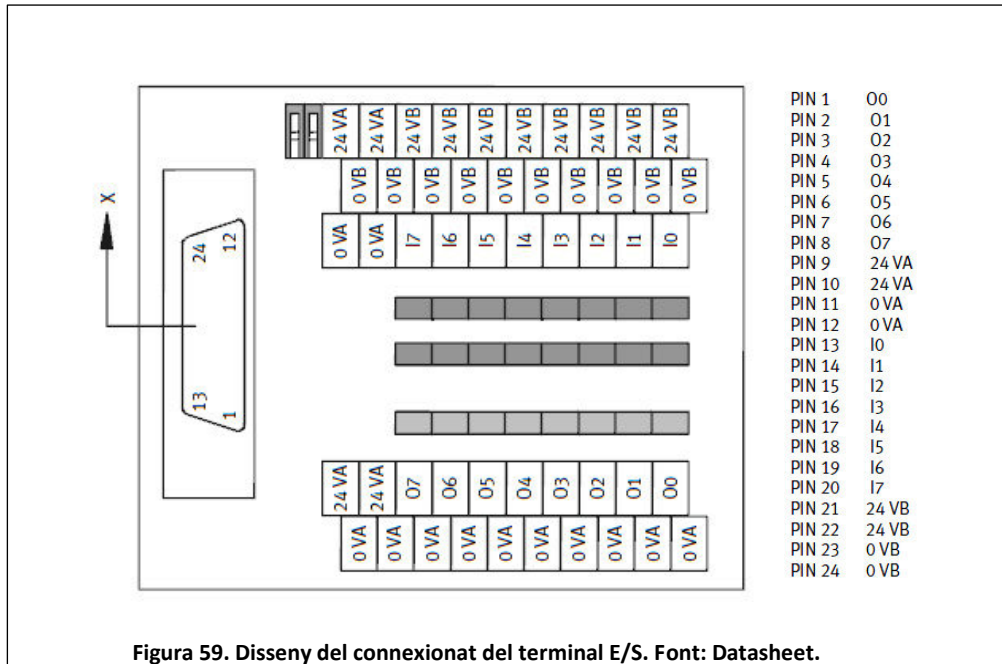
A la figura 58 es pot veure un disseny del panel de connexions on s'enumeren els mòduls que el componen i que han estat breument explicats anteriorment.



Tot seguit es detallen de manera més explícita el terminal E/S , el terminal analògic i el convertidor de mesurament de freqüència/tensió, per obtenir una idea més específica de les connexions i de les seves dades tècniques.

Terminal d'entrades i sortides

El terminal d'E/S proporciona vuit entrades i vuit sortides en borns de cargol. Tanmateix, alimenten els detectors i actuadors proporcionant 0 i 24 V. També mostra quin és l'estat de cada entrada i sortida a partir de vint-i-quatre LEDs. A la figura 59 es manifesta un disseny que facilita la comprensió del connexionat que conté aquest mòdul, a més a més, a la figura 60 es pot veure una imatge del terminal i així tenir una millor idea del que es llegeix.



A continuació es pot observar a la taula 23 les dades tècniques.

Paràmetre	Valor
Nombre d'entrades amb LED	8
Nombre de sortides amb LED	8
Nombre de terminals a 0 V	22
Nombre de terminals a 24 V	12
Connector	Amphenol-Tuchel 24-pin, 57 GE series

Taula 23. Dades tècniques del terminal E/S. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

Terminal analògic

El terminal analògic és una regleta de borns optimitzada per connectar actuadors i detectors analògics mitjançant un connector Sub-D de 15 contactes a una unitat de control, com ara un PLC. Aquest mòdul fa possible connectar quatre senyals analògiques d'entrada i dues senyals analògiques de sortida. A la figura 61 es pot veure un disseny del connexionat del mòdul i a la figura 62 una imatge d'aquest a l'estació de mescles.

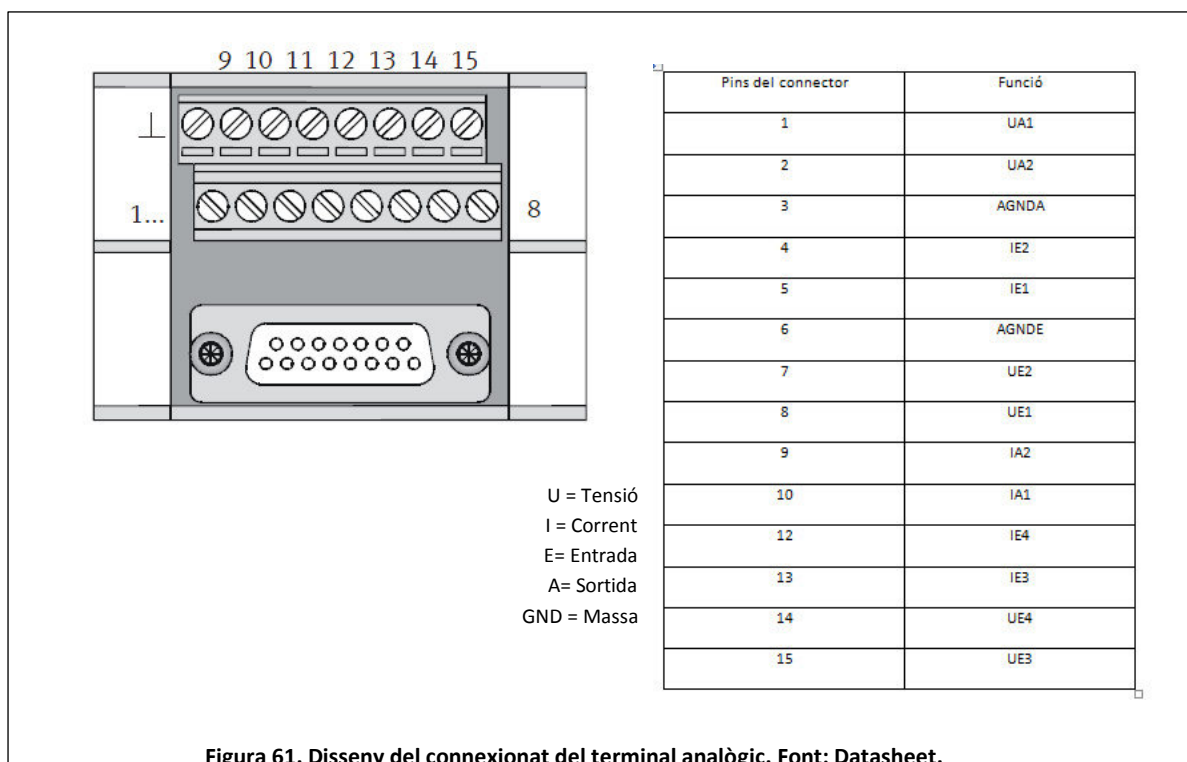
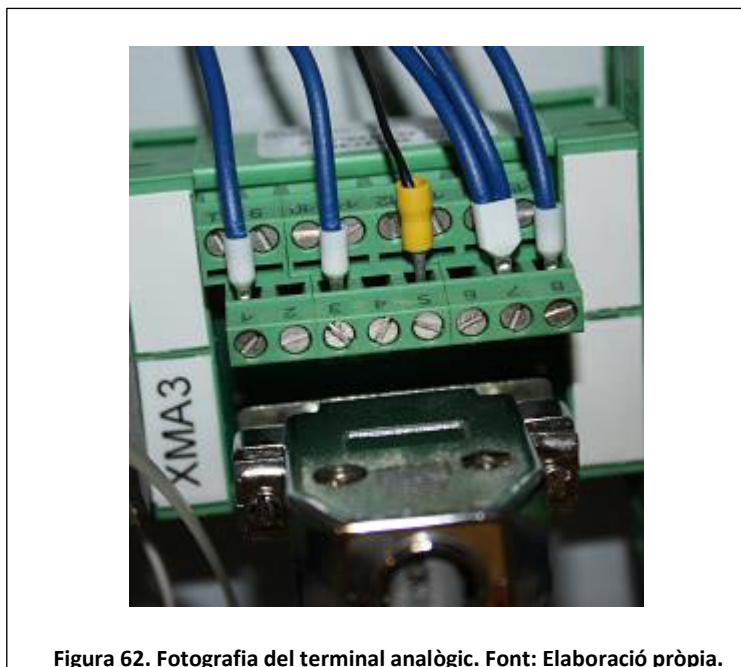


Figura 61. Disseny del connexionat del terminal analògic. Font: Datasheet.



A la taula 24 es poden mirar les dades tècniques del terminal analògic.

Paràmetre	Valor
Nombre d'entrades analògiques	4
Nombre de sortides analògiques	2
Tensió nominal U_N	125 V
Carrega elèctrica màx. per branca	2,5 A
Quantitat de contactes	15
Dimensions	
▪ Llarg	45 mm
▪ Ample	65 mm
▪ Alçada	42 mm
Temperatura ambient (en funcionament)	-20°C a +50°C

Taula 24. Dades tècniques del terminal analògic. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

Convertidor de mesurament de freqüència/tensió

El convertidor de mesurament s'encarrega de transformar el valor mesurat amb el detector de cabal en una tensió que estigui dins del marge comprés entre 0 i 10 V. El convertidor funciona amb tensió continua de 24 V. El convertidor està format per tres parts:

1. Convertidor PT100/U.
2. Bloc base.
3. Espai per retolació.

A la figura 63 es pot veure una imatge de les tres parts que componen el convertidor.

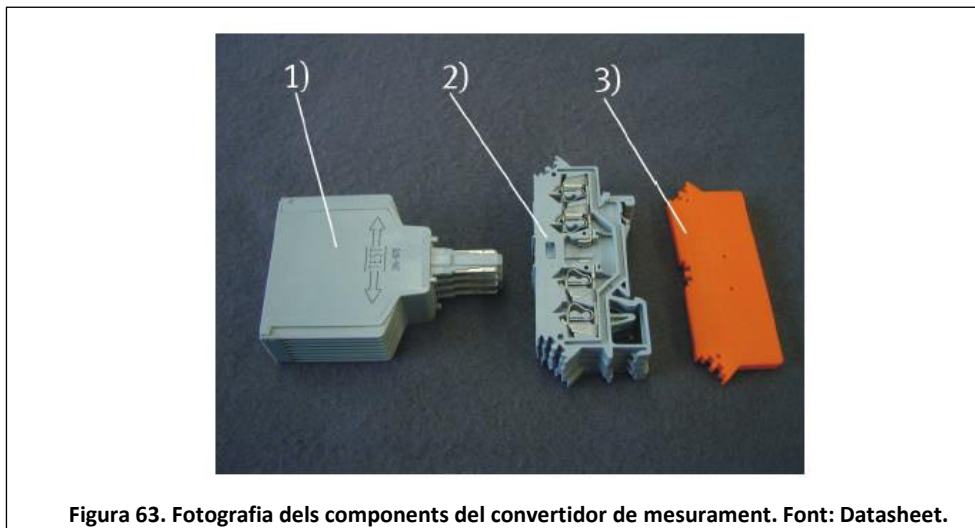


Figura 63. Fotografia dels components del convertidor de mesurament. Font: Datasheet.

A la taula 25 es projecten les dades tècniques del Convertidor PT100/U i a la taula 26 les del bloc base.

Paràmetre	Valor
Temperatura ambient admissible	55°C
Tensió de funcionament	20 a 30 V DC
Consum de corrent	12 mA
Error de linealitat	<0,1 %
Error de transmissió	<0,1 %
Entrada	
▪ Generador de freqüències rectangulars	0 a 1 KHz
▪ Nivell del senyal	6V _{SS} a 30V _{SS}
▪ Temps	3 s
Sortida	
▪ Senyal de sortida	0 a 10 V
▪ Carrega de sortida	>2 KHz
Color	Gris

Taula 25. Dades tècniques del Convertidor PT100/U. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

Paràmetre	Valor
Secció	0,08 a 2,5 mm ²
Tensió de funcionament NE	400 V
Grau de brutícia	3
Corrent nominal	10 A
Pes	21,028 g
Color	Gris
Tipus de cablejat	Frontal
Nombre total de borns	2
Nombre total de potencial	2
Dimensions	
▪ Alçada	28 mm
▪ Amplada	22 mm
▪ Profunditat	50 mm
▪ Longitud aïllada	8 a 9 mm

Taula 26. Dades tècniques del Convertidor PT100/U. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

A.3 PLC

L'autòmat programable ha estat subministrat per la companyia OMRON, que s'ocupa d'oferir productes i serveis basats en la tecnologia de detecció i control d'automatització industrial, de fabricar components electrònics i equips mèdics, és a dir, equips relacionats amb l'electromedicina (21). Aquest PLC està format per cinc mòduls i un dispositiu de interfície, els quals fan possible el tractament de senyals d'entrada i sortida, la comunicació amb altres dispositius, com ara el terminal tàctil; i realitzar operacions analògiques, com ara el control PID. Els elements que componen el mòdul s'anomenen: CJ1W-PA202, CJ1M, CJ1W-DRM21, CJ1W-MAD42, CJ1W-MD232 i XW2D-40G6. A la figura 64 es pot observar una fotografia del PLC.

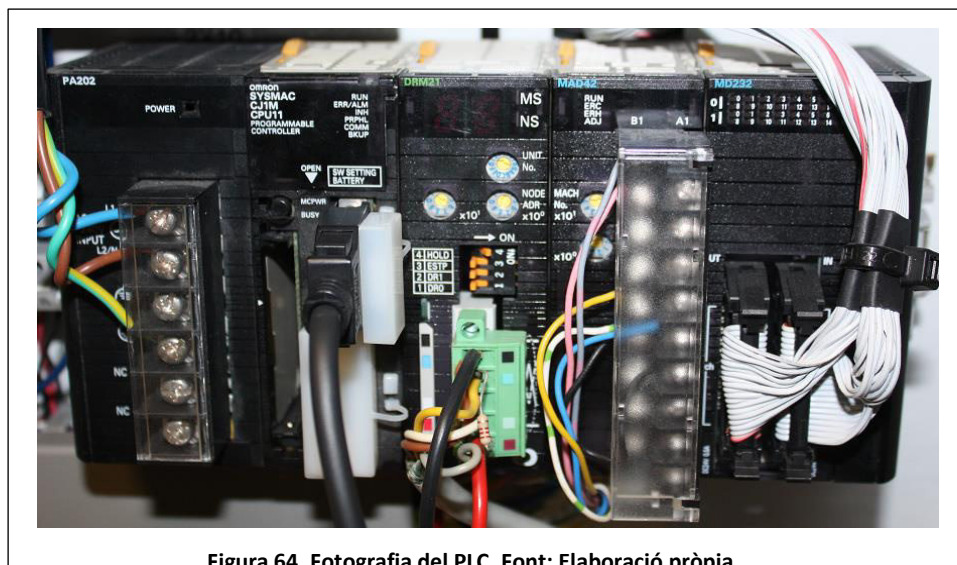


Figura 64. Fotografia del PLC. Font: Elaboració pròpia.

A.3.1 CJ1M

El CJ1M és un mòdul que compta amb un processador, en aquest cas és la CPU 11. La informació del CJ1M ha estat extreta del Manual de programació: Autòmats programables (2). Algunes de les seves característiques són les següents:

- Disposa de entrades i sortides integrades.
- Disposa d'una interfície per una targeta de memòria, un port RS-232C i un port perifèric que permeten diverses opcions, com ara programar el dispositiu. A la figura 65 es pot veure una imatge on estan descrites aquestes parts.
- Disposa de la funció PC-Link que permet la carrega i descarrega d'informació entre varis equips.
- Proporciona funcions avançades.
- Suporta un alt grau de connectivitat entre xarxes, com ara Ethernet i Device Net.
- Programari de programació CX-Programmer a partir de la versió 3 o superior.

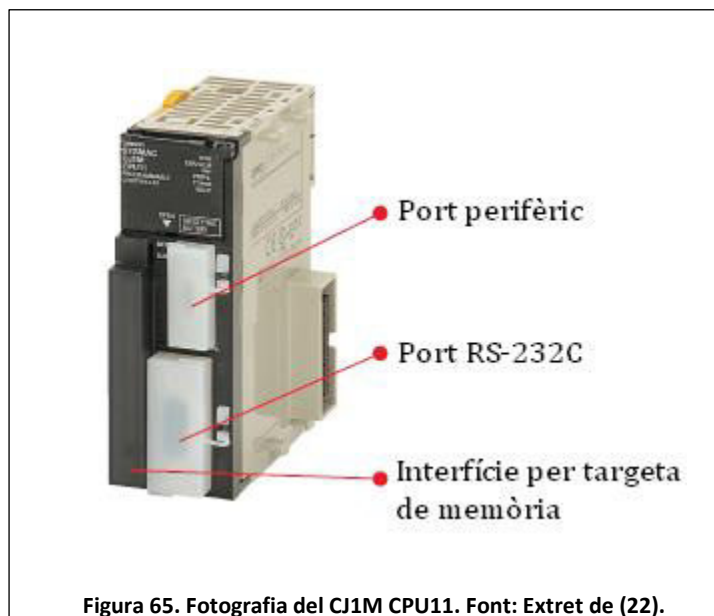


Figura 65. Fotografia del CJ1M CPU11. Font: Extret de (22).

Tot seguit a la taula 27 es mostra l'estructura de l'àrea de memòria del CJ1M i a la taula 28 es presenten les dades tècniques del mòdul.

Àrea de dades		Mida	Rang
Àrea CIO	Àrea de E/S	1280 bits	CIO0000 a CIO0079
	Data Link	3200 bits	CIO1000 a CIO1199
	Unitat de bus	6400 bits	CIO1500 a CIO1899
	Unitats especials de E/S	15360 bits	CIO2000 a CIO2959
	PC Link sèrie	1440 bits	CIO3100 a CIO3189
	E/S integrades	10 bits + 6 bits (1 canal + 1 canal)	CIO2960 a CIO2961
	Device Net	9600 bits	CIO3200 a CIO3799
	Àrea interna E/S	37504 bits / 4800 bits	CIO1200 a CIO1499 CIO3800 a CIO6143
Àrea WR		8192 bits	W000 a W511
Àrea HR		8192 bits	H000 a H511
Àrea AR		15360 bits	A000 a A959
Àrea TR		16 bits	TR0 a TR15
Àrea DM		32768 canals	DM00000 a DM32767
Àrea EM		--	--
Àrea de temporitzadors		4096 canals	T0000 a T4095
Àrea de comptadors		4096 canals	C0000 a C4095
Àrea de flags de tasques		32 bits	TK00 a TK32
Registres índex		16 registres	IR0 a IR15
Registres de dades		16 registres	DR0 a DR15

Taula 27. Estructura de l'àrea de memòria del CJ1M. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

Paràmetre	Valor
Número d'entrades i sortides	160
Bastidor d'expansió	No suportat
Nombre màxim de unitats connectables	10
Capacitat del programa	5000 passos
Capacitat de la memòria de dades	32000 paraules (només en DM)
Nombre de subrutines i salts	256
Dimensions	
▪ Amplada	31 mm
▪ Alçada	90 mm
▪ Profunditat	65 mm

Taula 28. Dades tècniques del mòdul CJ1M CPU11. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

A.3.2 CJ1W-PA202

El mòdul PA202 s'empra com a font d'alimentació del PLC, alimentant així tots els altres elements que formen el PLC. La informació d'aquest mòdul s'ha extret del document SYSMAC CJ-series Power Supply Unit CJ1W-PA/PD (22). La figura 66 presenta un disseny del dispositiu, mostra les connexions terminals d'aquest.

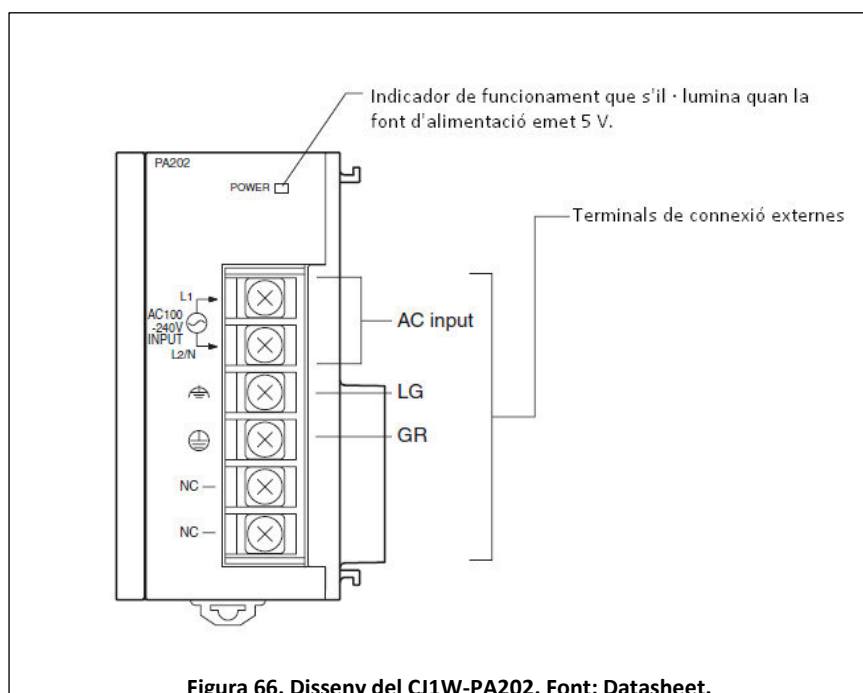


Figura 66. Disseny del CJ1W-PA202. Font: Datasheet.

A la taula 29 es recullen les seves dades tècniques.

Paràmetre	Valor
Voltatge d'alimentació	100 a 240 V AC a 50/60 Hz
Corrent de sortida a 5 V DC	2,8 A
Corrent de sortida a 24 V DC	0,4 A
Consum total	14 W
Resistència d'aïllament	20 MΩ mínim entre els terminals AC i GR
Temperatura de funcionament	0°C a 55°C
Humitat de funcionament	10% a 90%
Dimensions	
▪ Amplada	45 mm
▪ Alçada	90 mm
▪ Profunditat	81,6 mm

Taula 29. Dades tècniques del mòdul CJ1W-PA202. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

A.3.3 CJ1W-DRM21

El mòdul CJ1W-DRM21 és la unitat de DeviceNet de CJ1. Aquesta es pot utilitzar com a unitat mestre, com unitat esclava o com unitat mestra i esclava simultàniament. La informació d'aquest mòdul s'ha extret del document Device units: SYSMAC CS/CJ Series, CS Series: CS1W-DRM21(-V1), CJ Series: CJ1W-DRM21 (23). Les dades tècniques es presenten a la taula 30.

Paràmetre	Valor
Nombre màxim de nodes esclaus per mestre	63 nodes
Nombre màxim de canals d'entrada i sortida per esclau, controlables per unitat mestre	100 canals d'entrada i 100 canals de sortida
Màxim nombre de mestres que es poden muntar	Direccions fixes: 3 unitats Direccions definides per l'usuari: 16 unitats
Màxim nombre de punts de control per unitat mestre	Sense configurador: Direccions fixes, 2048 punts (64 canals d'entrada/64 canals de sortida) o direccions definides per l'usuari 16.000 punts. Amb configurador: 32.000 punts (500 canals per 4 àrees).
Zones de localització d'entrades i sortides remotes	Sense configurador: Canals de DeviceNet de CJ1 a l'àrea CIO, i canals definits per l'usuari a l'àrea CIO, a l'àrea DM, a l'àrea WR, a l'àrea EM o a l'àrea HR. Amb configurador: Canals definits per l'usuari a l'àrea CIO, a l'àrea DM, a l'àrea WR, a l'àrea EM o a l'àrea HR.
Màxima longitud de missatges: <ul style="list-style-type: none"> ▪ SEND (192) ▪ RECV (193) ▪ CMND (194) 	<ul style="list-style-type: none"> 267 canals 269 canals 542 bytes

Taula 30. Dades tècniques del mòdul CJ1W-DRM21. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

La figura 67 projecte un disseny del mòdul on es pot veure cadascun dels comandaments que es poden utilitzar.

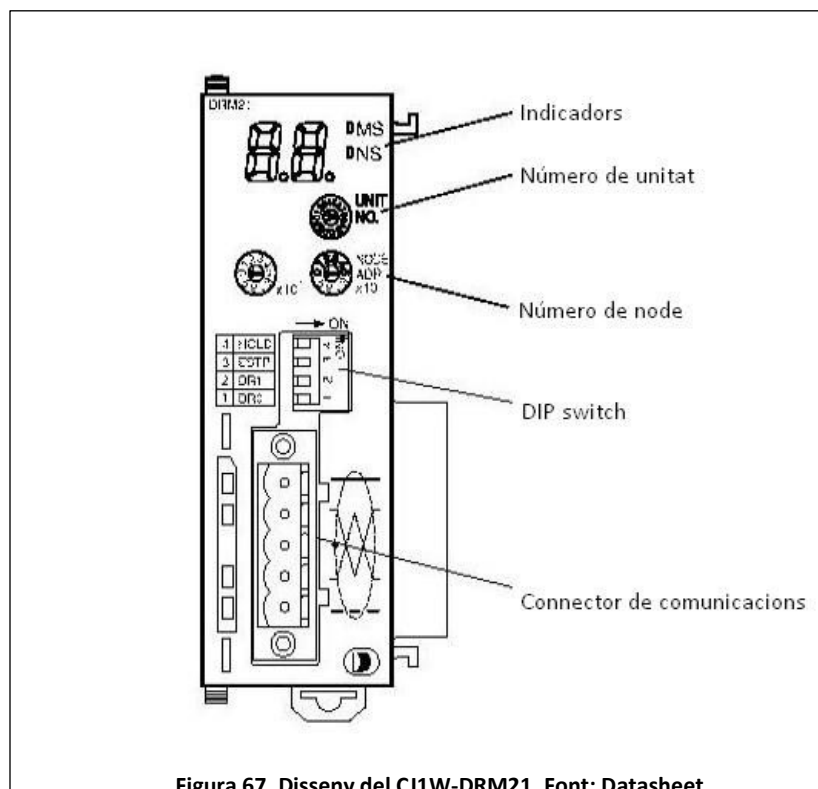


Figura 67. Disseny del CJ1W-DRM21. Font: Datasheet.

Els indicadors que conté el DRM21 són dos leds lluminosos bicolor i s'anomenen MS i NS. A la taula 31 s'expliquen els seus funcionaments.

Colors	MS	NS
Verd	Fixe: Funcionament del mòdul normal. Parpelleig: S'està llegint la configuració dels interruptors (switches).	Fixe: Estat correcte de la xarxa. Parpelleig: Estat correcte de la xarxa, però les comunicacions no han estat establertes (normalment el mestre està analitzant la xarxa).
Vermell	Fixe: Error fatal (normalment de hardware). Parpelleig: Error no fatal normalment d'interruptors (switches).	Fixe: Error fatal, com ara nombre de node duplicat. Parpelleig: Error no fatal, normalment error de comunicacions amb algun esclau.
Cap color	El mòdul no ha estat alimentat o espera el començament de les comunicacions.	El mestre està sol a la xarxa.

Taula 31. Funcions dels indicadors del mòdul CJ1W-DRM21. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

El CJW1-DRM21 disposa de dos displays de 7 segments per indicar l'estat de la xarxa. El funcionament és correcte quan s'indica el número del node mestre, mentre que és incorrecte si indica de manera alternativa el número del node i el número d'error que té el node indicat. A més cada display disposa d'un punt que indica si està activada o no la llista de SCAN i el funcionament dels esclaus. El funcionament dels punts es pot observar a la taula 32.

Estat	Punt esquerra	Punt dret
ON	Mestre parat	Esclau funcionant
Parpelleig	Llista de Scan desactivada	
OFF	Llista de Scan activada	Esclau parat

Taula 32. Funcions dels punts del display del mòdul CJ1W-DRM21. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

El número d'unitat defineix el número d'unitat especial de la targeta a la CPU i el número de node defineix el número de node de la unitat que es configura amb dos dígitos decimals i té un rang de configuració que va des de 0 a 63. També disposa de quatre microinterruptors (DIP switch), a la taula 33 es poden veure les seves funcions.

Tasques		PINS			
		1	2	3	4
Velocitat	125 Kbps	OFF	OFF	--	--
	250 Kbps	ON	OFF	--	--
	500 Kbps	OFF	ON	--	--
	No permès	ON	ON	--	--
Comunicació mestre	Continuar comunicació	la --	--	OFF	--
	Parar comunicació	la --	--	ON	--
Comunicació esclau	Esborrar sortides remotes	--	--	--	OFF
	Mantenir sortides remotes	--	--	--	ON

Taula 33. Funcions dels microinterruptors. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

A.3.4 CJ1W-MAD42

El MAD42 és una unitat especial d'entrades i sortides analògiques. La informació d'aquest mòdul s'ha extret de la guia ràpida del mòdul analògic CJ1W-MAD42 (24). A la taula 34 es poden veure les seves dades tècniques.

Paràmetre	Valor
Consum de corrent	580 mA màx. A 5 Vcc
Dimensions	
▪ Amplada	31 mm
▪ Alçada	90 mm
▪ Profunditat	65 mm
Pes	150 g màx.
Número màxim d'unitats	En el bastidor de la CPU màxim tres unitats En el bastidor de expansió màxim quatre unitats
Intercanvi de dades amb CPU	Àrea d'unitats de E/S: canals CIO 2000 al CIO 2959

Taula 34. Dades tècniques del mòdul MAD42. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

Les taules 35 i 36 projecten les característiques principals de les entrades i sortides analògiques respectivament.

	Tensió d'entrada/sortida	Corrent d'entrada/sortida
Número màx. de punts	4	4
Rang de senyal	1 a 5 V 0 a 5 V 0 a 10 V -10 a +10 V	4 a 20 mA
Rang d'entrada màx.	±15 V	±30 mA
Dades de sortida convertida	Dades binàries de 16 bits	
Precisió	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 25°C ±0,2% de l'escala completa ▪ 0°C a 55°C ±0,4% de l'escala completa 	
Temps de conversió	1,0 ms/500 µs màx. per punt	
Funcions d'entrada	Valor mig de procés, retenció del valor màxim de conversió, escalat i detecció de desconnexió de les entrades	

Taula 35. Característiques de les entrades del mòdul MAD42. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

	Tensió d'entrada/sortida	Corrent d'entrada/sortida
Número màx. de punts	2	2
Rang de senyal	1 a 5 V 0 a 5 V 0 a 10 V -10 a +10 V	4 a 20 mA
Precisió	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 25°C ±0,3% de l'escala completa ±0,3% de l'escala completa ▪ 0°C a 55°C ±0,5% de l'escala completa ±0,6% de l'escala completa 	
Temps de conversió	1,0 ms/500 µs màx. per punt	
Dades de sortida	Dades binàries de 16 bits	
Funcions de sortida	Retenció del valor de sortida, escalat i funció de conversió de proporció	

Taula 36. Característiques de les sortides del mòdul MAD42. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

El mòdul MAD42 de quatre leds que són utilitzats per indicar el funcionament de la unitat i els errors. La taula 37 mostra el significat d'aquests leds.

LED	Significat	Indicador	Estat d'operació
Run (Verd)	En funcionament	Encès	Funcionament en mode normal
		Apagat	La unitat ha parat d'intercanviar dades amb la CPU
ERC (Vermell)	Error a la targeta analògica	Encès	Ha ocorregut una alarma(com la detecció de desconexió) o la configuració inicial no és correcte
		Apagat	Funcionament normal
ERH (Vermell)	Error a la CPU	Encès	Un error ha ocorregut durant l'intercanvi de dades amb la CPU
		Apagat	Funcionament normal
ADJ (Groc)	Mode ajust	Parpelleig	Funcionament en mode d'ajust de offset/guany
		Apagat	Un altre funcionament

Taula 37. Funcions dels leds del mòdul MAD42. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

A.3.5 CJ1W-MD232

El mòdul MD232 és una unitat d'entrades i sortides digitals. Aquest s'enllaça amb el terminal de connectors de blocs XW2D-40G6 a partir del cable de connexió de la sèrie XW22 i el connector MIL. La informació d'aquest mòdul s'ha extret del document CJ1 BASIC I/O MODULES (25) i del document Slim Connector-Terminal Block Conversion Units XW2D (26). La figura 68 presenta una imatge del XW2D-40G6.

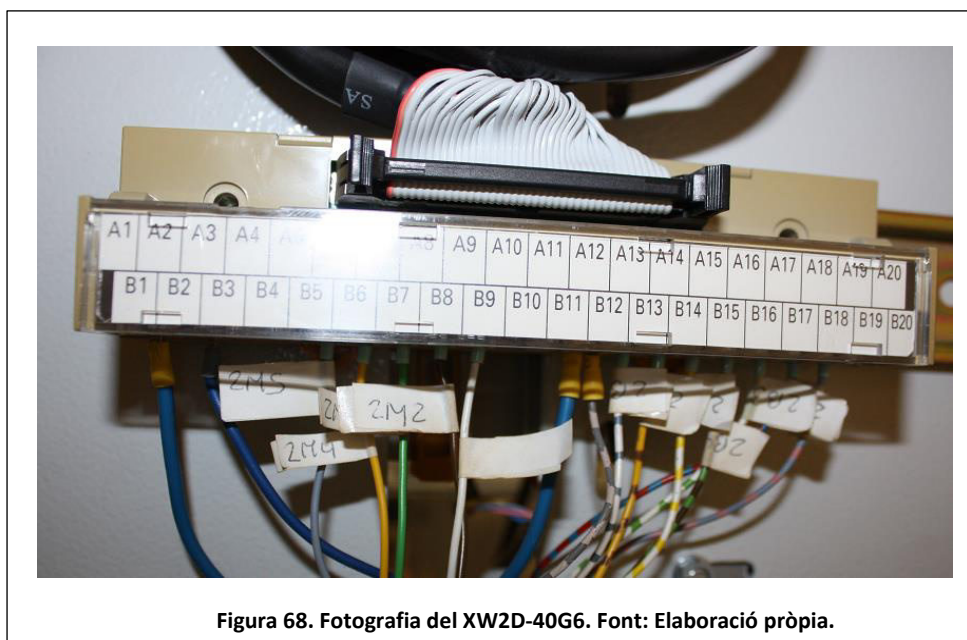


Figura 68. Fotografia del XW2D-40G6. Font: Elaboració pròpia.

La taula 38 manifesta les dades tècniques del MD232 i la taula 39 les dades tècniques del XW2D-40G6.

Paràmetre	Valor
Corrent d'entrada	7 mA o menys
Entrades i sortides	16 entrades i 16 sortides
Voltatge d'entrada	24 V DC

Taula 38. Dades tècniques del mòdul MD232. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

Paràmetre	Valor
Corrent nominal	1 A
Voltatge nominal	125 V AC, 24 V DC
Resistència d'aïllament	100 M Ω mín. (a 500 V DC)
Temperatura ambient d'operació	0°C a 55°C
Nombre de pins	40

Taula 39. Dades tècniques del dispositiu XW2D-40G6 . Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

A.4 SENSOR DE NIVELL

El sensor de nivell s'ha afegit a part dels components addicionals oferts per festo. Està situat al dipòsit principal i s'usa en el controlador PID. El sensor Siemens, anomenat PEPPER+FUCHS model UB400-12GM-I-V1, funciona amb ultrasons i s'utilitza per mesurar el nivell de l'aigua en el dipòsit principal. La informació d'aquest sensor s'ha obtingut del document Sensor ultrasònic UB400-12GM-I-V1 (27). A la figura 69 es mostra una imatge del sensor i la taula 40 presenta les dades tècniques d'aquest.



Figura 69. Fotografia del sensor de nivell Siemens. Font: Elaboració pròpia.

Paràmetre	Valor
Rang de detecció	30 a 400 mm
Rang d'ajustament	50 a 400 mm
Espai cec	0 a 30 mm
Freqüència del transductor	Aprox. 310 KHz
Retard de resposta	Aprox. 50 ms
LED groc	Groc permanent: Objecte en rang d'avaluació Groc intermitent: Funció TEACH-IN, objecte detectat
LED vermell	Vermell permanent: Avaria Vermell intermitent: Funció TEACH-IN, objecte no detectat
Tensió de treball U_B	10 a 30 V CC
Corrent en el buit	≤ 30 mA
Mode d'entrada	1 entrada teach-in Límit d'avaluació inferior: $-U_B$ a +1V Límit d'avaluació superior: +4V a $+U_B$ Impedància d'entrada: $> 4,7$ K Ω Impuls teach-in ≥ 1 s
Tipus de sortida	1 sortida analògica de 4 a 20 mA, a prova de curtcircuit i sobrecarrega.
Resolució	0,17 mm
Desviació de la línia característica	± 1 % del valor final
Reproductibilitat	$\pm 0,5$ % del valor final
Impedància de carrega	0 a 300 Ω amb $U_B > 10$ V 0 a 500 Ω amb $U_B > 15$ V
Influència de la temperatura	$\pm 1,5$ % del valor final
Temperatura ambient	-25°C a 70°C
Tipus de protecció	IP67
Connexió	Connector de l'aparell V1 (M12 x 1), 4 pols
Material de carcassa	Llautó niquelat
Material de transductor	Resina Epoxy/Mescla d'esferes de vidre; Espuma Poliuretà, tapa PBT
Massa	25 g

Taula 40. Dades tècniques del Sensor Siemens PEPPER+FUCHS. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

ANNEX B: ETIQUETAT I CONNEXIONS

B.1 INTRODUCCIÓ

Aquest apartat descriu l'etiquetatge dels elements de l'estació de mescles, com ara els detectors i actuadors. Tanmateix explica les connexions que s'han dut a terme per integrar la maqueta al PLC.

B.2 ETIQUETATGE

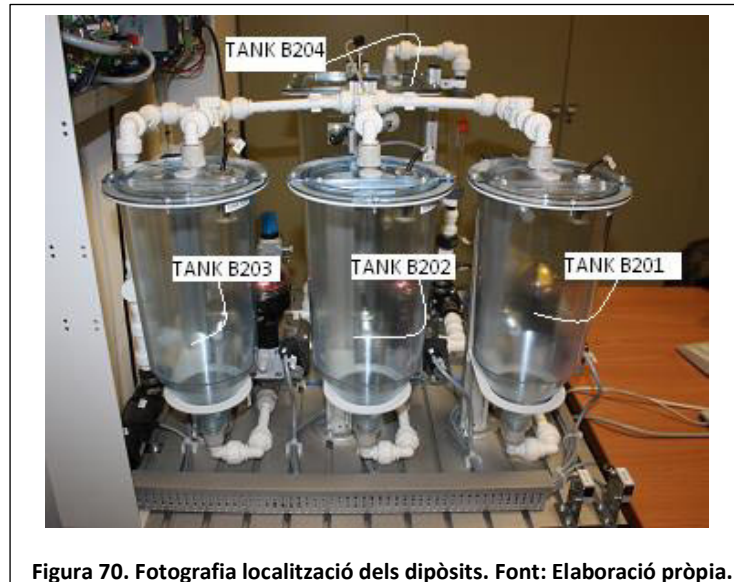
En aquest apartat es veurà l'etiquetatge dels components actius que són utilitzats, és a dir, aquells dispositius que s'utilitzen com a entrades o sortides en el PLC i són emprats per dur a terme el projecte. També s'estudiarà l'etiquetatge de les vàlvules manuals i els dipòsits que formen part dels elements passius. Tanmateix es mostrarà l'etiquetatge dels elements més importants de la placa de connexions. No obstant, no s'indicarà l'etiquetatge dels interruptors amb flotador, ja que no s'utilitzaran al codi de programació i el seu ús es dura a terme accionant el relé, com a mesura de protecció, desactivant les bombes quan així sigui necessari. El sensor de nivell no disposa de etiquetat, per tant tampoc s'indicarà cap etiquetatge.

Cal tenir clar l'etiquetatge per evitar conflictes alhora d'usar un dispositiu o un altre.

B.2.1 Elements passius

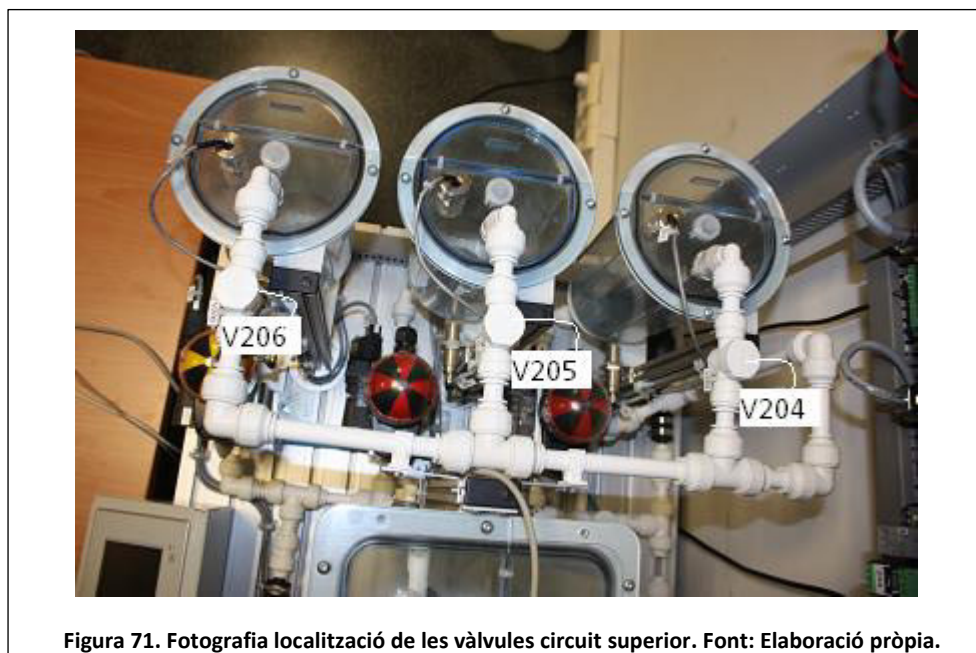
B.2.1.1 Dipòsits

Els dipòsits porten la paraula TANK davant dels números que els distingeixen. El dipòsit principal s'etiqueta TANK B204, mentre que els dipòsits dosificadors s'anomenen TANK B201, TANK B202 i TANK B203. La figura 70 esmenta la localització dels elements de manera visual.

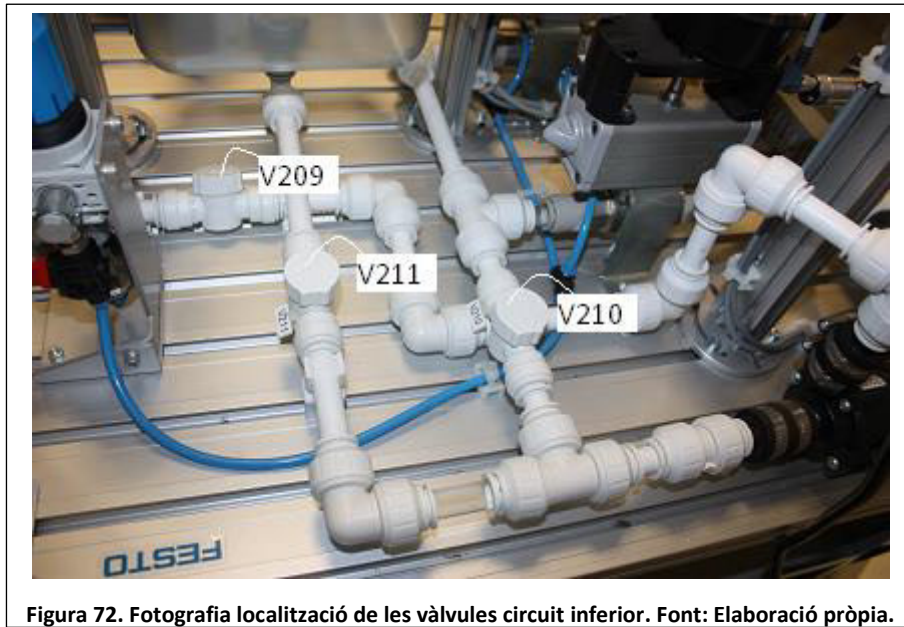


B.2.1.2 Vàlvules manuals

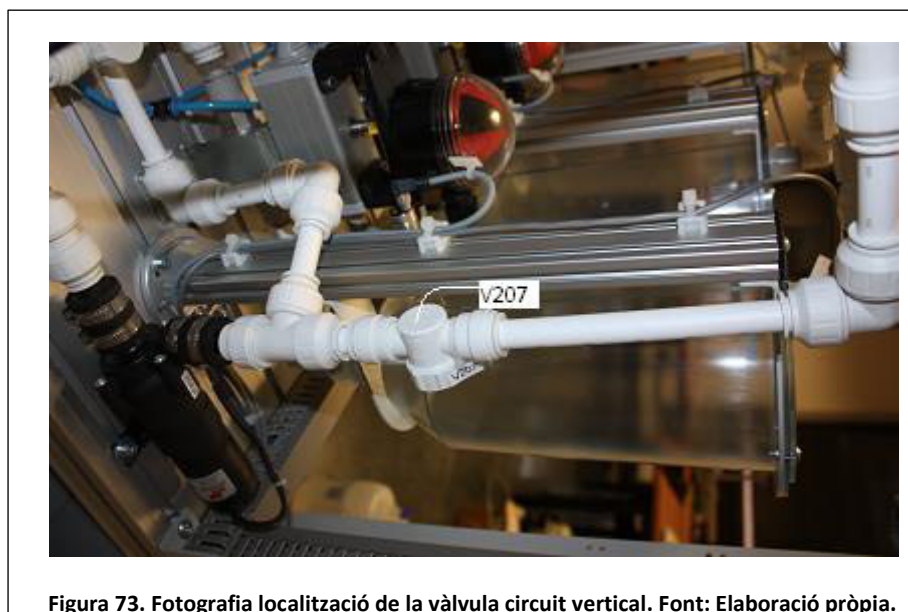
Les tres vàlvules situades en els tubs amb la funció de portar el fluid als dipòsits dosificadors (circuit superior) s'anomenen V206, la del primer dipòsit; V205, la del segon dipòsit; i V204, per la del tercer. La figura 71 mostra l'espai on es troben les vàlvules.



Al circuit inferior hi ha tres vàlvules anomenades V209, V210 i V211. La figura 72 mostra la localització visual de les vàlvules.



Per últim la vàlvula que permet enviar el fluid al circuit superior s'anomena V207, la figura 73 mostra on es troba aquesta.



B.2.2 Elements actius

B.2.2.1 Vàlvula de bola de dues vies

Les vàlvules automàtiques s'anomenen 2M3, 2M4 i 2M5. La figura 74 projecte les localitzacions de les vàlvules.



Figura 74. Fotografia localització de les vàlvules de bola de dues vies. Font: Elaboració pròpia.

B.2.2.2 Bombes

Les bombes s'anomenen 2M1 i 2M2. La figura 75 posa de manifest les localitzacions de les dues bombes.

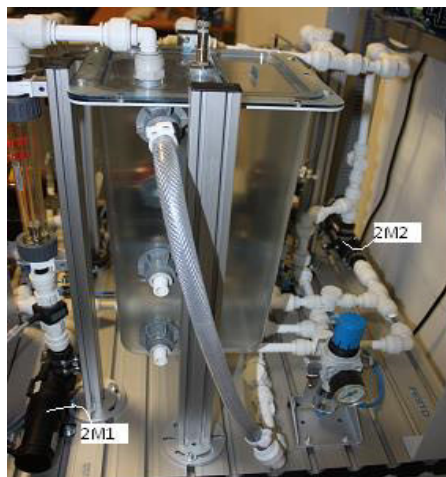


Figura 75. Fotografia localització de les bombes. Font: Elaboració pròpia.

B.2.2.3 Detector de cabal d'aletes (elèctric)

Aquest detector s'anomena 2B1 i la localització d'aquest es troba davant del dipòsit principal i sobre la bomba 2M1. La figura 76 mostra la localització visual del cabalímetre.



B.2.2.4 Detector de posició capacitatiu

Cada TANK disposa de un o dos detectors capacitatius. Tot seguit es nombren els noms dels detectors segons el TANK.

- El TANK B201 disposa de dos detectors capacitatius anomenats 2B2, el superior, i 2B3, l'inferior.
- El TANK B202 disposa d'un detector capacitatiu anomenat 2B4.
- El TANK B203 disposa d'un detector capacitatiu anomenat 2B5.
- El TANK B204 disposa de dos detectors capacitatius anomenats 2B6, el superior, i 2B7 l'inferior.

La figura 77 ensenya on es troben els detectors capacitatius dels dipòsits dosificadors, mentre que la figura 78 mostra els del dipòsit superior.



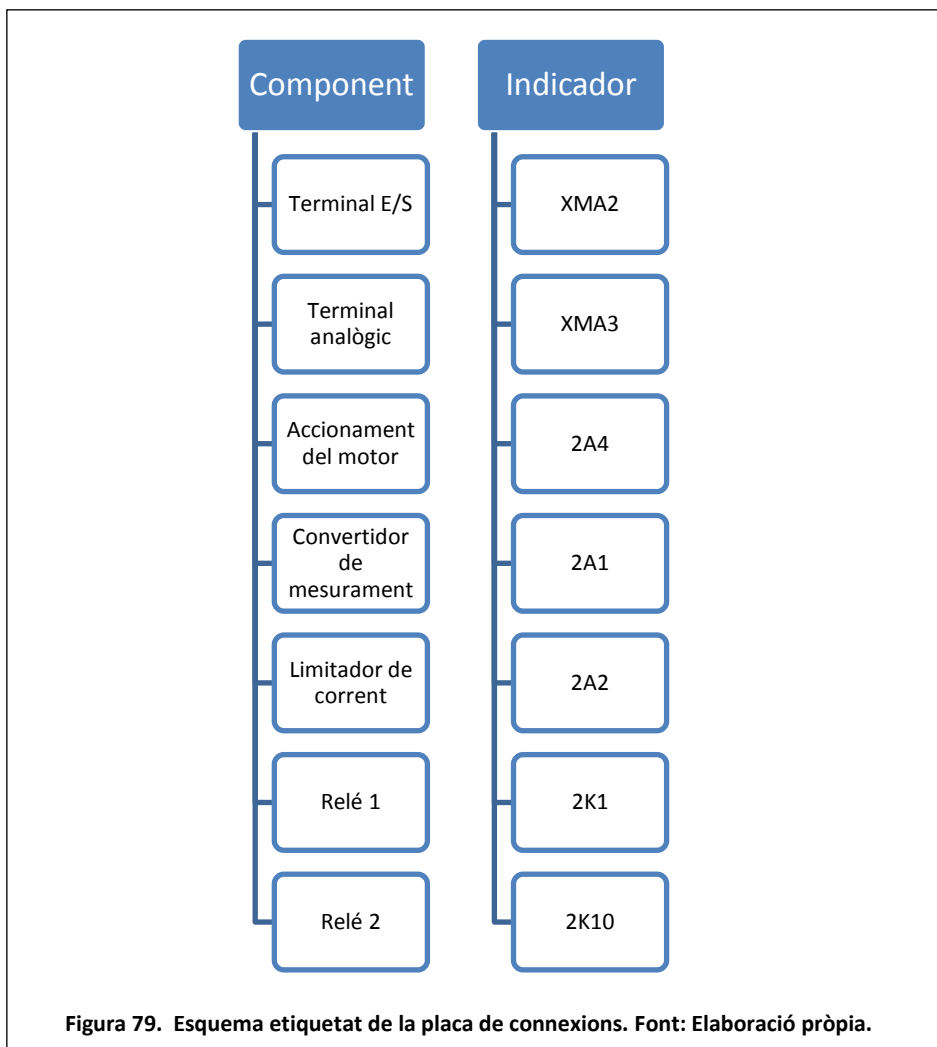
Figura 77. Fotografia localització dels detectors capacitius dels dipòsits dosificadors. Font: Elaboració pròpia.



Figura 78. Fotografia localització dels detectors capacitius del dipòsit principal. Font: Elaboració pròpia.

B.2.3 Placa de connexions

A la figura 79 es pot veure els identificadors dels components principals que formen la placa de connexions. La figura 80 presenta una imatge de la placa en format fotografia.



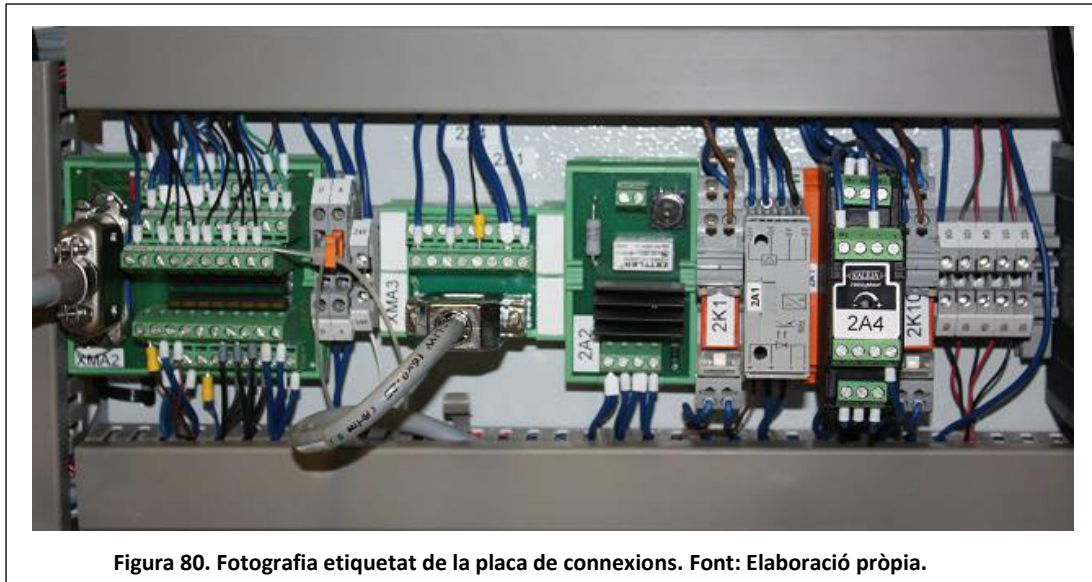


Figura 80. Fotografia etiquetat de la placa de connexions. Font: Elaboració pròpia.

B.3 CONNEXIONS

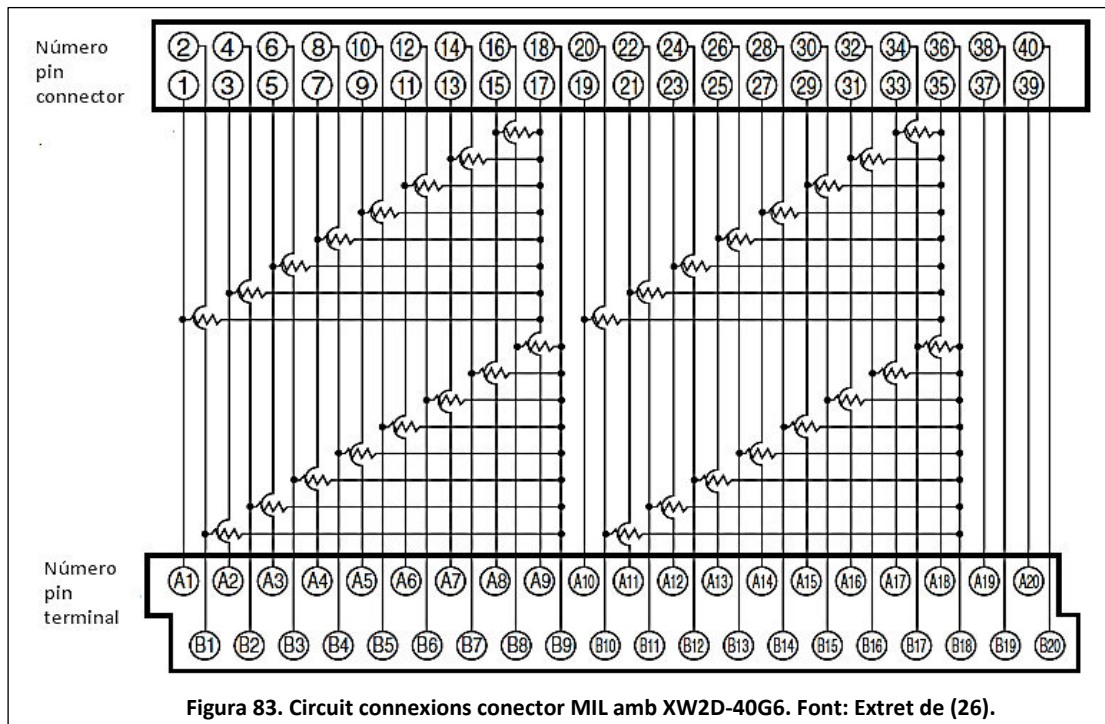
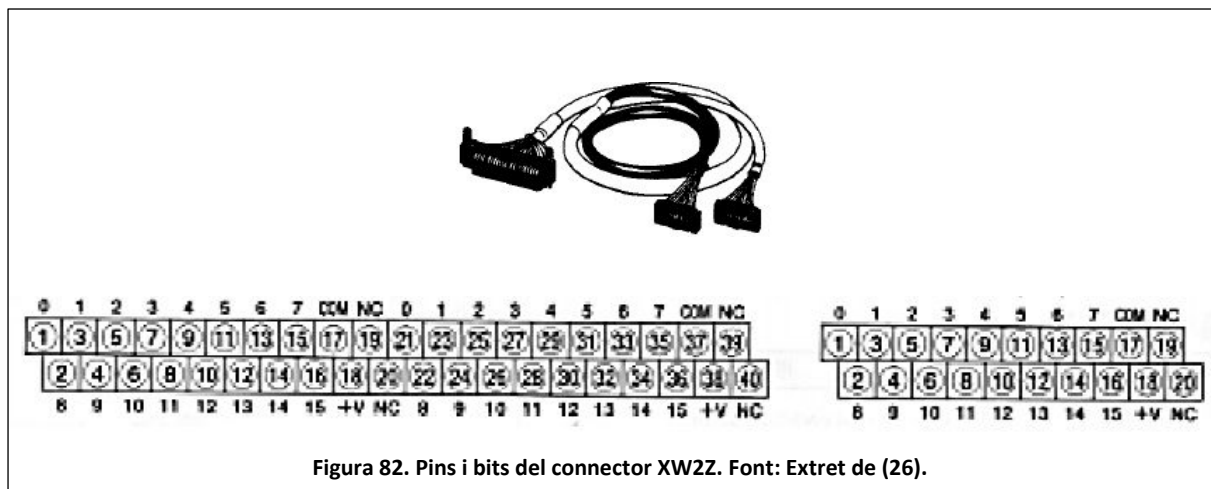
En aquesta part del capítol es mostraran les connexions principals entre els elements del PLC, la placa de connexions i el terminal tàctil. Per cercar les connexions s'ha utilitzat la opció de connectivitat d'un tester, de manera que quan s'enllaçava amb l'inici i el final del cable el multímetre emetia un so constant i únic. La figura 81 mostra la quantitat de cables que hi ha agrupats en el suport.



Figura 81. Fotografia suport de cables. Font: Elaboració pròpia.

El terminal de connectors de blocs XW2D-40G6, que està connectat al mòdul MD232 del PLC, té com a connexions pins les dades que mostra la taula 41. El dispositiu està alimentat amb 24 V, com es pot veure a la taula, i els seus pins són connectats, a través d'un cable Sub-

D15 aeri, a l'element XMA2. La figura 82 manifesta els dos extrems dels connectors del cable XW2Z. La figura 83 presenta el circuit de les connexions dels pins del connector MIL enllaçades amb els pins del XW2D-40G6.



Pin XW2D-40G6	Bit MD232	Connectat a XMA2
B1	0.09	0 V
B2	0.08	24 V, pin 07
B3	0.07	Res
B4	0.06	Res
B5	0.05	Pin 04
B6	0.04	Pin 03
B7	0.03	Pin 02
B8	0.02	Pin 01
B9	0.01	Pin 00
B10	0.00	Res
B11	1.09	Res
B12	1.08	0 V, pin 17
B13	1.07	Pin 16
B14	1.06	Pin 15
B15	1.05	Pin 14
B16	1.04	Pin 13
B17	1.03	Pin 12
B18	1.02	Pin 11
B19	1.01	Pin 10
B20	1.00	Res

Taula 41. Connexions del XW2D-40G6 a XMA2. Font: Elaboració pròpia.

A la figura 84 es pot observar els pins de la unitat XW2D-40G6 (l'actuador o detector al qual fa referència cadascun dels cables es pot deduir a partir de la imatge de la figura 82 i la figura 83) i també es poden veure alguns dels pins del component XMA2. D'aquesta manera es pot descobrir el bit que ocupa cada pin del XW2D. De manera que els bits del canal 0 són ocupats a partir del pin B10 cap al pin B1 i els del canal 1 comencen en el pin B11 fins al B20.

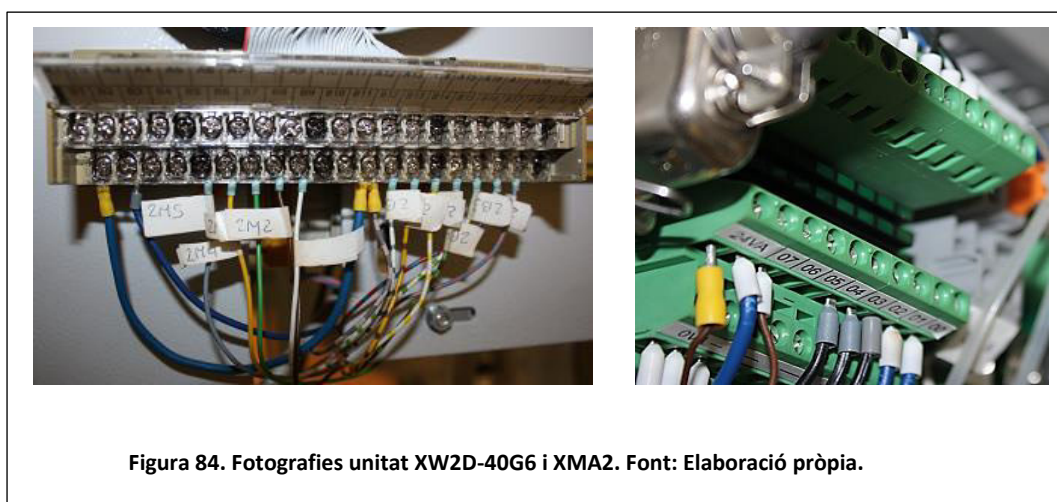


Figura 84. Fotografies unitat XW2D-40G6 i XMA2. Font: Elaboració pròpia.

Així doncs, els pins del XMA2 van a parar als elements actius, com ara detectors. A la taula 42 es pot veure a quin component està connectat a cadascun dels pins del XMA2.

XMA2	Element	Sortida/Entrada/Alimentació
0 V, qualsevol dels pins de 0 V	--	Alimentació
24 V, qualsevol dels pins de 24 V	--	Alimentació
Pin 04	2M5	Sortida
Pin 03	2M4	Sortida
Pin 02	2M3	Sortida
Pin 01	2M2	Sortida
Pin 00	2M1	Sortida
Pin 16	2B7	Entrada
Pin 15	2B6	Entrada
Pin 14	2B5	Entrada
Pin 13	2B4	Entrada
Pin 12	2B3	Entrada
Pin 11	2B2	Entrada
Pin 10	res	Res

Taula 42. Connexions XMA2 amb detectors i actuadors. Font: Elaboració pròpia.

D'aquestes dos últimes taules es pot deduir una tercera, la taula 43, formada a partir de les dues per descriure l'element que hi ha connectat a cadascun dels pins del XW2D-40G6.

Pin XW2D-40G6	Element estació de mescla
B5	2M5
B6	2M4
B7	2M3
B8	2M2
B9	2M1
B13	2B7
B14	2B6
B15	2B5
B16	2B4
B17	2B3
B18	2B2

Taula 43. Elements de l'estació de mescles connectats a XW2D-40G6. Font: Elaboració pròpia.

B.3.2 Camí del MAD42

A la figura 85 es pot mirar quins són els pins del MAD42 i comparar-los amb la taula 44 que descriu quina funció té cadascun d'aquests.

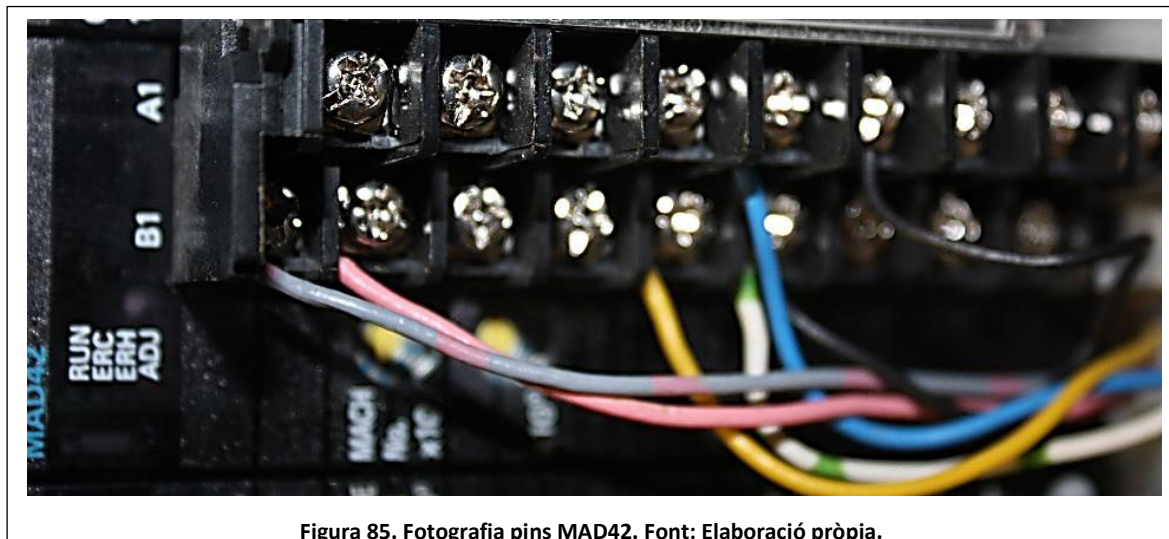


Figura 85. Fotografia pins MAD42. Font: Elaboració pròpia.

Pin columna B	Funció	Pin columna A	Funció
B1	Voltatge sortida 2 (+)	A1	Voltatge sortida 1 (+)
B2	Sortida 2 (-)	A2	Sortida 1 (-)
B3	Corrent sortida 2 (+)	A3	Corrent sortida 1 (+)
B4	No connectat	A4	No connectat
B5	Entrada 2 (+)	A5	Entrada 1 (+)
B6	Entrada 2 (-)	A6	Entrada 1 (-)
B7	Connectat a 0 V	A7	Connectat a 0 V
B8	Entrada 4 (+)	A8	Entrada 3 (+)
B9	Entrada 4 (-)	A9	Entrada 3 (-)

Taula 44. Funcions dels pins del MAD42. Font: Elaboració pròpia a partir de (26).

Com es pot interpretar de la imatge de la figura 85 s'han ocupat els pins B1, B2, B5, B6, A5 i A6. A més a més, A6 està connectat directament a B6. Aquests pins són enllaçats amb un Sub-D15 aeri a l'element del panel de control XMA3. La figura 62, de l'annex A, presenta l'element XMA3 i posa de manifest quins pins són els que ocupen les connexions que provenen del MAD42. A més a més es poden comparar amb la figura 61, de l'annex A, on es defineixen les funcions de cada pin. D'aquestes dues figures s'elabora la taula 45 on s'indiquen els pins utilitzats en el MAD42, pin d'enllaç amb el XMA3, i les seves funcions.

Pin MAD42	Pin XMA3	Funció
B1	1	Tensió de sortida 1
B2	3	Massa
A5	5	Corrent entrada 1
B6, A6	7	Tensió d'entrada 2
B5	8	Tensió d'entrada 1

Taula 45. Enllaç MAD42 amb XMA3 i funcions dels pins del XMA3. Font: Elaboració pròpia.

Finalment a la taula 46 es pot veure amb quins elements de l'estació està connectat cada pin del MAD42.

Pin MAD42	Element estació de mescla	Entrada/Sortida
A5	Sensor de nivell	Entrada (Corrent 1)
A6	Sensor de nivell	Entrada (Tensió)
B1	2M1	Sortida (Tensió 1)
B2	2M1	Sortida (Massa)
B5	2B1	Entrada (Tensió 1)
B6	2B1	Entrada (Tensió 2)

Taula 46. Elements connectats a MAD42. Font: Elaboració pròpia a partir del datasheet.

B.3.3 Camí del DMR21

El DeviceNet del DMR21 està connectat al terminal tàctil a través d'un cable amb connector Sub-D9.

El DeviceNet rep l'alimentació a partir de la font d'alimentació de l'estació de mescles, el cable negre connectat al terminal negre és terra mentre que el vermell connectat al terminal roig són 24 V. També es connecten, com es pot veure a la figura 86, un cable marró a terra i un gris a 24 V. Hi ha una resistència connectada entre el terminal blanc i blau de 121 Ω , el terminal blanc és el canal alt, on està connectat el cable blanc i el terminal blau és el canal baix, on està connectat el cable groc. Per últim la malla, que s'utilitza com a protecció contra les emissions electromagnètiques, va connectada al terminal gris.

L'altre punta del cable RS-232 va connectat al canal AUX del terminal tàctil. Aquest també incorpora una resistència, com es pot observar a la figura 87, als terminals 7, cable blanc; i 2, cable groc. La malla està soldada al terminal 5, el cable marró al terminal 3, el cable gris al terminal 9.

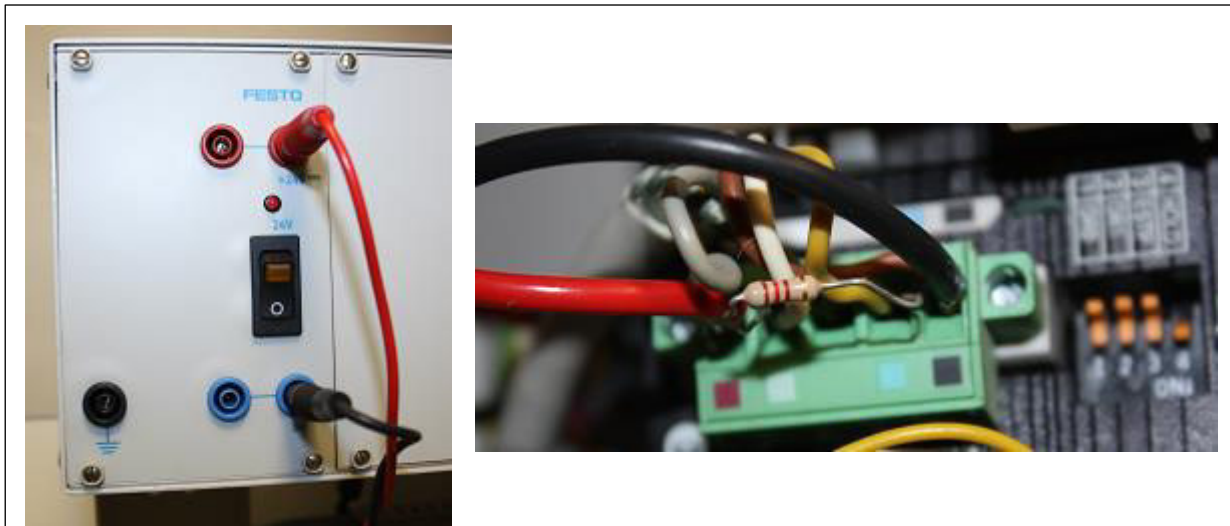


Figura 86. Fotografies font d'alimentació de l'estació i connector DeviceNet. Font: Elaboració pròpia.

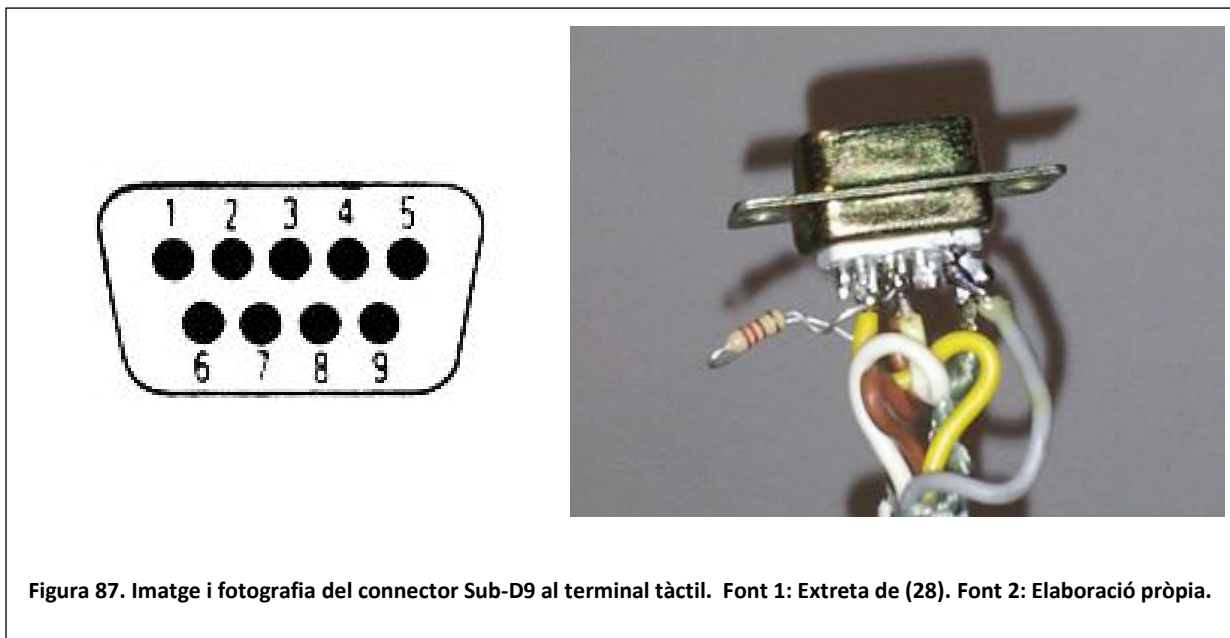


Figura 87. Imatge i fotografia del connector Sub-D9 al terminal tàctil. Font 1: Extreta de (28). Font 2: Elaboració pròpia.

La connexió dels terminals es troba especificada a la taula 47. Com a funcions hi ha l'alimentació, que és a 24 V i com a punt de referència agafa el terra, CAN_L i CAN_H que s'encarreguen de transmetre el senyal, la part baixa i la part alta respectivament; CAN_SHLD s'encarrega de blindar el cable per evitar les interferències que pugui rebre els cables que transporten el senyal.

Pin Sub-D9	Cable	Funció
2	Groc	CAN_L
3	Marró	GND
5	Malla	CAN_SHLD
7	Blanc	CAN_H
9	Gris	24 V

Taula 47. Funcions i connexions dels cables al connector Sub-D9. Font: Elaboració pròpia a partir de (15).

B.3.4 Camí del PA202

En aquest apartat es mostra les connexions que són necessàries per a què la font d'alimentació PA202 alimenti el PLC. A la figura 88 es pot veure com les connexions alimentades són els terminals d'entrada AC i el terra.



Figura 88. Fotografia connexions del PA202. Font: Elaboració pròpia.

ANNEX C: MANUAL D'USUARI

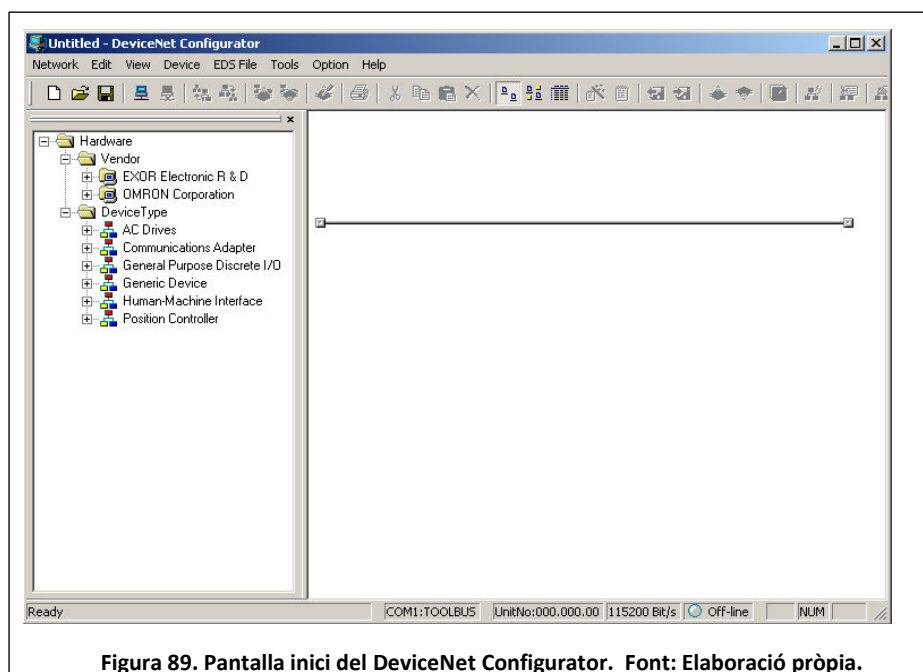
C.1 INTRODUCCIÓ

Aquest tema es dividirà en tres parts principalment:

- **DeviceNet Configurator:** S'argumenta el procés per enllaçar les direccions del terminal tàctil amb les direccions CIO del PLC.
- **CX-programmer:** Conté una breu explicació dels paràmetres o característiques més importants del programa, s'explica la manera d'emprar-ho per dur a terme el codi i la càrrega d'aquest al PLC i també s'exposa el codi Ladder amb l'explicació corresponent de cada part d'aquest.
- **Designer:** S'elabora la interfície gràfica que permet accionar cada contacte del codi Ladder i oferir a l'usuari la informació necessària per complir amb les tasques de l'estació de mescles.

C.2 DEVICENET CONFIGURATOR

Primer cal realitzar la connexió del cable que connecta el mòdul DRM21 amb el port Aux del terminal tàctil. La informació relacionada amb aquest programa s'ha extret del OPERATION MANUAL: DeviceNet Configurator (29). Quan obrim el programa DeviceNet Configurator es presenta la imatge de la figura 89. El terminal tàctil FED 500 és reconegut pel DeviceNet Configurator com a UniOp eTop 11 EB.



Ara doncs, es procedeix a instal·lar el terminal tàctil clicant a la pestanya EDS File i a install, com mostra la figura 90.

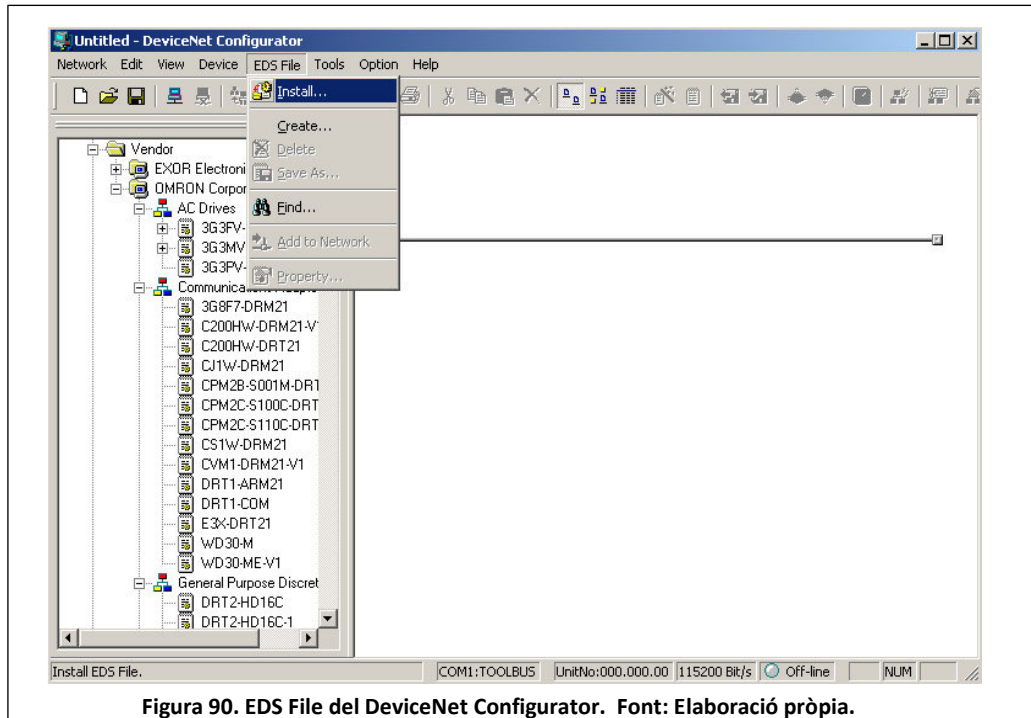


Figura 90. EDS File del DeviceNet Configurator. Font: Elaboració pròpia.

Un cop seleccionat l'arxiu UNIOP.EDS es pot veure com el terminal tàctil apareix al marc de l'esquerra al llistat de Generic Device, la figura 91 ho manifesta.

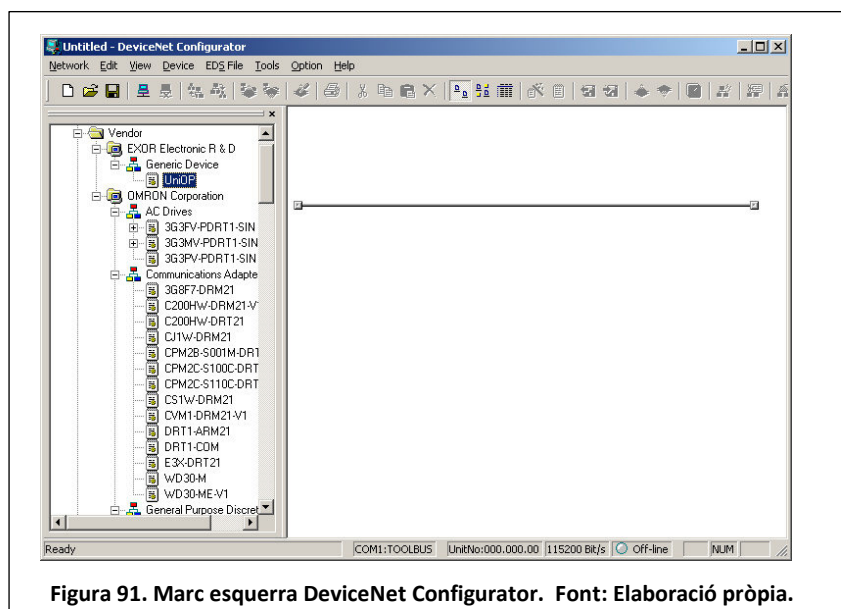
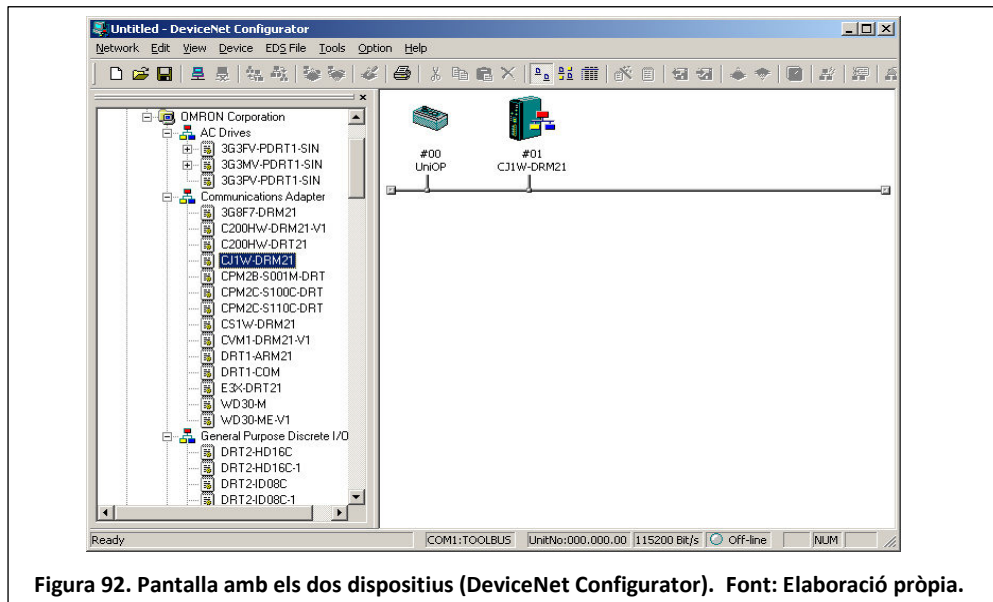


Figura 91. Marc esquerra DeviceNet Configurator. Font: Elaboració pròpia.

Per posar el dispositiu al bus, l'únic que s'ha de fer és arrossegar de la llista el seu arxiu fins a la part central de la finestra. El dispositiu CJ1W-DRM21 es troba al llistat de Communications Adapter i també s'ha d'arrossegar a la part central de la finestra. La figura 92 projecta la finestra amb els dos dispositius ja arrossegats.



Clicant sobre cada dispositiu amb el botó dret del ratolí es despleguen un conjunt d'accions. Per disposar a cada dispositiu d'un número de node cliquem a l'opció Change Node Address, posant el terminal al node zero i al mòdul DRM21 al node seixanta-tres, com mostra la figura 93. Tot seguit comprovem que el node seixanta-tres, el dispositiu DRM21, sigui el node mestre clicant amb el botó dret del ratolí sobre el dispositiu i accedint a l'opció Property es mira que l'opció Enable Master Function estigui seleccionada, com indica la figura 93.

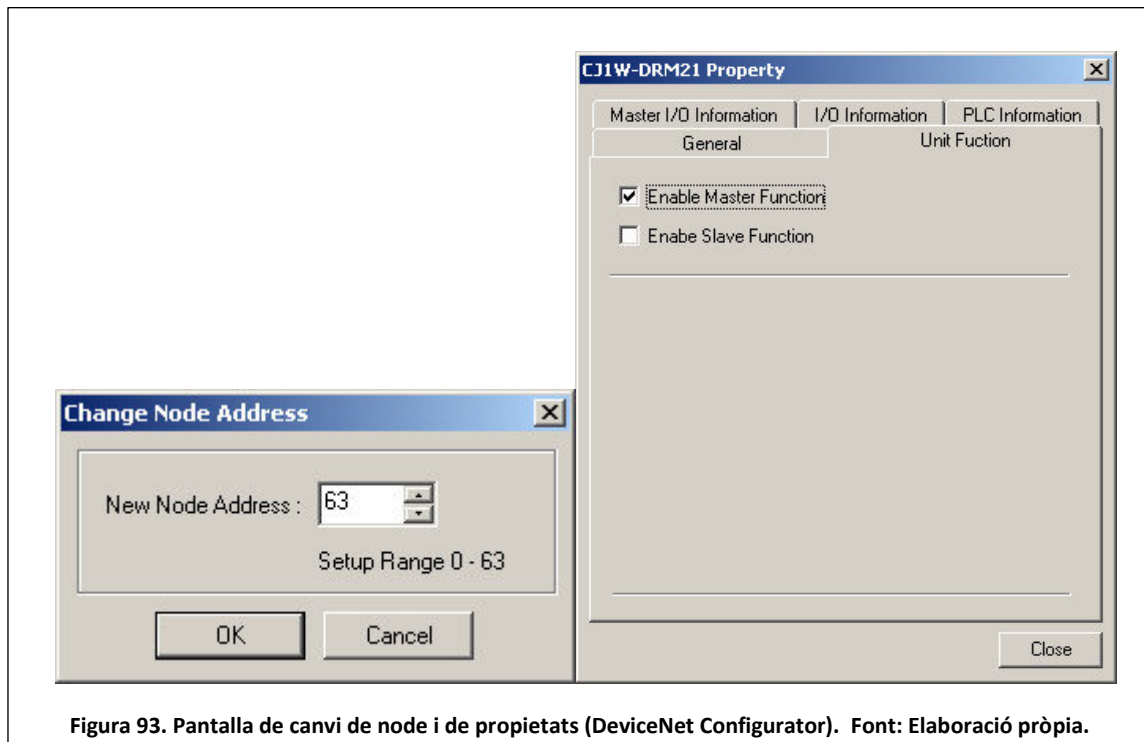


Figura 93. Pantalla de canvi de node i de propietats (DeviceNet Configurator). Font: Elaboració pròpia.

A continuació es clica amb el botó dret sobre el node zero i s'accedeix a l'opció Register to other Device, com indica la figura 94, per registrar el terminal tàctil al dispositiu DRM21.

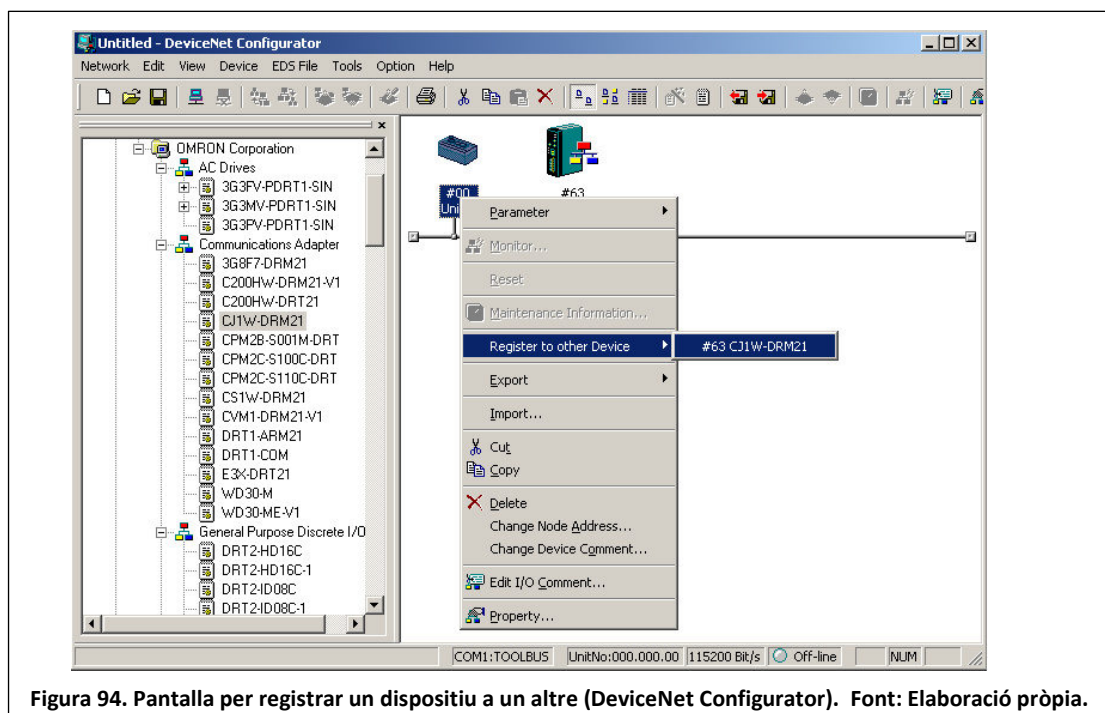


Figura 94. Pantalla per registrar un dispositiu a un altre (DeviceNet Configurator). Font: Elaboració pròpia.

Per assignar la quantitat de canals que volem disposar al terminal tàctil es clica amb el botó dret del ratolí sobre el dispositiu i s'accedeix a Property. En aquesta finestra que presenta la figura 95 es clica Poll i després Edit.

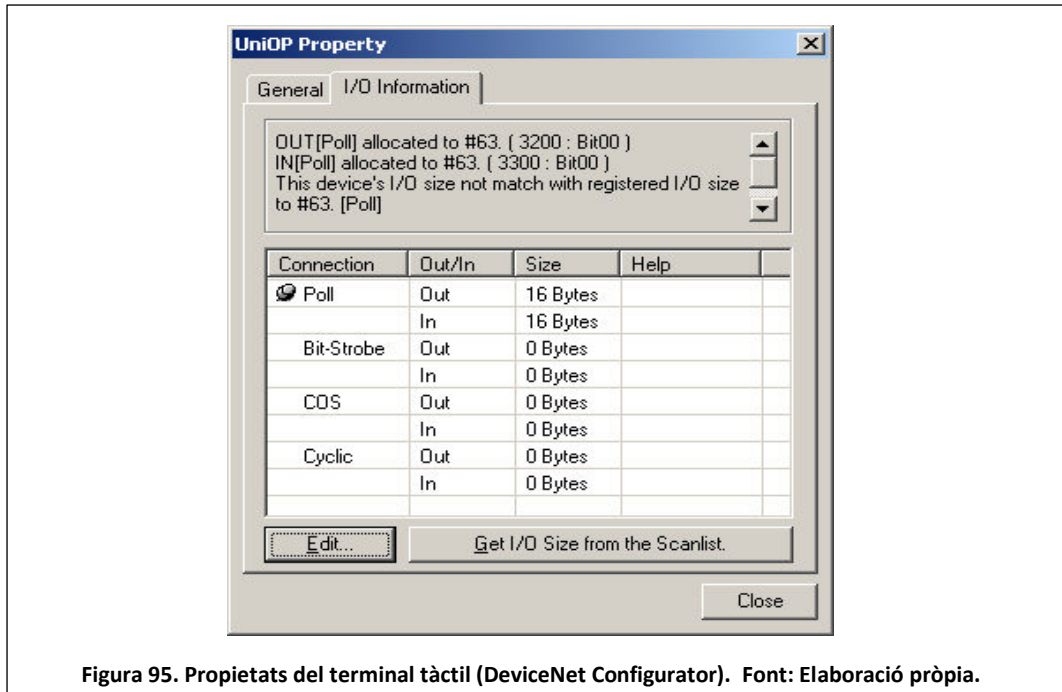


Figura 95. Propietats del terminal tàctil (DeviceNet Configurator). Font: Elaboració pròpia.

Un cop en el menú Edit Device Parameters de les propietats del terminal tàctil, es pot seleccionar el nombre de canals d'entrada i de sortida clicant a Edit, com indica la figura 96. Pels dos casos es selecciona el primer bloc que comença a la direcció 3200 per les entrades i a la direcció 3300 per les sortides. Es selecciona també pels dos casos 16 bytes i la part baixa (low) dels canals.

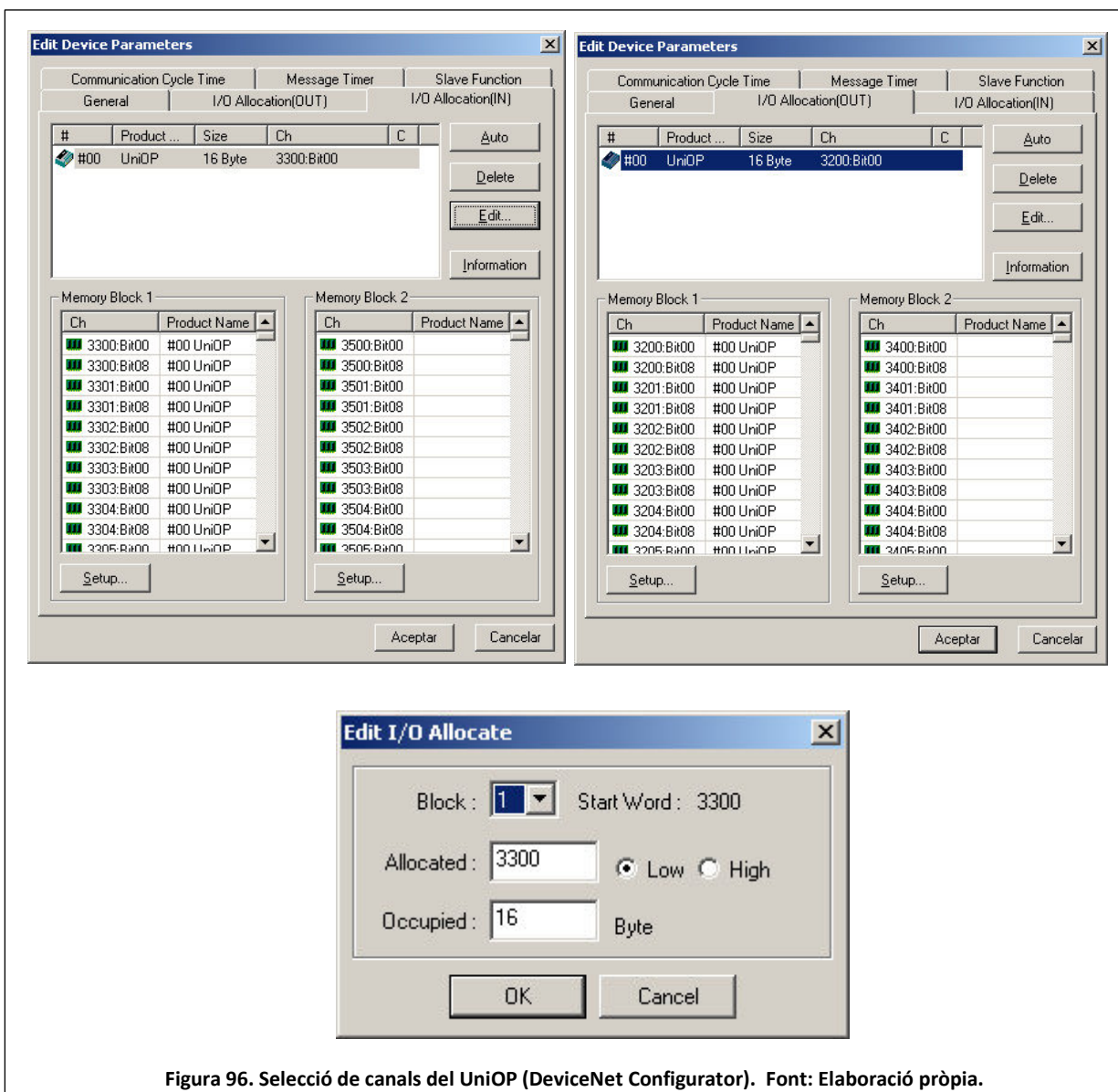
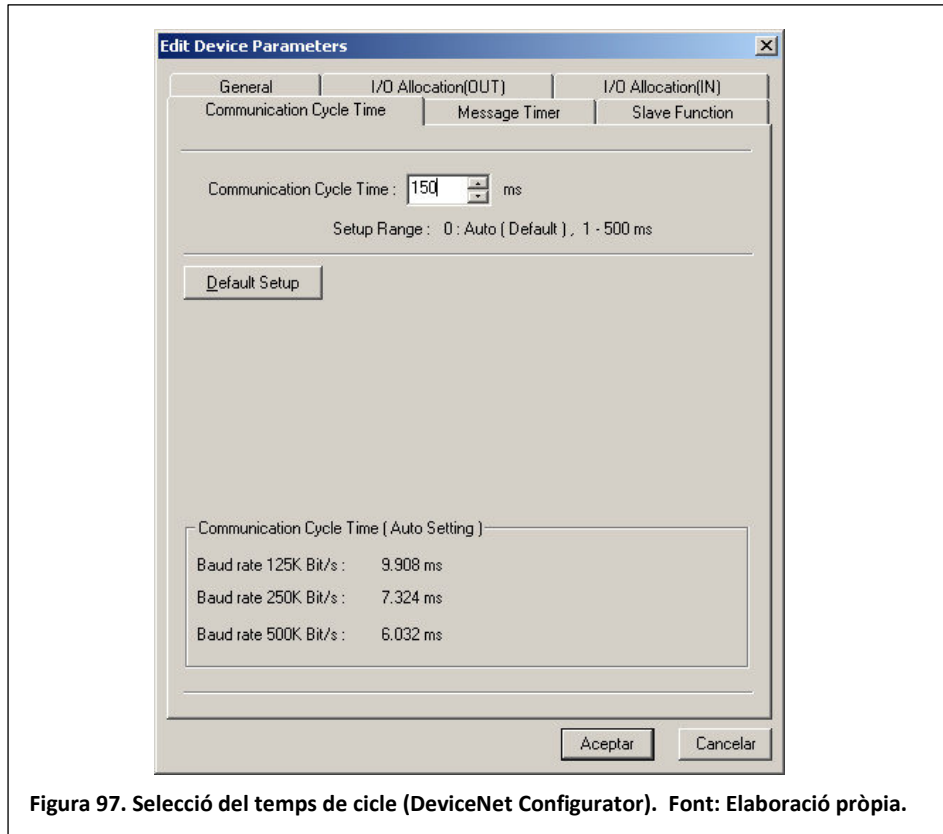
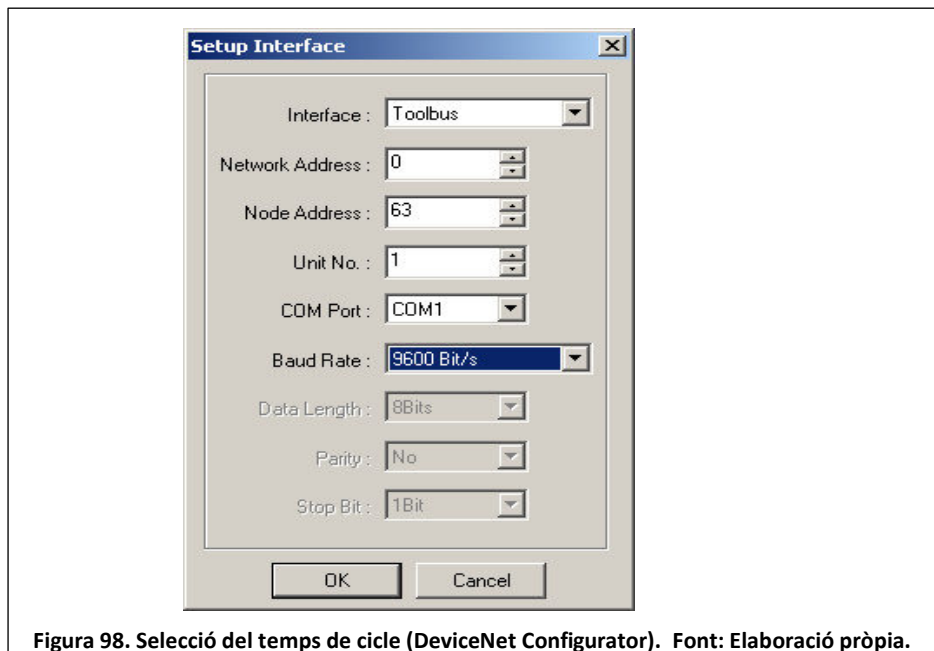


Figura 96. Selecció de canals del UniOP (DeviceNet Configurator). Font: Elaboració pròpia.

La figura 97 mostra com, a la pestanya Communication Cycle Time, es configura el temps de cicle de comunicació del sistema a 150 ms per poder transferir correctament la informació entre els dispositius.



Finalment es connecta l'alimentació del PLC i del terminal, es clica a la icona Setup Interface i es posen els valors que mostra la figura 98. Finalment es clica ok per enllaçar les direccions CIO amb el terminal.



A continuació es manifesten les direccions CIO utilitzades en el DeviceNet i les del terminal tàctil a la taula 48. Com cada canal del terminal és de vuit bits i els canals del PLC són de setze bits s'utilitzen dos canals del terminal per a cada canal del PLC.

Dispositiu o acció	Direcció del terminal	Canal PLC (DeviceNet)
2M1 (analògic)	OUT0	3200
Sensor de nivell	OUT2	3201
2B1	OUT4	3202
2B2	OUT6.02	3203.02
2B3	OUT6.03	3203.03
2B4	OUT6.04	3203.04
2B5	OUT6.05	3203.05
2B6	OUT6.06	3203.06
2B7	OUT6.07	3203.07
2M1 (digital)	OUT8.01	3204.01
2M2	OUT8.02	3204.02
2M3	OUT8.03	3204.03
2M4	OUT8.04	3204.04
2M5	OUT8.05	3204.05
Activar PID	IN0.00	3300.00
Activar pertorbació	IN0.01	3300.01
Activar recepta dipòsits dosificadors al mateix nivell	IN0.02	3300.02
Activar habilitar menú	IN0.03	3300.03
Activar recepta en paral·lel (una bomba)	IN0.04	3300.04
Activar recepta en sèrie	IN0.05	3300.05
Activar recepta en paral·lel (dues bombes)	IN0.06	3300.06
Activar recepta dipòsits dosificadors	IN0.07	3300.07
Valor cabalímetre	IN2	3301
Valor K_p	IN6	3303
Valor K_i	IN8	3304
Valor K_D	IN10	3305
Activa Manual	IN12.00	3306.00
Activa 2M1	IN12.01	3306.01
Activa 2M2	IN12.02	3306.02
Activa 2M3	IN12.03	3306.03
Activa 2M4	IN12.04	3306.04
Activa 2M5	IN12.05	3306.05

Taula 48. Direccions del terminal tàctil i de la part CIO DeviceNet. Font: Elaboració pròpia.

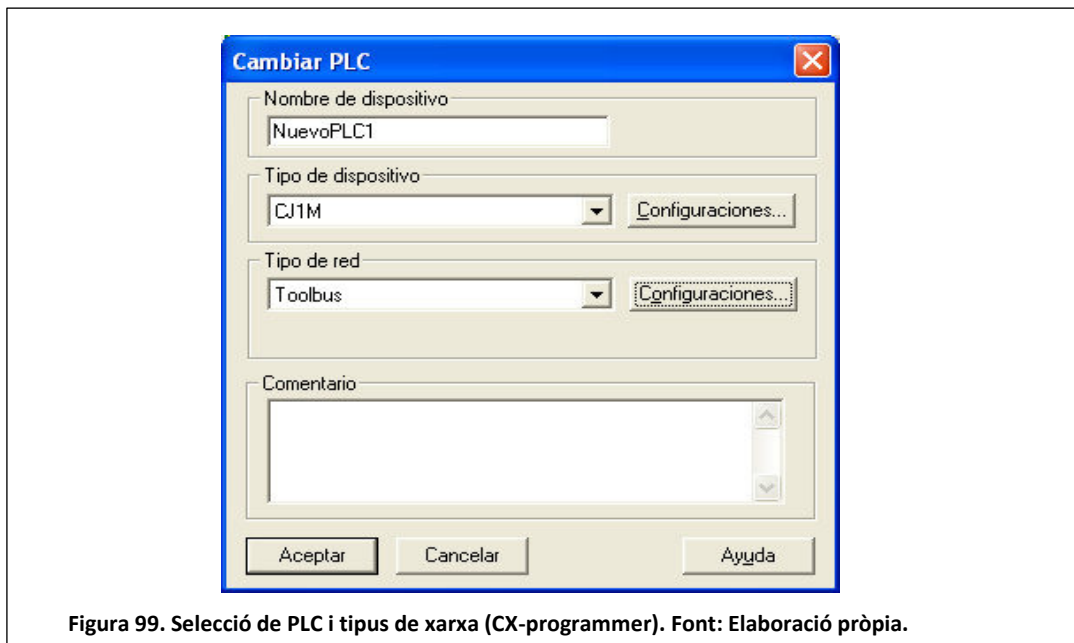
C.3 CX-PROGRAMMER

C.3.1 Introducció

S'ha utilitzat CX-programmer per dissenyar el codi en llenguatge Ladder. La informació relacionada amb el programa s'ha extret de CX-Programmer : Introduction Guide (30). Aquest apartat explica la creació del projecte, la creació de la taula de E/S, la creació del codi, la càrrega del codi del programa al PLC.

C.3.2 Creació del projecte

Per crear el projecte es selecciona la pestanya Arxiu → Nou, llavors apareix la finestra de la figura 99. En aquesta finestra es posa el nom del dispositiu, s'escull el PLC i es selecciona Toolbus en el tipus de xarxa.



Tot seguit a configuració del Tipus de dispositiu s'ha de seleccionar la CPU11, com mostra la figura 100, que és la del PLC del projecte. Tanmateix a configuracions del tipus de xarxa, a la pestanya controlador s'ha de seleccionar el nom del port correcte, ja que l'ordinador disposa de dos s'escull el COM1 o el COM2 depenen de la connexió, la figura 100 presenta la finestra.

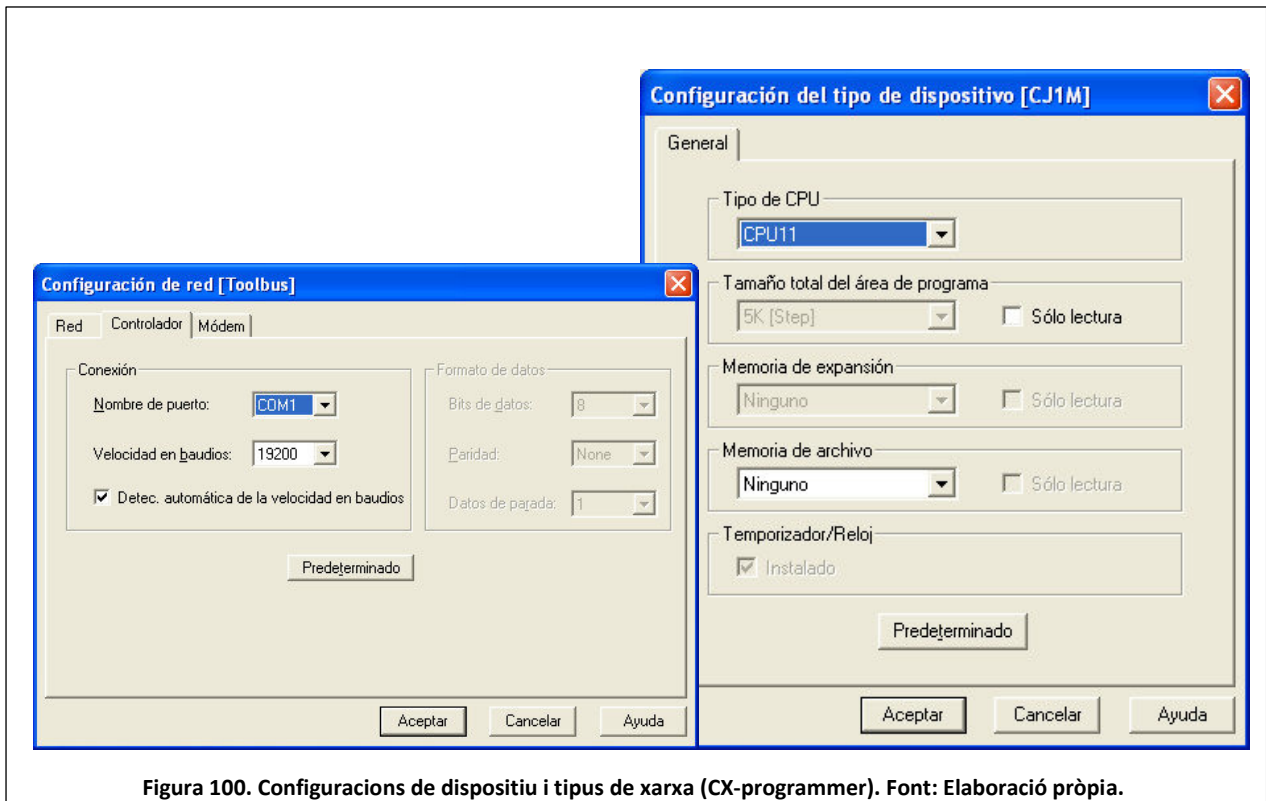


Figura 100. Configuracions de dispositiu i tipus de xarxa (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.

A continuació es pressiona acceptar i s'obre la sessió amb el projecte ja creat. La figura 101 presenta la imatge de la sessió del projecte. Al marc de l'esquerra i clicant dos cops sobre el nom que hem donat al dispositiu es pot accedir de nou a les opcions que s'han explicat anteriorment. Aquest marc disposa dels programes i les seves seccions, la taula de E/S, la memòria del PLC, símbols i la configuració. La pantalla de la dreta és on s'escriurà el codi en llenguatge de contactes i la part d'icones agrupa totes les opcions i elements necessaris per l'elaboració del programa.

Per guardar el projecte es pot utilitzar la icona o accedir a la pestanya arxiu guardar o guardar com.

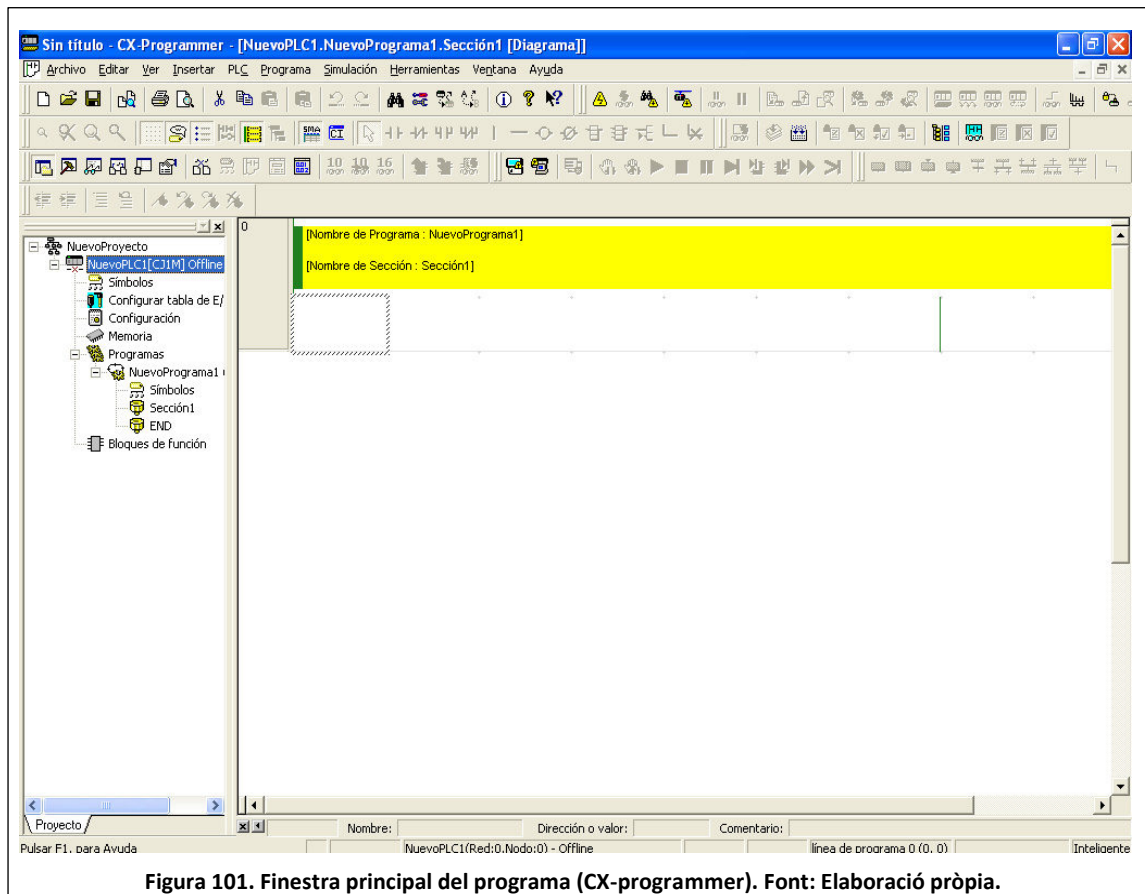
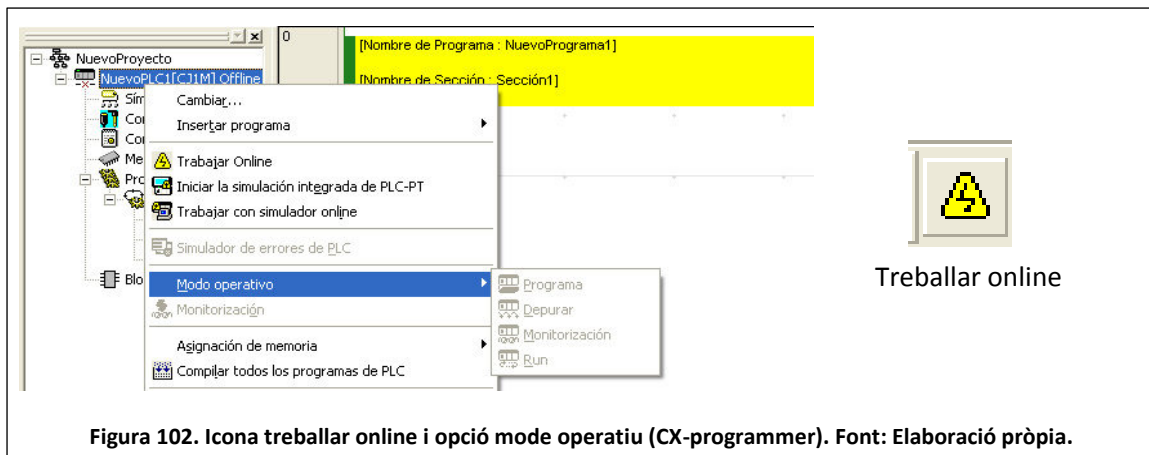


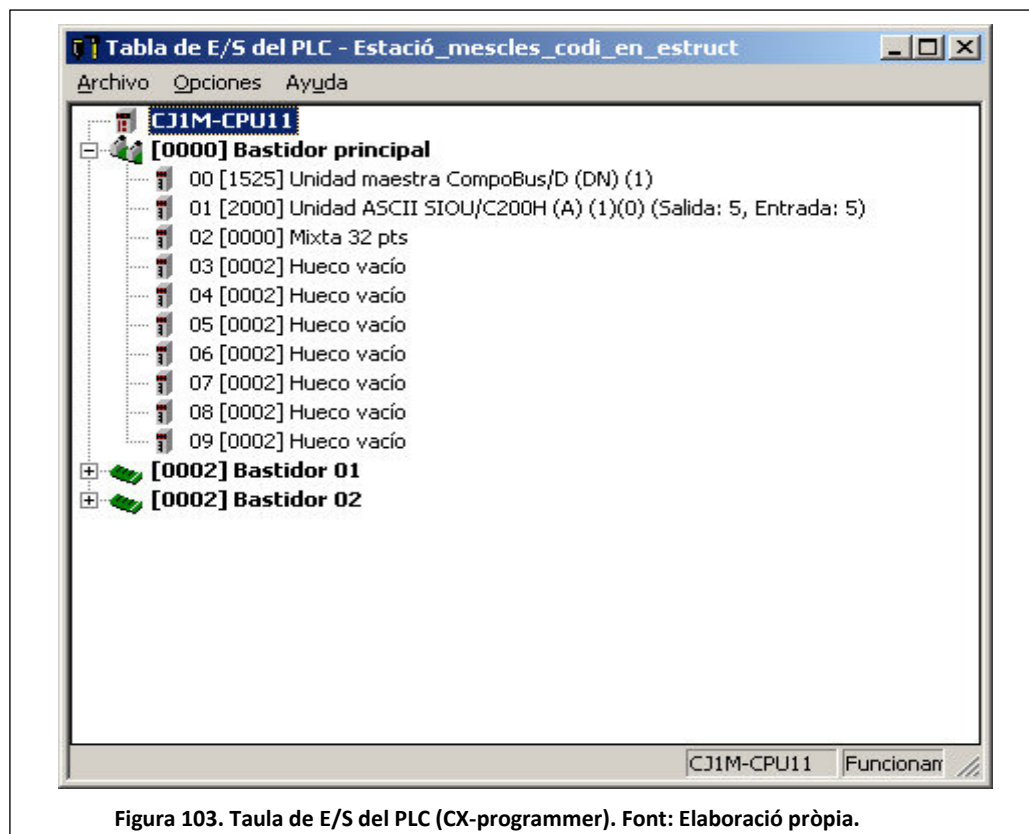
Figura 101. Finestra principal del programa (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.

C.3.3 Creació de la taula de E/S

Per crear la taula de E/S s'ha de connectar el cable RS-232 entre el port PERIPHERAL del PLC i el port de comunicació en sèrie de l'ordinador, treballar en online pressionant la icona com indica la figura 102 i posar el mode operatiu en programa, això es fa clicant sobre el nom del dispositiu amb el botó dret del ratolí, la figura 102 ho projecte.



Un cop es troba en l'estat online i en el mode programa s'ha de fer doble clic sobre configuració de taula de E/S, de manera que aparegui la finestra taula de E/S del PLC. Per últim per crear la taula s'ha de seleccionar el bastidor i clicar sobre la pestanya opcions → Crear. Automàticament es creen els elements de la taula, els quals són indicats a la figura 103.



C.3.4 Creació del codi Ladder

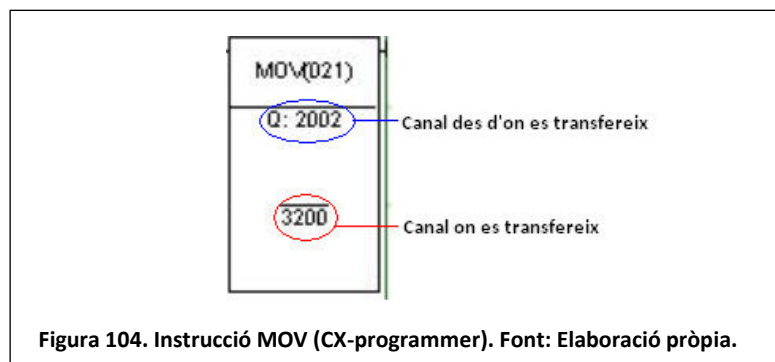
El codi s'ha creat en set seccions per facilitar l'accés a cada part i també pensant en l'ús posterior que es pot fer del codi com a mètode d'aprenentatge. Les seccions són les següents:

- Enllaços: Enllaça direccions utilitzades en el mòdul MAD42 i direccions utilitzades en el mòdul MD232 amb les direccions CIO del DeviceNet a partir del canal 3200. També conté direccions DM per configurar els dispositius analògics.
- PID: Conté la part del controlador PID i les direccions DM per configurar aquest.
- Timers: Part del codi on estan els temporitzadors necessaris per algunes de les receptes.
- Bombes: Conté els contactes i bobines que faran possible el funcionament de les bombes.
- Vàlvules: Disposa del codi de les vàlvules.
- Fi_recepte: Part del codi on a través d'uns contactes específics i del temporitzador corresponent es posa fi a cadascuna de les receptes.
- END: Final del programa.

C.3.4.1 Secció Enllaços

La figura 105 mostra el codi de la secció d'enllaços. Amb el primer cicle, com indica el contacte P_On i utilitzant la instrucció MOV, que s'encarrega de transferir una paraula (16 bits) al canal especificat, es transfereix la informació dels canals del MAD42 i del MD232 a les direccions CIO de la part DeviceNet per poder utilitzar tant els dispositius analògics com els digitals des del terminal tàctil.

La figura 104 mostra la instrucció MOV, indicant el canal des d'on es transfereix la paraula i el canal a on es transfereixen els 16 bits.



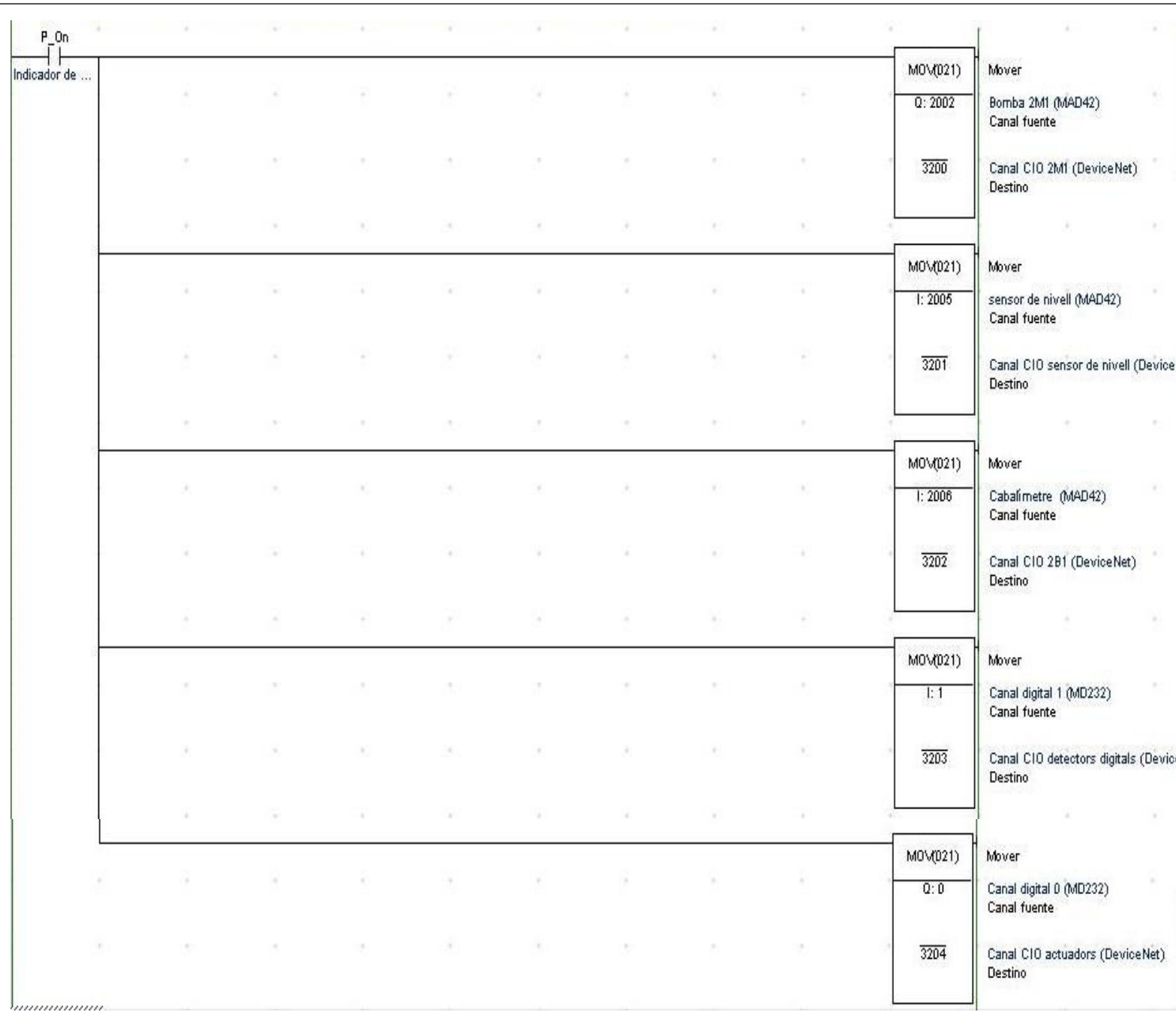


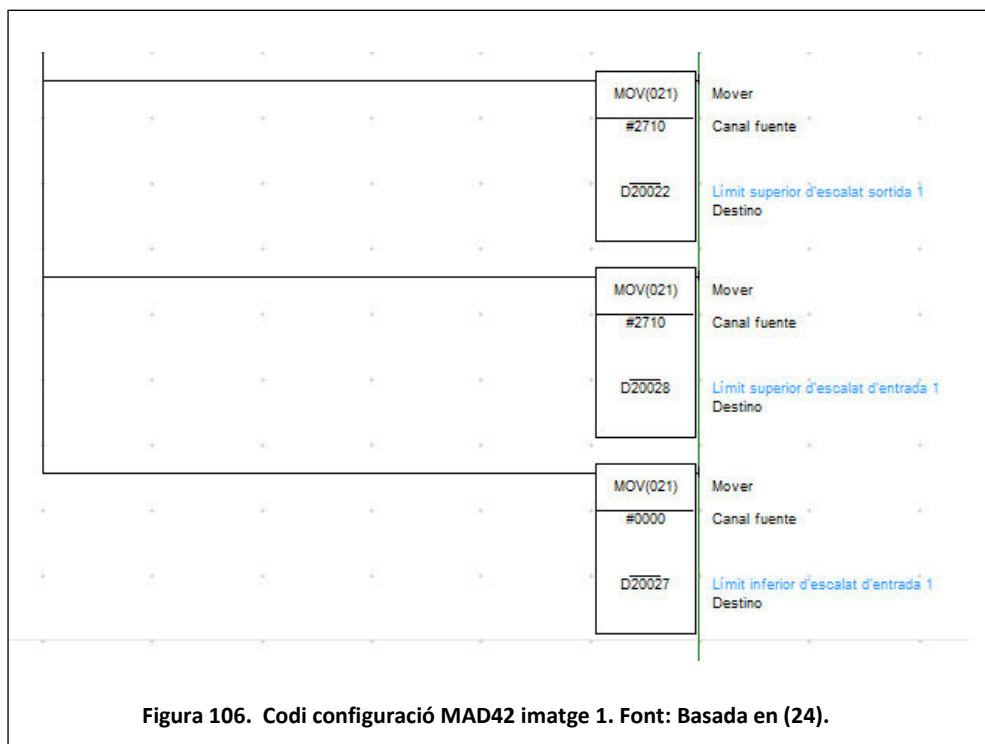
Figura 105. Codi secció Enllaços (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.

La taula 49 mostra com queden enllaçades les direccions digitals i analògiques als canals CIO.

Dispositiu	Direcció MAD42 (analògics)	Direcció MD232 (digitals)	Canal CIO (DeviceNet)
2M1 (analògic)	2002	--	3200
Sensor de nivell	2005	--	3201
2B1	2006	--	3202
Detectors digitals	--	Canal 1	3203
Actuadors digitals	--	Canal 0	3204

Taula 49. Direccions secció Enllaços. Font: Elaboració pròpia.

També es configura la unitat MAD42 amb les direccions DM corresponents, les quals han estat extretes de (24). Les imatges 106 i 107 mostren el codi que segueix a l'anterior imatge.



	MOV(021)	Mover
	#32	Canal fuente
	D20000	Entrades i sortides utilitzades Destino
	MOV(021)	Mover
	#500	Canal fuente
	D20001	Rangs dels senyals d'entrada i sortida Destino
	MOV(021)	Mover
	#0000	Canal fuente
	D20007	Valor mig entrada 2 Destino
	MOV(021)	Mover
	#0000	Canal fuente
	D20006	Valor mig entrada 1 Destino
	MOV(021)	Mover
	#C100	Canal fuente
	D20018	Temps de conversió i resolució Destino
	MOV(021)	Mover
	#0000	Canal fuente
	D20029	Límit inferior d'escalat d'entrada 2 Destino
	MOV(021)	Mover
	#2710	Canal fuente
	D20030	Límit superior d'escalat d'entrada 2 Destino
	MOV(021)	Mover
	#0000	Canal fuente
	D20021	Límit inferior d'escalat sortida 1 Destino

Figura 107. Codi configuració MAD42 imatge 2. Font: Basada en (24).

C.3.4.2 Secció PID

Les figures 108 i 109 mostren la cel·la zero del codi de la secció PID. S'enllacen les direccions dels canals del PID amb els canals CIO del DeviceNet i es configuren tots els paràmetres per poder utilitzar el controlador PID. Les direccions DM s'han extret del Manual d'instruccions d'OMRON (31).

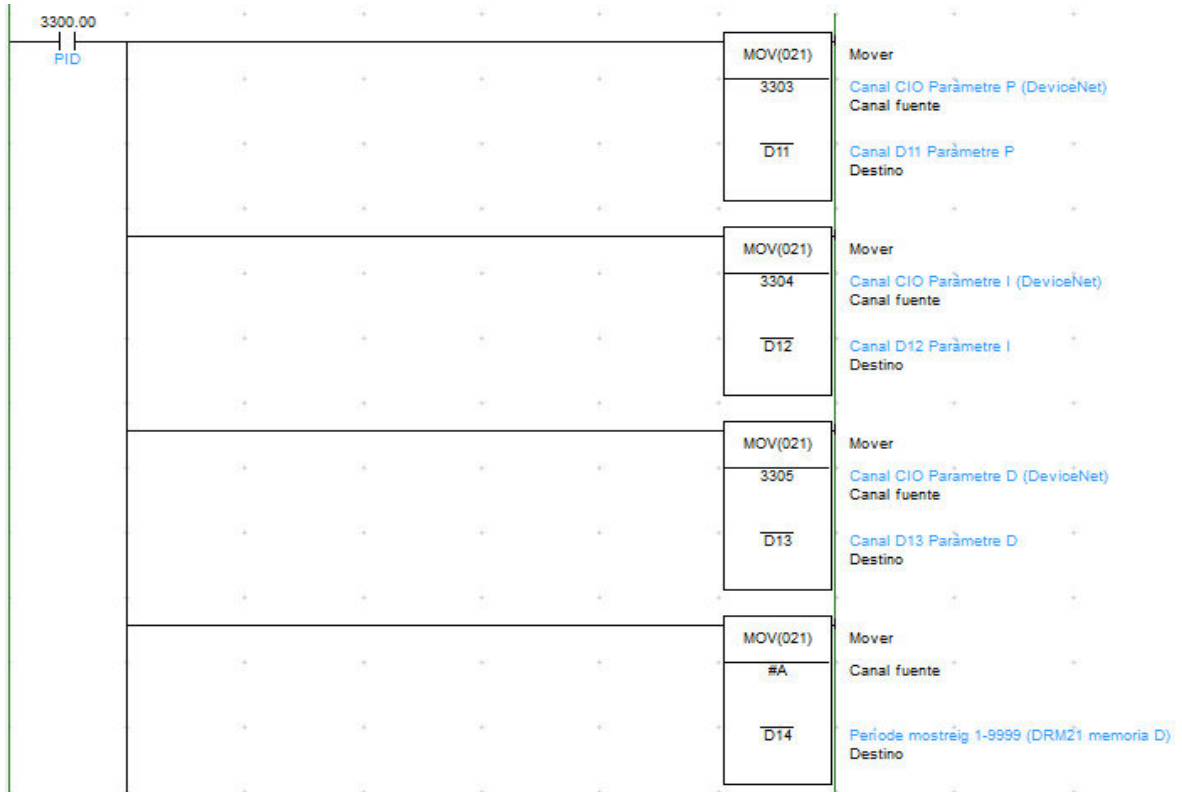
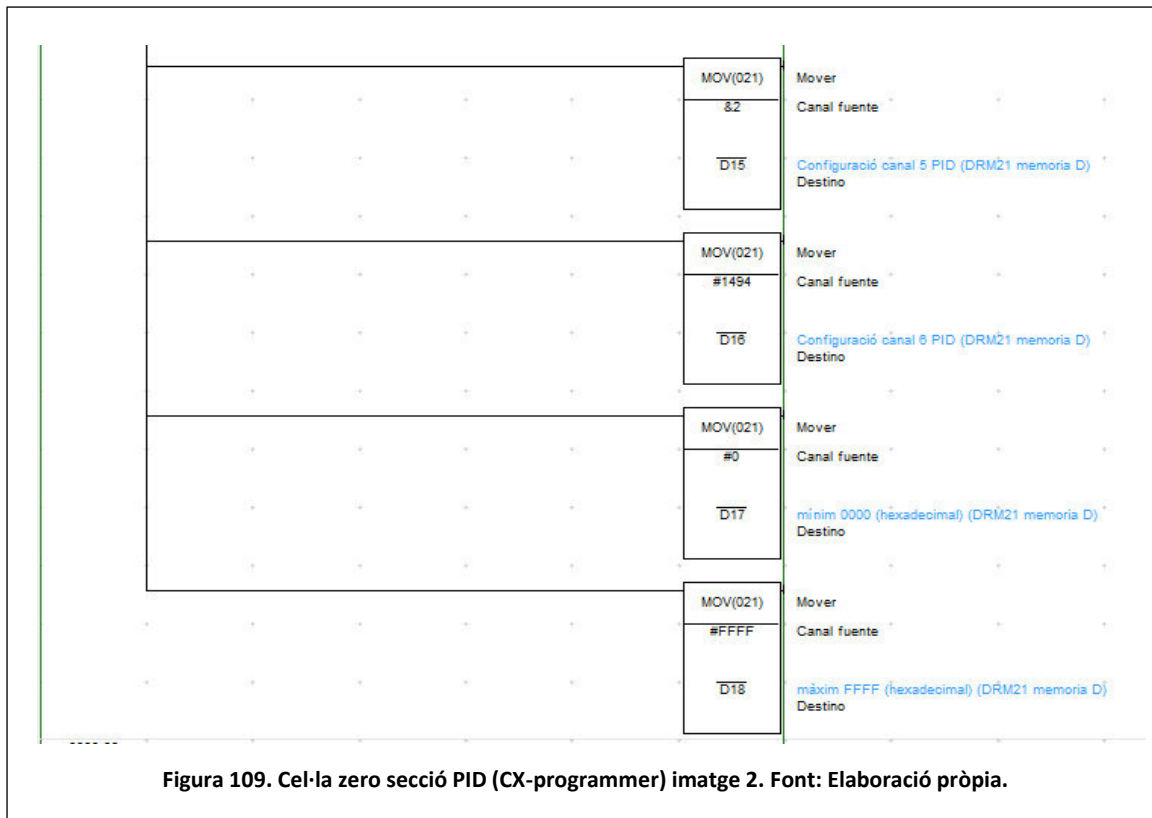


Figura 108. Cel·la zero secció PID (CX-programmer) imatge 1. Font: Elaboració pròpia.

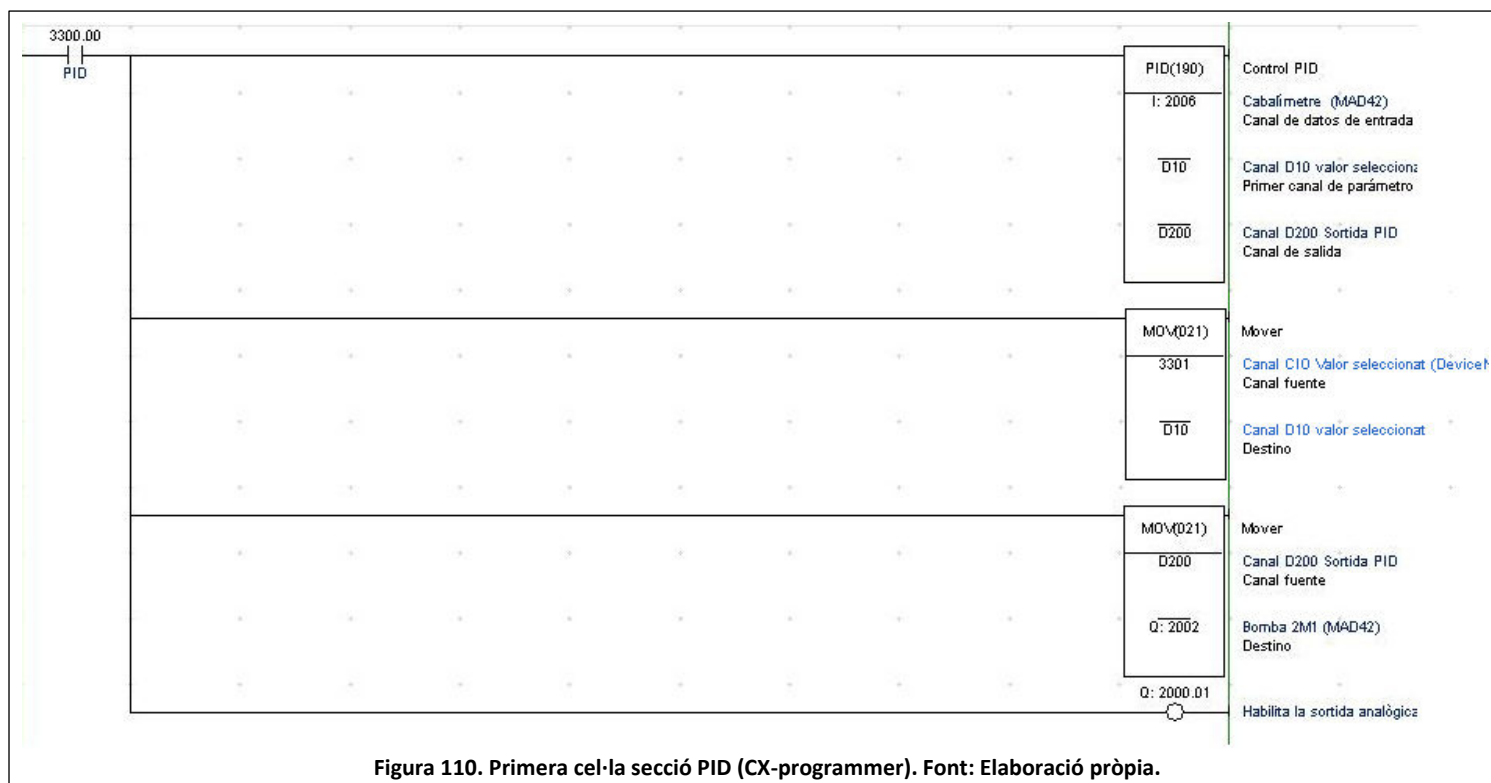


Com es pot veure el codi el contacte 3300.00 només s'activa quan el botó anomenat PID del terminal tàctil es pressiona. Llavors mitjançant la instrucció MOV es recull, de cada canal CIO, la informació introduïda per l'usuari i es trasllada al canal DM del PLC dedicat al controlador PID. La taula 50 presenta els canals que es comuniquen.

Paràmetre	Canal CIO (DeviceNet)	Canal D (PLC)
K_p	3303	11
K_i	3304	12
K_D	3305	13

Taula 50. Direccions secció PID cel·la zero. Font: Elaboració pròpia.

La figura 110 projecte la primera cel·la de la secció PID.

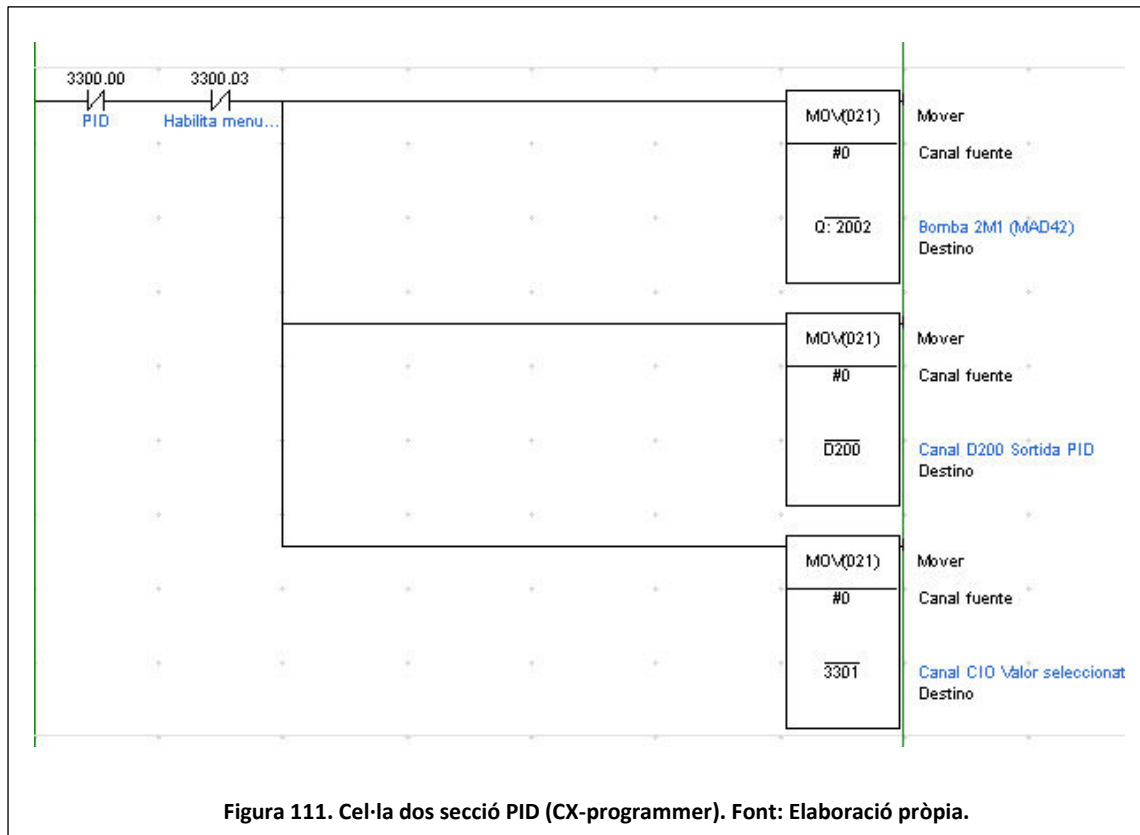


Quan es prem el botó PID del terminal s'agafa el valor de referència, demanat al terminal, i mitjançant els paràmetres del PID es pot regular la potència amb la que ha de respondre la bomba 2M1. Per aconseguir aquest procés s'utilitzen dos tipus d'instruccions la MOV ja explicada, la taula 51 presenta les direccions enllaçades, i la instrucció PID agafa el valor real del cabalímetre i el valor de referència i calcula quina és la sortida correcte que s'ha de subministrar a la bomba 2M1 per poder arribar al valor de referència esperat. La bobina 2000.01 habilita la sortida analògica posant-se a "1" lògic.

Paràmetre	Canal CIO (DeviceNet)	Canal D (PLC)	Canal MAD42 (analògic)
Valor de referència	3301	10	--
Sortida PID	--	200	2002

Taula 51. Direccions secció PID primera cel·la. Font: Elaboració pròpia.

La figura 111 projecte la cel·la dos de la secció PID.

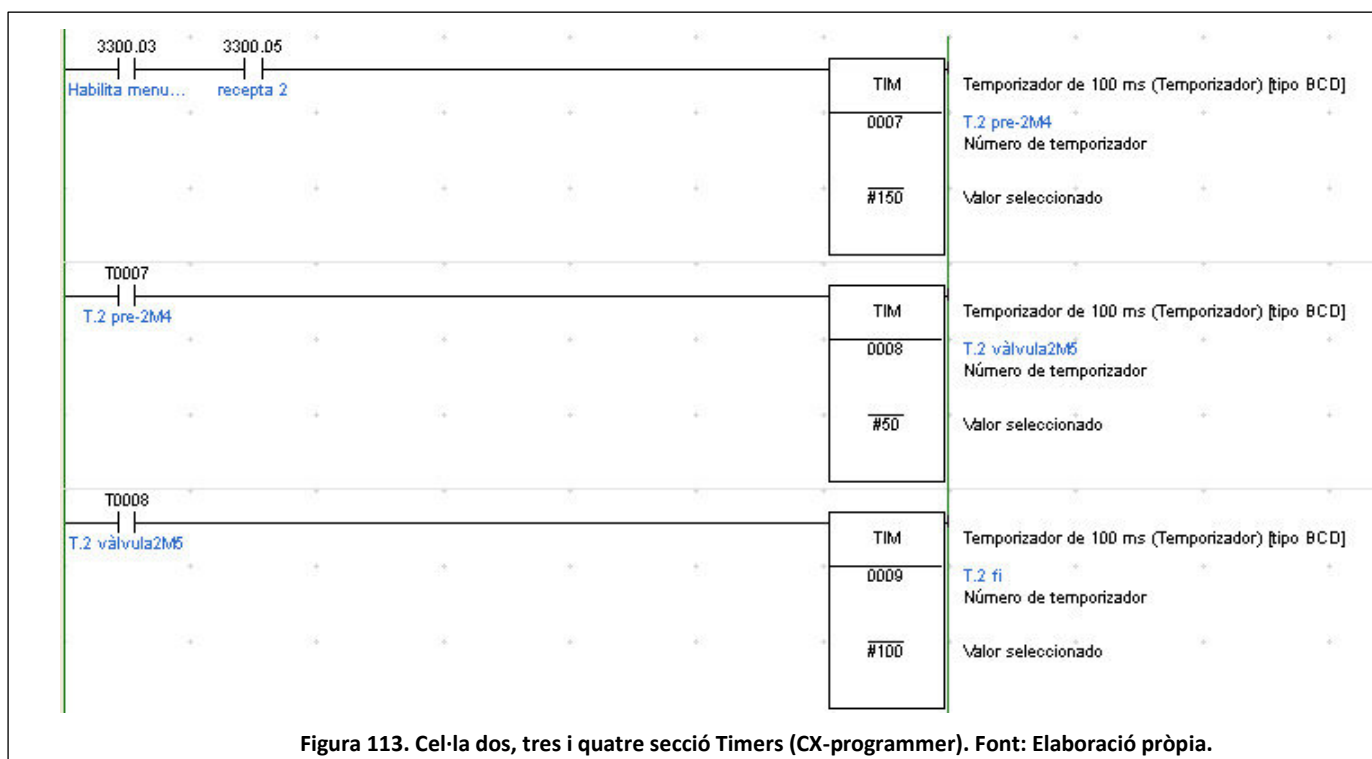
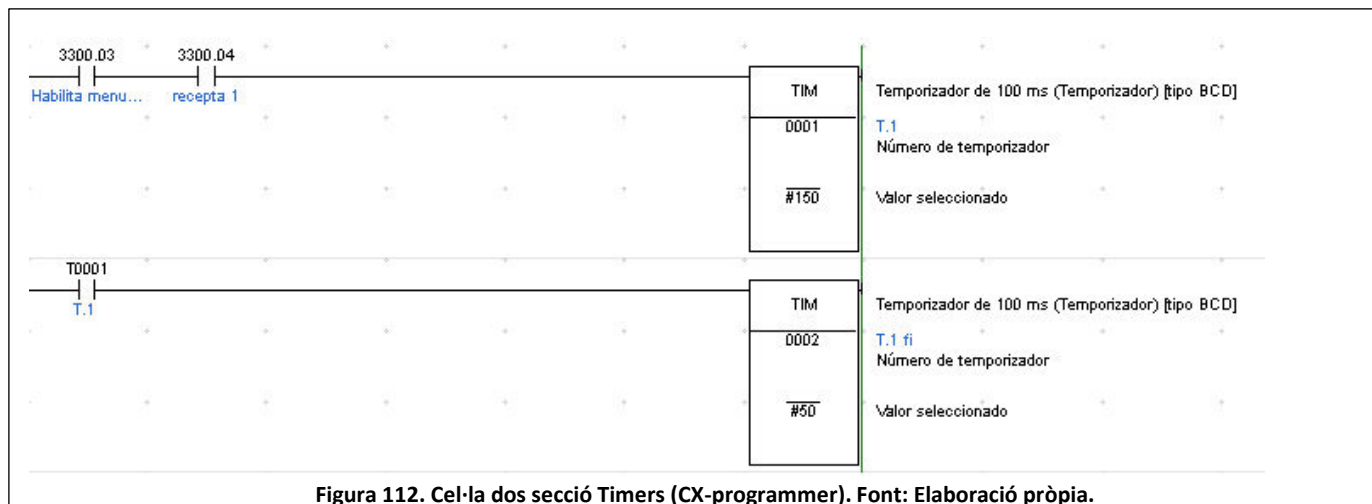


Aquest codi sempre que el botó PID i el botó menú no estiguin a “1” lògic s’envia, fent ús de la instrucció MOV, un zero binari als canals 2002, D200 i 3301; de manera que es posen a “0” lògic tots els seus bits.

C.3.4.3 Secció Timers

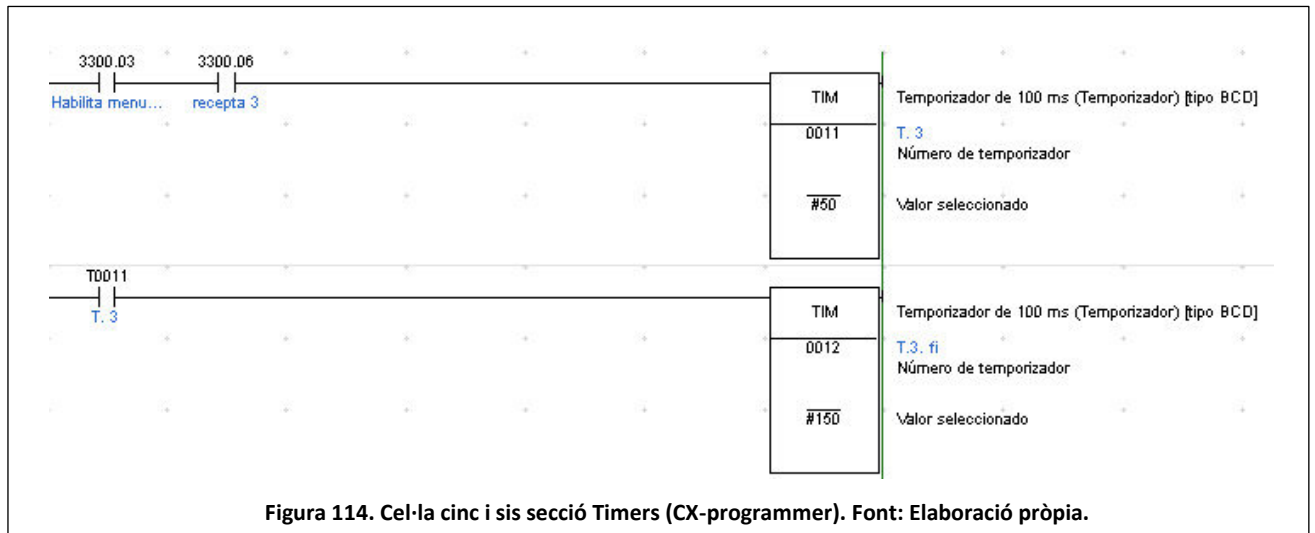
Les dues primeres cel·les formen part del temps de la primera recepta, que és la recepta anomenada paral·lel amb una bomba. El temps de la primera recepta està format per dos temporitzadors. El primer temporitzador, anomenat T.1, queda activat quan el bit lògic és “1” per a la direcció 3300.03 i la direcció 3300.04. El segon temporitzador s’activa quan reuneix les mateixes característiques que el temporitzador T.1, però també amb el temporitzador T.1 completat.

TIM és una instrucció que fa un compte enrere d’un en un del nombre introduït fins arribar a zero. Cada nombre equival a 0,1 segons. La figura 112 projecte les dues cel·les de les quals s’ha parlat.



La figura 113 mostra les cel·les dos, tres i quatre; que formen el codi del temps de la recepta dos, anomenada recepta en sèrie.

La figura 114 mostra les cel·les cinc i sis, que formen el temps de la recepta tres, anomenada recepta en paral·lel amb dues bombes.



La taula 52 presenta les quantitats i els temps de cada temporitzador, per a cadascuna de les receptes.

Recepta	Recepta al codi Ladder	Temps per cada Temporitzador	Temps total
Recepta paral·lel 1	Recepta 1	T.1: 15 segons T.1 fi: 5 segons	20 segons
Recepta en sèrie	Recepta 2	T.2 pre-2M4: 15 segons T.2 vàlvula2M5: 5 segons T.2 fi: 10 segons	30 segons
Recepta paral·lel 2	Recepta 3	T.3: 5 segons T.3 fi: 15 segons	20 segons

Taula 52. Temps de cada temporitzadors i temps total, per recepta. Font: Elaboració pròpia.

C.3.4.4 Secció Bombes

La figura 115 mostra el codi de la secció bombes, on només s'activen les bombes si cada contacte no negat està a "1" lògic i els negats a "0" lògic.

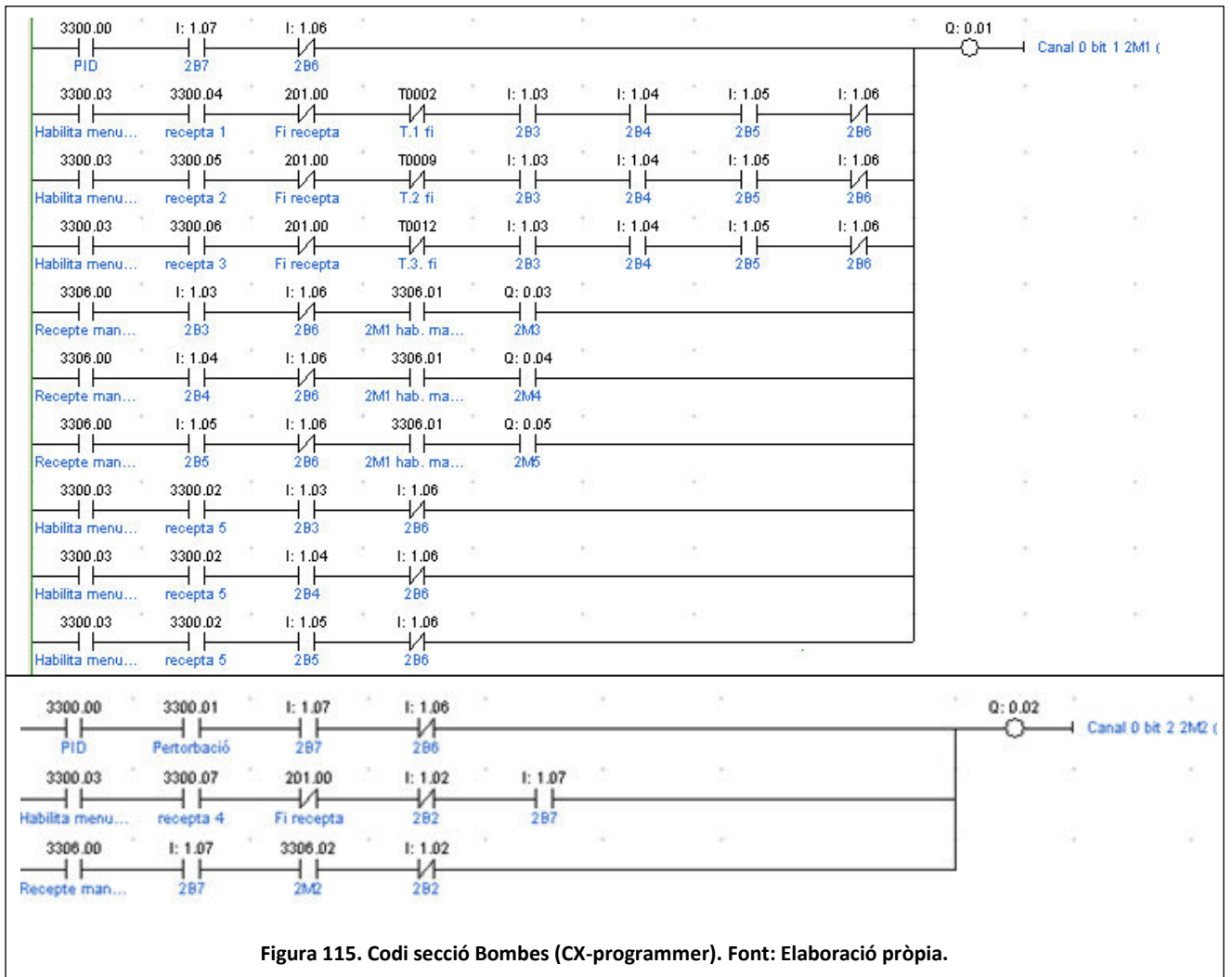


Figura 115. Codi secció Bombes (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.

C.3.4.5 Secció Vàlvules

La figura 116 mostra el codi de la secció vàlvules. La taula 53 presenta l'estona que s'obre cada vàlvula i l'aigua que s'extreu segons les receptes de mescles. Cada vàlvula té un temps determinat a cada recepta pels contactes dels temporitzadors.

Recepta	Receptes al codi Ladder	Temps per cada vàlvula	Aigua extreta
Recepta paral·lel 1	Recepta 1	2M3: 15 segons 2M4: 15 segons 2M5: 20 segons	B201: 30 cl B202: 30 cl B203: 60 cl
Recepta en sèrie	Recepta 2	2M3: 15 segons 2M4: 5 segons 2M5: 10 segons	B201: 90 cl B202: 30 cl B203: 60 cl
Recepta paral·lel 2	Recepta 3	2M3: 20 segons 2M4: 5 segons 2M5: 5 segons	B201: 70 cl B202: 10 cl B203: 10 cl

Taula 53. Temps de cada vàlvula i aigua extreta, per recepta. Font: Elaboració pròpia.

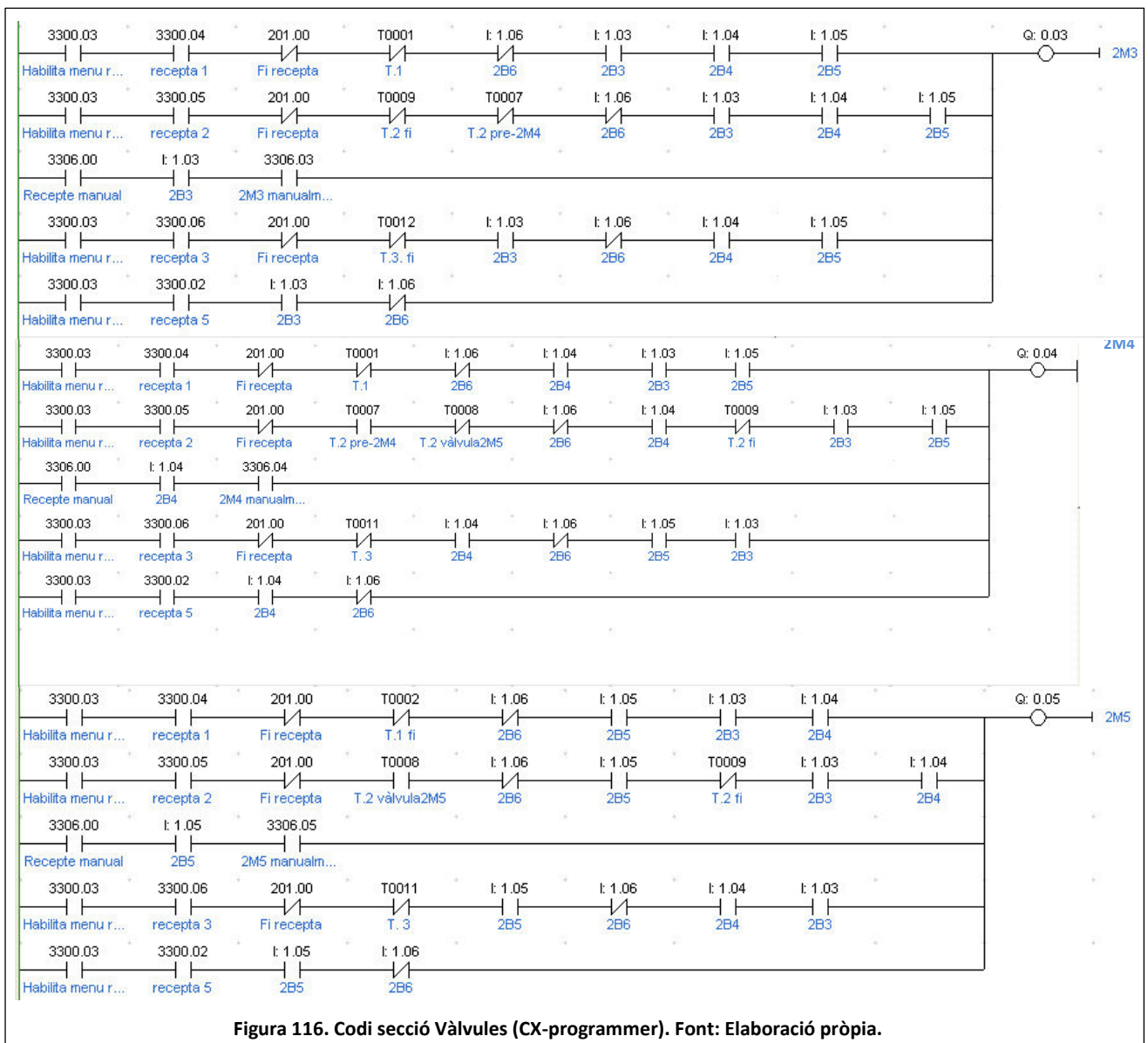
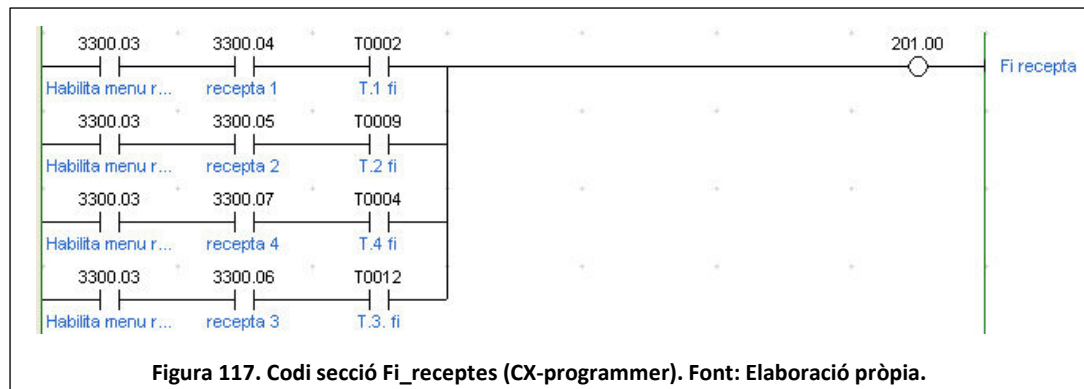


Figura 116. Codi secció Vàlvules (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.

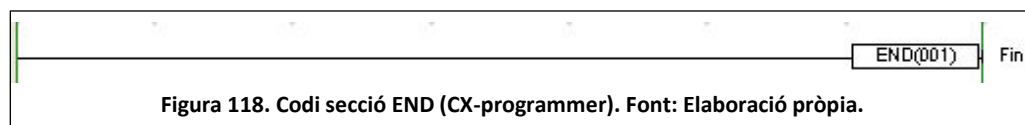
C.3.4.6 Secció Fi_receptes

La figura 117 projecte el codi de la secció Fi_receptes. Quan els temps de cada recepta s'han exhaurit la bobina fi recepta es posa en "1" lògic aturant cadascuna de les receptes que funcionen amb temps.



C.3.4.7 Secció END

Secció amb la instrucció END que marca el final del codi. La figura 118 manifesta el codi de la secció.



C.3.5 Incorporació del codi al PLC

Per carregar el codi al PLC s'ha de treballar online i estar en el mode programa, finalment clicar la icona que mostra la figura 119. En el cas que és cliqui a la icona sense estar al mode correcte el programa demana a l'usuari canviar a mode programa.

Al acabar de transferir el codi, el programa demana a l'usuari passar al mode run amb el qual el codi comença a treballar dins el PLC, sinó el posem en mode run el PLC no executarà el codi.

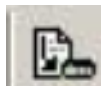


Figura 119. Símbol pujar codi a PLC (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.

La figura 120 presenta el codi en mode run per poder tenir una idea de quina aparencia té, en verd es marca el camí del senyal. El mode run permet testejar visualment, per exemple per trobar errors en el funcionament, i en directe el codi accionat pel PLC. D'altra banda el mode monitor permet testejar visualment el codi, i a més a més forçar bits lògics en els contactes.

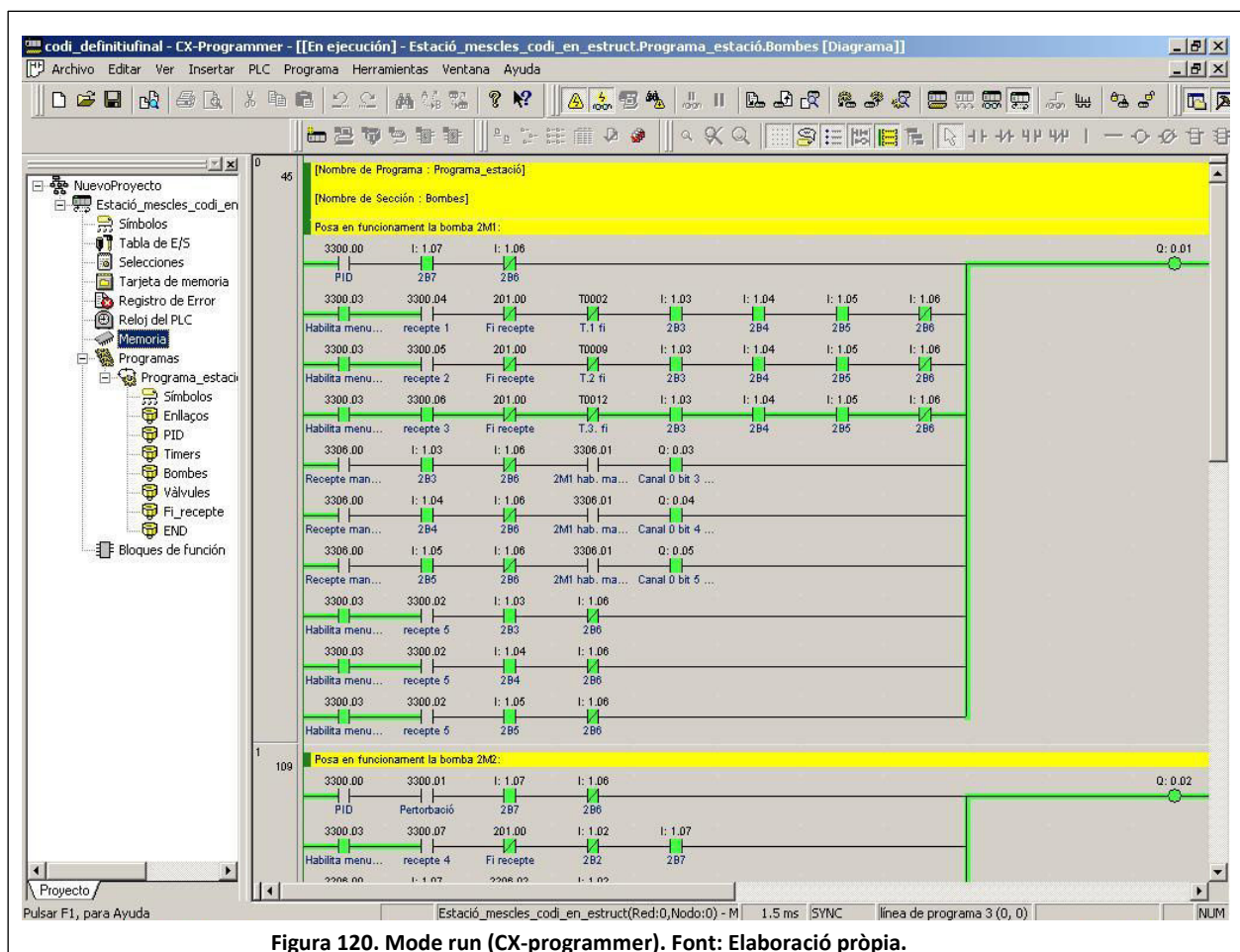


Figura 120. Mode run (CX-programmer). Font: Elaboració pròpia.

C.4 DESIGNER

C.4.1 Introducció

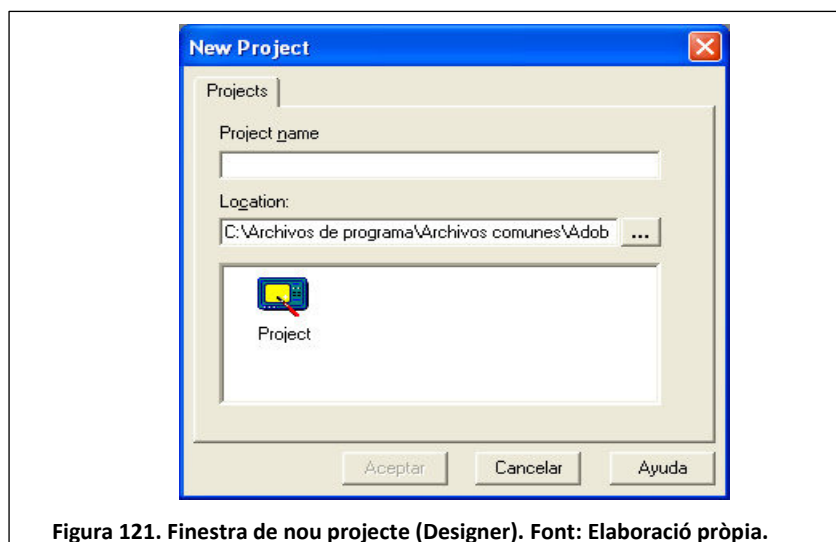
Aquest apartat es divideix en quatre parts:

- **Creació d'un projecte:** S'expliquen els passos per crear un projecte al programa Designer 6.
- **Programació:** S'il·lustra sobre la creació de pàgines i les opcions o comandes que s'han utilitzat.
- **Càrrega del projecte al terminal tàctil:** S'argumenten les accions que cal dur a terme per carregar el projecte al terminal tàctil.
- **Pantalles del terminal tàctil:** Mostra les pantalles del terminal tàctil estructurades en receptes, manual i PID. En aquesta part també es pot apreciar el funcionament de les sintonies PID, el de les receptes, i també el de l'opció manual.

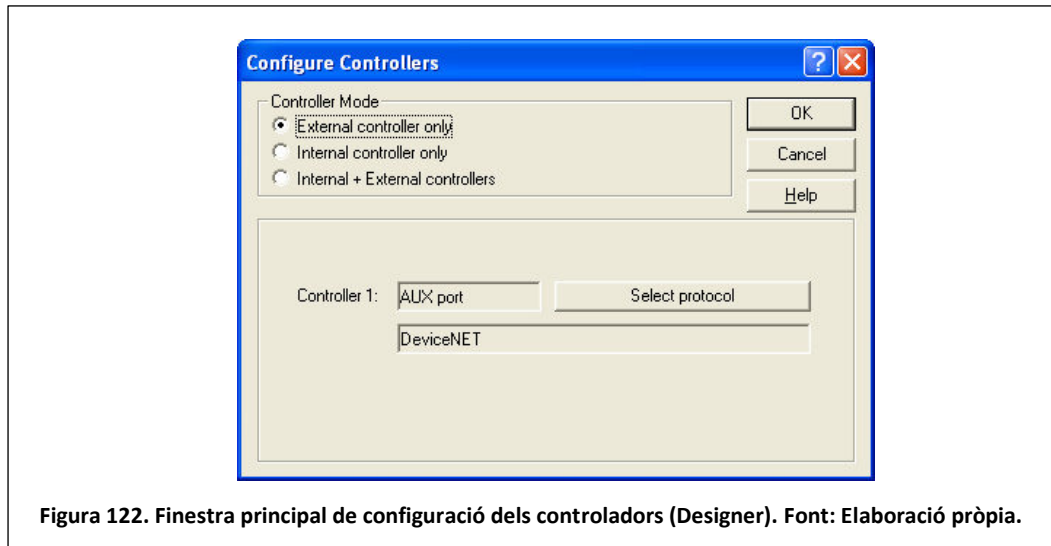
La informació relacionada amb el programa s'ha extret de FED Designer User's manual (32).

C.4.2 Creació d'un projecte

Per crear un projecte només cal obrir el programa, clicar a la pestanya Arxiu → Nou. Tot seguit apareix la finestra que mostra la figura 121. Aquesta ens demana el nom del projecte i la ruta on quedarà guardat, un cop s'acciona el botó acceptar el projecte es crea.



Tot seguit cal configurar els controladors clicant a la pestanya Project → Configure Controllers, de manera que apareix la finestra que mostra la figura 122.



Un cop en aquesta finestra cal marcar l'opció External controller only i seleccionar el protocol clicant al botó Select protocol, llavors apareix la finestra que mostra la figura 123, on s'ha de seleccionar el protocol DeviceNet. Finalment clicar al Controller Setup, que obre una nova finestra on s'han de definir la mida de les connexions produïdes, la mida de les connexions consumides i el Baud Rate, la figura 123 també mostra aquesta finestra, per acabar clicar OK.

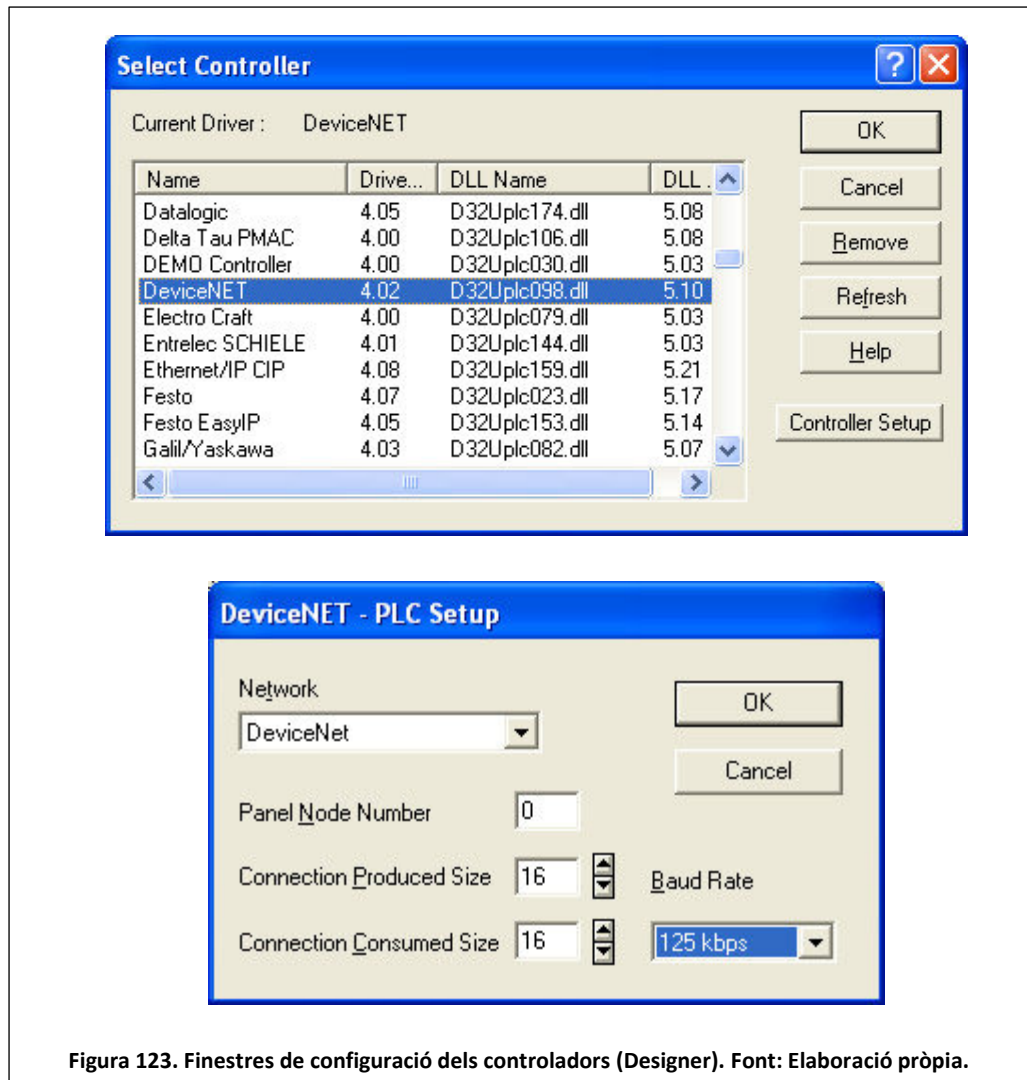


Figura 123. Finestres de configuració dels controladors (Designer). Font: Elaboració pròpia.

Per acabar cal seleccionar el terminal tàctil i les seves característiques clicant a la pestanya Project → Panel Setup. Llavors, s'obre una finestra que permet seleccionar el model del terminal, la memòria i la versió del Firmware, la figura 124 presenta aquesta finestra i les opcions que s'han de seleccionar per al terminal utilitzat al projecte. A la pestanya Passthrough es pot seleccionar el Baud Rate que utilitzarà el terminal per a la transferència dels arxius gràfics, entre altres, necessaris per a què funcioni correctament la interfície gràfica del projecte.

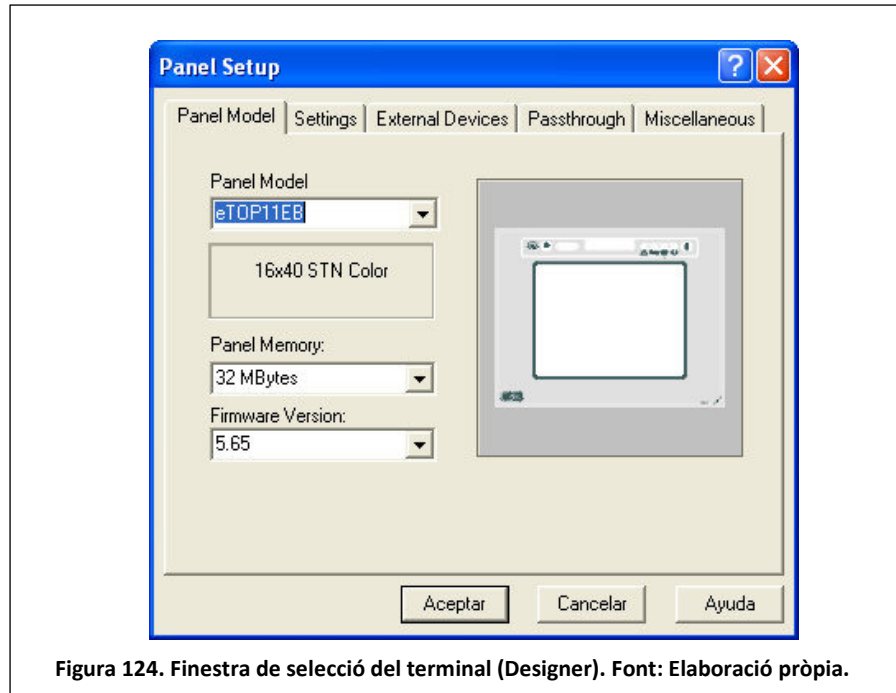


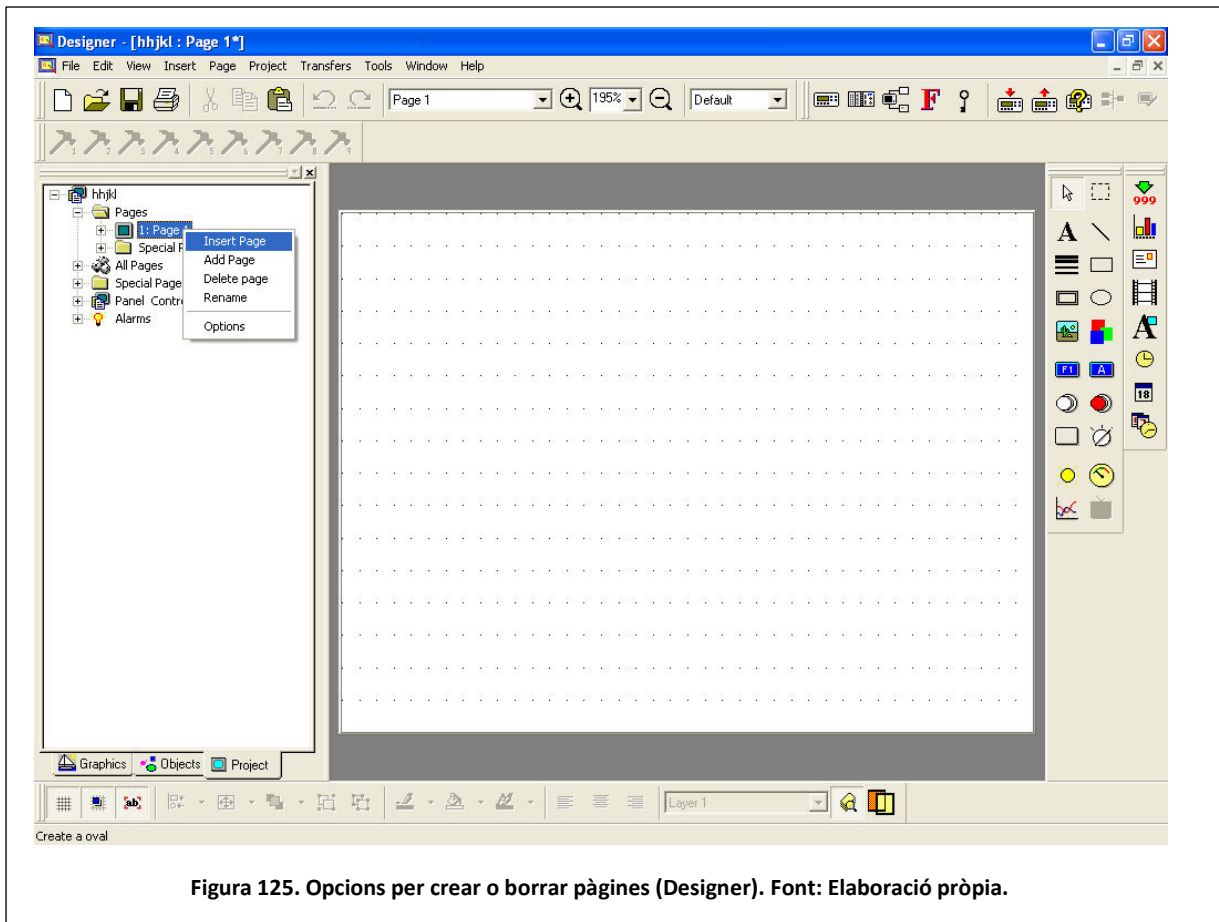
Figura 124. Finestra de selecció del terminal (Designer). Font: Elaboració pròpia.

C.4.3 Programació

Designer té un gran ventall de comandes i opcions per fer possible un entorn atractiu i pràctic. En aquesta memòria s'expliquen únicament les opcions utilitzades per desenvolupar el projecte.

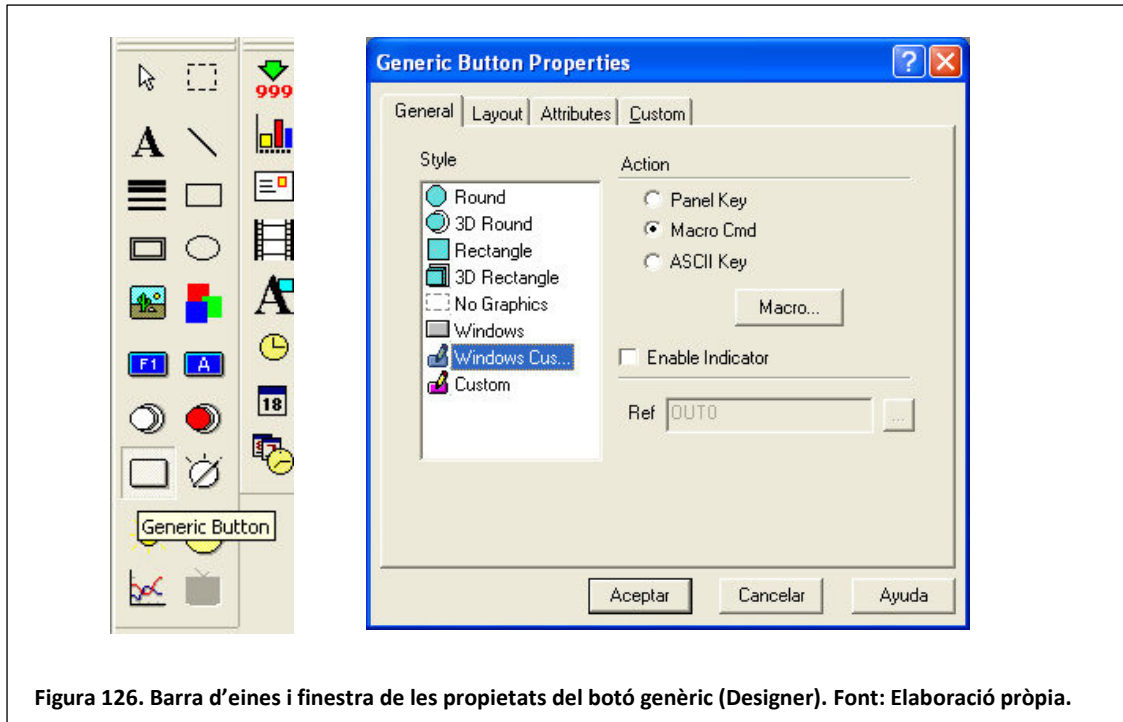
C.4.3.1 Creació de pàgines

Designer és un programa que permet crear una interfície gràfica per a què l'usuari pugui accionar cadascun dels processos còmodament des del terminal. El programa Designer permet configurar el ventall d'opcions o comandes en pàgines. Per crear una pàgina s'ha de clicar amb el botó dret del ratolí sobre la icona 1: Page 1, de manera que es despleguen un conjunt d'opcions, llavors es pot optar per posar-la davant de la pàgina que s'ha seleccionat amb l'opció Insert Page o després de les altres pàgines amb l'opció Add Page, la figura 125 mostra el menú d'opcions. També es pot esborrar cada pagina clicant a l'opció Delete Page, o amb el teclat clicant al botó Supr, i accionant si a la pregunta.

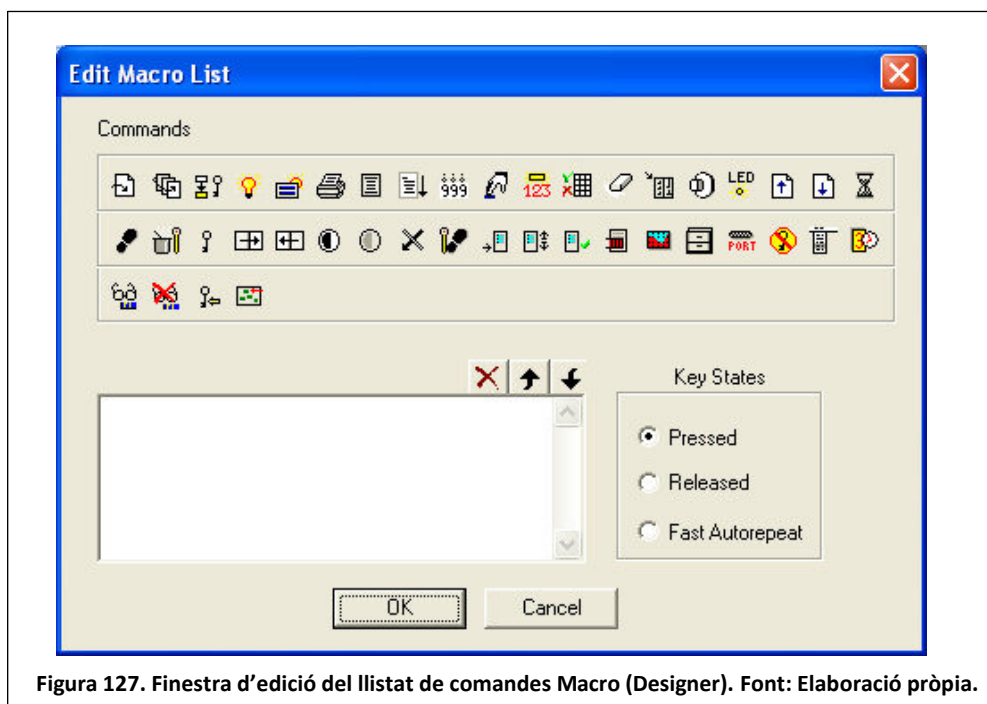


C.4.3.2 Botons genèrics

Les accions Macro Cmd s'han utilitzat en els botons genèrics, que són aquells que s'han utilitzat per navegar o escriure en alguna direcció un bit lògic ("0" o "1"). Per accedir a la finestra del botó genèric es pot utilitzar la barra d'eines de la dreta, que presenta la figura 113, clicant a la icona Generic Button. També es pot accedir clicant a la pestanya Insert → Touch Cells → Generic Command Button. A continuació només cal arrossegar sobre la pantalla, segons la mida que vulguem del botó, i deixar anar per a poder veure la finestra. La finestra que ens presenta també la figura 126, permet seleccionar l'estil del botó i l'acció, on triem Macro Cmd.

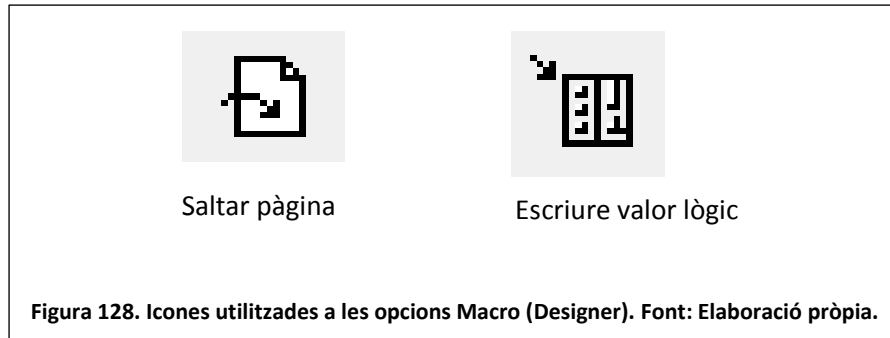


Per editar la llista de les comandes Macro només cal clicar al botó Macro i apareix la finestra que mostra la figura 127.

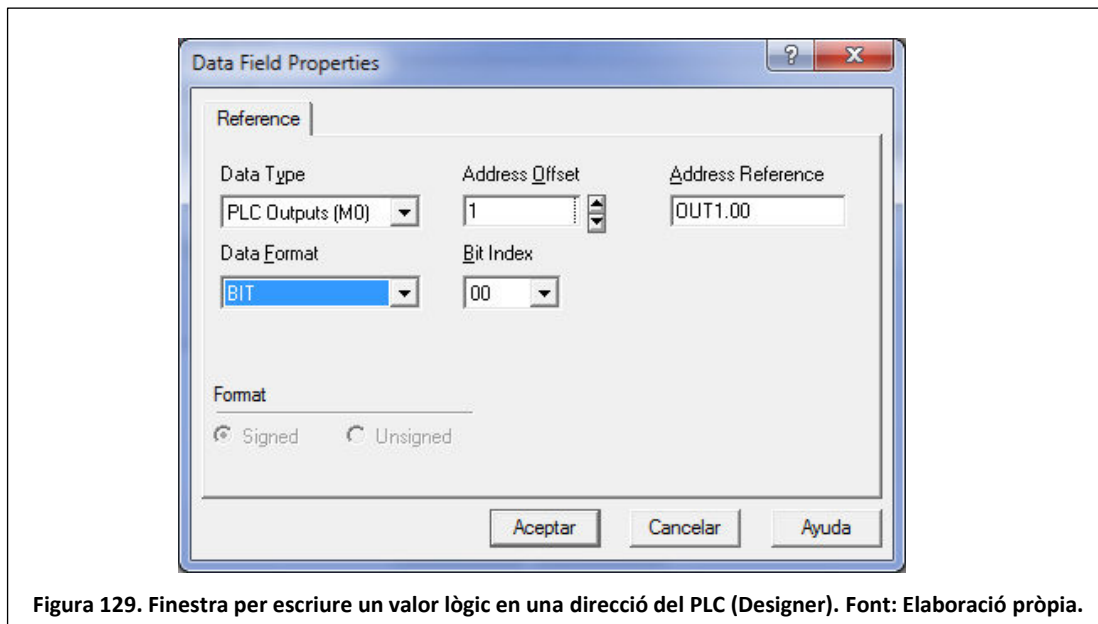


La finestra Edit Macro List presenta un seguit d'opcions que s'executaran quan es pressioni el botó a la pantalla tàctil. En el projecte s'han utilitzat dues opcions:

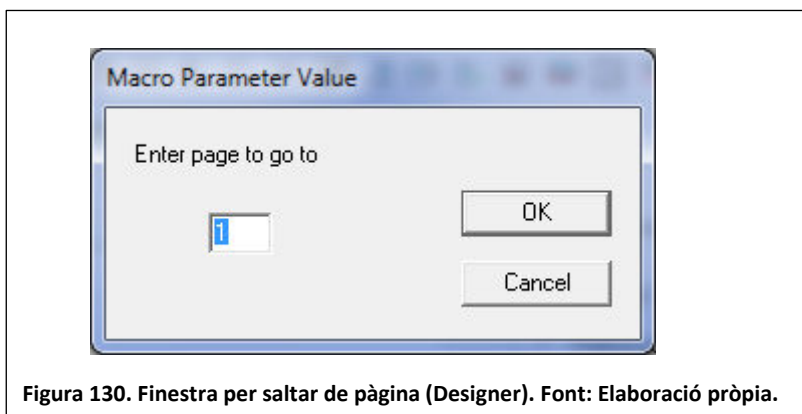
- Escriure un valor lògic en una de les adreces del controlador, a la figura 128 es pot veure la icona utilitzada.
- Fer un salt de pàgina, la figura 128 també mostra la icona.



La figura 129 mostra la finestra que apareix al clicar la icona escriure valor lògic. Bàsicament cal indicar l'adreça específica, si és una sortida o entrada, indicar el format i posar el valor lògic del bit que s'escriurà.



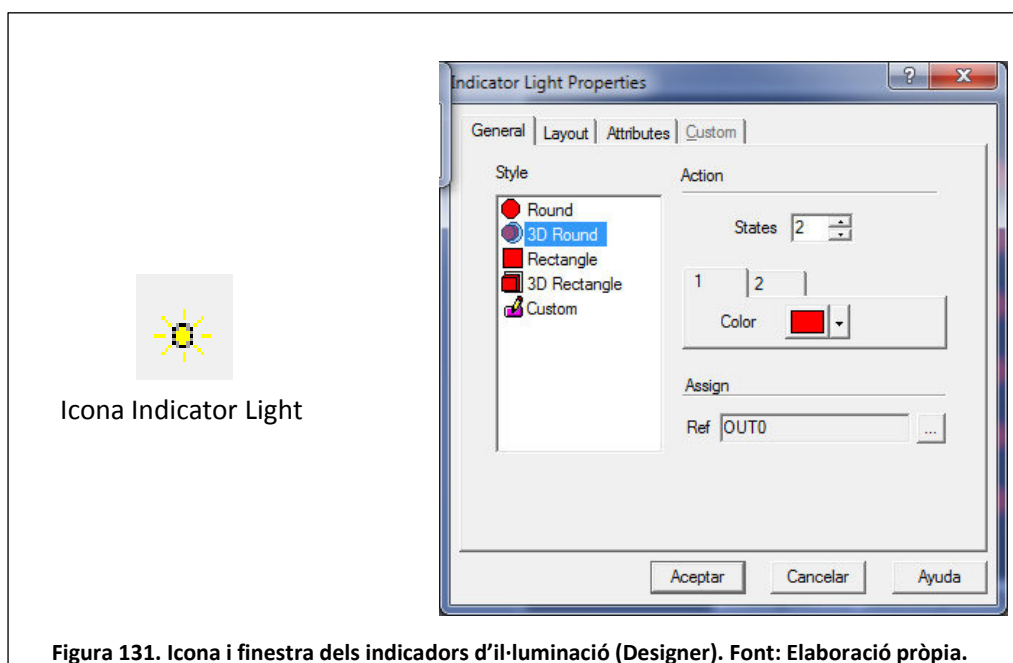
La figura 130 mostra la finestra que s'obre a l'accionar el botó passar pàgina. Únicament s'ha d'indicar la pàgina, del menú DeviceNet, a la que es vol saltar.



La pestanya layout de la figura 126 fa possible escriure un text a sobre del botó, oferint opcions per modificar la lletra, i escollir els colors del botó.

C.4.3.3 Indicadors d'il·luminació

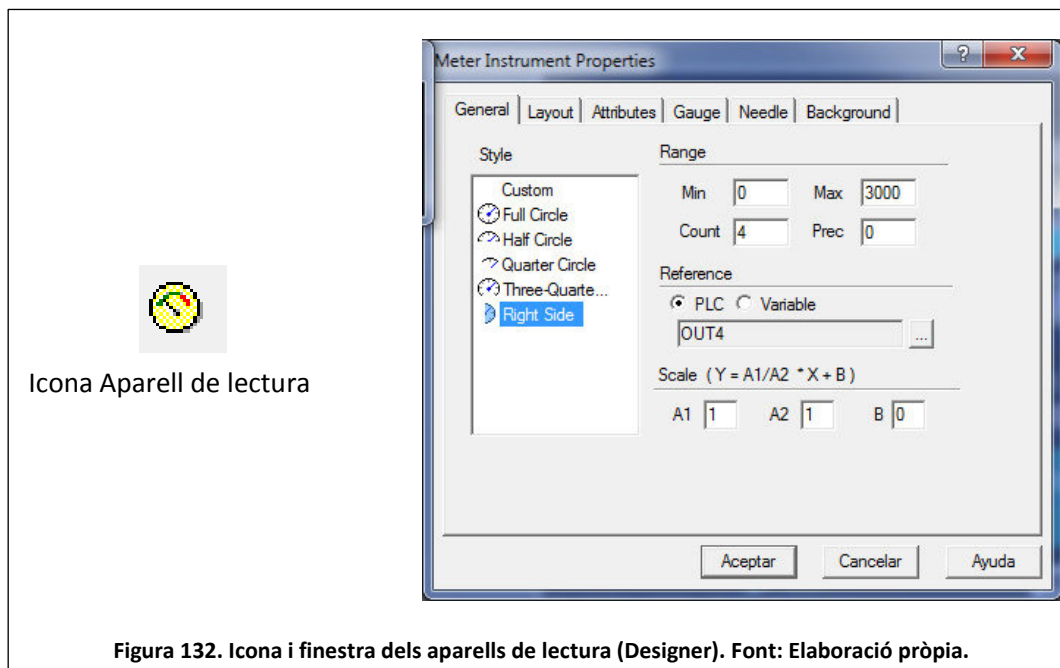
Són utilitzats per indicar si els sensors estan detectant l'aigua o no. Per accedir a posar un indicador d'il·luminació o Indicator Light cal clicar a la icona de la barra d'eines de la dreta de la pantalla, la figura 131 mostra la icona, per acabar només cal arrossegar sobre la pàgina i deixar anar per a què s'obri la finestra. També es pot accedir a la finestra clicant a la pestanya Insert → Touch Cells → Indicator Light. La figura 131 també mostra la finestra dels indicadors d'il·luminació.



A la finestra es poden seleccionar el nombre d'estats, en el projecte només s'utilitzen dos estats per a cada detector. Cadascun dels estats té un color per mostrar visualment a la pantalla del terminal en quin estat es troba cada detector. En el projecte s'ha utilitzat el color vermell per a indicar que no es detecta l'aigua i/o el dispositiu no està en funcionament. Tanmateix el color verd s'ha utilitzat per indicar que si es detecta l'aigua, de manera que el dispositiu està en funcionament. Finalment cal escollir l'adreça, el format i si la direcció és d'entrada o sortida, per accedir a la mateixa finestra de la figura 116 només cal clicar als tres punts que mostra la figura 131.

C.4.3.3 Aparell de lectura

S'encarrega de mostrar visualment el número que transporta un dispositiu determinat, per la seva direcció i la seva paraula (16 bits), de manera simultània al procés que està interpretant aquest. Per posar un aparell de lectura en una de les pàgines cal clicar la icona que mostra la figura 132 i arrossegat sobre la pàgina, llavors apareix la finestra que també es pot veure a la figura 132. També es pot accedir aquesta eina clicant a la pestanya Insert → Meter Instrument.



A la finestra es pot escollir l'estil, on es selecciona la mida del cercle, els rangs, la escala i l'adreça del dispositiu.

Al projecte s'ha utilitzat un aparell de lectura pel cabalímetre a les pàgines de simulació.

C.4.3.4 Camp numèric/ASCII

El camp numèric s'utilitza per mostrar a temps real el valor del dispositiu que està enllaçat aquest. Per posar un camp numèric només cal clicar a la icona que presenta la figura 133 arrossegant sobre la pàgina i deixar anar segons la mida que es desitgi, llavors com en els altres casos sobre la finestra que projecte també la figura 133. També es pot accedir aquesta comanda a través de la pestanya Insert → Data Fields → Numeric/ASCII.

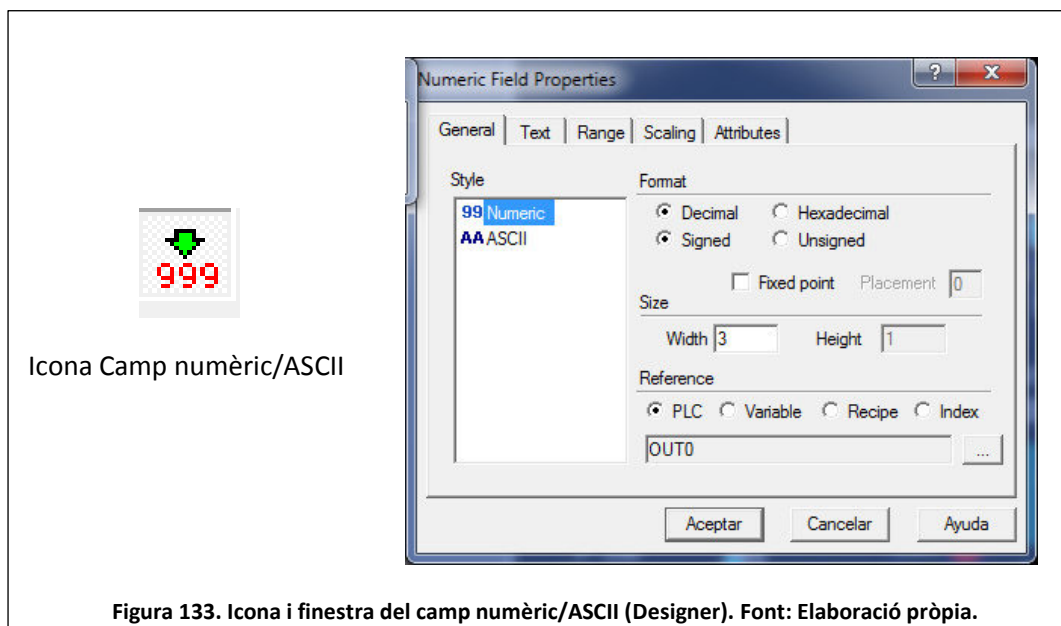


Figura 133. Icona i finestra del camp numèric/ASCII (Designer). Font: Elaboració pròpia.

La finestra del camp numèric/ASCII permet escollir entre dos estils, numèric o ASCII, al projecte s'ha utilitzat únicament el numèric; a la part de format es pot triar entre decimal i hexadecimal, com també si es vol amb signe o sense. Tanmateix permet seleccionar la mida del camp i també proporciona, igual que en els altres casos, els tres punts que permeten accedir a la finestra per a seleccionar tots els paràmetres necessaris per enllaçar aquest camp amb el dispositiu.

El projecte compta amb un camp numèric a la part de simulació i a la part de control PID s'utilitza per als valors K_p , K_i , K_D , valor seleccionat, el valor que proporciona el cabalímetre i la bomba 2M1.

C.4.3.5 Botó per prémer

S'utilitza per a què l'usuari pugui activar una acció, com ara un element actiu de l'estació de mescla, únicament pressionant aquest. Per situar un botó per prémer o un Push Button cal clicar a la icona que mostra la figura 134 i fer exactament el mateix que en els altres casos, llavors també apareix la finestra que es pot contemplar a la figura 134. També es pot accedir aquesta finestra clicant a la pestanya Touch Cells → Push Button.

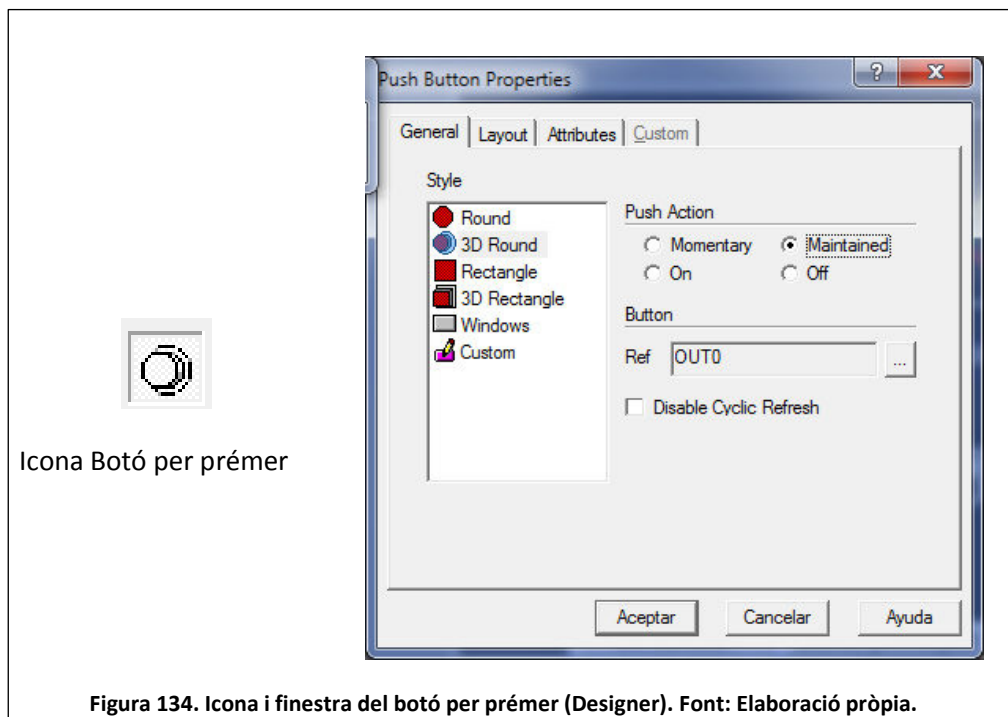


Figura 134. Icona i finestra del botó per prémer (Designer). Font: Elaboració pròpia.

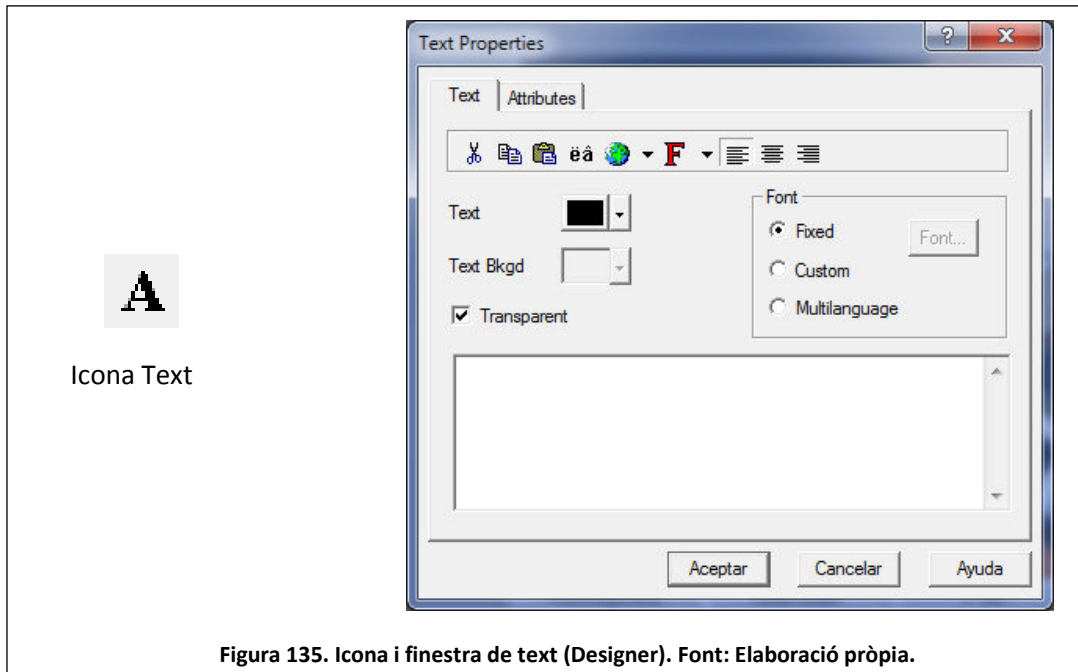
La finestra permet seleccionar l'estil, l'acció que es porti a terme al polsar i si es vol de manera momentània o permanent l'acció (per defecte quan es polsa s'escriu un "1" lògic i quan es desactiva un "0" lògic), i com en els altres casos demana la direcció per enllaçar amb el dispositiu.

El projecte l'utilitza per accionar en la part manual de simulació tots els actuadors i en la part PID el control PID i la pertorbació creada per la bomba 2M2.

C.4.3.6 Text

Aquesta eina s'utilitza per introduir un text amb el qual es pot transmetre un missatge a l'usuari, fent més fàcil interactuar amb les opcions que proporciona el terminal tàctil. La figura 135 mostra la icona emprada per inserta un text, aquesta també es troba a la part dreta

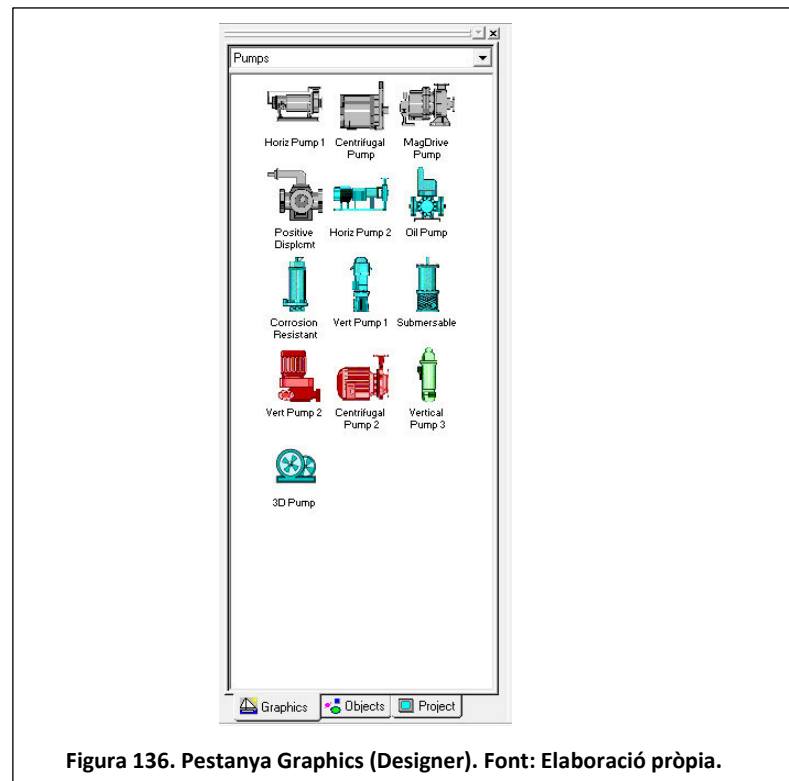
de la pantalla. Tanmateix es pot accionar des de la pestanya Insert → Text. La finestra de l'opció text és també presentada per la figura 135. Aquesta finestra apareix quan cliquem dos cops sobre el quadre de text.



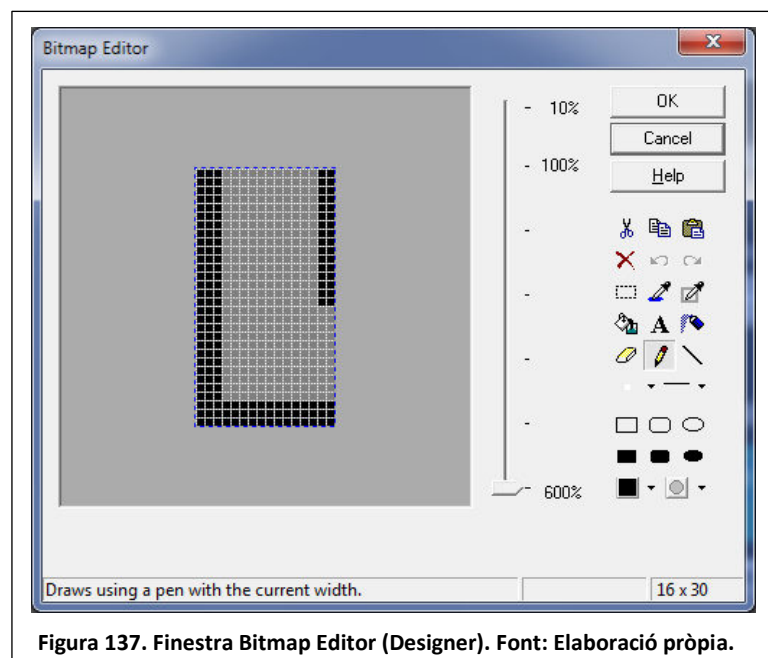
Com es pot veure a la figura 135, la finestra presenta les opcions de triar el color del text i el seu fons, així com la font que es vol emprar. L'opció Custom permet accedir a la finestra font on es pot seleccionar un seguit d'opcions, com ara la mida i el tipus de lletra.

C.4.3.7 Gràfics

Per introduir gràfics proporcionats pel programa, només cal seleccionar la pestanya Graphics a la part dreta de la finestra principal del programa, la imatge 136 ho projecte. Un cop en aquesta pestanya es pot observar cada element gràfic que proporciona el programa, aquests estan distribuïts en diferents perfils, com ara Pipes i Pumps.

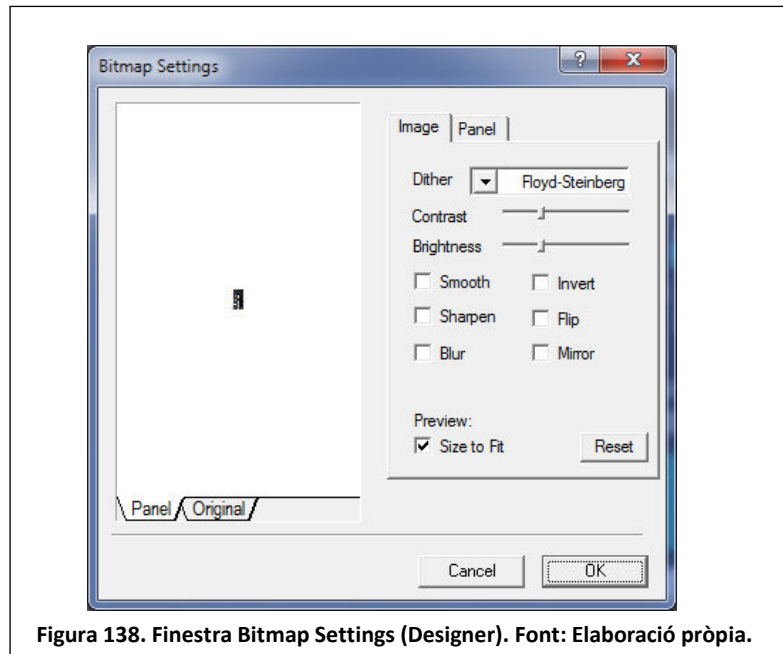


Per introduir un d'aquests elements només cal clicar a sobre del que es vulgui introduir i arrossegar aquest sobre la part de pantalla d'una pàgina. Clicant amb el botó dret del ratolí sobre aquest es pot escollir l'opció Edit, que farà possible modificar la imatge. La figura 137 presenta la finestra Bitmap Editor.



C.4.3.8 Importar imatges

Per portar imatges a la pantalla de la pàgina actual s'acciona la pestanya Insert → Import Bitmap Graphics. A continuació es presenta una finestra que permet cercar la imatge i un cop ja seleccionada, emergeix la finestra Bitmap Settings que es pot veure a la figura 138, la qual permet un petit ventall d'opcions per modificar la imatge.



C.4.3.9 Trend Window

Aquesta eina proporciona una finestra que projecte variables en funció del temps. Així doncs, primer s'han d'introduir les variables clicant a la pestanya Project → Trend Buffers. La figura 139 proporciona la finestra Configure Trend Buffers que apareix al accedir a Trend Buffers.

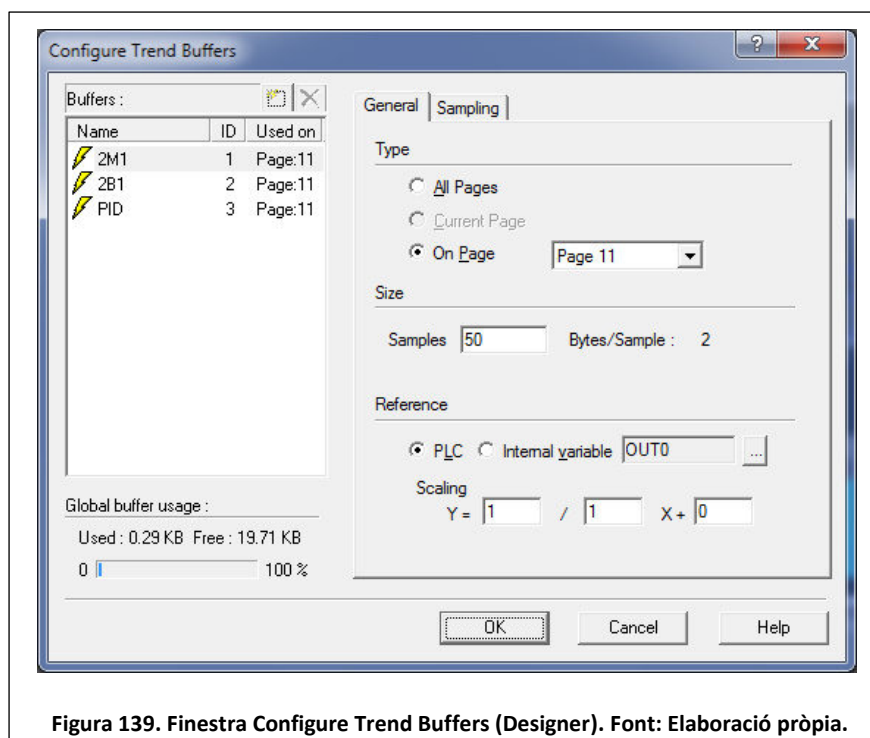


Figura 139. Finestra Configure Trend Buffers (Designer). Font: Elaboració pròpia.

La figura 140 presenta el símbol que s'utilitza per crear una variable o eliminar-ne una. Es pot seleccionar a quina pàgina s'utilitzarà, quantes mostres s'agafaran, l'enllaç amb el dispositiu i l'escala per representar la variable.

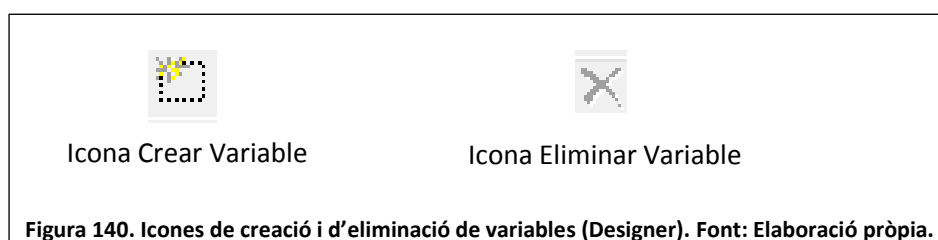
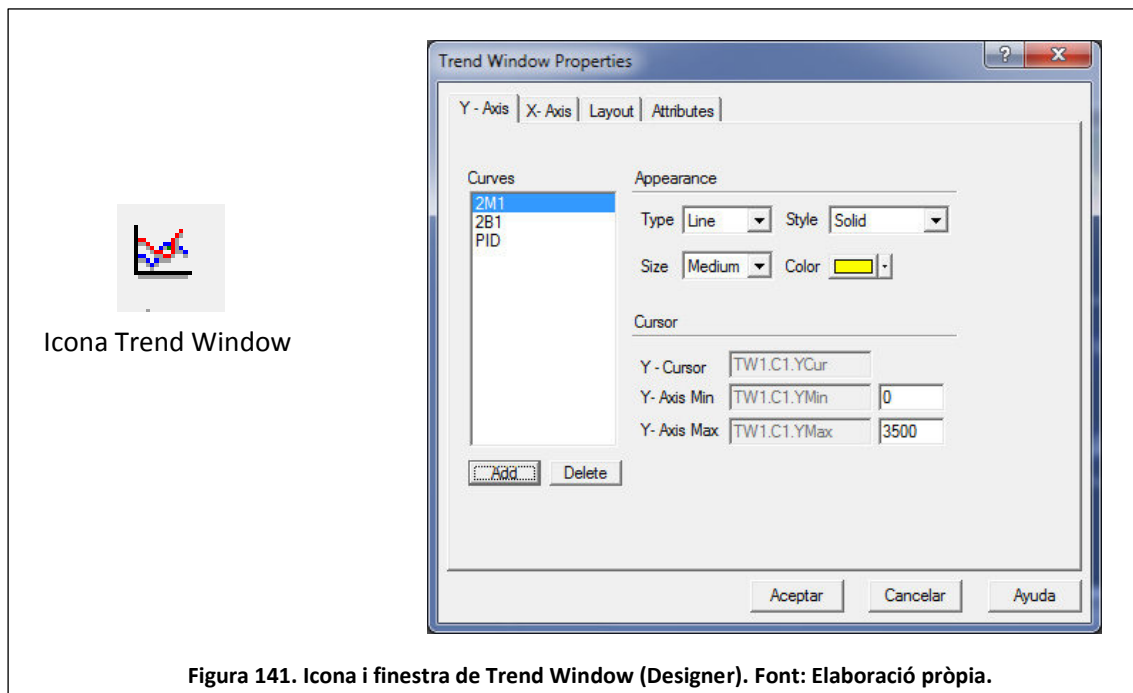


Figura 140. Icones de creació i d'eliminació de variables (Designer). Font: Elaboració pròpia.

Per introduir una finestra que projecti les variables en funció del temps, s'ha d'utilitzar l'eina Trend Window. Aquesta es pot obtenir clicant al símbol presentat per la figura 141 o accedint a la pestanya Insert → Trend Window. Tot seguit apareix la finestra Trend Window Properties que també manifesta la figura 141.



Per afegir les variables només cal accionar el botó Add i seleccionar la variable. Després es pot escollir l'aparença de la línia i els límits de l'eix Y. En el cas del projecte la bomba 2M1 no pot superar el valor 4095.

C.4.4 Introduir el codi al terminal tàctil

Per carregar el codi de gràfics cal tenir connectat el cable RS-232 de l'ordinador al port PC/PRINTER PORT de la pantalla tàctil, després cal pressionar la pantalla durant uns pocs segons per a què s'obri el menú principal del terminal i finalment accionar l'opció CONFIG. Llavors ja es pot demanar al programa Designer que carregui el programa clicant a la pestanya Transfers → Download, la transferència comporta uns quants minuts i quan ha finalitzat el terminal executa automàticament el codi.