

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE D'AUTOMATITZACIÓ DEL PROCÈS D'ALIMENTACIÓ DE LES AMASSADORES D'UNA FÀBRICA DE PA

MEMÒRIA

Alumne: Pau Ascon Sánchez

Tutor: Santiago Bogarra Rodríguez

18/01/2010



**Escola Tècnica Superior d'Enginyeries
Industrial i Aeronàutica de Terrassa**

ÍNDEX

Índex	- 2 -
Índex de taules	- 5 -
Índex de figures	- 6 -
1 Objecte	- 7 -
2 Justificació	- 7 -
3 Abast	- 8 -
4 Especificacions bàsiques	- 10 -
5 Definició dels processos de transport i dosificació	- 11 -
5.1 Claus per a la lectura dels plànols.....	- 11 -
5.2 Consideracions sobre l'explosivitat de la farina.....	- 11 -
5.2.1 Conclusions	- 13 -
5.3 Processos de transport i dosificació de sòlids.....	- 13 -
5.3.1 Tipologia del sistema de transport de sòlids	- 13 -
5.3.2 Elements de l'àrea plataforma	- 14 -
5.3.3 Elements de la màquina de microingredients	- 15 -
5.4 Processos de transport i dosificació de líquids.....	- 16 -
6 Selecció del hardware industrial i instrumentació de control	- 18 -
6.1 PLC (controlador lògic programable).....	- 18 -
6.2 Variadors de freqüència	- 20 -
6.3 Instruments de dosificació de sòlids.....	- 21 -
6.3.1 L'estructura d'un sistema bàscula.....	- 21 -
6.3.2 Cèl·lules de càrrega.....	- 22 -
6.3.3 Targeta suma.....	- 24 -
6.3.4 Acondicionadors de senyal per a cèl·lules de càrrega.....	- 25 -
6.3.5 Plc: targetes d'entrades analògiques.....	- 26 -
6.4 Instruments de dosificació de líquids.....	- 26 -
7 Programació del PLC i de l'HMI	- 27 -
7.1 Abast de la programació del PLC i l'HMI.....	- 27 -

7.2 Estructura del programa de control	- 27 -
7.3 La seqüència de control i les pantalles de l'hmi	- 28 -
7.3.1 Pas 1: recepció d'entrades de l'autòmata	- 31 -
7.3.2. Pas 2: operació calibrar bàscula	- 32 -
7.3.3. Pas 3: operació obtenir kg de producte a bàscula	- 34 -
7.3.4. Pas 4: operació test bàscula	- 36 -
7.3.5. Pas 5: test modes de treball	- 37 -
7.3.6. Pas 6: procés de dosificació de farina a l'amassadora	- 38 -
7.3.7. Pas 7: condicions de moviment dels actuadors	- 48 -
7.3.8. Pas 8: activació sortides plc.....	- 48 -
7.3.9. Subrutines d'interrupció cíclica	- 50 -
7.3.10. Alarmes.....	- 50 -
7.3.11. Pantalla mode de treball manual	- 51 -

8 Càlcul i disseny de la instal·lació elèctrica d'automatització en baixa tensió- 53

8.1 Normativa legal d'aplicació.....	- 53 -
8.2 Fòrmules i criteris de càlcul i selecció de components.....	- 54 -
8.2.1 Potència de càlcul.....	- 54 -
8.2.2 Càlcul de la intensitat nominal de circuits	- 54 -
8.2.3 Càlcul de la secció dels conductors.....	- 55 -
8.2.4 Càlcul de la intensitat màxima de curtcircuit.....	- 57 -
8.2.5 Càlcul de la caiguda de tensió	- 59 -
8.2.6 Càlcul dels interruptors magnetotèrmics.....	- 61 -
8.2.7 Càlcul de l'interruptor diferencial de l'armari microingredients.....	- 63 -
8.2.8 Càlcul del transformador de maniobra	- 63 -
8.2.9 Càlcul dels contactors.....	- 64 -
8.2.10 Càlcul dels interruptors principals d'armaris	- 64 -
8.2.11 Càlcul dels variadors de freqüència.....	- 64 -
8.2.12 Equilibrat de càrregues.....	- 65 -
8.3 Relació de receptors instal·lats	- 66 -
8.4 Resum de resultats de càlcul i resum de criteris de disseny.....	- 71 -
8.4.1 Criteris de disseny dels circuits de seguretat, control i maniobra	- 71 -
8.4.2 Resum de mètodes d'instal·lació utilitzats	- 74 -
8.4.3 Resum de resultats de càlcul.....	- 80 -

9	Llista de materials seleccionats als capítols 6 i 8	- 87 -
10	Planificació i programació de l'enginyeria de detall	- 95 -
	<i>10.1 Recursos</i>	<i>- 95 -</i>
	<i>10.2 Planificació i programació</i>	<i>- 95 -</i>
11	Medi ambient	- 97 -
	<i>11.1 Consideracions mediambientals.....</i>	<i>- 97 -</i>
	<i>11.2 Desballestament.....</i>	<i>- 97 -</i>
12	Pressupost.....	- 98 -
	12.1 Abast.....	- 98 -
	12.2 Normes de medició	- 98 -
	12.3 Llistes de preus dels armaris de control.....	- 99 -
	12.4 Llista de preus de la instrumentació de control.....	- 102 -
	12.5 Llistes de preus de les mànegues de cable	- 103 -
	12.6 Preus enginyeria	- 104 -
	12.7 Pressupost total	- 104 -
13	Conclusions.....	- 105 -
14	Llista de documents annexos a la memòria	- 107 -
15	Bibliografia complementària.....	- 108 -

ÍNDIX DE TAULES

Taula 1. Hardware de l'armari principal.....	- 19 -
Taula 2. Hardware de l'armari ET1.	- 19 -
Taula 3. Hardware de l'armari ET2.	- 20 -
Taula 4. Factors de correcció segons material aïllant per a càlcul de la secció del conductor... -	56 -
Taula 5. Relació de receptors instal·lats.....	- 70 -
Taula 6. Mètode d'instal·lació 1.....	- 76 -
Taula 7. Mètode d'instal·lació 2.....	- 76 -
Taula 8. Mètode d'instal·lació 3.....	- 77 -
Taula 9. Mètode d'instal·lació 4.....	- 78 -
Taula 10. Mètode d'instal·lació 5.....	- 79 -
Taula 11. Consums totals de la instal·lació elèctrica en baixa tensió.....	- 80 -
Taula 12. Característiques del circuit 2Q3.....	- 80 -
Taula 13. Característiques del circuit 2Q4.....	- 81 -
Taula 14. Característiques del circuit 2Q5.....	- 81 -
Taula 15. Característiques dels circuits 2Q6 i 2Q7.....	- 82 -
Taula 16. Característiques del circuit CO.....	- 82 -
Taula 17. Característiques dels circuits C1 i C2.....	- 83 -
Taula 18. Característiques dels circuits 3Q1, 3Q2, 3Q3, 3Q4, 4Q3 i 5Q1.....	- 84 -
Taula 19. Característiques dels circuits 4Q1 i 4Q2.....	- 85 -
Taula 20. Planificació i programació.....	- 96 -

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1. Elements de l'àrea plataforma – sòlids (extracte del document annex de plànols).	- 14 -
Figura 2. Elements de la màquina de microingredients (extracte del document annex de plànols). ..	- 15 -
Figura 3. Elements de l'àrea plataforma - líquids (extracte del document annex de plànols).	- 16 -
Figura 4. Pantalla principal.	- 31 -
Figura 5. Recta de regressió Kg vs Lectura digital.....	- 32 -
Figura 6. Pantalla calibrar bàscula.....	- 34 -
Figura 7. Pantalla tarar bàscula.....	- 35 -
Figura 8. Operació tarar bàscula.....	- 35 -
Figura 9. Pantalla paràmetres test bàscula.	- 36 -
Figura 10. Estil de programació.	- 38 -
Figura 11. Pantalla producció (“espera mode de treball automàtic”).	- 39 -
Figura 12. Pantalla producció (“espera ordre inici”).	- 41 -
Figura 13. Pantalla producció (“espera a aconseguir pes desitjat”).....	- 44 -
Figura 14. Pantalla paràmetres cua de pesada.	- 45 -
Figura 15. Pantalla paràmetres cua de pesada (“marges de test per a correcció de cua de pesada”). - 46 -	- 46 -
Figura 16. Pantalla producció (“Kg bàscula buida”).	- 48 -
Figura 17. Configuració de hardware del PLC a l'entorn de programació Step-7.....	- 50 -
Figura 18. Avís d'alarma a pantalla.	- 51 -
Figura 19. Finestra de descripció d'alarma a pantalla.....	- 51 -
Figura 20. Pantalla manteniment.....	- 52 -
Figura 21. Càlcul de la intensitat de curtcircuit a l'armari de microingredients.	- 57 -

1 OBJECTE

L'objecte del projecte és el disseny dels: sistemes de transport, sistema de control basat en PLC i la corresponent instal·lació elèctrica d'automatització en baixa tensió dels processos de dosificació d'ingredients a les amassadores d'una fàbrica de pa.

2 JUSTIFICACIÓ

Avui dia un ventall verdaderament molt vast de la indústria requereix de sistemes automatitzats de dosificació de materials sòlids i líquids.

La indústria siderúrgica i metal·lúrgica, la indústria del ciment i dels materials de construcció, la indústria de l'alimentació i la indústria química són, a tall d'exemple, sectors amb la mateixa necessitat.

Satisfereix aquesta necessitat demanda d'un camp concret de l'enginyeria: l'enginyeria d'automatització de processos. Aquesta és una vessant multidisciplinària que abarca tant l'enginyeria industrial com l'enginyeria en automàtica.

La motivació concreta del present projecte rau en l'enginyeria de programació d'autòmats i en l'enginyeria de disseny d'instal·lacions elèctriques per a la indústria de procés.

D'altra banda, una segona motivació dóna lloc a aquest projecte: l'alimentació bàsica. Aquesta constitueix una de les necessitats humanes primàries.

Entre altres aliments bàsics, el pa és un dels més importants. Ha sigut aliment bàsic de la humanitat gairebé des de la prehistòria, forma part de la dieta tradicional a Europa, l'Orient Mitjà, la Índia i Amèrica, i seguirà sent un dels aliments bàsics per excel·lència.

Amb les noves tecnologies del fred, les masses congelades ofereixen un aliment òptim i no perible, incrementant d'aquesta manera la capacitat de satisfer una necessitat bàsica com és l'alimentació.

El present projecte es centra a la indústria del pa congelat, que fabrica masses congelades per als professionals dels sectors de la fleca, l'hosteleria, la restauració, el càterring i les cadenes de distribució, principalment.

Aquesta indústria, pel seu volum i ritme de producció, requereix de processos automatitzats de dosificació d'ingredients a les amassadores.

3 ABAST

L'abast del projecte serà el següent:

- Es definiran els sistemes de transport, els sistemes de dosificació i l'estructura d'instrumentació de control dels processos de dosificació de sòlids i líquids a les amassadores; concretament:
 - Elecció del sistema de transport de sòlids i líquids.
 - Elecció del controlador lògic programable i el hardware industrial amb aquest relacionat.
 - Elecció del sistema i tipus d'instruments d'adquisició de dades per a dosificació de sòlids.
 - Elecció del sistema i tipus d'instruments d'adquisició de dades per a dosificació de líquids.
 - Elecció del tipus d'instruments de control de velocitat dels motors trifàsics.

- Es realitzarà el càlcul i el disseny de la instal·lació elèctrica d'automatització en baixa tensió:
 - Disseny dels circuits de seguretat, control, maniobra i potència.
 - Disseny de la distribució d'aparamenta interior d'armaris elèctrics i sistemes de canalitzacions dels conductors exteriors als armaris.
 - Elaboració dels esquemes elèctrics unifilars i multifilars de muntatge, esquemes de distribució d'aparamenta interior d'armaris, esquemes de distribució de mànegues de connexió entre armaris, i esquemes de transport de sòlids i líquids.

Aquests documents seran l'eina directa per al tècnic electricista instal·lador, per al muntatge dels armaris, la connexió entre armaris i la connexió amb els sensors i actuadors, així com el posterior manteniment de la instal·lació.

 - Dimensionament dels conductors elèctrics.
 - Dimensionament de dispositius de protecció de les persones i la instal·lació.

- Es realitzarà la programació de l'autòmat, inclosa la interacció amb l'anomenada HMI (Human Machine Interface), que serà una pantalla tàctil per operador.

Tal i com es descriurà amb detall al capítol 7, *Programació del PLC i l'HMI*, l'abast del programa es centrarà en el procés de control de la dosificació de farina a una amassadora.

Quant als processos relacionats amb tractament de sòlids i líquids destinats a les amassadores de pa, l'abast serà en el següent:

- S'automatitzaran els processos de dosificació de farina, ingredients minoritaris (els anomenats microingredients), aigua i llevat a les amassadores.
- Els processos d'emmagatzematge de la farina en sitges d'emmagatzematge seran controlats per una segona estació de control i quedaran fora de l'abast del projecte.
- Els processos d'emmagatzematge, acondicionament i bombeig de l'aigua i el llevat en líquid seran també controlats per una tercera estació de control i quedaran fora de l'abast del projecte.
- Amb la segona i tercera estacions de control es preveuran les comunicacions necessàries.

L'abast del present projecte es correspondrà, en relació als departaments d'una empresa d'enginyeria de processos, al següent:

- El projecte correspondrà a la vessant d'enginyeria de programació d'autòmats i d'enginyeria de disseny d'armaris elèctrics d'autòmats.
- El disseny mecànic de la instal·lació de transport i dosificació quedaran doncs fora de l'abast del projecte.
- Es prendran com a dades conegudes de partida els aspectes resultants de les vessants d'enginyeria mecànica i de fluids del procés d'automatització:
 - Característiques elèctriques i mecàniques tant dels actuadors elèctrics com dels actuadors pneumàtics.
 - Característiques de la instal·lació pneumàtica.
- El pressupost constarà de les parts que queden dins l'abast.

4 ESPECIFICACIONS BÀSIQUES

- El conjunt PLC (controlador lògic programable) serà del fabricant Siemens, i el programa de la CPU (unitat de control i processament) es presentarà, per tant, en l'entorn i llenguatge de programació associat al fabricant.
- Donada la circumstància que el present projecte no s'emplaça a una indústria real concreta amb unes necessitats concretes, sinó que es planteja com una solució genèrica, es consideraran les hipòtesis que escaigui com a punts de partida:
 - La instal·lació elèctrica en baixa tensió del present projecte serà alimentada pel quadre general de distribució d'aquella indústria on sigui emplaçada.
 - La tensió de distribució serà de 400V de línia i 230V de fase.
 - Es suposarà la indústria alimentada pel seu propi transformador de mitja a baixa tensió, amb els següents paràmetres: potència nominal 630kVA i tensió de curtcircuit 0'04.
 - Les longituds de totes les canalitzacions elèctriques seran hipotètiques.
 - La fàbrica, donades les seves necessitats de producció, requerirà de 3 amassadores.
 - La quantitat de farina per amassadora i amassada serà de l'ordre de 50kg. A partir d'aquí es considerarà la quantitat necessària d'altres ingredients segons recepta.
 - El cicle d'amassada d'una amassadora serà de 10 minuts màxim.
 - D'acord amb la Propietat, i considerant un hipotètic resultat de càlculs del departament mecànic de l'empresa d'enginyeria de processos de la qual el present projecte formaria part:

Es prendrà com a punt de partida la necessitat de disposar de 2 sistemes bàscula per a farina i 1 sola màquina dosificadora de 4 microingredients per a satisfer el ritme de producció de les tres amassadores.

5 DEFINICIÓ DELS PROCESSOS DE TRANSPORT I DOSIFICACIÓ

Aquest capítol requereix d'una lectura paral·lela amb els plànols adjunts a la memòria com a document annexe.

5.1 CLAUS PER A LA LECTURA DELS PLÀNOLS

Els plànols consten d'esquemes elèctrics unifilars i multifilars de muntatge, esquemes de distribució d'aparamenta interior d'armaris, esquemes de distribució de mànegues de connexió entre armaris, i esquemes de transport de sòlids i líquids.

Els actuadors, sensors i aparamenta de protecció i control tenen en la seva majoria una identificació del següent estil: *número de pàgina als esquemes elèctrics multifilars + lletra identificadora + nombre identificador*.

I als esquemes elèctrics multifilars, els fils que no són en el que a l'argot d'automatització es coneix com a fil de potencial, sinó fil de connexió, s'identifiquen com: *número de pàgina (2 xifres) + número de fil (2xifres)*.

Per exemple, 7Y6 és l'element 7 de tipus Y (electrovàlvula) emplaçat a la pàgina 7 dels esquemes multifilars corresponents a l'armari elèctric on es troba l'element.

Tot element identificat als esquemes serà físicament identificat amb el mateix nom a la instal·lació.

L'estil d'identificació dels elements té com a finalitat que el moment d'obrir un armari elèctric o identificar un actuator o sensor per a fer una operació de qualsevol tipus, sigui ràpid trobar als esquemes allò que es té físicament a la mà.

5.2 CONSIDERACIONS SOBRE L'EXPLOSIVITAT DE LA FARINA

La pols de farina de blat, en funció de la seva concentració, és explosiva en un medi oxidant com l'aire, si existeix una font d'ignició, com podria ser una guspira, segons la directiva ATEX (atmòsferes explosives) europea 94/9/CE, transposada a Espanya pel Real Decreto 681-2003, sobre la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors exposats als riscos derivats d'atmòsferes explosives a la feina.

En compliment del Real Decret 681-2003, en primer lloc cal evitar tant com sigui possible la formació d'atmòsferes explosives.

Per aquesta raó el transport de la farina serà canalitzat mitjançant canonada d'acer inoxidable. Les unions seran soldades, i els trams de la canonada que hagin de ser

flexibles, hauran de ser de coberta metàl·lica mallada i unir-se per soldadura amb les canonades.

Per tant la instal·lació de transport serà tal que no existeixi la possibilitat, ni tans sols la probabilitat remota, de la formació d'un núvol de pols accidental degut a una fuga.

D'altra banda, es prendran les mesures necessàries per evitar totalment la formació de focus d'ignició, incloses les descàrregues electrostàtiques. Als següents apartats es detallaran aquestes mesures.

- Entrades i sortides dels cables a aparells elèctrics

Tota mànega que entri o surti a un aparell elèctric, ja sigui un sensor, un actuator o un armari elèctric, ho farà mitjançant prensaestopes de grau de protecció IP68, de manera que s'asseguri la total estanqueïtat al pols, i alhora, la màxima protecció contra la penetració de l'aigua, tot i que no existeixi explícitament aquest segon risc.

- Estanqueïtat dels aparells elèctrics

Tot sensor, actuator o armari elèctric haurà de disposar de la màxima estanqueïtat contral el pols, amb un grau de protecció IP6X.

- Intensitat màxima admissible als conductors

La intensitat admissible als conductors haurà de reduir-se un 15% respecte al valor corresponent a una instal·lació convencional.

- Requisits dels cables

S'utilitzaran cables de tensió assignada mínima 450/750V, aïllats amb barreges termoplàstiques o termoestables, que hauran de complir amb la norma UNE-EN 50266-2 sobre no propagació de l'incendi.

- Requisits de les canalitzacions elèctriques

Els cables es canalitzaran sota tub metàl·lic rígid. El tubs hauran de satisfer la norma UNE-EN 50086-1. En qualsevol cas hauran de complir amb els requisits especificats a la taula 3 de la ITC-BT-29 del REBT 2002.

- Connexió de les masses a terra

Per tal d'evitar les guspies elèctriques produïdes per acumulació d'electricitat estàtica, les diferents masses de la instal·lació es connectaran a terra, tal i com s'explica al document Plec de Condicions annex a aquesta memòria.

- Vestimenta dels treballadors de planta

Per tal d'evitar les guspies elèctriques produïdes per acumulació d'electricitat estàtica, els treballadors de planta (no el personal instal·lador), hauran d'equipar-se amb vestimenta antiestàtica, tal i com s'explica al document Seguretat i Salut annex a aquesta memòria.

5.2.1 CONCLUSIONS

El conjunt de mesures eliminarà qualsevol minsa possibilitat d'explosió. D'aquesta forma l'àrea de treball on s'emplaça la instal·lació del present projecte no presentarà riscos, a efectes del Real Decreto 681-2003, i no caldrà per tant prendre altres precaucions especials.

5.3 PROCESSOS DE TRANSPORT I DOSIFICACIÓ DE SÒLIDS

Els plànols corresponents a aquest apartat són els tres primers del document annex de plànols.

5.3.1 TIPOLOGIA DEL SISTEMA DE TRANSPORT DE SÒLIDS

Els sòlids que requereix l'amassadora es divideixen en dos grups: els ingredients majoritaris i els ingredients minoritaris (microingredients a l'argot del sector industrial de la panificació).

Els ingredients majoritaris es redueixen en aquest cas a un sol tipus: la farina. Els microingredients indispensables són la sal i el millorant, i depenent de la recepta, s'afegeixen altres com, per exemple, el segó.

El moviment de sòlids s'efectuarà mitjançant l'aspiració canalitzada. Cal tenir en compte que són sòlids en pols i són aliments, i per tant cal assegurar en primer lloc la seguretat i la higiene per a les persones i la instal·lació.

El transport per aspiració canalitzada és el sistema de transport més higiènic i net, perquè evita que la pols de l'ingredient s'escampi i centri a l'ambient i pugui ser respirat, així com també evita que els ingredients es contaminin de l'ambient.

A més, com s'ha explicat, el transport canalitzat és necessari en el cas de la farina, donat el seu caràcter explosiu.

5.3.2 ELEMENTS DE L'ÀREA PLATAFORMA

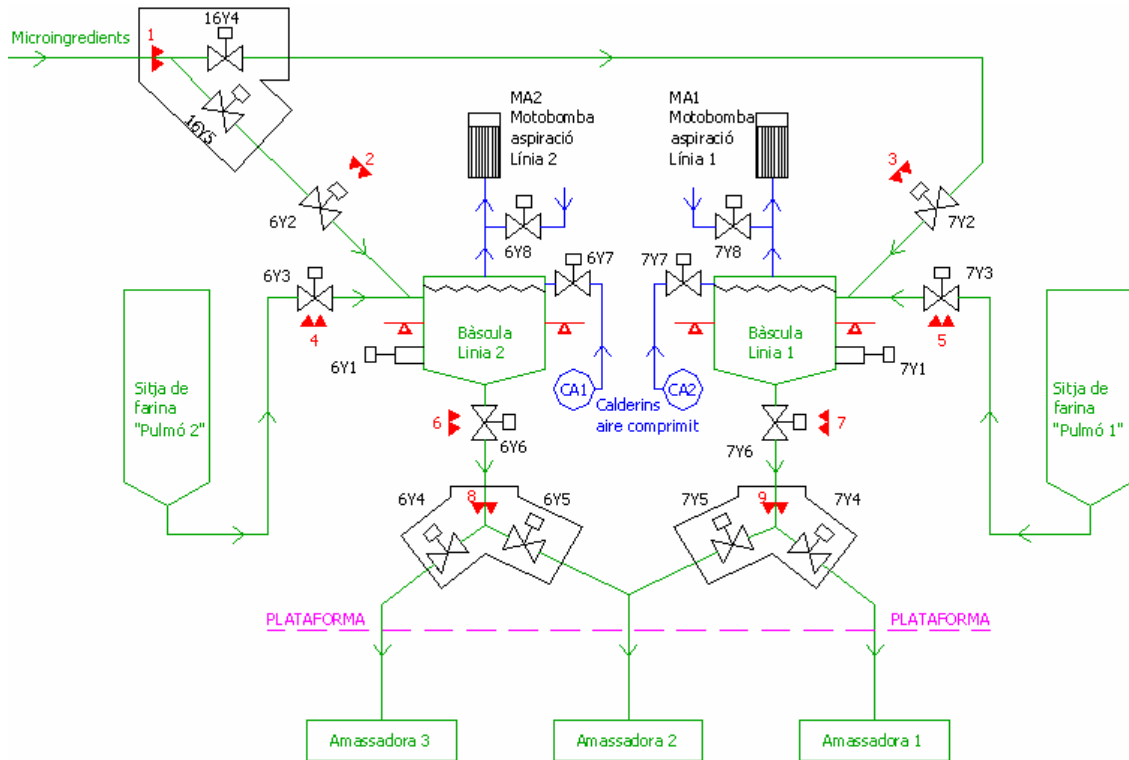


Figura 1. Elements de l'àrea plataforma – sòlids (extracte del document annex de plànols).

Les estructures tolva-bàscula estaran situades a una plataforma per sobre del nivell de les amassadores. Aquesta plataforma serà accessible per a les persones.

Les estructures tolva-bàscula tindran la finalitat de pesar farina. Els microingredients es pesaran a la màquina de microingredients i seran transportats a la tolva-bàscula que correspongui només amb la fi de transportar-los i descarregar-los a les amassadores amb una sola bomba de transport per tolva-bàscula.

Cada tolva bàscula serà suportada per un conjunt de 3 cèl·lules de càrrega. Les característiques d'aquestes es detallen a l'apartat 6.3 *Instruments de dosificació de sòlids*.

Cada bàscula disposarà d'un martell pneumàtic de simple efecte (electrovàlvules 6Y1 i 7Y1 respectivament) per a fer vibrar l'estructura tolva-bàscula durant el buidat de la mateixa.

Cada bàscula disposarà d'una vàlvula pneumàtica de simple efecte per al pas de l'aire per a la funció de neteja del filtre de farina (electrovàlvules 6Y7 i 7Y7). L'aire de bufat de cada filtre provindrà d'un acumulador d'aire (calderí).

D'aquesta forma es pot assegurar la suficient pressió d'aire per a netejar els filtres. És clau la neteja dels filtres per al correcte funcionament de les bombes d'aspiració. Durant el procés d'aspiració es requerirà simultàniament d'un bufat cíclic dels filtres.

Es disposarà d'una bomba d'aspiració accionada per un motor trifàsic asíncron per a cada sistema bàscula (bombes MA1 i MA2).

Les bombes podran efectuar la seva arrencada sense càrrega: per exemple, durant el transitori d'arrencada, les vàlvules pneumàtiques de simple efecte governades per electrovàlvules 6Y8 i 6Y3 o bé 6Y8 i 6Y2 (línia 2) es trobaran simultàniament actives obrint les canalitzacions d'aire lliure i de farina o d'aire lliure i microingredients, respectivament. Passat el temps considerat de transitori d'arrencada, la vàlvula pneumàtica governada per l'electrovàlvula 6Y8 es desactivarà, i aleshores la bomba aspirarà només per la canalització de farina o de microingredients.

El desviador pneumàtic de pistó de doble efecte (electrovàlvules 16Y4 i 16Y5) determinarà el pas dels microingredients cap a la bàscula 1 o la bàscula 2.

Les electrovàlvules 6Y6 i 7Y6 s'activaran per a l'opertura de les escluses pneumàtiques de simple efecte de buidat de les tolves-bàscula.

La tolva-bàscula 1 podrà descarregar a les amassadores 1 i 2, i la tolva-bàscula 2 podrà descarregar a les amassadores 2 i 3. La bàscula 1 disposarà d'un desviador pneumàtic de pistó de doble efecte (electrovàlvules 7Y4 i 7Y5), i la bàscula 2 disposarà també d'un desviador pneumàtic de pistó de doble efecte (electrovàlvules 6Y4 i 6Y5).

5.3.3 ELEMENTS DE LA MÀQUINA DE MICROINGREDIENTS

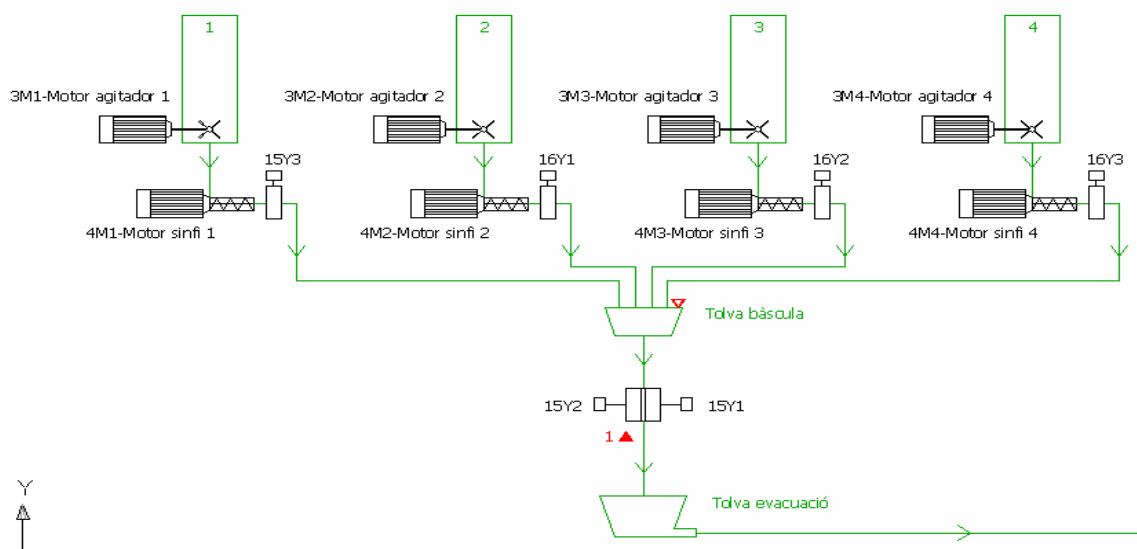


Figura 2. Elements de la màquina de microingredients (extracte del document annex de plànols).

La màquina de microingredients disposarà de 4 dipòsits per als microingredients. Cada dipòsit disposarà d'un agitador mecànic a la seva base. Els agitadors seran accionats pels motors trifàsics asíncrons *3M1, 3M2, 3M3, 3M4*.

Inmediatament sota cada dipòsit un vis sens fi transportarà l'ingredient cap a l'estructura tolva-bàscula comú per als 4 microingredients. Els visos sens fi seran accionats per motors trifàsics asíncrons *4M1, 4M2, 4M3 i 4M4*. La velocitat d'aquests motors serà variable, governada per variador de freqüència. S'utilitzarà un variador de freqüència per cada dos motors; no seran necessaris 4 variadors de freqüència (vegi's apartat *6.2 Variadors de freqüència*).

L'estructura tolva-bàscula penjarà d'una sola cèl·lula de càrrega. Les característiques d'aquesta es detallen a l'apartat *6.3 Instruments de dosificació de sòlids*.

A la sortida de cada vis sens fi es disposarà d'una tapa pneumàtica de pistó de simple efecte. Aquests actuadors seran governats per les electrovàlvules *15Y3, 16Y1, 16Y2 i 16Y3*. La finalitat principal d'aquests actuadors és evitar la caiguda descontrolada de producte. En segon ordre és reduir l'efecte de cua de pesada.

Les cues de pesada són aquella quantitat de producte vessat pel vis sens fi en el seu darrer sospir de moviment, durant el temps des de que elèctricament es talla l'alimentació als motors fins que els visos sens fi queden verdaderament aturats.

La tolva-bàscula disposarà d'una comporta inferior d'obertura, accionada per dos pistons pneumàtics de doble efecte en paral·lel governats per les electrovàlvules *15Y1 i 15Y2*.

5.4 PROCESSOS DE TRANSPORT I DOSIFICACIÓ DE LÍQUIDS

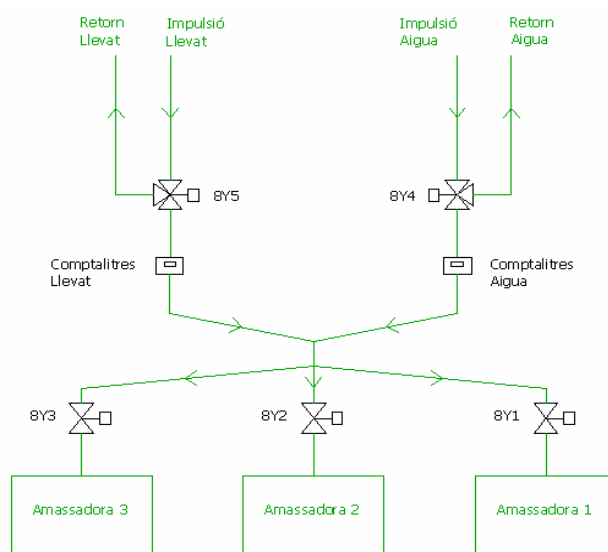


Figura 3. Elements de l'àrea plataforma - líquids (extracte del document annex de plànols).

Els líquids que requeriran les amassadores són aigua i llevat en líquid. El llevat és un producte sòlid en pols que es transportarà en estat líquid barrejat amb aigua.

Les vàlvules pneumàtiques de simple efecte comandades per les electrovàlvules 8Y4 i 8Y5 tenen la finalitat d'habilitar la dosificació de líquids a les amassadores o habilitar el retorn de líquids a les respectives estacions d'acondicionament i bombeig d'aigua i llevat.

En el cas dels líquids, la dosificació mitjançant pesatge amb bàscula queda directament descartada. És més econòmic, compacte, i pràctic afegir un sensor de cabal senzillament en sèrie amb la canonada de transport que muntar una estructura tolva-bàscula, ja que a més aquesta requereix, com s'explicarà a l'apartat 6.3 *Instruments de dosificació de sòlids*, d'altres dispositius específics com ara targeta suma, acondicionador de senyal i targeta d'entrada analògica per al PLC.

Es disposarà d'un sensor de cabal per a l'aigua i un sensor de cabal per al llevat líquid. Les seves característiques s'explicaran a l'apartat 6.4 *Instruments de dosificació de líquids*.

Les vàlvules pneumàtiques de simple efecte comandades per les electrovàlvules 8Y1, 8Y2 i 8Y3 habilitaran i deshabilitaran la descàrrega de líquids a cada amassadora individualment.

6 SELECCIÓ DEL HARDWARE INDUSTRIAL I INSTRUMENTACIÓ DE CONTROL

6.1 PLC (CONTROLADOR LÒGIC PROGRAMABLE)

Com a primer punt cal dir que el PLC serà íntegrament compostat per elements del fabricant Siemens.

- Comunicació CPU-HMI

La CPU es comunicarà amb la pantalla tàctil de l'operador (HMI) mitjançant el protocol de comunicació sèrie MPI de Siemens. Això representa una única mànega per a la connexió entre pantalla i CPU que es canalitzarà a l'interior de l'armari de microingredients (armari principal), a la porta del qual s'emplaçarà la pantalla.

- Estructura mitjançant Perifèria Descentralitzada (DP):

Es dona la necessitat d'emplaçar un gran nombre d'actuadors i sensors a la plataforma (vegi's el document de plànols), és a dir, a un cert nivell d'alçada lluny de l'armari central: l'armari de microingredients.

En primer lloc es podria pensar en cablejar totes les senyals des de l'armari principal cap als diferents sensors i actuadors emplaçats a la plataforma. Però aquesta estratègia requeriria d'una o varies mànegues multifilars des de l'armari central fins a un armari bornera de distribució emplaçat a la plataforma.

Un sistema de més qualitat quant a velocitat de les senyals, més compacte i senzill quant a quantitat de cablejat, i més estructurat, consisteix en emplaçar a la plataforma unitats de control perifèriques: en termes d'automatització, esclaus DP de la CPU (unitat de control i processament) central, emplaçada a l'armari principal, que és la mestre DP.

Es faran servir dos esclaus, un per a cada línia de producció, i s'emplaçaran als armaris anomenats ET1 i ET2. La comunicació entre el mestre DP i els esclaus DP es realitzarà mitjançant el protocol de comunicació Profibus DP.

El protocol de comunicació sèrie Profibus DP de Siemens requereix només d'una sola mànega de només dos conductors per a la comunicació del mestre DP amb els esclaus DP.

Per tant els sensors i actuadors situats a la plataforma només s'hauran de cablejar en petits trams (de l'ordre de 2m màxim) fins als armaris ET1 i ET2.

- Elements de l'estructura DP:

Com a nota cal dir que els elements d'un mateix armari es comunicaran entre sí, muntats en fila sobre un sol rack (carril metàl·lic semblant al carril DIN), mitjançant connectors de bus que subministra el fabricant amb els elements.

Armari Principal	
Element	Descripció
CPU 313C-2 DP	-Pertany al grup de controladors modulars Siemens S7-300. - Farà la funció de Mestre DP. - És una CPU compacta: integra 16 entrades digitals de 24V i 16 sortides digitals de 24V i 0'5A per sortida.
SM 334 AI4/AO2x12bit	-Mòdul de 4 entrades analògiques 0-10V i 2 sortides analògiques 0-10V de 12 bits de resolució. Al capítol 7, <i>Programació del PLC i l'HMI</i> , s'explicarà el tractament específic de les senyals analògiques. -Tres de les entrades analògiques rebran les senyals de les bàscules, per al control de la dosificació de sòlids. -Les dues sortides analògiques s'enviaran cadascuna a un variador de freqüència, per al control de la velocitat dels motors dels visos sens fi de la màquina de microingredients.
SM 322 DO16xDC24V/0.5A	Mòdul de 16 sortides digitals de 24V DC i 0'5A.

Taula 1. Hardware de l'armari principal.

Armari ET1	
Element	Descripció
IM 153-1 Standard	Mòdul d'interfície per a la perifèria descentralitzada: és l'esclau DP i té la funció de comunicar-se amb el mestre DP, emplaçat a l'armari de microingredients.
SM 323 DI16/DO16x24V/0'5A	Mòdul de 16 entrades digitals de 24V i 16 sortides digitals de 24V i 0'5A per sortida.

Taula 2. Hardware de l'armari ET1.

Armari ET2	
Element	Descripció
IM 153-1 Standard	Mòdul d'interfície per a la perifèria descentralitzada: és l'esclau DP i té la funció de comunicar-se amb el mestre DP, emplaçat a l'armari de microingredients.
SM 323 DI16/DO16x24V/0'5A	Mòdul de 16 entrades digitals de 24V i 16 sortides digitals de 24V i 0'5A per sortida.

Taula 3. Hardware de l'armari ET2.

6.2 VARIADORS DE FREQUÈNCIA

Per a la dosificació de sòlids a la màquina de microingredients s'utilitzaran visos sens fi actuats per motors elèctrics trifàsics asíncrons.

La tècnica de dosificació que s'utilitzarà serà la dosificació a 2 velocitats. En primer lloc, i amb una velocitat de dosificació elevada, s'introduirà a la tolva-bàscula la major part de la quantitat de producte demanada per l'operador a la fórmula introduïda per pantalla. La velocitat de dosificació de l'etapa final serà reduïda, per a aconseguir major precisió en la dosificació.

Aquesta tècnica permet obtenir una dosificació de qualitat. Per aquesta raó és necessari el control de la velocitat dels motors dels visos sens fi.

Els variadors de freqüència seran controlats per PLC, en essència:

-El PLC enviarà al variador una senyal analògica per al govern de la velocitat. El rang de tensió de la sortida analògica del PLC 0-10V serà vàlida directament, doncs habitualment el rang de tensió d'entrada analògica dels variadors és de 0-10V. D'aquesta manera l'operador podrà configurar a la pantalla tàctil del PLC la velocitat ràpida i la velocitat lenta, i el PLC per programa (a la seqüència de control de dosificació) assignarà l'estat que escaigui a les sortides analògiques per al control de la freqüència dels variadors, i per tant de la velocitat dels motors.

-D'altra banda, s'utilitzarà una sortida de relé de lliure potencial del variador, per a enviar una senyal digital al PLC. Aquesta senyal serà per a avisos d'error del variador.

-A més el PLC donarà l'ordre d'habilitació del variador, donat que aquest disposarà d'una entrada lògica a tal efecte.

No es requerirà de 4 variadors de freqüència per als 4 microingredients. S'utilitzaran 2 variadors de freqüència, cadascun per al control simultani de 2 motors en paral·lel (totes les connexions elèctriques es detallen a l'annex de plànols).

La raó d'aquesta decisió és buscar un equilibri entre cost i precisió. Cal tenir en compte que és perfectament factible agrupar per a cada variador dos tipus de microingredients de característiques similars. D'aquesta manera es poden configurar les velocitats d'etapa lenta més adients per a cada variador, tenint en compte les anomenades cues de pesada.

Les cues de pesada són aquella quantitat de producte vessat pel vis sens fi en el seu darrer sospir de moviment, durant el temps des de que elèctricament es talla l'alimentació als motors fins que els visos sens fi queden verdaderament aturats.

Cal tenir en compte la tendència del microingredient a compactar-se, la seva densitat, etc, per a associar la velocitat més adequada del vis sens fi a l'etapa de dosificació lenta. Per aquesta raó és incompatible, per exemple, associar en un mateix variador dos productes com ara la sal i el segó; cal associar productes amb característiques similars.

Totes les connexions elèctriques es detallen a l'annex de plànols.

Els variadors de freqüència permeten el control de la velocitat a parell constant de motors trifàsics asíncrons: es farà servir el control estàndard tensió/freqüència.

6.3 INSTRUMENTS DE DOSIFICACIÓ DE SÒLIDS

6.3.1 L'ESTRUCTURA D'UN SISTEMA BÀSCULA

Es requeriran tres sistemes bàscula per al pesatge de sòlids. Dos dels tres sistemes per al pesatge de farina a les línies de producció 1 i 2, i el tercer per al pesatge d'ingredients minoritaris a la màquina de microingredients. A continuació s'enumeraran els elements de cada sistema i posteriorment es descriuran.

- Sistema bàscula farina

Un sistema bàscula per a farina disposarà dels següents elements: 3 cèl·lules de càrrega, 1 targeta suma, 1 acondicionador de senyal per a cèl·lules de càrrega, i el propi PLC.

- Sistema bàscula microingredients

El sistema bàscula microingredients disposarà dels següents elements: 1 cèl·lula de càrrega, 1 acondicionador de senyal per a cèl·lules de càrrega, i el propi PLC.

6.3.2 CÈL·LULES DE CÀRREGA

Les cèl·lules de càrrega seran els transductors que transformaran la magnitud física de pes en la magnitud elèctrica de tensió. Seran de tipus 4 galgues extensomètriques en pont de Wheatstone. Aquest és de ben lluny el tipus més extès, de fiabilitat provada i econòmic a la indústria de procés.

- Capacitat de les cèl·lules de càrrega:

Caldrà determinar el pes que ha de suportar cada cèl·lula de càrrega.

La capacitat és fonamental ajustar-la al màxim a la quantitat de pes que s'haurà pesar. La capacitat és el factor que determina la precisió de les cèl·lules de càrrega, tal i com s'explicarà més endavant. La precisió dels sistemes-bàscula és clau en el cost anual de matèries primeres. A tall d'exemple, errar 500g sobre una dosificació de 50kg suposa un error de l'1%. Aquest error acumulat al llarg d'un any representa un error de que arriba a l'ordre de tones de matèria primera.

-Sistema bàscula farina:

Considerant que el pes de farina per una dosificació a una amassadora és de l'ordre de 50kg, i que d'altra banda el pes de l'estructura tolva-bàscula sostinguda per les cèl·lules de càrrega necessària per contenir la farina és de l'ordre d'entre 100 i 150kg.

Cada cèl·lula de càrrega haurà de suportar un terç del pes total sostingut pel conjunt de les 3 cèl·lules de càrrega. Sota aquests criteris es considerarà com a hipotètica una capacitat de càrrega per a cada cèl·lula de 100kg.

-Sistema bàscula microingredients:

A la pràctica els ingredients minoritaris (sal, millorant, etc.) acostumen a ser, per fórmula de forner, de l'ordre de màxim un 2% respecte de la farina. Aquesta proporció correspon a un ordre d'1kg màxim. Considerant un màxim de 4 microingredients diferents per una dosificació de farina, es pot concloure que la quantitat de producte a suportar serà de l'ordre de màxim 4kg.

Per aquesta raó l'estructura tolva-bàscula d'una màquina dosificadora de microingredients és petita i lleugera, i acostuma a tenir una capacitat volumètrica de l'ordre de 6l d'aigua.

Per aquesta raó la capacitat considerada per a la cèl·lula de càrrega (que serà només una tal i com s'explicarà al següent punt) serà de 7'5kg.

- Tipus de cèl·lules de càrrega:

-Sistema bàscula farina:

El tipus de cèl·lula de càrrega a utilitzar serà de tipus de treball a flexió, donada la capacitat de pes necessària i l'aplicació. Les aplicacions habituals de les cèl·lules de càrrega de tipus flexió són per a sitjes, tolves i tancs.

La resta de tipus (tracció-compensió, i compensió-talladura) que podrien utilitzar-se són més adequats per a capacitats de pes superiors i altres aplicacions, com ara per a grues i ternals per al tipus tracció-compensió; i bàscules pont per a vehicles, sitjes i tancs de gran tonatge per al tipus compensió-talladura.

-Sistema bàscula microingredients:

Degut a la petita capacitat de càrrega necessària, s'utilitzarà un sistema bàscula monocèl·lula i treball tipus flexió, on la càrrega (estructura tolva-bàscula) quedarà suspesa de la cèl·lula de càrrega, i no al damunt com al sistema bàscula farina.

- Tensió d'alimentació de les cèl·lules de càrrega:

Les cèl·lules de càrrega rebran l'alimentació de l'acondicionador de senyal corresponent.

La tensió d'alimentació de les cèl·lules de càrrega serà típicament de 10V DC, donat que el rang de tensions d'alimentació estandaritzat és entre 5 i 15V.

Tanmateix dependrà de l'acondicionador de senyal, i en qualsevol cas el rang de tensió d'alimentació de les cèl·lules de càrrega haurà d'abastar la tensió d'alimentació donada per l'acondicionador de senyal.

- Precisió de les cèl·lules de càrrega:

La precisió estàndar amb que es treballarà és la coneguda com a classe C3 R60 3000 divisions segons la institució de regulació metrològica OIML (divisions del pes corresponent a la capacitat nominal) segons fabricant, per la raó que és la resolució estàndar més petita i és suficientment precisa per a les aplicacions presents.

A la pràctica, però, es considerarà com a efectiva i sense error dos terços de la resolució segons fabricant, és a dir, 2000 divisions. D'aquesta manera es contemplen les vibracions dels processos de dosificació, i s'afegeix un marge de seguretat en la veracitat del sistema bàscula.

-Sistema bàscula farina:

Donat que cada cèl·lula de càrrega tindrà una capacitat nominal de 100kg, i donada la resolució pràctica considerada, es conclourà que la màxima precisió del sistema tolva-bàscula és de 50g sense error. Per tant l'operador veurà a pantalla un valor de pes 100% fiable on s'indicaran els kg, els hectograms i els decagrams (per exemple: 2.15kg).

Cal tenir en compte que sobre una quantitat de farina a dosificar de l'ordre de 50kg, es pot arribar a un error màxim de lectura de pes de 49g, per tant l'error de dosificació degut a la resolució del sistema bàscula és inferior al 0.1%.

Per tant, amb el tipus de cèl·lula de càrrega, la capacitat de pes i la resolució triades queda garantida la qualitat del sistema bàscula farina.

-Sistema bàscula microingredients:

Donat que cada cèl·lula de càrrega tindrà una capacitat nominal de 7'5kg, i donada la resolució pràctica considerada, es conclourà que la màxima precisió del sistema tolva-bàscula és de 3'75g sense error. Per tant l'operador veurà a pantalla un valor de pes 100% fiable on s'indicaran els kg, els hectograms, els decigrams i els grams en salts de 5 unitats (per exemple: 2.155kg).

Cal tenir en compte que sobre una quantitat de producte a dosificar de l'ordre de 0'5kg (l'1% de 50kg de farina), es pot arribar a un error màxim de lectura de pes de 3'749g, per tant l'error de dosificació degut a la resolució del sistema bàscula és inferior al 0.75%.

Per tant, amb el tipus de cèl·lula de càrrega, la capacitat de pes i la resolució triades queda garantida la qualitat del sistema bàscula microingredients.

- Connexions elèctriques de les cèl·lules de càrrega:

Es procuraran cèl·lules de càrrega amb 6 fils, és a dir, 2 per a l'excitació, 2 per a la senyal i 2 fils de *sense* que serviran per a que l'acondicionador de senyal pugui alhora acondicionar l'excitació: mantenir l'excitació constant. Aquest aspecte ofereix més qualitat quant a precisió.

6.3.3 TARGETA SUMA

-Sistema bàscula farina:

Només aquest sistema requerirà d'una targeta suma per a la suma de les senyals analògiques del conjunt de 3 cèl·lules de càrrega, ja que cadascuna reb 1/3 del pes suportat pel conjunt.

La targeta suma és un dispositiu electrònic que alhora d'alimentar les cèl·lules de càrrega en recull les seves senyals i les transforma en una sola senyal de sortida, no acondicionada.

Les targetes suma hauran d'incloure la funcionalitat de *sense* per a mantenir l'excitació constant a les cèl·lules de càrrega.

Com es pot veure a l'annex de plànols, les targetes suma seran 1 unitat per a cada sistema bàscula farina i estaran emplaçades als armaris elèctrics ET1 i ET2.

6.3.4 ACONDICIONADORS DE SENYAL PER A CÈL·LULES DE CÀRREGA

Els acondicionadors de senyal per a cèl·lules de càrrega hauran de ser 3 unitats, una per a cada sistema bàscula, i estaran emplaçats a l'armari de microingredients. Totes les connexions elèctriques es detallen a l'annex de plànols.

Aquests dispositius electrònics tenen les següents funcions:

-En primer lloc han d'alimentar les cèl·lules de càrrega. Per a fer-ho redueixen el nivell de tensió de 24V DC subministrat per la font d'alimentació al nivell de tensió nominal d'excitació de les cèl·lules de càrrega. Aquests dispositius han de subministrar un nivell constant de tensió, donat que aquest és un factor incident en la precisió de la transducció de les cèl·lules de càrrega. Per aquesta raó els acondicionadors hauran de disposar de la utilitat *sense*, és a dir, el microprocessador de l'acondicionador haurà de tenir en compte la caiguda de tensió al coure en els fils d'excitació de les cèl·lules de càrrega.

-En segon lloc han d'acondicionar les senyals de les cèl·lules de càrrega. Disposaran de sistema de filtre electrònic integrat al processador (típicament passa baixos amb freqüència de tall seleccionable) amb la finalitat de reduir les fluctuacions induïdes per vibracions o per soroll elèctric, i proporcionar lectures estables sota les condicions dels processos de dosificació. Els processos de dosificació comporten vibracions contínues degut a l'impacte dels propis ingredients a dosificar, el procés de transport dels quals acaba quan xoquen contra les parets interiors de les estructures tolva-bàscula.

-Conversió (amplificació) de les senyals de les cèl·lules de càrrega a senyal analògica 0-10V, apta per a les targetes d'entrada analògiques del PLC. La raó és que la senyal de sortida de les cèl·lules de càrrega és sempre d'ordre inferior a 1V.

6.3.5 PLC: TARGETES D'ENTRADES ANALÒGIQUES

Les targetes d'entrades analògiques rebran les senyals de les cèl·lules de càrrega, ja acondicionades, i les convertiran a valor digital de 12bits de resolució. Totes les connexions elèctriques es detallen a l'annex de plànols.

A partir d'aquí, tal i com s'explica al capítol 7, *Programació del PLC i l'HMI*, la cal·libració dels sistemes bàscula per a la obtenció de kg de producte (farina, sal, etc.) s'efectuarà per programa amb la interacció de l'operador a la pantalla tàctil.

6.4 INSTRUMENTS DE DOSIFICACIÓ DE LÍQUIDS

Per al control dels processos de dosificació de líquids s'utilitzaran sensors de cabal, instal·lats en sèrie amb la pròpia canonada del líquid.

En essència aquests sensors enviaran polsos elèctrics, mitjançant un relè intern, cíclicament amb una relació configurable de polsos/litre. Aquesta relació es configurarà al propi cabalímetre, que disposarà d'un microprocessador intern i d'un display digital a tal efecte.

El control del procés de dosificació es realitzarà per programa. Es tractarà de comptar els polsos digitals enviats pel cabalímetre, i coneixent la relació cabal per pols caldrà tancar el pas de líquid quan s'hagi assolit la quantitat desitjada.

Quant a les connexions elèctriques, el sensor requerirà de 4 fils: 2 per a l'excitació 24V DC i 2 de senyal digital (1 per al comú de les entrades i 1 per a l'entrada digital). Totes les connexions elèctriques es detallen a l'annex de plànols.

7 PROGRAMACIÓ DEL PLC I DE L'HMI

7.1 ABAST DE LA PROGRAMACIÓ DEL PLC I L'HMI

El programa i les pantalles d'operació elaborats es centren en el procés de control de la dosificació de farina a una amassadora. D'aquesta forma es contempla íntegrament el procés de dosificació més complex, el corresponent a sistemes de producte sòlid en pesatge industrial.

Aquest procés és repetitiu; tantes vegades com productes s'hagin de dosificar. No s'abarquen aleshores els processos germans de dosificació de microingredients a les amassadores, així com tampoc de líquids.

7.2 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA DE CONTROL

El programa de control es troba com a document annex a la memòria. Ha estat comentat per a facilitar-ne la lectura i seguiment conjunt amb les explicacions d'aquest capítol. Per aquesta raó és necessària una lectura paral·lela entre aquest apartat i l'annex corresponent a la present memòria.

L'entorn informàtic de programació és l'anomenat *Simatic Step 7* del fabricant Siemens, concretament la versió 5.4. El llenguatge de programació utilitzat és essencialment un llenguatge escrit, l'anomenat AWL.

El llenguatge escrit presenta certs avantatges respecte de la programació mitjançant diagrames de contactes. Principalment és molt més ràpid d'elaborar i molt més compacte. Tanmateix, el lector que en desitgi fer un seguiment requerirà ser més proper a aquest tipus de llenguatge, mentre que els diagrames de contactes tenen l'avantatge de ser possiblement més fàcils d'arribar a major quantitat de lectors.

Com a tot a tot autòmat industrial, el programa s'executa seqüencialment i de manera cíclica (cicle d'scan): a l'inici de cada cicle, la CPU adquireix el valor d'estat de les entrades (invariable fins al següent cicle), després realitza la seqüència de control corresponent al programa, i finalment transfereix durant un cicle l'estat de les sortides que correspongui.

La seqüència principal s'anomena OB1, de l'anglès Organisation Bloc 1. És el que de manera comú es coneix com a main program.

Des de l'OB1 es podria executar tota la seqüència del programa, però seria molt complicat el seu desenvolupament, lectura i posta en marxa.

A la pràctica qualsevol programa es procura dissenyar de forma modular. Això vol dir dissenyar funcions que desenvolupen tasques específiques de la seqüència de control i que són cridades des del main program, l'OB1.

El disseny modular del programa, a part de facilitar-ne el desenvolupament, lectura i posta en marxa, té com a raó de ser un darrer avantatge fonamental: les funcions es poden aprofitar en altres programes elaborats per a un projecte diferent. Podríem definir aquestes funcions com a universals. D'aquesta manera s'estalvien costos associats a les hores de programació.

Les funcions dissenyades per al seu aprofitament posterior, fan servir íntegrament variables anomenades locals. Aquestes són fàcilment identificables perquè totes les variables s'anomenen precedides del símbol #. Per exemple: `#nom_de_la_variable`.

Quant a les variables, a la pràctica la majoria es creen i defineixen als anomenats DB: blocs de dades. Aquests blocs de dades pertanyen a la memòria remanent (EPROM) de la CPU, i les variables en ells creades s'anomenen globals.

Aquest aspecte és fonamental perquè la majoria de variables contenen paràmetres que són utilitzats al procés de control: fórmules de producció, paràmetres de calibració de bàscules, etc.

No convé que per una interrupció en l'alimentació de la CPU, es perdin totes aquestes dades que, a la pràctica, s'hauran de tornar a introduir per pantalla, amb la conseqüent pèrdua de temps.

Per aquesta raó les variables locals de les funcions tipus universals, també són duplicades: es creen variables amb nom idèntic als blocs de dades.

7.3 LA SEQÜÈNCIA DE CONTROL I LES PANTALLES DE L'HMI

Durant el desenvolupament d'aquest apartat s'utilitzaran contínuament referències al text propi del codi font del programa. Per aquesta raó és necessària una lectura paral·lela entre aquest apartat i l'annex corresponent a la present memòria.

Alhora s'aniran presentant les pantalles de panell d'operador (HMI o interfície humà màquina), tot relacionant les operacions que l'operador efectua amb el programa de control.

Com a nota preliminar cal aclarir que la majoria d'elements del panell de l'operador (botons, pilots, finestres numèriques, etc.) estan lligats de manera automàtica amb variables del programa, totes elles de caràcter remanent. Aquest lligam s'ha d'elaborar amb l'entorn de programació *Step 7*; concretament amb el software *Simatic WinCCFlexible*. Les variables del programa poden contenir tant les dades introduïdes per pantalla com per programa. Per exemple, un botó a pantalla pot activar un bit d'una variable dins el programa, i a la inversa; també es pot veure a pantalla, per exemple, un botó activar-se o desactivar-se sense que ningú no el premi.

En primer lloc es presenta la seqüència de control en forma de diagrama, a mode de resum. Després s'explicarà amb detall la seqüència de control i les pantalles d'operació.

1-RECEPCIÓ ENTRADES PLC

Transferència de l'estat de les entrades des de l'àrea de memòria d'entrades de la CPU cap a un bloc de dades remanent per a entrades.

2-OPERACIÓ CAL-LIBRAT BÀSCULA

Obtenir els paràmetres de la recta de regressió que serveix d'ajust entre els kg de producte (farina) pesats a bàscula i el resultat de la conversió digital de les senyals analògiques procedents de les cèl·lules de càrrega.

3-OPERACIÓ CÀLCUL KG FARINA

Obtenir el valor dels kg de producte que hi ha a la bàscula, com a resultat de l'equació de la recta de regressió que relaciona els kg de producte amb el resultat de la conversió digital de la senyal analògica procedent de les cèl·lules de càrrega (conversió ADC de la targeta d'entrada analògica).

4-OPERACIÓ TEST CORRECTE FUNCIONAMENT BÀSCULA

Comprovar la operabilitat del sistema bàscula mitjançant quatre tipus de test: valor de kg, valor de punts conversió ADC, valor de tara, i estabilitat del pes.

5-TEST MODES DE TREBALL

Establir el mode de treball de la instal·lació:

-Manual

-Automàtic / Automàtic + Pausa / Automàtic + Cua de pesada automàtica / Automàtic + Pausa + Cua de pesada automàtica

6-PROCÈS DOSIFICACIÓ DE FARINA

-Mode de treball automàtic: Seqüència de control del procés de dosificació de farina a l'amassadora. Habilitar variables escaients de mode automàtic corresponents a sortides. Deshabilitar variables associades a mode de treball manual.

-Mode de treball manual: Reset variables de mode automàtic i reset de la seqüència de control del procés de dosificació de farina a l'amassadora.

7-CONDICIONS DE MOVIMENT

Habilitar o deshabilitar variables de condició de moviment que seran condició necessària per a l'activació dels diferents actuadors elèctrics i pneumàtics. Aquestes variables només s'activaran si es donen les condicions de seguretat necessàries per a les persones i la instal·lació.

8-TRANSFERÈNCIA DE SORTIDES

Activar les variables relatives a les sortides físiques del PLC si:

-S'està en mode de treball automàtic i la variable de sortida corresponent a l'actuador relativa al mode automàtic (per programa) està activa, o...

-S'està en mode de treball manual i la variable de sortida corresponent a l'actuador relativa al mode manual (per pantalla) està activa,...

...i es donen les condicions de moviment per a l'activació de l'actuador.

Transferir les variables relatives a les sortides físiques a l'àrea de memòria de sortides del PLC.

Cada 100ms-SUBRUTINES D'INTERRUPCIÓ

Acondicionament per programa de la senyal digitalitzada corresponent a les cèl·lules de càrrega. Realitzar un mostreig de 10 resultats de conversió digital de la targeta d'entrada analògica (que repeteix la senyal de les cèl·lules de càrrega del sistema bàscula) i promitjar-los.

A continuació s'explicarà amb detall la seqüència de control i les pantalles d'operació.

Es començarà amb la pantalla principal. Aquesta permet a l'operador distingir les diferents operacions possibles, i escollir-ne una. Cada operació correspon a un botó que el conduirà a la pantalla pertinent.

Certes operacions requereixen ser executades per el personal format a tal efecte, i l'accés a les mateixes està restringit amb una clau d'accès que apareix en premer el botó.

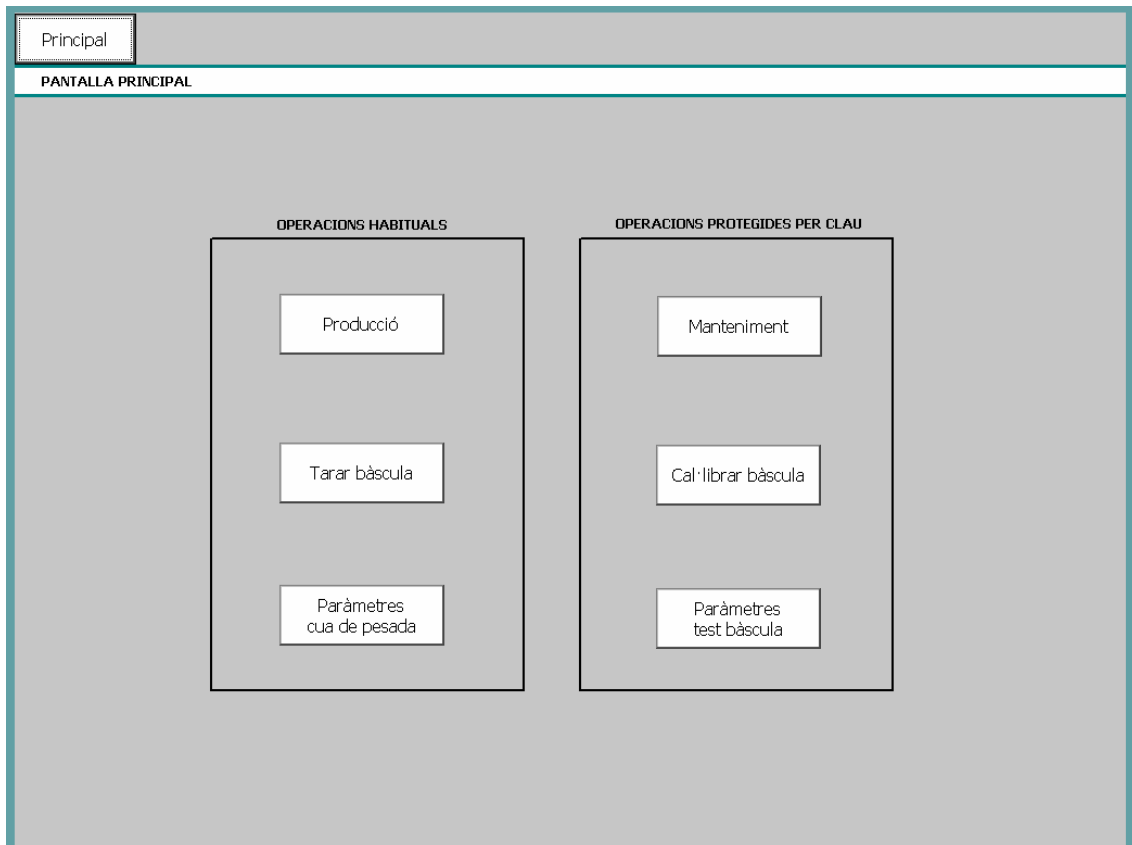


Figura 4. Pantalla principal.

7.3.1 PAS 1: RECEPCIÓ D'ENTRADES DE L'AUTÒMATA

Aquesta és una operació purament de programa que no requereix de la interacció de l'operador per pantalla.

Es podria treballar directament amb el valor de les entrades, utilitzant l'anomenant direccionament directe: accedir al contingut de l'àrea de memòria d'entrades (E, de l'alemany Eingang). Això requeriria senzillament crear un símbol per a cada entrada que sigués d'interès.

Però a la pràctica aquesta manera de treballar presenta certs inconvenients. Com ara, per exemple, quan un sensor que està connectat a una certa entrada física es necessita canviar a una altra entrada física.

Això representaria, per al programador d'un entorn Siemens, anar a trobar dins el programa totes les instruccions on aparegués aquesta entrada, i canviar-la per la nova entrada.

Aquesta circumstància es dona a les CPU dels equips 300: tot i utilitzar direccionament simbòlic, el software considera la direcció de memòria escrita a la instrucció de programa.

Per les raons exposades, en primer lloc l'OB1 crida al segment 1 la funció "fcInput". És una funció dissenyada per a la transferència de la memòria d'entrades físiques a variables d'un bloc de dades remanent: el DB anomenat "e" (entrades).

Aigües avall del programa es treballa amb les variables d'aquest bloc de dades. D'aquesta manera, si elèctricament es fan canvis en la connexió dels sensors a les entrades físiques, només caldrà, dins la funció "fcInput", transferir el valor de les entrades físiques a les variables corresponents.

Un inconvenient que d'una altra manera podria representar un greu problema imprevist de temps per al programador en una posta en marxa de la instal·lació, o en una ampliació o modificació de la instal·lació, es reduiria d'aquesta manera a uns pocs minuts de feina controlada.

7.3.2. PAS 2: OPERACIÓ CAL·LIBRAR BÀSCULA

Al segment 2 del programa principal OB1 es crida la funció "fcCalibraBascula".

Com a primer apunt, cal dir que aquesta funció és del tipus universal, dissenyada per a poder ser utilitzada a un altre projecte. Per aquesta raó, el lector podrà observar com, en la crida de la funció, hi ha una transferència de valors entre les variables locals de la funció i les variables associades creades a blocs de dades remanents.

La funció "fcCalibraBascula" té com a finalitat obtenir els paràmetres de la recta de regressió que serveix d'ajust entre els kg de producte (farina) pesats a bàscula i el resultat de la conversió digital de les senyals analògiques procedents de les cèl·lules de càrrega.

Aquesta recta a la pràctica té les següents característiques:

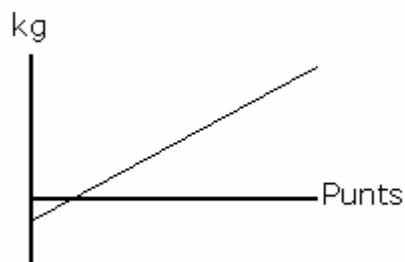


Figura 5. Recta de regressió Kg vs Lectura digital.

El terme independent és negatiu, i el punt de tall amb l'eix d'abscisses es troba més a la dreta del zero. Aquest fet es deu a que, per defecte, les cèl·lules de càrrega envien un cert nivell de tensió superior al mínim, i aleshores quan hi ha 0kg sobre elles, la targeta d'entrada analògica resol que hi ha un cert valor de punts de conversió digital.

A més, donat el pes de l'estructura tolva-bàscula buida, les cèl·lules de càrrega encara enviaran més nivell de tensió del que per defecte envien quan sobre elles mateixes no hi ha res, i aleshores s'hi correspondrà un valor més elevat de punts de conversió digital. Tanmateix, durant la pròpia operació de cal·librat alhora convé tarar el pes de la bàscula. Per tant el primer punt de la recta de regressió, corresponent a l'estructura tolva-bàscula muntada sobre les cèl·lules de càrrega, convé assignar un valor de 0kg als punts de conversió digital que estigui resolent la targeta d'entrada analògica.

Quant al segon punt de la recta de regressió, convé posar dins l'estructura tolva-bàscula un pes conegut, el més precís possible, i aquest pes associar-lo amb els punts pertinents que resolgui la targeta d'entrada analògica.

La pantalla corresponent a la operació és una pantalla protegida amb clau que permet introduir els dos punts esmentats de la recta, i mostra el resultat de la regressió un cop s'han introduït els dos punts. Habitualment la cal·libració de la bàscula la portarà a terme el propi programador durant la posta en marxa de la instal·lació.

La funció "fcCalibraBascula" és cridada a cada cicle d'scan. El programa espera, en primer lloc, que l'operador premi el botó *INTRO PUNT 1*. Quan això succeeixi el programa no guardarà a la variable *#iPun1* els punts que en aquest cicle d'scan hagi resolt la targeta d'entrada analògica, sinó un promig d'una mostra de 10 lectures dels punts efectuada cada 100ms durant el segon anterior (vegi's apartat 7.3.9 *Subrutines d'interrupció cíclica*) corresponent a la variable *#iPunFil*, i associarà 0kg a aquests punts a la variable *#rkgs1*. Tal i com s'ha explicat, aquest punt s'introduirà amb la bàscula buida de producte.

Una vegada introduït el primer punt, s'encendrà el pilot indicador que el primer punt ha sigut registrat, i el botó *INTRO PUNT 1*, lligat amb la variable *#psCal1*, serà resetejat per programa.

Els paràmetres de la recta de regressió no seran calculats, però, fins que tots dos punts hagin sigut introduïts.

Per introduir el segon punt, l'operador haurà de col·locar prèviament sobre la bàscula un pes conegut, i després introduir-lo a la finestra verda (prement-la apareixerà un display de teclat) corresponent als kg del segon punt de cal·libració. Finalment, haurà de prémer el botó *INTRO PUNT 2*.

Un cop introduïts els dos punts, el programa calcularà els nous valors de pendent (gain) i terme independent (offset) de la recta de regressió i els mostrarà per pantalla, i mostrarà els dos pilots *Introduït punt 1* i *Introduït punt 2* apagats, tot indicant que es troba a l'espera d'una altra futura operació de cal·libració. També mostrarà per pantalla la diferència entre kg i punts dels punts de la recta.

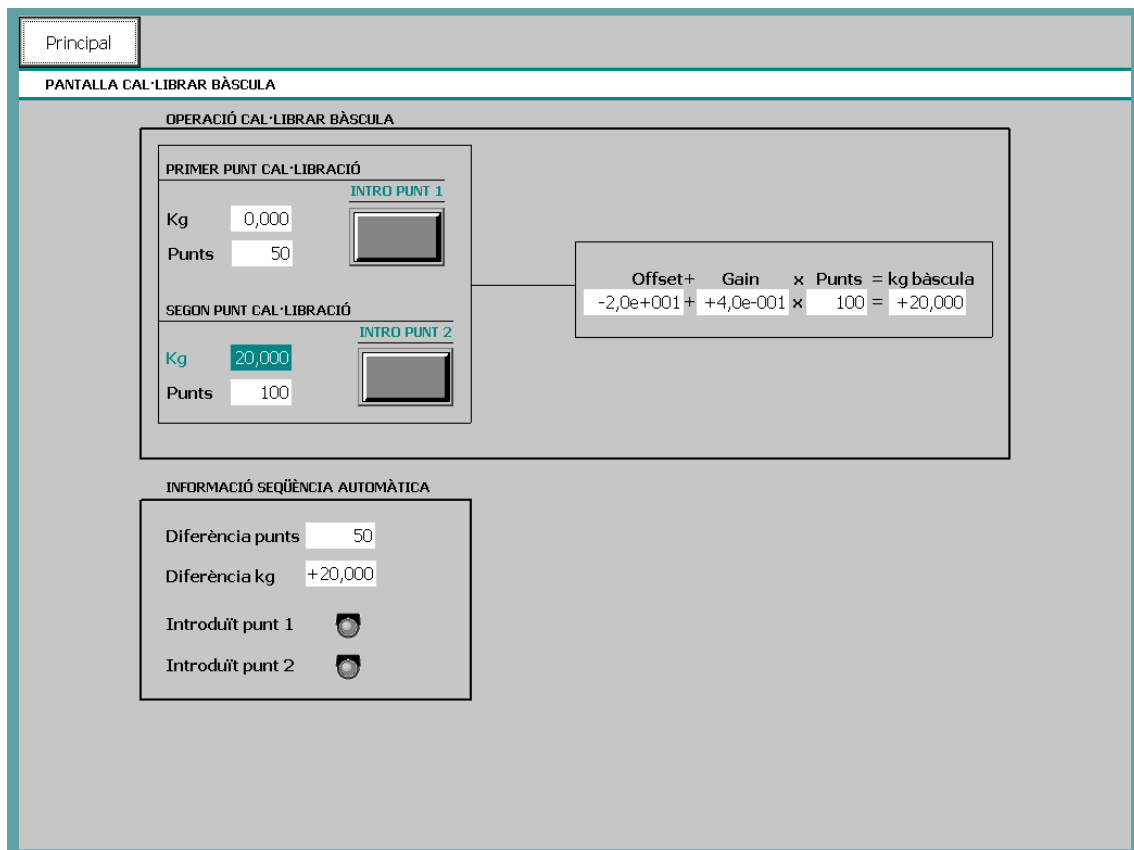


Figura 6. Pantalla cal·librar bàscula.

Finalment el programa, només si ha calculat nous paràmetres de la recta de regressió, transferirà 0kg a la variable `#rKgsTar` associada al valor de tara de la bàscula, donat que la cal·libració, com ja s'ha explicat, és alhora una operació de taratge.

7.3.3. PAS 3: OPERACIÓ OBTENIR KG DE PRODUCTE A BÀSCULA

Al segment 3 del programa principal OB1, és cridada la funció "fcPunts_a_Kgs". Aquesta és una funció dissenyada com a universal, i la seva missió és obtenir el valor dels kg de producte que hi ha a la bàscula, com a resultat de l'equació de la recta de regressió que relaciona els kg de producte amb el resultat de la conversió digital de la senyal analògica procedent de les cèl·lules de càrrega (conversió ADC de la targeta d'entrada analògica).

Aquesta funció requereix com a dades els valors del terme independent (variable `#rOffsetBas`), pendent (variable `#rGainBas`), i abscissa (`#rPunFilBas`).

El valor dels paràmetres de la recta, com s'ha explicat, provenen de la operació de cal·librat de la bàscula, i el valor d'abscissa correspon, com també s'ha comentat, a un promig d'una mostra de 10 lectures dels punts de conversió ADC efectuada cada 100ms durant el segon anterior (vegi's apartat 7.3.9 *Subrutines d'interrupció cíclica*).

La funció "fcPunts_a_Kgs" inclou la utilitat de taratge de la bàscula. La pantalla corresponent a aquesta operació és la següent:



Figura 7. Pantalla tarar bàscula.

Si l'operador prem el botó *TARAR*, el valor de kg de producte que la bàscula estigui indicant en aquest instant passarà a ser el valor de tara, i per tant just després el valor de kg de producte que la bàscula indicarà serà de 0kg:

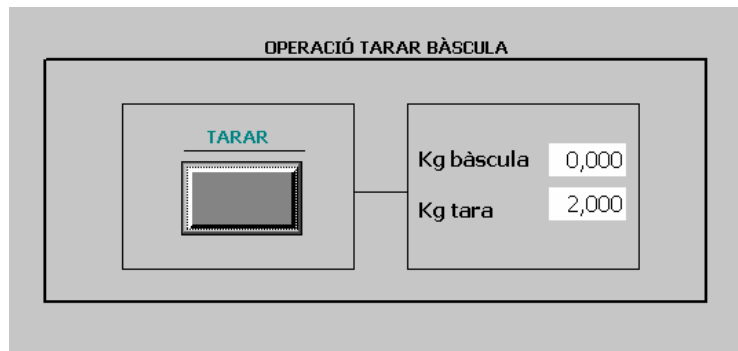


Figura 8. Operació tarar bàscula.

És a dir, la funció "fcPunts_a_Kgs" haurà adquirit un valor de tara que restarà sempre a partir d'ara al valor de kg resultant de la recta de regressió. Aquesta utilitat s'ofereix per les següents raons:

La bàscula pot haver anat acumulant amb el temps incrustacions de producte, o bé pot haver sigut necessari incorporar qualsevol element a l'estructura tolva-bàscula. Per tant, es pot donar la situació en la qual no hi hagi producte dins la bàscula però aquesta indiqui un cert pes per pantalla.

Per evitar una operació de cal·libració nova, s'ofereix la utilitat de la operació de taratge. D'aquesta forma, l'operador només haurà de prémer un botó a pantalla per poder observar el pes real de producte.

7.3.4. PAS 4: OPERACIÓ TEST BÀSCULA

Al segment 4 del programa principal OB1, és cridada la funció “fcTestBascula”. Aquesta és una funció dissenyada com a universal, i la seva missió és en essència comprovar la operabilitat del sistema bàscula.

La pantalla corresponent és d'accés restringit per clau, i a la pràctica els paràmetres que hi apareixen són introduïts pel programador. La pantalla és la següent:

OPERACIÓ TEST BÀSCULA		
<input checked="" type="checkbox"/> Bàscula operativa	Punts	55
	Kg bàscula	0,000
	Kg tara	2,000
<input checked="" type="checkbox"/> Pes estable a bàscula	Màxima variació de pes per a considerar pes estable	0,100
	Kg bàscula test anterior	0,000
	Diferència kg bàscula: test actual-test anterior	0,000
<input checked="" type="checkbox"/> Kg bàscula entre límits correctes	Kg bàscula màxims	60,000
	Kg bàscula mínims	-5,000
<input checked="" type="checkbox"/> Punts bàscula entre límits correctes	Punts bàscula màxims	4000
	Punts bàscula mínims	0
<input checked="" type="checkbox"/> Tara bàscula entre límits correctes	Tara bàscula màxima	5
	Tara bàscula mínima	0

Figura 9. Pantalla paràmetres test bàscula.

Com es pot intuir a la pantalla, la funció “fcTestBascula” realitza 4 test i, només si tots han sigut correctes (pilots encesos en color verd), el pilot *Bàscula operativa* s'encendrà també.

A la part superior dreta la pantalla mostra a mode d'informació en temps real els kg de producte que indica el sistema bàscula (*Kg bàscula*), el valor corresponent a la conversió digital de la senyal analògica procedent de les cèl·lules de càrrega (*Punts*), i el valor de tara del sistema bàscula (*Kg tara*).

En primer lloc es pot observar a pantalla el test de pes estable a bàscula. Aquesta utilitat està ideada per quan es desitja conèixer el valor precís de kg de producte a bàscula, com ara a l'inici i al final d'un procés de dosificació (durant el transport de farina la lectura de la bàscula no és estable degut a les vibracions del propi procés), i

per tant es requereix de la màxima estabilitat en la lectura del pes per part del sistema bàscula.

L'operador podrà introduir a pantalla el valor de la màxima variació de pes de lectura de la bàscula per a considerar que la lectura és estable (finestra verda: *Màxima variació de pes per a considerar pes estable*).

D'altra banda, la funció "*fcTestBascula*" també comprovarà si el valor de kg de producte indicat pel sistema bàscula excedeix els valors límit introduïts a pantalla per l'operador a les finestres *Kg bàscula màxims* i *Kg bàscula mínims*. Si els límits imposats per l'operador fóssin excedits, s'activaria una alarma: la variable *#alKgsBas* (vegi's segment 1 de la funció "*fcTestBascula*").

Cal tenir en compte, com a valor màxim de kg bàscula, la capacitat de la tolva-bàscula, restant un cert marge de seguretat (totalment subjectiu). I per al valor mínim de kg bàscula, cal tenir en compte que a l'inici d'una dosificació amb la tolva-bàscula buida, l'aspiració de la bomba de transport de farina pot elevar lleugeríssimament l'estructura-tolva bàscula suportada per les cèl·lules de càrrega, i per tant el valor de kg bàscula pot aparèixer a pantalla lleugerament negatiu en certs instants.

L'alarma *#alKgsBas*, com a seguretat per a la instal·lació, serà utilitzada per programa a la funció de control de dosificació de farina "*fcDosificaFarinaLinia1*", com a senyal per aturar el procés de transport.

De la mateixa manera la funció "*fcTestBascula*" verificarà si la targeta d'entrada analògica (que repcepciona les senyals de les cèl·lules de càrrega del sistema tolva-bàscula) està donant com a resultat de conversió digital un valor que no excedeixi els marges introduïts per pantalla a les finestres *Punts bàscula màxims* i *Punts bàscula mínims*. Cal tenir en compte la resolució de la targeta d'entrada analògica (el nombre de bits en que s'emmagatzema el resultat de la conversió), restant un cert marge de seguretat (totalment subjectiu) per a determinar el nombre màxim de punts.

També l'alarma *#alPunBas*, com a seguretat per a la instal·lació, serà utilitzada per programa a la funció de control de dosificació de farina "*fcDosificaFarinaLinia1*", com a senyal per aturar el procés de transport.

Quant al valor de tara del sistema tolva-bàscula caldria comentar el mateix.

Les variables d'alarma activaran al seu temps alarmes en pantalla (vegis apartat *7.3.10 Alarmes*).

7.3.5. PAS 5: TEST MODES DE TREBALL

Al segment 5 del programa principal OB1, és cridada la funció "*fcTestModeTrell*". Aquesta funció és també de tipus universal.

En essència aquesta funció s'encarrega d'activar o desactivar els modes de treball de la instal·lació, en funció dels botons corresponents a pantalla:

-Mode de treball automàtic, on la CPU executa les seqüències dels processos de dosificació.

-Mode de treball manual, on la CPU només permet activar i desactivar individualment els diferents actuadors de la instal·lació (motors i electrovàlvules).

Seguint amb el mode de treball manual, aquest té com a raó de ser, en primer lloc, la realització de la posta en marxa de la instal·lació, i en segon lloc, la realització de treballs de manteniment. És a dir, permet comprovar, en primer lloc, que totes les connexions elèctriques quant a actuadors són correctes, i en segon lloc, el correcte funcionament dels diferents actuadors de la instal·lació.

Com és natural, tal i com es pot observar al segment 1 de la funció "fcTestModeTreball", es preveuen errors humans, i per tant, l'operador mai no podrà activar simultàneament els modes de treball automàtic i manual.

-Mode de treball pausa. Aquest mode de treball s'executa només si la instal·lació es troba en mode de treball automàtic. És una utilitat que permet aturar el procés de fabricació en qualsevol moment, i reprendre'l també quan es desitgi.

-Mode de treball correcció automàtica de cua de pesada. Aquest mode de treball ofereix la utilitat d'autocorrecció del valor de cua de pesada. Aquesta utilitat s'explicarà més endavant.

7.3.6. PAS 6: PROCÈS DE DOSIFICACIÓ DE FARINA A L'AMASSADORA

Al segment 6 del programa principal OB1, és cridada la funció "fcDosificaFarinaLinia1". La pantalla corresponent a aquesta funció és la pantalla de producció, que es mostrarà més endavant. A continuació es comentarà aquesta funció segment a segment.

- Segm. 1: Inicialització de variables

Aquest segment reflexa un dels aspectes de l'estil de programació utilitzat: de manera simplificada, les sortides físiques del PLC s'activen de la manera següent:

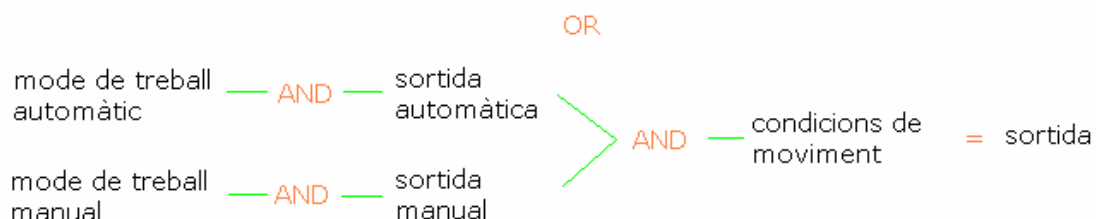


Figura 10. Estil de programació.

Les funcions de control de procés, com ara la funció present, actuen sobre variables anomenades sortides automàtiques. El segment 1 reseteja totes aquestes variables. Després, als segments corresponents a la seqüència de passos del procés de dosificació, seran activades les variables que escaigui en funció del pas de la seqüència de control, només si el mode de treball de la instal·lació és automàtic.

- Segm. 2: Reset sortides manuals si no mode de treball manual

Si el mode de treball no és manual, totes les variables corresponents a sortides manuals seran resetejades.

- Segm. 3: Reset seqüència dosificació si no mode de treball automàtic

Si el mode de treball no és automàtic, els botons en pantalla de producció corresponents a aquest mode es resetejen (*PAUSA* i *INICI*), així com la variable que conté el pas de la seqüència de dosificació ("*db1Bas1*".*iFcDHL1_Pas*).

D'aquesta manera, estigui el programa a un pas qualsevol de la seqüència de dosificació, si s'abandona el mode de treball automàtic, es produirà un reset de la seqüència de dosificació.

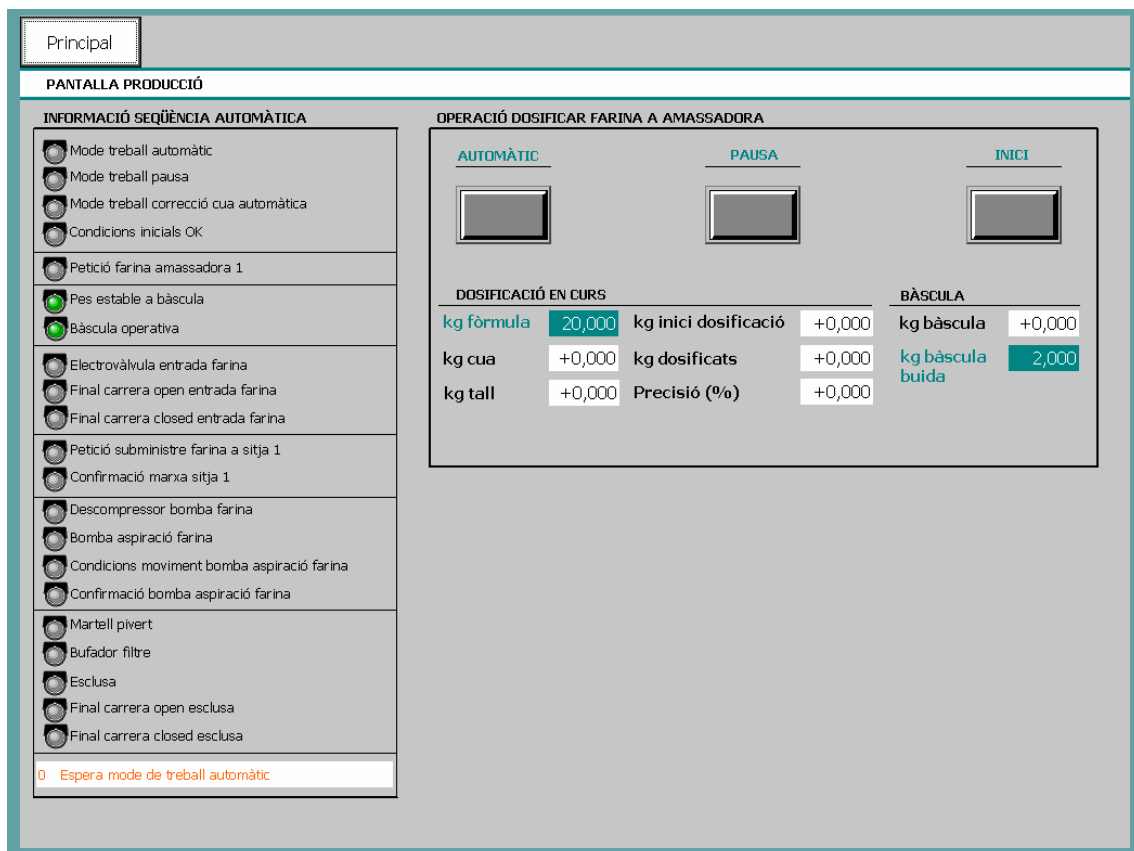


Figura 11. Pantalla producció("espera mode de treball automàtic").

- Segm. 4: Selector de pasos seqüència automàtica

Aquest segment permet que el programa, arribat a ell, salti directament a la línia de codi corresponent al pas de la seqüència del procés de dosificació que escaigui, en funció del valor de la variable *"db1Bas1".iFcDHL1_Pas*.

Com es pot observar a pantalla, es disposa de la informació necessària sobre la seqüència automàtica. Aquest aspecte de disseny de pantalla és força important per poder donar un bon servei al client: si es dona una anomalia en el procés, deguda per exemple a la fallada d'algun sensor, o a qualsevol motiu, el programador podrà saber, desde la seva oficina, l'estat en que es troba la seqüència.

D'aquesta manera tothom hi sortirà guanyant, perquè es pot oferir una orientació precisa sobre la solució a l'anomalia, en un temps breu i sense necessitat de desplaçaments. Cal tenir en compte que el client imaginari pot estar emplaçat en qualsevol punt de la geografia nacional, o internacional (l'idioma de les pantalles sempre s'adequarà al client).

- Segm. 5: Pas 0. Espera mode treball automàtic

Aquest pas de la seqüència del procés de dosificació lliga amb l'aspecte d'estil de programació explicat al segment 1: el programa, a cada cicle d'scan, encara que el mode de treball automàtic no estigui activat, executarà sempre els 4 segments anteriors.

Quan el programa arribi al segment present, si el mode de treball no és automàtic saltarà al final del codi de la funció "fcDosificaFarinaLinia1", allà on sigui la meta *FIN*.

Només si el mode de treball és automàtic, la variable *"db1Bas1".FcDFL1_Pas*, que emmagatzema el nombre del pas de la seqüència del procés de dosificació, adquirirà el valor del següent pas.

Notar que el següent pas no és l'1, sinó el 2. Deixar un pas de reserva evita pèrdues de temps i errors de codi: si sorgeix la necessitat d'intercalar un pas entre el 0 i el 2, es pot fer sense haver de reescriure tots els passos aigües avall.

- Segm. 6: Pas 2. Test sistema ready

Aquest pas de la seqüència de procés de dosificació també mostra un altre aspecte de l'estil de programació utilitzat: l'autòmata romandrà sempre en aquest pas fins que es reuneixin les condicions de seguretat necessàries per iniciar la resta de passos de la seqüència.

Només es donaran les condicions de seguretat d'inici si:

- El sistema bàscula es troba operatiu, i...
- ...el disjuntor de la bomba d'aspiració de farina no ha disparat, i...
- ...el detector corresponent detecta tancada l'esclusa de buidat de la tolva-bàscula.

Si no es donen aquestes condicions durant un cert temps apareixerà una alarma en pantalla corresponent a la variable "al".a/SisAutRdy.

- Segm. 7: Pas 4. Espera ordre inici

L'autòmata romandrà a l'espera que es premi el botó *INICI* a pantalla:

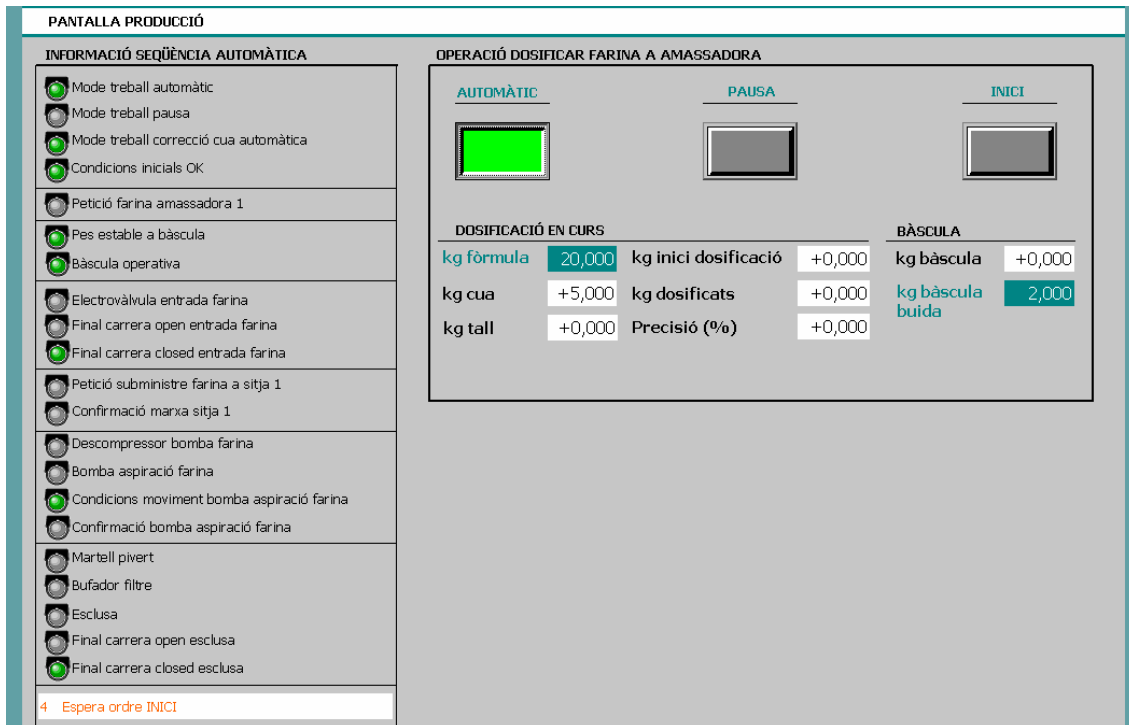


Figura 12. Pantalla producció ("espera ordre inici").

- Segm. 8: Pas 6. Espera petició farina amassadora 1

Arribat a aquest pas, l'autòmata romandrà a la espera que l'estació de control de les amassadores enviï una senyal de petició de producte, és a dir, una de les amassadores, per exemple la 1, ja està llesta per iniciar un nou cicle d'amassat.

- Segm. 9: Pas 7. Inicialització de variables del procés de dosificació

En aquest segment es registra el valor de pes que indica el sistema bàscula (variable "db1bas1.rKgs") ara que la seqüència és a l'inici del procés de dosificació, i es transfereix a la variable "db1bas1".rKgsIni.

La raó és per mesurar la quantitat dosificada sempre respecte del valor de pes de producte a l'inici del procés de dosificació.

Només si el pes de la bàscula és estable l'autòmat abandonarà aquest pas per anar al següent.

- Segm. 10: Pas 8. Obrir electrovàlvula entrada farina a bàscula

L'autòmat romandrà en aquest pas fins a comprovar que el sensor corresponent detecta que el pas d'entrada de farina a la tolva-bàscula és obert.

Si passat un cert temps el sensor no detecta el pas obert, s'activarà i apareixerà a pantalla l'alarma corresponent.

- Segm. 11: Pas 10. Ordre a estació sitjes que subministri farina

L'autòmata enviarà a l'estació de control de les sitjes de farina una ordre per a habilitar el subministre de farina a la bàscula 1. També seguirà activant l'electrovàlvula d'entrada de farina a bàscula.

Només es sortirà d'aquest pas si es rep la senyal de confirmació per part de l'estació sitjes. Si passat un cert temps no es rep senyal de confirmació, s'activarà i apareixerà a pantalla l'alarma corresponent.

- Segm. 12: Pas 12. Apertura descompressor

Durant un cert temps s'activarà el descompressor que comunica la bomba d'aspiració directament amb un conducte que al seu temps comunica amb l'aire lliure. També es seguirà activant l'electrovàlvula d'entrada de farina a bàscula i la petició de farina a l'estació de control de sitjes.

- Segm. 13: Pas 14. Arrencada bomba aspiració farina amb descompressor

S'activaran la bomba d'aspiració i el descompressor. La bomba tindrà una arrencada més suau gràcies a que l'aspiració serà sense càrrega, ja que el descompressor, com s'ha explicat, comunicarà la bomba amb l'aire lliure. També es seguirà activant l'electrovàlvula d'entrada de farina a bàscula i la petició de farina a l'estació de control de sitjes.

Aquest pas de la seqüència de dosificació requereix com a condició per a abandonar-lo que arribi la senyal de confirmació de marxa procedent del contacte auxiliar del contactor de la bomba d'aspiració.

Si passat un cert temps no es rep senyal de confirmació, s'activarà i apareixerà a pantalla l'alarma corresponent.

- Segm. 14: Pas 16. Espera a aconseguir el pes desitjat

A aquest pas es seguirà activant l'electrovàlvula d'entrada de farina a bàscula, la petició de farina a l'estació de control de sitjes, i la bomba d'aspiració de farina. A

més, s'activarà i desactivarà cíclicament el bufat del filtre de farina, ja que si aquest s'atopeix l'aspiració resulta farregosa, i acabaria saltant el disjuntor de la bomba.

La CPU calcularà contínuament els kg de farina dosificats, com a diferència entre la lectura de la bàscula en temps real i els kg registrats de lectura bàscula a l'inici del procés de dosificació.

També calcularà contínuament els kg de tall de la dosificació, és a dir, el valor de kg dosificats a partir del qual s'ha d'interrompre el procés de dosificació.

Cal tenir en compte que si el valor dels kg de tall fóra el valor de kg de fórmula demanat per l'operador, quan la CPU aturés la bomba d'aspiració, aquesta no tindrà una frenada en sec, sinó totalment lliure.

Durant l'aturada lliure de la bomba d'aspiració, es transportaria una certa quantitat de farina que faria que la quantitat dosificada excedís la quantitat sol·licitada a fórmula. Aquesta certa quantitat és el que s'anomena cua de pesada.

La cua de pesada és un valor molt important a tenir en compte, donat que a una instal·lació d'aquestes característiques acostuma a ser a la pràctica sempre superior a 6kg, movent-se entre 6 i 10kg.

Els kg de tall de la dosificació s'obtenen restant de la fórmula la cua de pesada.

Un cop la CPU detecti que la quantitat dosificada és igual o superior al valor de kg de tall, s'abandonarà el pas present, tot aturant la bomba d'aspiració.

Si transcorre un temps anormal en aquest pas, s'activarà i apareixerà a pantalla l'alarma corresponent.

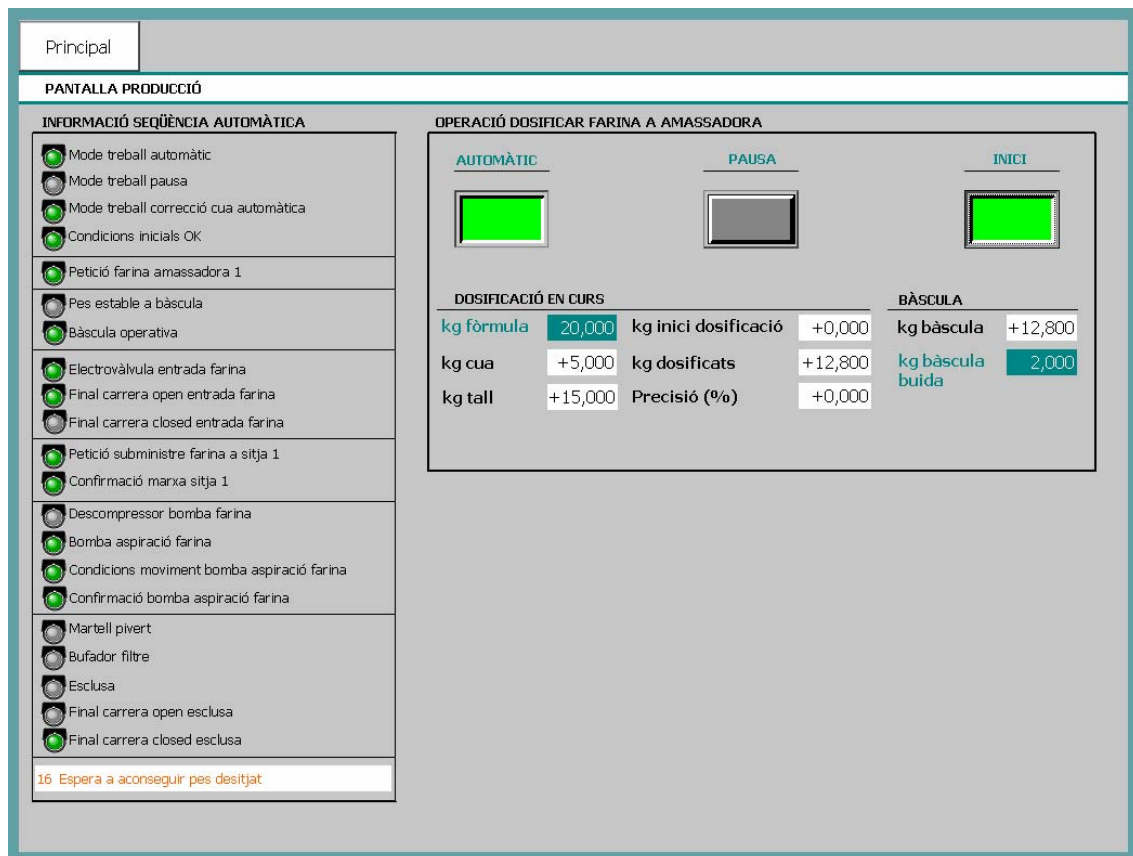


Figura 13. Pantalla producció (“espera a aconseguir pes desitjat”).

- Seqm. 15: Pas 18. Espera estabilització bàscula

En aquest pas de la seqüència de dosificació la bomba de transport de farina no està activa, així com tampoc l'electrovàlvula d'entrada de farina a bàscula, ni la petició de farina a l'estació de control de sitjes.

L'autòmata calcularà constantment la quantitat de farina dosificada, i romandrà a l'espera que la lectura de la bàscula sigui estable. Quan això succeeixi, calcularà el percentatge de precisió aconseguit en la dosificació, que es mostra a pantalla, i abandonarà el pas present.

La CPU comptabilitzarà el temps que triga en estabilitzar-se el pes del sistema bàscula. Si aquest temps supera un valor anormal, s'activarà i apareixerà a pantalla l'alarma corresponent.

- Seqm. 16: Pas 20. Autocorrecció cua de pesada

Aquest pas crida la funció “*fcAutoCuaPesada*”. Aquesta funció autoajusta (si el mode de treball seleccionat és de correcció automàtica de cua) el valor de cua de pesada

per a aconseguir la màxima precisió a la següent dosificació. Els paràmetres a relatius a aquesta funció es troben a la pantalla de paràmetres de cua de pesada.

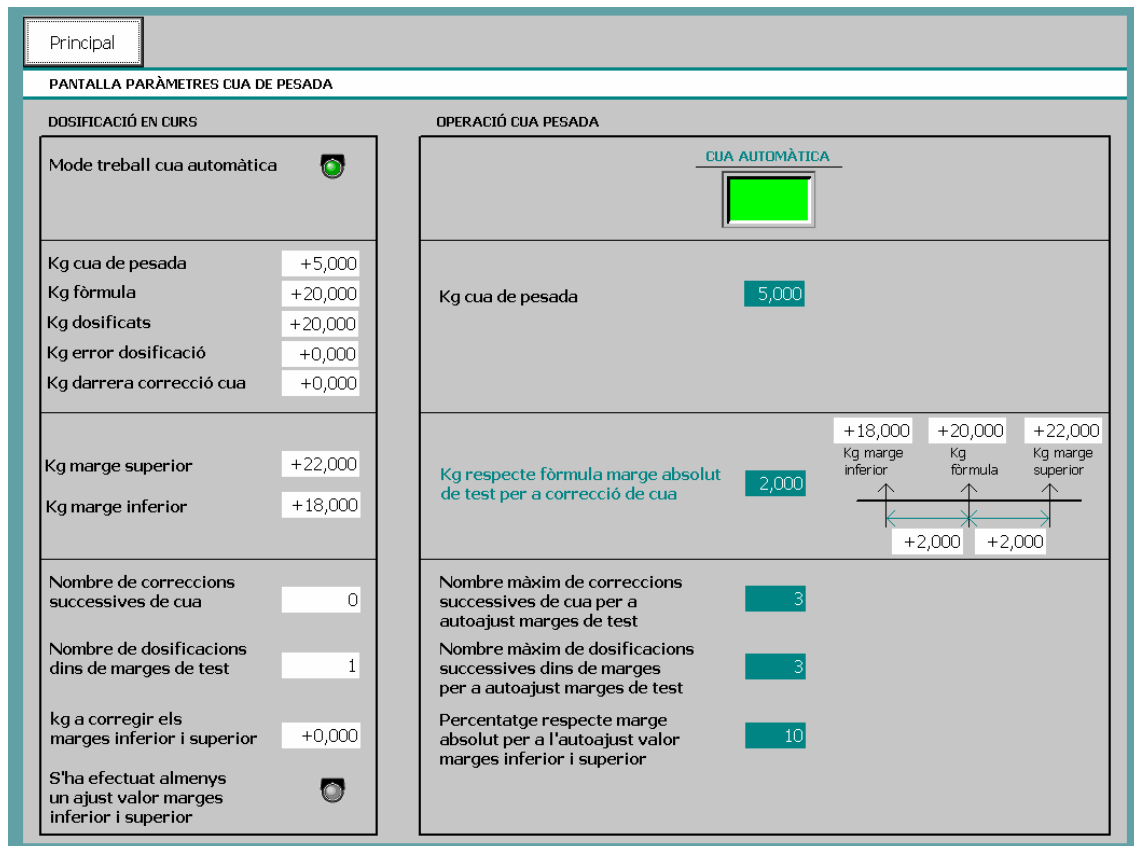


Figura 14. Pantalla paràmetres cua de pesada.

L'explicació següent serà referida a la funció "fcAutoCuaPesada".

La cua de pesada, com s'ha explicat, es dona degut a la frenada lliure de la bomba d'aspiració quan aquesta és deixada d'alimentar elèctricament.

Per tant la cua de pesada no és un valor constant, sinó aleatori. Dins l'aleatorietat hi ha uns marges, uns valors mínim i màxim. Tant el valor promig com els valors extrems es poden trobar experimentalment durant la posta a punt de la instal·lació, executant una mostra de dosificacions i introduint com a valor de cua de pesada 0kg. D'aquesta manera, si s'anoten els valors en excès respecte fórmula, aquests valors són de cua de pesada. Se'n pot fer el promig i identificar els valors extrems.

Si no es desitja que la CPU ajusti el valor de cua de pesada, serà suficient amb no prémer el botó CUA AUTOMÀTICA. La CPU saltarà directament al final del codi de la funció "fcAutoCuaPesada". Però caldrà introduir el valor de cua de pesada a la pantalla de paràmetres de cua de pesada. Sinó al segment 14 pas 16 de la funció "fcDosificaFarinaLinia1" es tindrà en compte un valor nul de cua de pesada.

Si es desitja que la CPU ajusti el valor de cua de pesada, a més de prémer el botó, caldrà introduir un cert valor de cua de pesada i els anomenats *Kg respecte fórmula marge absolut de test per a correcció de cua*. Aquest valor defineix un interval de test centrat en el valor de kg de fórmula, els extrems del qual es calculen, respectivament, restant i sumant al valor de fórmula el valor en qüestió:

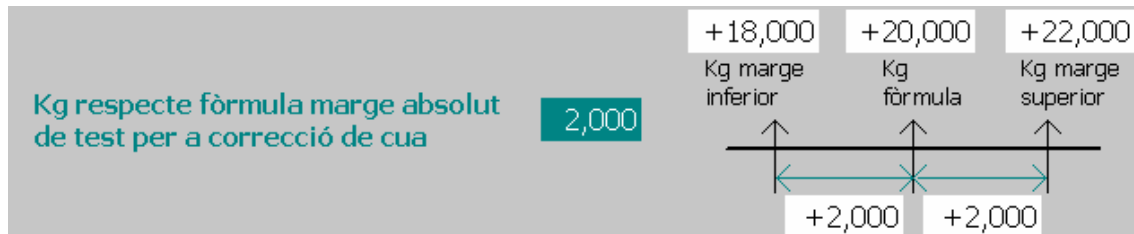


Figura 15. Pantalla paràmetres cua de pesada (“marges de test per a correcció de cua de pesada”).

L'interval de test s'ha de definir tenint en compte el mostreig de cues de pesada realitzat a la posta a punt de la instal·lació. L'interval de test és la imatge de la precisió màxima del sistema de dosificació, donat que contempla l'aleatorietat natural del sistema definida per l'interval natural de cua de pesada.

Si per exemple, en el mostreig de cues de pesada, ha resultat un interval de cua de pesada que en promig és de 7kg, i com a valor màxim és de 9kg, i com a mínim 5kg, tindrem una amplitud de 2kg respecte el promig. I per tant, aquest valor d'amplitud s'haurà d'introduir a pantalla a la variable *Kg respecte fórmula marge absolut de test per a correcció de cua* que defineix l'interval de test.

Posant l'exemple de la figura superior 15, la CPU només ajustarà el valor de la cua de pesada si la dosificació ha resultat per sobre o per sota, respectivament, dels *Kg marge superior* i dels *Kg marge inferior*.

El valor dels *Kg respecte fórmula marge absolut de test per a correcció de cua* i, per tant, el valor dels *Kg marge superior* i dels *Kg marge inferior* també seran autoajustats només si es donen bé un cert nombre de processos successius de dosificacions dins de marges, o bé un cert nombre de processos successius de dosificacions fóra de marges.

Com es pot observar a pantalla, l'operador pot introduir tant el nombre límit de dosificacions successives fóra de marges, com dins de marges.

Si la CPU autoajusta el valor de marge absolut, ho farà ampliant el seu valor en un tant per cent de sí mateix introduïble per pantalla en cas de dosificacions successives fóra marges. En cas contrari, es reduirà el valor de marge absolut, fent servir el mateix percentatge. En conseqüència de l'ajust del marge absolut, també s'ajustarà el valor dels nous marges de l'interval.

Quant al valor de cua de pesada, un ajust del seu valor ha de tenir com a fi guanyar precisió en el següent procés de dosificació. Si sorgeix la necessitat d'ajustar el valor de cua de pesada, voldrà dir que les condicions ambientals (temperatura, humitat, etc.) han canviat l'interval natural de cua de pesada de la bomba d'aspiració de farina.

Per tant, si per exemple la dosificació ha resultat ser de 23kg, s'haurà excedit en 3kg la fórmula, i en 1kg el marge superior de test per a l'autoajust de cua de pesada.

Pel fet d'haver superat el marge superior en 1kg el valor de cua de pesada s'haurà d'autoajustar, però amb els següents criteris:

Si, per exemple, el valor de cua de pesada es de 5kg, voldrà dir que el procés de dosificació ha aturat la bomba 5kg abans d'arribar als 20kg de fórmula; quan la bàscula marcava 15kg.

La inèrcia de la bomba en la frenada lliure ha vessat 8kg, arribant a tenir al final del procés de dosificació 23kg.

Si ampliem el valor de cua de pesada en 1kg, que és el valor excedit respecte el marge superior de test, la propera dosificació aturarà la bomba quan la bàscula marqui 14kg.

Si, en sentit contrari, la dosificació ha resultat ser de 17kg, caldrà reduir en 1kg el valor de cua de pesada.

D'aquesta forma es contempla com a primera aproximació que l'interval natural de cua de pesada pugui haver-se desplaçat degut a les condicions ambientals, i es fa la hipòtesi que la distància respecte al valor promig es manté constant, però que l'eix de l'interval s'ha desplaçat una distància igual al valor de, com al cas de l'exemple exposat, 1kg.

Si a més resulta que, per exemple, es supera un cert nombre successiu de dosificacions fora marges de test (tant pot ser per excés com per defecte), es considerarà que l'interval natural de cua de pesada pot haver-se ampliat, i per tant s'ampliaran els marges de test, tot acceptant que el sistema ha perdut precisió degut a les condicions ambientals.

- Segm. 17: Pas 22. Buidat tolva-bàscula

En aquest pas de la seqüència es tracta de descarregar la farina a l'amassadora. Per aquesta raó cal obrir l'esclusa de buidat de la tolva-bàscula. Alhora, per facilitar el buidat, cal activar el martell pneumàtic que fa vibrar la tolva-bàscula.

La CPU esperarà que el sistema bàscula indiqui un pes igual o inferior al pes introduït a la pantalla de producció com a *Kg bàscula buida*. Un cop això succeeixi, voldrà dir que el procés de buidat s'està realitzant sense cap anomalia, i farà un compte enrere d'una certa quantitat de temps suficient per a assolir el buidat total. Els valors habituals de la variable *Kg bàscula buida* seran evidentment baixos, propers a 2kg. En qualsevol

cas l'operador podrà ajustar el valor que comporti un millor funcionament per al procés de buidat.

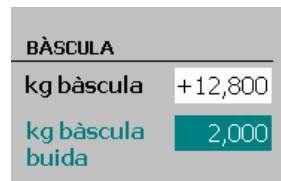


Figura 16. Pantalla producció ("Kg bàscula buida").

7.3.7. PAS 7: CONDICIONS DE MOVIMENT DELS ACTUADORS

Al segment 7 del programa principal OB1, és cridada la funció "*fcCondicionsMoviment*".

Aquesta funció estableix les condicions de seguretat que han de complir-se per a l'activació de les diferents sortides del PLC corresponents als diferents actuadors elèctrics i pneumàtics.

Com a concepte les condicions de moviment dels actuadors tenen com a fi evitar danys a les persones i a la pròpia instal·lació. Encara que per al programador pugui resultar en feina redundant, doncs a la seqüència automàtica activarà només els actuadors que escaigui a cada pas, la funció "*fcCondicionsMoviment*" afegeix un segon nivell de seguretat al programa.

Donem ara un cop d'ull a la funció "*fcCondicionsMoviment*". Per exemple, la bomba d'aspiració requereix com a condicions de moviment que no estigui disparat el disjuntor, que o bé l'entrada de farina o d'aire lliure estiguin obertes, i que l'esclusa de la bàscula estigui tancada. D'aquesta forma s'evitarà que, d'una banda, la bomba treballi en condicions extremes, i de l'altra, que caigui farina a l'amassadora de manera descontrolada.

7.3.8. PAS 8: ACTIVACIÓ SORTIDES PLC

Al segment 8 del programa principal OB1, és cridada la funció "*fcOutput*". Aquesta funció té en primer lloc la missió d'activar les variables lligades a les sortides físiques del PLC si:

-S'està en mode de treball automàtic i la variable de sortida corresponent a l'actuador relativa al mode automàtic està activa, o...

-S'està en mode de treball manual i la variable de sortida corresponent a l'actuador relativa al mode manual (per pantalla) està activa,...

-...i...

-...es donen les condicions de moviment per a l'activació de l'actuador.

Si es dona el cas que, bé per programa o bé manualment per pantalla, es desitja activar l'actuador, però no es donen les condicions de moviment del mateix, aleshores s'activarà la variable d'alarma corresponent i apareixerà a pantalla aquesta alarma que indicarà que no es compleixen les condicions de moviment de l'actuador en qüestió quan s'està desitjant la seva activació.

La funció "fcOutput" té en segon lloc la missió de transferir l'estat de les variables relatives a les sortides físiques a l'àrea de memòria de la CPU corresponent a les sortides físiques.

La raó de ser d'aquesta segona missió és idèntica a allò exposat a l'apartat 7.3.1 Pas 1. *Recepció d'entrades de l'autòmata*. En essència, evitar canvis en programa durant la posta a punt de la instal·lació degut a imprevistos de darrera hora que impliquin canvis en les connexions elèctriques a les sortides físiques del PLC.

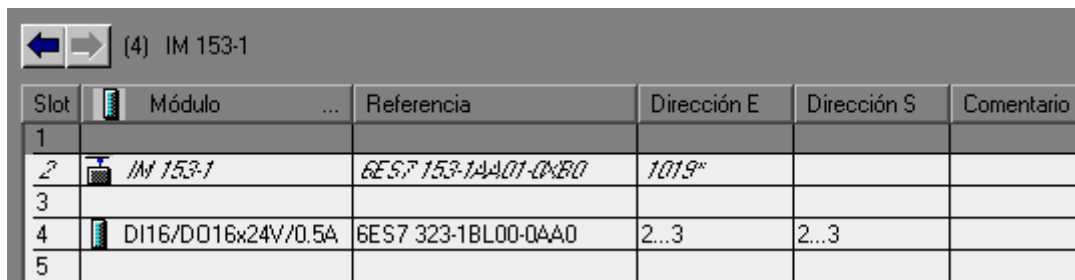
Les assignacions de les direccions tant de sortides com d'entrades físiques del PLC són assignades pel propi software de programació Step7 mitjançant una eina de configuració del hardware del sistema PLC, tal i com es pot veure a les següents figures:

(0) UR

Slot	Mòdul	Referencia	Firmware	Direcció MPI	Direcció E	Direcció S	Comentario
1	PS 307 10A	6ES7 307-1KA00-0AA0					
2	CPU 313C-2 DP	6ES7 313-6CE00-0AB0	V1.0	2			
X2	DP				1023*		
2.2	DI16/DO16				124...125	124...125	
2.4	Contaje				768...783	768...783	
3							
4	AI4/AO2x12Bit	6ES7 334-0KE80-0AB0			256...263	256...259	
5	DO16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH00-0AA0				4...5	
6							
7							
8							
9							
10							
11							

(3) IM 153-1

Slot	Mòdul	Referencia	Direcció E	Direcció S	Comentario
1					
2	IM 153-1	6ES7 153-1AA01-0XB0	1021*		
3					
4	DI16/DO16x24V/0.5A	6ES7 323-1BL00-0AA0	0...1	0...1	
5					



Slot	Mòdul	Referència	Direcció E	Direcció S	Comentari
1					
2	IM 153-1	6ES7 153-1AA01-0XB0	1019"		
3					
4	DI16/DO16x24V/0.5A	6ES7 323-1BL00-0AA0	2...3	2...3	
5					

Figura 17. Configuració de hardware del PLC a l'entorn de programació Step-7.

En tercer lloc la funció *"fcOutput"* té la missió d'activar o desactivar les senyals lluminoses i acústiques que indiquen els estats de normalitat, anomalia i emergència.

L'estat d'anomalia es donarà sempre i quan el mode de treball de la instal·lació sigui automàtic i alguna alarma estigui activa.

L'estat d'emergència es donarà sempre i quan el mode de treball sigui automàtic o bé manual i el modul de seguretat preventiva estigui desactivat (i per tant no hi haurà maniobra), a causa d'una parada d'emergència.

7.3.9. SUBRUTINES D'INTERRUPCIÓ CÍCLICA

Cada 100ms la CPU interromp l'execució del codi on estigui per a executar la subrutina OB35, i un cop executada, torna al codi on s'havia interromput. La subrutina OB35 crida la funció *"fcMitjaPuntsBascula"*.

Aquesta funció és de tipus universal i té la missió de realitzar un mostreig de 10 resultats de conversió digital de la targeta d'entrada analògica (que repcepciona la senyal de les cèl·lules de càrrega del sistema bàscula) i promitjar-los.

Cada 100ms doncs, es refresca el valor de la variable *#PesFiltrat*. Per tant, cada 100ms s'obté un nou promig de les lectures acumulades el segon anterior a l'instant present.

D'aquesta forma s'acondiciona per programa el resultat digital de les senyals procedents de les cèl·lules de càrrega, evitant valors extrems degut a les influències mecàniques, bàsicament vibracions, del procés de dosificació.

7.3.10. ALARMES

Les alarmes són una utilitat important per a l'operador per a orientar-lo en les possibles solucions a una anomalia.

En cas que per programa s'activi una variable d'alarma, apareixerà a pantalla un avís d'alarma parpadejant:

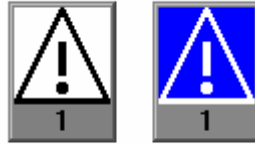


Figura 18. Avís d'alarma a pantalla.

L'avís indica a la seva part inferior el nombre d'alarmes actives. Quan es prem sobre l'avís d'alarma, apareix una finestra a pantalla amb la descripció de l'alarma i l'orientació per a possibles solucions:

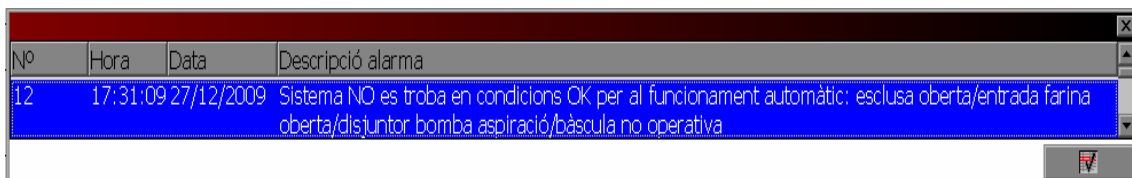


Figura 19. Finestra de descripció d'alarma a pantalla.

Serà necessari que l'operador acusi l'alarma (prémer el botó de confirmació de lectura del missatge situat a la part inferior dreta de la finestra), per a que l'avís d'alarma deixi de parpadejar.

Tanmateix, l'avís d'alarma no desapareixerà fins que el motiu d'alarma hagi sigut resolt, indicant el nombre d'alarmes actives.

La pantalla romandrà totalment habilitada en cas d'avís d'alarma.

D'altra banda, sempre que hi hagi una alarma, el programa té en compte que s'ha d'encendre el pilot groc d'anomalia a les torres de senyalització lluminosa, així com la sirena acústica.

[7.3.11. PANTALLA MODE DE TREBALL MANUAL](#)

Com s'ha explicat, el mode de treball manual no pot ser simultani amb el mode de treball automàtic, i la seva funció és poder activar els diferents actuadors elèctrics i pneumàtics individualment per a comprovar el seu funcionament i comprovar si les connexions elèctriques han sigut efectuades correctament, bé per a operacions de manteniment, o bé durant la posta a punt de la instal·lació.

La pantalla d'operació manual és l'anomenada pantalla de manteniment:

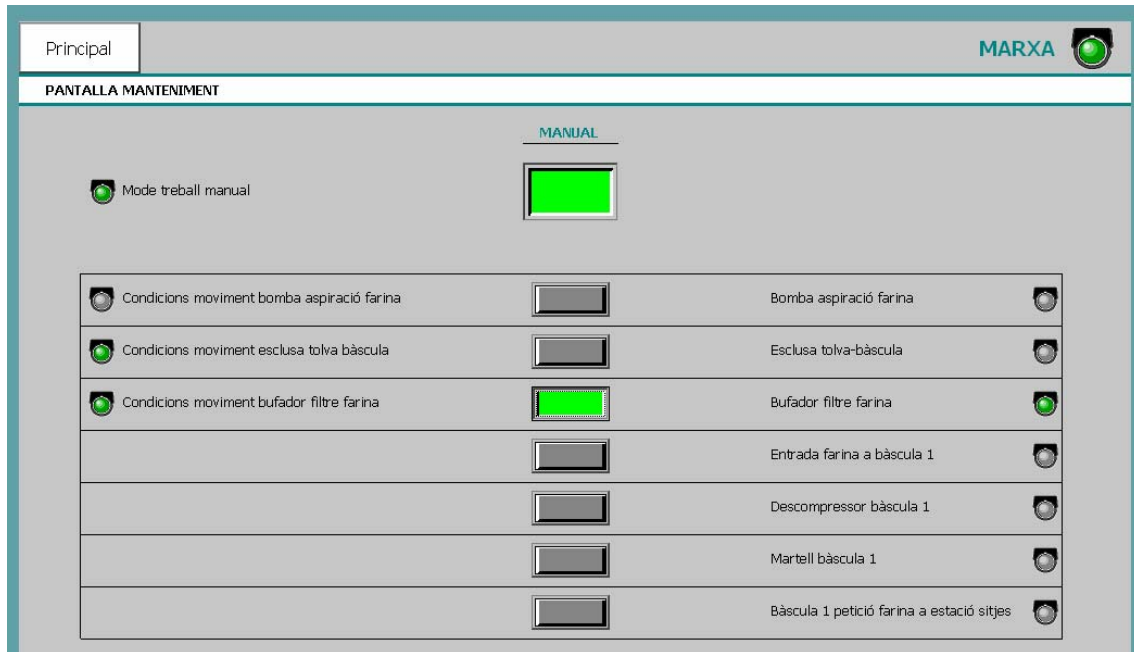


Figura 20. Pantalla manteniment.

En aquesta pantalla, com es pot observar, es podrà activar individualment cada actuator que es desitji, sempre i quan es compleixin les condicions de seguretat de moviment, si és que n'hi ha, i estigui actiu el mode de treball manual i la maniobra de l'armari elèctric estigui habilitada (*MARXA*).

8 CÀLCUL I DISSENY DE LA INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA D'AUTOMATITZACIÓ EN BAIXA TENSIÓ

8.1 NORMATIVA LEGAL D'APLICACIÓ

Es tindran en consideració les següents normatives:

- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT) segons el Real Decreto 842/2002 de 2 d'agost de 2002. I les seves Instruccions Tècniques Complementàries d'aplicació.
- “Guia Técnica de Aplicación” del REBT 2002 i els seus annexos.
- “Real Decreto 400/1996 de 1 de Marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- Normes UNE d'aplicació. Especialment, entre aquestes:
 - UNE-EN 60204-1:2006 “Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales”.
 - UNE 20460-4-41, “Protección contra los choques eléctricos”.
 - UNE-EN 60073:2005, “Principios básicos y de seguridad para la interfaz hombre-máquina, el marcado y la identificación. Principios de codificación para los indicadores y actuadores”.
 - UNE-EN 60445:2000, “Principios básicos y de seguridad para la interfaz hombre-máquina, el marcado y la identificación. Identificación de los bornes de equipos y de los terminales de ciertos conductores designados, y reglas generales para un sistema alfanumérico”.
 - UNE-EN 60446:1999, “Principios básicos y de seguridad para la interfaz hombre-máquina, el marcado y la identificación. Identificación de conductores por colores o por números”.
 - UNE-EN 60947-2, “Aparatura de baja tensión”.
 - UNE-EN 50281-1-2, “Aparatos eléctricos destinados a ser utilizados en presencia de polvos combustibles. Parte 1-2: Aparatos eléctricos protegidos con envolventes. Selección, instalación y mantenimiento”.

8.2 FÒRMULES I CRITERIS DE CàLCUL I SELECCIÓ DE COMPONENTS

El càlcul i disseny de la instal·lació elèctrica parteix de la base que aquesta fa servir el règim de neutre TT, tal i com s'indica a la ITC-BT-08 del REBT 2002.

8.2.1 POTÈNCIA DE CàLCUL

- Motors:

D'acord amb la ITC-BT-47 del REBT 2002:

Els conductors que alimenten a un sol motor hauran d'estar dimensionats per a una intensitat del 125% de la intensitat a plena càrrega del motor. Per tant la potència instal·lada haurà de ser 1'25 vegades la potència nominal del motor.

Els conductors que alimenten a més d'un motor, hauran d'estar dimensionats per a una intensitat no inferior a la suma del 125% de la intensitat a plena càrrega del motor de major potència, més la intensitat a plena càrrega de tota la resta de motors.

8.2.2 CàLCUL DE LA INTENSITAT NOMINAL DE CIRCUITS

- Circuits monofàsics:

$$P_{Cal} = U_F \cdot I_F \cdot \cos \varphi \longrightarrow I_F = \frac{P_{Cal}}{U_F \cdot \cos \varphi}$$

On:

P_{Cal} = potència de càlcul pel circuit, en Watts (W).

U_F = tensió eficaç de distribució entre fase i neutre, en Volts (V)

I_F = intensitat eficaç de fase, en Amperes (A).

$\cos \varphi$ = factor de potència del circuit.

Els circuits monofàsics llurs receptors es connectin mitjançant bases de presa de corrent, es dissenyaran considerant la instal·lació de bases de presa de corrent C2a de 10 Amperes. Per aquesta raó, la potència instal·lada per a cadascun dels esmentats circuits serà, tenint en compte un factor de potència de 0'8 per al circuit, de 1760 Watts.

- Circuits trifàsics:

Pel càlcul dels circuits trifàsics s'utilitzarà la següent relació:

$$P_{Cal} = 3 \cdot U_F \cdot I_F \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi \longrightarrow I_L = \frac{P_{Cal}}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos \varphi}$$

On:

P_{Cal} = potència de càlcul pel circuit, en Watts (W).

U_L = tensió eficaç de distribució de línia (entre fase i fase), en Volts (V)

I_L = intensitat eficaç de línia, en Amperes (A).

U_F = tensió eficaç de distribució entre fase i neutre, en Volts (V)

I_F = intensitat eficaç de fase, en Amperes (A).

$\cos \varphi$ = factor de potència del circuit.

8.2.3 CÀLCUL DE LA SECCIÓ DELS CONDUCTORS

La determinació reglamentària de la secció dels conductors de fase i del conductor neutre, consisteix en calcular la secció mínima normalitzada que satisfà simultàniament les tres condicions següents:

a) Criteri de la intensitat màxima admissible o d'escalfament.

La temperatura del conductor, treballant a plena càrrega i en règim permanent, no haurà de superar en cap moment la temperatura màxima dels materials que s'utilitzen com a aïllant.

Es tindrà en compte la intensitat màxima admissible per a cada secció i mètode d'instal·lació, segons la norma UNE 20460-5-523, que substitueix la taula 1 de la ITC-BT-19 del REBT 2002. Com diu la nota 1, pàgina 24, de l'esmentada UNE, les intensitats màximes admissibles són igualment vàlides per a corrent alterna i corrent contínua.

Per a seccions inferiors a 1'5mm² i aïllament de PVC s'utilitzarà la norma UNE-EN 60204-1.

b) Criteri de la caiguda de tensió.

La secció del conductor, per a cada circuit, serà tal que la caiguda de tensió acumulada des de l'origen de la instal·lació interior (dispositius generals de comandament i protecció) fins a qualsevol punt d'utilització, sigui menor que el 3% de la tensió de distribució per enllumenat, i menor que el 5% per a la resta d'usos.

Les fórmules per al càlcul de la caiguda de tensió es detallen a l'apartat 8.2.5

c) Criteri de la intensitat de curtcircuit.

La temperatura a la que pot arribar un conductor, com a conseqüència d'una sobreintensitat de curta durada, no podrà sobrepassar la temperatura màxima admissible de curta durada (per a menys de 5 segons) assignada als materials aïllants del conductor.

A tal efecte, la secció mínima dels conductors d'un circuit, es calcularà mitjançant la següent fórmula:

$$S = \frac{\sqrt{t} \cdot I_{CCMAX}}{K}$$

t = temps de disparada efectiva del dispositiu magnètic de protecció, en segons (s), quan hi circula la intensitat màxima de curtcircuit. El valor d'aquest temps és una dada que dependrà de la corba característica del dispositiu de protecció.

S = secció mínima del conductor, en mil·límetres quadrats (mm²).

I_{CCMAX} = intensitat màxima de curtcircuit a l'origen del circuit, en Amperes (A).

k = factor de correcció segons el material de l'aïllament del conductor de coure:

Aïllant	k
PVC	115
Cautxú	141
SiR	132
XLPE (polietilè reticulat)	143
EPR (etilè propilè)	143

Taula 4. Factors de correcció segons material aïllant per a càlcul de la secció del conductor.

Aquests valors estan basats en la hipòtesi de comportament adiabàtic del conductor per a un període de temps no superior a 5s.

- Secció dels conductors de protecció:

Els conductors de protecció (terres) estaran constituïts pel mateix metall que els conductors de fase o polars. Per tant, tindran una secció mínima igual a la fixada a la taula 2 de la ITC-BT-19:

Per a cada circuit, la secció dels conductors de protecció serà igual a la dels conductors de fase si la secció dels darrers és inferior o igual a 16 mm². Aquest és el cas d'aplicació al present projecte.

- Secció dels conductors de neutre:

Es farà servir la mateixa secció per al conductor neutre i per als conductors de fase.

8.2.4 CÀLCUL DE LA INTENSITAT MÀXIMA DE CURTCIRCUIT

A efectes de càlcul, es considerarà el tipus de curtcircuit més desfavorable a una instal·lació de baixa tensió: el curtcircuit trifàsic equilibrat.

Es considerarà, tal i com s'ha dit a les especificacions bàsiques, que la indústria és alimentada pel seu propi transformador de mitja a baixa tensió.

L'esquema considerat, per fase, a efectes de càlcul de la màxima intensitat de curtcircuit al quadre de microingredients, és el següent:

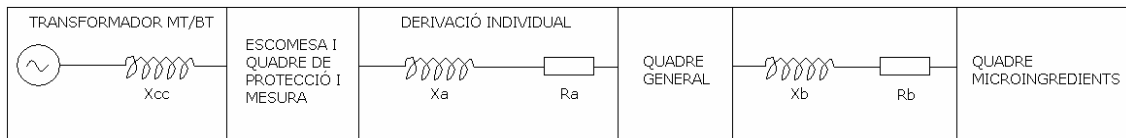


Figura 21. Càlcul de la intensitat de curtcircuit a l'armari de microingredients.

La màxima intensitat de curtcircuit es calcularà amb les següents fòrmules, donant el següent resultat:

$$I_{CC_{MAX}} = \frac{\frac{Un_s}{\sqrt{3}}}{\sqrt{(X_{cc} + X_a)^2 + R_b^2}} = 1167 A$$

On:

$$X_{cc} = \frac{E_{cc} \cdot Un_s^2}{S_n}; \quad X_a \cong 0'1 \cdot L_a;$$

$$R_a = (1 + Y_s + Y_p) \cdot \rho_\theta \cdot \frac{L_a}{S_a}; \quad R_b = (1 + Y_s + Y_p) \cdot \rho_\theta \cdot \frac{L_b}{S_b}$$

On:

$I_{CC_{MAX}}$ = Intensitat màxima de curtcircuit al quadre de microingredients, en Amperes (A).

U_{nS} = Tensió nominal de línia al secundari del transformador, en Volts (V). El seu valor serà de 400V.

S_n = Potència aparent nominal del transformador, en Volt i Ampere (VA). Es prendrà com a valor hipotètic $S_n = 630kVA$.

X_{cc} = Reactància de curtcircuit del transformador, en Ohms (Ω). Es despreciarà la resistència de curtcircuit del transformador

E_{cc} = Tensió de curtcircuit del transformador, en tant per 1. El seu valor normalitzat serà $E_{cc} = 0'04$, corresponent a una $S_n = 630kVA$.

X_a = Reactància de la línia de derivació individual, en Ohms (Ω).

X_b = Reactància de la línia d'alimentació al quadre de microingredients, en Ohms (Ω). El seu valor és menyspreable, donada la petita secció dels conductors d'aquesta línia.

L_a = Longitud de la línia de derivació individual, en kilòmetres (km). Es prendrà un valor hipotètic de 0'02km.

L_b = Longitud de la línia d'alimentació al quadre de microingredients, en metres (m). Es prendrà un valor hipotètic de 20m.

R_a = Resistència de la línia de derivació individual, en Ohms (Ω). El seu valor és menyspreable, donada la secció considerada per a la derivació individual.

R_b = Resistència de la línia d'alimentació al quadre de microingredients, en Ohms (Ω).

Y_s = Increment de la resistència del conductor degut a l'efecte Skin.

Y_p = Increment de la resistència del conductor degut a l'efecte proximitat.

Per a instal·lacions interiors i d'enllaç és factible suposar que $(1 + Y_s + Y_p) = 1'02$

ρ_θ = Resistivitat del conductor a la temperatura θ (es considerarà aquesta de 90°C), en Ohms i mil·límetre quadrat per metre ($\Omega \cdot mm^2/m$). El valor de ρ_θ serà de 0'023 $\Omega \cdot mm^2/m$.

S_a = Secció del conductor a la línia de derivació individual, en mil·límetres quadrats (mm^2). Com a hipòtesi es prendrà aquesta secció de valor 120 mm^2 . És verdaderament una secció petita per a una indústria de fabricació de pa. Un valor més gran encara faria més despreciable R_a .

S_b = Secció del conductor a la línia d'alimentació al quadre de microingredients, en mil·límetres quadrats (mm^2). Aquesta secció, calculada, dona com a resultat 2'5 mm^2 (vegi's l'annex de càlculs).

A instal·lacions interiors, on les seccions dels conductors són inferiors a 120mm², es prendran a la pràctica tres hipòtesis:

- a) La caiguda de tensió per efecte de la inductància és menyspreable respecte l'efecte de la resistència del conductor.
- b) Es despreciarà, per al càlcul de la resistència del conductor en corrent alterna, l'increment de la resistència degut a l'efecte pell, i degut a l'efecte proximitat. Per aquesta raó, es considerarà el mateix valor de la resistència del conductor tant en corrent contínua com en corrent alterna.
- c) Es prendrà com a valor de referència per a la conductivitat del conductor de coure, el valor de la conductivitat a la temperatura de 20°C; essent aquest valor de 56m/Ωmm². Es menysprearà l'efecte de la temperatura ambient en el valor de la conductivitat del conductor.

8.2.5 CÀLCUL DE LA CAIGUDA DE TENSÍO

- Caiguda de tensió en circuits monofàsics:

Pel càlcul de la caiguda de tensió s'utilitzarà la següent relació:

$$c_{dt} = \frac{2 \cdot l_{c_{dt}} \cdot P_{Cal}}{k \cdot S \cdot U_F} \rightarrow c_{dt}(\%) = \frac{c_{dt}}{U_F} \cdot 100$$

On:

$l_{c_{dt}}$ = longitud del circuit (des del quadre o subquadre origen del circuit fins al receptor més allunyat del mateix), en metres (m).

P_{Cal} = potència de càlcul pel circuit, en Watts (W).

K = conductivitat del conductor a 20°C, en metres per ohm i mil·límetre quadrat (m/Ωmm²).

S = secció del conductor, en mil·límetres quadrats (mm²).

U_F = tensió eficaç de distribució entre fase i neutre, en Volts (V).

- Caiguda de tensió en circuits trifàsics:

Pel càlcul de la caiguda de tensió s'utilitzarà la següent relació:

$$c_{dt} = \frac{l_{c_{dt}} \cdot P_{Cal}}{k \cdot S \cdot U_L} \rightarrow c_{dt}(\%) = \frac{c_{dt}}{U_L} \cdot 100$$

On:

L_{cdt} = longitud del circuit (des del quadre o subquadre origen del circuit fins al receptor més allunyat del mateix), en metres (m).

P_{Cal} = potència de càlcul pel circuit, en Watts (W).

K = conductivitat del conductor a 20°C, en metres per ohm i mil·límetre quadrat ($m/\Omega mm^2$).

S = secció del conductor, en mil·límetres quadrats (mm^2).

U_L = tensió eficaç de distribució entre fases, en Volts (V).

- Caiguda de tensió en circuits de corrent contínua:

Pel càlcul de la caiguda de tensió s'utilitzarà la següent relació:

$$cdt = \frac{2 \cdot l_{cdt} \cdot P_{Cal}}{k \cdot S \cdot U_p} \rightarrow cdt(\%) = \frac{cdt}{U_p} \cdot 100$$

On:

L_{cdt} = longitud del circuit (des del quadre o subquadre origen del circuit fins al receptor més allunyat del mateix), en metres (m).

P_{Cal} = potència de càlcul pel circuit, en Watts (W).

K = conductivitat del conductor a 20°C, en metres per ohm i mil·límetre quadrat ($m/\Omega mm^2$).

S = secció del conductor, en mil·límetres quadrats (mm^2).

U_p = tensió entre pols, en Volts (V).

8.2.6 CÀLCUL DELS INTERRUPTORS MAGNETOTÈRMICS

- Protecció genèrica de receptors contra sobrecàrregues:

S'hauran de complir dues condicions:

$$1) I_b < I_N < I_Z$$

On:

I_N = intensitat eficaç nominal de l'interruptor automàtic magnetotèrmic, en Amperes (A).

I_Z = intensitat eficaç màxima admissible pel conductor, en règim continu, en Amperes (A).

I_b = intensitat nominal del circuit, en Amperes (A).

$$2) I_2 < 1'45 I_Z$$

On:

I_2 = Intensitat mínima que assegura el funcionament efectiu (disparada) tèrmic del dispositiu de protecció dins d'un temps especificat. Dependrà de la corba de disparada del dispositiu de protecció seleccionat.

Tanmateix aquest punt en la pràctica sempre es complirà, donat que la norma UNE-EN 60947-2 obliga als fabricants d'interruptors magnetotèrmics a que:

$$I_2 < 1'2 I_N$$

- Protecció genèrica de receptors contra curtcircuits:

Els dispositius de protecció hauran de complir el següent requisit:

1) Es considerarà un dispositiu de protecció tal que el seu poder de tall (P_{dc}) sigui superior a la intensitat màxima de curtcircuit calculada ($I_{CCmàx}$) en el punt d'instal·lació del propi dispositiu:

$$I_{CCmàx} < P_{dc}$$

La norma UNE-EN 60947-2:2005 contempla la utilització de la filiació. És a dir, es podrà utilitzar un interruptor automàtic magnetotèrmic amb un poder de tall inferior a la intensitat de curtcircuit calculada en el seu punt d'instal·lació, si aigües amunt s'ha instal·lat un magnetotèrmic amb el poder de tall adequat.

Serà mitjançant taules de fabricant que es determinarà la filiació entre dos dispositius magnetotèrmics.

- Protecció del transformador de maniobra de l'armari de microingredients:

El dispositiu que protegirà el primari del transformador de maniobra serà de tipus magnètic. No disposarà de protecció tèrmica per dos raons:

- a) A l'entrada del transformador no hi ha risc de sobrecàrrega, donat que tots els circuits de sortida estaran protegits tèrmicament.
- b) Les corrents d'arrancada dels transformadors arriben a ser, per al primari, de l'ordre de més de 20 vegades la intensitat nominal. Aquest fet faria necessari un sobredimensionament de la protecció tèrmica que, durant el funcionament en règim permanent del transformador, no protegiria la instal·lació aigües avall del secundari contra sobrecàrregues.

- Protecció de motors trifàsics de velocitat constant:

D'acord amb la ITC-BT-47, els motors trifàsics de potència inferior a 0'75kW, com és el cas de tots els motors utilitzats al present projecte, no requeriran de dispositius d'arrencada limitadors de la intensitat d'arranc.

Per tant tots els motors tindran una arrencada directa. Per assegurar, tanmateix, una protecció tèrmica sense tenir interrupcions a l'arrencada, s'utilitzaran disjuntors magnetotèrmics d'intensitat tèrmica regulable.

La intensitat regulable d'activació tèrmica dels disjuntors s'haurà d'ajustar al valor de la intensitat nominal del motor, o el més proper possible.

D'altra banda, no serà necessari incorporar als disjuntors magnetotèrmics un dispositiu de protecció contra la falta de fase, perquè el circuit de seguretat de la instal·lació no permetrà les rearrencades imprevistes (vegis apartat *8.4.1 Resum de principals criteris de disseny de la instal·lació elèctrica d'automatització en baixa tensió*) i, en segon lloc, perquè encara que aquestes ocorreguessin, no hi hauria perill per a les persones.

- Protecció contra sobrecàrregues:

Considerant les potències nominals dels motors del present projecte, donada la relació d'aquestes amb les càrregues pertinents, els temps d'arrencada a la pràctica no superaran en cap cas els 2 segons, essent verdaderament considerables com a instantanis.

Dit això, i tot i la hipòtesi extrema que les intensitats d'arrencada fóssin de l'ordre de 8 vegades la intensitat nominal dels motors (a la pràctica acostumen a ser de l'ordre de $4'5 \cdot I_n$ donades les potències dels motors del present projecte), serà suficient amb que la corba tèrmica sigui de tipus D, segons la norma UNE-EN 60947-2. Aquesta corba no ofereix disparada tèrmica fins més enllà dels 2 segons sota les condicions de la hipòtesi esmentada.

En resum, la protecció tèrmica per disjuntor en cap cas impedirà l'arrencada dels motors. No serà necessari cap altre dispositiu d'arrencada per als motors protegits per disjuntors magnetotèrmics.

- Protecció contra curtcircuits:

Per evitar interrupcions en l'arrencada directa dels motors, l'actuació magnètica dels disjuntors magnetotèrmics s'efectuarà com a mínim quan la intensitat consumida pel motor trifàsic sigui igual o superior a 10 vegades la intensitat nominal del motor. És a dir, el corresponent a corba D segons UNE-EN 60947-2.

- Protecció de motors trifàsics de velocitat variable:

Aquells motors comandats per variador de freqüència, gràcies a aquest, arrencaran amb una intensitat de valor sempre igual al nominal. Per tant, només es requerirà d'una corba C per a la protecció magnetotèrmica aigües amunt del variador.

8.2.7 CÀLCUL DE L'INTERRUPTOR DIFERENCIAL DE L'ARMARI MICROINGREDIENTS

La intensitat nominal de l'interruptor diferencial serà superior a la suma d'intensitats de disparada tèrmica de tots els interruptors automàtics magnetotèrmics (és tindrà en compte 1'45 vegades la intensitat nominal d'aquests) del conjunt de circuits protegits per l'interruptor diferencial.

Apuntar també que, d'altra banda, la seva intensitat de defecte serà de 300mA, sota la hipòtesi que la resistència de pas a terres serà de valor tal que la tensió de contacte serà inferior a 50V (local sec).

8.2.8 CÀLCUL DEL TRANSFORMADOR DE MANIOBRA

El transformador de maniobra haurà de suportar les puntes d'intensitat consumida pels dispositius electromecànics (contactors principalment, i electrovàlvules) en el que s'anomena, en l'argot de l'automatització, la crida, és a dir, el transitori de tancada dels contactes, quan la intensitat pot ser entre 10 y 20 vegades la intensitat de manteniment dels contactors un cop ja han tancat els contactes (dada de referència habitual de fabricants de transformadors de maniobra).

Aquest fet obliga a sobredimensionar el transformador respecte de la potència permanent que ha de subministrar. El transformador ha d'estar dimensionat per a que la caiguda de tensió en bornes, causada per la crida del contactor, es mantingui dintre els límits admissibles fent possible el correcte tancament del contactor.

En conclusió, per dimensionar el transformador es tindrà en compte la suma de potències de manteniment dels elements electromecànics, més la potència en la crida del contactor més potent.

8.2.9 CÀLCUL DELS CONTACTORS

La selecció dels contactors atindrà els següents criteris:

- La corrent assignada d'utilització (I_e) del contactor haurà de ser superior a la intensitat nominal del circuit conmutat pel contactor.
- La corrent tèrmica convencional del contactor (I_{th}), que és la intensitat que suporta el contactor, tancat, durant almenys 8 hores, serà superior a la intensitat màxima admissible en règim permanent dels conductors conmutats pel contactor.
- La potència assignada d'utilització del contactor haurà de ser respectada: no es podrà seleccionar un contactor amb una potència assignada d'utilització inferior a la potència normalitzada del motor per al qual està previst el contactor, però si a la inversa. D'aquesta manera es garantirà els poders de tall i tancament del contactor.

8.2.10 CÀLCUL DELS INTERRUPTORS PRINCIPALS D'ARMARIS

Els interruptors principals dels armaris, com a norma general, hauran de tenir un poder de tall suficient per interrompre la intensitat del motor més gran a rotor bloquejat conjuntament amb la suma d'intensitats normals de funcionament de la resta de motors y càrregues (segons UNE-EN 60204-1).

A la pràctica aquest requisit es satisfà senzillament seleccionant a catàleg de fabricant un interruptor d'intensitat de servei immediatament superior a la intensitat dels conductors conmutats per l'interruptor tenint en compte totes les càrregues connectades.

8.2.11 CÀLCUL DELS VARIADORS DE FREQUÈNCIA

A la pràctica, els variadors de freqüència es seleccionaran senzillament per a la suma de potències normalitzades dels motors a controlar.

Cal afegir que els variadors de freqüència, com és habitual en els variadors de freqüència actuals, protegiran els motors, sense selectivitat, de:

- Tèrmicament contra sobrecàrregues.
- Contra curtcircuits entre fases dels motors.
- Contra fugues a terra.

-En cas de sobretensió o tensió insuficient de línia.

8.2.12 EQUILIBRAT DE CÀRREGUES

El REBT 2002 no imposa cap paràmetre que limiti el desequilibri de càrregues a un receptor trifàsic. A la ITC-BT-19, l'apartat 2.5, "Equilibrado de cargas", senzillament aconsella que es procuri que la càrrega quedi repartida entre les fases.

En aquest sentit, i com a criteri tècnic propi:

a) Es consideraran en equilibri els receptors trifàsics.

b) Als armaris de comandament i protecció amb alimentació trifàsica, es repartiran els seus circuits monofàsics entre les tres fases, buscant el major equilibri possible. Per aquesta raó es calcularà el desequilibri, a partir de la següent relació:

$$desequilibri(\%) = \frac{|I_{\max(R,S,T)} - I_{mitja}|}{I_{mitja}}$$

On:

$I_{\max(R,S,T)}$ = intensitat màxima d'entre les tres fases, en Amperes (A).

I_{mitja} = intensitat promig de les intensitats de les tres fases, en Amperes (A).

Es considerarà acceptable el desequilibri si aquest és inferior al 15%.

8.3 RELACIÓ DE RECEPTORS INSTAL·LATS

Els valors de potència instal·lada dels diferents elements elèctrics, són valors aproximats, que es prenen a la pràctica dels catàlegs dels fabricants de referència al mercat de l'automatització.

Armari Microingredients (Micros)						
Circuit	Receptor	Armari on es troba el receptor	Potència instal·lada	Factor corrector de la potència	Potència de càlcul	cosφ considerat (receptors de corrent alterna)
2Q3	Font alimentació (230V AC / 24V DC, 20A)	Micros	480W	1	480W	-
	2H1 Pilot indicador de tensió (230V AC, 2'4W)	Micros	2'4W	1	2'4W	-
	2X1 Endoll Base (230V AC, 10A), per a la connexió de l'ordinador portàtil del programador.	Micros	1760W	1	1760W	0'8
2Q4	2T1 Transformador de seguretat (maniobra) (230V AC / 24V AC, 160VA)	Micros	160VA	1	160VA	0'5
2Q5-Maniobra 24V AC Armari Micros	Contactador (24V AC, 3VA consum bobina, 11 unitats)	Micros	33VA	1	33VA	0'5
	Electrovàlvula (24V AC, 1'5VA consum bobina, 13 unitats)	Micros	19'5VA	1	12'0VA	0'5

Circuit	Receptor	Armari on es troba el receptor	Potència instal·lada	Factor corrector de la potència	Potència de càlcul	cosφ considerat (receptors de corrent alterna)
2Q6-Maniobra 24V AC Armari ET1	Electrovàlvula (24V AC, 1'5VA consum bobina, 13 unitats)	ET1	19'5VA	1	19'5VA	0'5
2Q7-Maniobra 24V AC Armari ET2	Electrovàlvula (24V AC, 1'5VA consum bobina, 8 unitats)	ET2	12'0VA	1	12'0VA	0'5
C0-Control Armari Micros	Pantalla operador (24V DC, 0'24A)	Micros	5'7W	1	5'7W	-
	CPU (850mA)	Micros	20'0W	1	20'0W	-
	Relè (24V DC, 0'25W consum bobina, 28 unitats)	Micros	7'0W	1	7'0W	-
	Acondicionador senyal cèl·lula de càrrega (24V DC, 7'5W, 3 unitats)	Micros	22'5W	1	22'5W	-
	Targeta entrades digitals (24V DC, 12W, 2 unitats)	Micros	24'0W	1	24'0W	-
	Targeta sortides digitals (24V DC, 12W, 4 unitats)	Micros	48'0W	1	48'W	-
	16H1 Pilot verd (24V DC, 5W)	Micros	5'0W	1	5'0W	-
	16H2 Pilot vermell (24V DC, 5W)	Micros	5'0W	1	5'0W	-
	16H4 Pilot groc (24V DC, 5W)	Micros	5'0W	1	5'0W	-
	16H3 Sirena (24V DC, 0'5W)	Micros	0'5W	1	0'5W	-
	Comptalires llevat (24V DC, 300mA)	Micros	7'2W	1	7'2W	-

Circuit	Receptor	Armari on es troba el receptor	Potència instal·lada	Factor corrector de la potència	Potència de càlcul	cosφ considerat (receptors de corrent alterna)
C1-Control Armari ET1	ET200M Mòdul Profibus (24V DC, 12W)	ET1	12'0W	1	12'0W	-
	2H1 Pilot indicador de tensió (24V DC, 0'5W)	ET1	0'5W	1	0'5W	-
	Targeta entrades digitals (24V DC, 12W, 2 unitats)	ET1	24'0W	1	24'0W	-
	Targeta sortides digitals (24V DC, 12W, 2 unitats)	ET1	24'0W	1	24'0W	-
	Relè (24V DC, 0'25W consum bobina, 16 unitats)	ET1	4'0W	1	4'0W	-
C2-Control Armari ET2	ET200M Mòdul Profibus (24V DC, 12W)	ET2	12'0W	1	12'0W	-
	2H1 Pilot indicador de tensió (24V DC, 0'5W)	ET2	0'5W	1	0'5W	-
	Targeta entrades digitals (24V DC 12W)	ET2	12'0W	1	12'0W	-
	Targeta sortides digitals (24V DC, 12W, 2 unitats)	ET2	24'0W	1	24'0W	-
	Relè (24V DC 0'25W consum bobina, 16 unitats)	ET2	4'0W	1	4'0W	-

Circuit	Receptor	Armari on es troba el receptor	Potència instal·lada	Factor corrector de la potència	Potència de càlcul	cosφ considerat (receptors de corrent alterna)
C2 (Continuació)	7H1 Pilot verd (24V DC, 5W)	ET2	5'0W	1	5'0W	-
	7H2 Pilot vermell (24V DC, 5W)	ET2	5'0W	1	5'0W	-
	7H3 Zumbador (24V DC, 0'5W)	ET2	0'5W	1	0'5W	-
	7H4 Pilot groc (24V DC, 5W)	ET2	5'0W	1	5'0W	-
3Q1	3M1 Agitador: Motor asíncron trifàsic (400V, 370W)	Micros	370'0W	1'25	463'0W	0'85
3Q2	3M2 Agitador: Motor asíncron trifàsic (400V, 370W)	Micros	370'0W	1'25	463'0W	0'85
3Q3	3M3 Agitador: Motor asíncron trifàsic (400V, 370W)	Micros	370'0W	1'25	463'0W	0'85
3Q4	3M4 Agitador: Motor asíncron trifàsic (400V, 370W)	Micros	370'0W	1'25	463'0W	0'85
4Q1	4M1 i 4M2 Sinfins: Motor asíncron trifàsic (400V, 250W)	Micros	500'0W	1'25 (Per un motor)	563'0W	0'85
4Q2	4M3 i 4M4 Sinfins: Motor asíncron trifàsic (400V, 250W)	Micros	500'0W	1'25 (Per un motor)	563'0W	0'85

Circuit	Receptor	Armari on es troba el receptor	Potència instal·lada	Factor corrector de la potència	Potència de càlcul	cosφ considerat (receptors de corrent alterna)
4Q3	4M5 Bomba aspiració: Motor asíncron trifàsic (400V, 450W)	Micros	550'0W	1'25	687'5W	0'85
5Q1	5M1 Bomba aspiració: Motor asíncron trifàsic (400V, 450W)	Micros	550'0W	1'25	687'5W	0'85

Taula 5. Relació de receptors instal·lats.

8.4 RESUM DE RESULTATS DE CàLCUL I RESUM DE CRITERIS DE DISSENY

Per a trobar el detall de càlcul per a la obtenció dels resultats presentats al present capítol, vegis també l'annex de càlcul de la memòria del present projecte. D'altra banda, per a un suport gràfic de l'explicació, vegi's el document annex de plànols.

Tot i que al document de plec de condicions del present projecte es detallen punt per punt les condicions tècniques que s'han de satisfer en relació amb el disseny de la instal·lació elèctrica en baixa tensió, a continuació se'n fa un extracte dels criteris més rellevants.

8.4.1 CRITERIS DE DISSENY DELS CIRCUITS DE SEGURETAT, CONTROL I MANIOBRA

- Circuits de control i maniobra:

a) *Els circuits de control.*

Els circuits de control alimentaran tota l'aparamenta electrònica de control, i d'altra banda transportaran les senyals d'entrada i sortida del PLC (controlador lògic programable).

Aquests circuits es caracteritzen per una tensió de treball de 24V corrent contínua, proporcionada per una font d'alimentació, i un valor d'intensitat molt baix absorvida per un receptor: com a màxim 0'5A per receptor.

Quant al disseny elèctric, el punt clau són les sortides digitals del PLC. Les sortides digitals activaran relès externs de 24V DC. Els contactes d'aquests maniobran els diferents actuadors del circuit de maniobra; actuadors com ara contactors de motor i electrovàlvules.

La raó d'aquest disseny és evitar règims de treball extrems o perjudicials per a les targetes de sortides del PLC. I és que els elements electromecànics, com ara els contactors de motor, consumeixen puntes d'intensitat d'arrencada que poden arribar a ser de l'ordre d'entre 10 y 20 vegades la intensitat de manteniment dels contactors (un cop ja han tancat els contactes), degut a l'elevada reluctància inicial del circuit magnètic, i a la necessitat de vèncer la força de la molla de retorn.

Un contactor com els que s'utilitzaran al present projecte, amb una intensitat d'arrencada d'1'25A (i és només 10 vegades la intensitat de manteniment, essent aquesta de l'ordre de 125mA.), supera sobradament la intensitat nominal típica d'una sortida digital, que és de 0'5A.

I malgrat que una sortida digital podria alimentar sense problemes altres tipus de receptors, com ara un pilot lluminós, per un criteri d'homogeneïtat, i perquè aquests tipus de receptors són minoritaris al present projecte, totes les sortides digitals activaran relès externs de 24V DC. D'aquesta manera s'aporta un valor afegit quant a seguretat.

Per suposat, els relès externs de 24V DC també són elements electromecànics, però la seva intensitat d'arrancada típica és de l'ordre de, com a cas extrem, 0'2A.

b) *Els circuits de maniobra.*

Els circuits de maniobra s'utilitzaran per alimentar elements electromecànics com contactors de motor i electrovàlvules.

Aquests circuits es caracteritzen per una tensió de treball de 24V AC, proporcionada per un transformador de maniobra.

En primera instància, es podria dubtar de la necessitat d'un circuit de maniobra a 24V DC (i per tant de la necessitat d'un transformador de maniobra), donat que l'aparamenta electrònica de control requereix d'una font d'alimentació de 24V DC, i aleshores es podria pensar en alimentar també amb corrent contínua tant els contactors com les electrovàlvules, amb la mateixa font, o si més no amb una altra destinada només a aquest fi.

En primer lloc, els transitoris que ocasionen les intensitats puntes d'arrencada dels elements electromecànics podrien afectar en darrera instància la qualitat del subministre de la font d'alimentació, amb el conseqüent perill per el procés de control. Tanmateix, aquest punt és, a la pràctica, difícil de preveure.

Per evitar aquest fet, es podria pensar en utilitzar una font d'alimentació independent, només per al fi d'alimentar els elements electromecànics. Però una font d'alimentació serà econòmicament força més costosa que un transformador de maniobra de la mateixa potència (encara que sigui una font sense filtres per a receptors inductius), i a més els elements electromecànics alimentats en corrent contínua també s'encareixen respecte dels alimentats en corrent alterna.

- Molt baixa tensió de protecció (MBTP):

Els circuits de maniobra i control presenten certs avantatges. Són circuits de mot baixa tensió; en cas de curtcircuit les intensitats queden reduïdes, afavorint la seva pròpia integritat; i en segon lloc:

Els circuits de maniobra i control, degut al valor de les tensions que els caracteritzen, 24V corrent alterna i 24V corrent contínua, són alhora, circuits de molt baixa tensió de protecció.

El que significa que són en sí mateixos una mesura de protecció contra els xocs elèctrics de les persones, degut a que el valor de les tensions no resulta perillós per a les persones, tot i amb un contacte directe.

Aquest fet s'haurà de combinar amb que tant el transformador de maniobra com la font d'alimentació de l'armari de microingredients aniran connectats al circuit de terra; com a condició que s'ha de satisfer per a la utilització de MBTP, per tal que efectivament la tensió de contacte directe a la que una persona pugui estar sotmesa sigui de 24V.

A més, per al circuit de control de corrent contínua, com a punt extra de seguretat, la font d'alimentació de l'armari de microingredients portarà integrada una protecció diferencial, com és habitual en les fonts d'alimentació actuals.

Com a particularitat dels circuits de maniobra de corrent alterna, donada una massa (les masses estaran connectades al circuit de terres) que estigués per accident en tensió, encara que fóra manipulada, la corrent no circularia per la persona, ja que tindria un camí amb menor resistència a terres, degut a que el comú del circuit de maniobra estarà connectat a terres.

A més, una fuga a terres a través d'una massa, o per una persona en un contacte directe, provocarà la disparada magnètica del dispositiu de protecció del circuit de maniobra en qüestió, perquè tindrà efectes de curtcircuit.

- Circuit de seguretat: operacions d'emergència

Es farà servir un polsador d'emergència a cada armari, tant al de microingredients, com als ET1 i ET2.

Aquests polsadors seran els coneguts tipus seta, els quals obliguen a rearmar manualment per a sortir de la condició d'emergència. A més, els polsadors tipus seta són normalment tancats, el que garantirà una obertura positiva.

Els polsadors d'emergència estaran connectats en sèrie, de forma que tots ells hauran d'estar rearmats per abandonar la condició d'emergència.

-Mòdul de supervisió de parades d'emergència preventiva:

Els polsadors d'emergència, pel fet de ser rearmats, mai no validaran la maniobra de la màquina. Haurà de ser necessària una ordre de marxa per validar la maniobra.

Per aquesta raó es farà servir un dispositiu de seguretat, conegut al mercat com preventiva.

Tots els circuits de maniobra, però no els de control, quedaran deshabilitats quan una parada d'emergència sigui efectuada amb un polsador seta d'emergència qualsevol.

En quedar deshabilitats els circuits de maniobra, cap actuator de tota la instal·lació disposarà de subministre elèctric.

Es disposarà d'un semàfor vermell i d'una bocina a l'armari de microingredients, i el mateix per a l'armari ET2, per a l'avís lluminós i acústic de parada d'emergència tant a nivell de terra com a la plataforma, on estaran emplaçats els armaris ET1 i ET2.

Els senyals acústics i sons de parada d'emergència no quedaran deshabilitats encara que els circuits de maniobra quedin deshabilitats, perquè formaran part dels circuits de control.

Els circuits de maniobra només quedaran habilitats sota dos condicions: si, en primer lloc, tots els polsadors seta d'emergència estan rearmats i si, en segon ordre, l'operador polsa el polsador de marxa (2S1, planell M-2 de l'armari microingredients).

8.4.2 RESUM DE MÈTODES D'INSTAL·LACIÓ UTILITZATS

El mètode d'instal·lació utilitzat s'identificarà amb un número. Aquest número es farà servir com a referència al document annex de càlculs de la memòria del present projecte.

- Identificació dels circuits:

En primer lloc cal indicar que la identificació dels circuits es realitza en correspondència amb el dispositiu de protecció corresponent. Per poder trobar fàcilment un circuit als plànols, cal veure, per exemple:

-Circuit 3Q1 de l'armari Microingredients: vegeu planell M-3 de l'armari microingredients.

Els circuits de control, però, s'identificaran amb un nom propi.

- Descripció del mètodes d'instal·lació per a cada circuit:

En primer lloc aclarir les següents abreujatures, quant a factors de reducció de la intensitat màxima admissible del conductor treballant a plena càrrega i en règim permanent.

ka: Factor de reducció per agrupament. És funció del nombre de circuits allotjats en un mateix tub, canal, safata, etc; és a dir, en la mateixa canalització.

kT: Factor de reducció per temperatura. Es fa servir per a temperatures diferents a la temperatura de referència de la taula en qüestió d'intensitats màximes admissibles.

Ki: Factor de reducció de valor 0'75 aplicable a tots els circuits. Tal i com es justifica a l'apartat 5.2 *Consideracions sobre l'explosivitat de la farina*, aquesta mesura (que té origen a la ITC-BT-29 del REBT 2002) no és necessària ja que no existeix la possibilitat de la formació d'una atmòsfera explosiva. Tanmateix, es prendrà com a marge extra de seguretat.

Mètode	1. Circuits 3Q1, 3Q2, 3Q3, 3Q4, 4Q1, 4Q2, 4Q3, 5Q1: Motors dels agitadors i motors dels sinfins de la màquina de microingredients; i motors de les bombes d'aspiració de farina.
Norma UNE 20460-5-523	<p>Instal·lació de referència assimilable: B2, segons la taula 52-B2 punt nº 5.</p> <p>Per als motors dels sinfins (4Q1,4Q2) i dels agitadors (3Q1,3Q2,3Q3 i 3Q4) de la màquina de microingredients, s'instal·laràn 4 tubs metàl·lics rígids, i a cadascun d'ells s'hi canalitzaran 2 mànegues, una corresponent a un agitador, i una altra corresponent a un sinfí. Els motors de les bombes d'aspiració de farina (4Q3, 5Q1) es canalitzaran cadascuna en el seu propi tub.</p> <p>ladm: Taula 52-C3, columna 5. Aïllament termoplàstic, tres conductors amb càrrega.</p> <p>Ka = 0'85: Taula 52-E1, punt 2, amb dos circuits. Es prendrà aquest valor també per a tubs amb un sol circuit.</p>
ITC-BT 20 i 21	<p>"Conductores con cubierta multipolares", instal·lats "bajo tubo", i "en montaje superficial".</p> <p>Per tant les mànegues utilitzades hauran de ser de tensió assignada no inferior a 450/750V.</p> <p>D'altra banda els tubs tindran un diàmetre mínim igual a 2'5 vegades la secció ocupada pels conductors, d'acord amb la taula 2 de la ITC-BT 21.</p>
RD681/2003	Els cables seran de tensió assignada mínima de 450/750V. Els cables s'hauran d'aïllar amb barreges termoplàstiques o termoestables. Els cables s'instal·laran sota tub metàl·lic rígid. Ki = 0'75.
Cable tipus assimilable	<p>Mànega designació H07Z1-K AS (Alta Seguretat) segons UNE 211002, recomanat per fabricant de referència General Cable.</p> <ul style="list-style-type: none"> -No propagador de l'incendi; de tensió assignada 750V. -Conductor de coure de classe 5 (-K: flexible i de filferro fi); aïllat amb compost termoplàstic. -Coberta de la mànega de compost termoplàstic a base de poliolefina, de baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). <p>Els cables dels motors dels visos sens fi (circuits 4Q1 i 4Q2) seran designació RC4Z1-K AS segons UNE 21123-4 apantallats per evitar interferències electromagnètiques, ja que estaran controlats per variadors de freqüència.</p> <ul style="list-style-type: none"> -No propagador de l'incendi; de tensió assignada 1000V. -Conductor de coure de classe 5 (-K: flexible i de filferro fi); aïllat amb compost termoestable (polietilè reticulat XLPE).

	-Coberta de la mànega de compost termoplàstic a base de poliolefina, de baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1).
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Taula 6. Mètode d'instal·lació 1.

Mètode 2. Circuits C1, C2: Control 24V DC d'armaris ET1 i ET2, respectivament.	
Norma UNE 60204-1- 2006	<p>Instal·lació de referència assimilable: B2, segons l'annex D apartat 1.2.</p> <p>Cada circuit serà una mànega multiconductora. Cada mànega es canalitzarà sota tub metàl·lic rígid des de l'armari microingredients fins als armaris ET1 i ET2, respectivament. La major part de la longitud d'aquests circuits transcorre canalitzada amb aquest mètode. Per aquesta raó s'ha assimilat aquest mètode a efectes de càlcul. Els receptors d'aquests circuits, com ja s'ha explicat amb detall a l'apartat 8.3 <i>Relació de receptors instal·lats</i>, són elements interiors de control dels propis armaris ET1 i ET2.</p> <p>ladm: Taula 6. Aïllament de PVC.</p> <p>Ka = 0'65: Taula D2, considerant 4 circuits, donat que els circuits 2Q6 i 2Q7 es canalitzaran al mateix tub durant la major part de la longitud de la canalització.</p>
ITC-BT 20 i 21	<p>"Conductores con cubierta multipolares", instal·lats "bajo tubo", i "en montaje superficial".</p> <p>Per tant les mànegues utilitzades hauran de ser de tensió assignada no inferior a 450/750V.</p> <p>D'altra banda els tubs tindran un diàmetre mínim igual a 2'5 vegades la secció ocupada pels conductors, d'acord amb la taula 2 de la ITC-BT 21.</p>
RD681/2003	Els cables seran de tensió assignada mínima de 450/750V. Els cables s'hauran d'aïllar amb barreges termoplàstiques o termoestables. Els cables s'instal·laran sota tub metàl·lic rígid. Ki = 0'75.
Cable tipus assimilable	<p>Cable designació H07Z1-K AS (Alta Seguretat) segons UNE 211002, recomenat per fabricant de referència General Cable.</p> <ul style="list-style-type: none"> -No propagador de l'incendi; de tensió assignada 750V. -Conductor de coure de classe 5 (-K: flexible i de filferro fi); aïllat amb compost termoplàstic. -Coberta de la mànega de compost termoplàstic a base de poliolefina, de baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1).

Taula 7. Mètode d'instal·lació 2.

Mètode 3. Circuits 2Q6, 2Q7: Maniobra 24V AC d'armaris ET1 i ET2, respectivament.	
Norma UNE 20460-5-523	<p>Instal·lació de referència assimilable: B2 , segons la taula 52-B2 punt nº 5.</p> <p>Cada circuit serà una mànega multiconductora canalitzada sota tub metàl·lic rígid des de l'armari microingredients fins als respectius armaris ET1 i ET2.</p> <p>Aquests circuits tenen com a únics receptors les diferents electrovàlvules de la zona plataforma, com ja s'ha explicat amb detall a l'apartat <i>8.3 Relació de receptors instal·lats</i>. Els armaris ET derivaran cada circuit a les diferents electrovàlvules corresponents a cadascun.</p> <p>La canalització de les derivacions dels circuits 2Q6 i 2Q7 des dels armaris ET1 i ET2 cap a les diferents electrovàlvules haurà de ser també sota tub metàl·lic rígid. Tanmateix, la quantitat de tubs i la quantitat de derivacions agrupades per tub es decidirà a la pràctica en funció de les necessitats reals. Tècnicament, quant a la intensitat màxima admissible, serà viable agrupar, si es desitja, totes les derivacions del circuit 2Q6 sota un mateix tub durant el tram necessari; idem per al circuit 2Q7.</p> <p>Iadm: Taula 52-C1, columna 5. Aïllament termoplàstic, dos conductors amb càrrega.</p> <p>Ka = 0'65: Taula 52-E1, punt 2, amb quatre circuits, donat que els circuits C1 i C2 es canalitzaran al mateix tub durant la major part de la longitud de la canalització.</p>
ITC-BT 20 i 21	<p>"Conductores con cubierta multipolares", instal·lats "bajo tubo", i "en montaje superficial".</p> <p>Per tant les mànegues utilitzades hauran de ser de tensió assignada no inferior a 450/750V.</p> <p>D'altra banda els tubs tindran un diàmetre mínim igual a 2'5 vegades la secció ocupada pels conductors, d'acord amb la taula 2 de la ITC-BT 21.</p>
RD681/2003	<p>Els cables seran de tensió assignada mínima de 450/750V. Els cables s'hauran d'aïllar amb barreges termoplàstiques o termoestables. Els cables s'instal·laran sota tub metàl·lic rígid. Ki = 0'75.</p>
Cable tipus assimilable	<p>Cable designació H07Z1-K AS (Alta Seguretat) segons UNE 211002, recomanat per fabricant de referència General Cable.</p> <ul style="list-style-type: none"> -No propagador de l'incendi. -De tensió assignada 750V. -Conductor de coure de classe 5 (-K: flexible i de filferro fi); aïllat amb compost termoplàstic. -Coberta de la mànega de compost termoplàstic a base de poliolefina, de baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1).

Taula 8. Mètode d'instal·lació 3.

Mètode 4. C0: Control 24V DC d'armari Microingredients.	
Norma UNE 60204-1- 2006	<p>Instal·lació de referència assimilable: B1, segons l'annex D apartat 1.2.</p> <p>Es faran servir conductors aïllats (unipolars). Tots els conductors es canalitzaran dins l'armari microingredients, en canaladures ranurades de tapa desmuntable.</p> <p>Iadm: Taula 6. Aïllament de PVC.</p> <p>Ka = 0'60: Taula D2, considerant 5 circuits, donat que a l'interior de l'armari de microingredients es cablejaran també els circuits 2Q3, 2Q4 i 2Q5 en tota la seva longitud.</p>
ITC-BT 20 i 21	<p>"Conductores aislados", instal·lats mitjançant "canales y molduras".</p> <p>Els conductors seran de tensió assignada mínima 300/500V.</p>
RD681/2003	Els cables seran de tensió assignada mínima de 450/750V. Els cables s'hauran d'aïllar amb barreges termoplàstiques o termoestables. Els cables s'instal·laran sota tub metàl·lic rígid. Ki = 0'75.
Cable tipus assimilable	<p>Cable designació H07Z1-K AS (Alta Seguretat) segons UNE 211002, recomanat per fabricant de referència General Cable.</p> <ul style="list-style-type: none"> -No propagador de l'incendi; de tensió assignada 750V. -Conductor de coure de classe 5 (-K: flexible i de filferro fi); aïllat amb compost termoplàstic. -Coberta de la mànega de compost termoplàstic a base de poliolefina, de baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). <p>Els conductors de senyals analògiques per a les cèl·lules de càrrega hauran de disposar de pantalla de protecció electromagnètica i seran de designació RC4Z1-K AS segons UNE 21123-4, recomanat per fabricant de referència General Cable. Seran els únics conductors del circuit C0 que sortiran de l'armari microingredients, per a connectar-se amb les targetes suma dels armaris ET1 i ET2, canalitzats junt amb els circuits 2Q6, 2Q7, C1 i C2.</p> <ul style="list-style-type: none"> -No propagador de l'incendi. -De tensió assignada 1000V. -Conductor de coure de classe 5 (-K: flexible i de filferro fi); aïllat amb compost termoestable (polietilè reticulat XLPE). -Coberta de la mànega de compost termoplàstic a base de poliolefina, de baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1).

Taula 9. Mètode d'instal·lació 4.

Mètode 5. Circuits 2Q3, 2Q4, 2Q5: Font d'alimentació, transformador de maniobra i maniobra de l'armari de microingredients, respectivament.	
Norma UNE 20460-5-523	<p>Instal·lació de referència assimilable: B1, segons la taula 52-B2 punts nº6 i 7.</p> <p>Es faran servir conductors aïllats (unipolars). Tots els conductors es canalitzaran dins l'armari microingredients, en canaladures ranurades de tapa desmuntable. El circuit 2Q5, com ja s'ha explicat amb detall a l'apartat <i>8.3 Relació de receptors instal·lats</i>, correspon a la maniobra en 24V corrent alterna de l'armari de microingredients, i alimenta bobines de contactors i un cert nombre d'electrovàlvules emplaçades a un armari de pneumàtica adosat a l'armari de microingredients.</p> <p>ladm: Taula 52-C1, columna 4. Aïllament de PVC, dos conductors amb càrrega.</p> <p>Ka = 0'60: Taula 52-E1, considerant 5 circuits.</p>
ITC-BT 20 i 21	<p>"Conductores aislados", instal·lats mitjançant "canales y molduras".</p> <p>Els conductors seran de tensió assignada mínima 300/500V.</p>
RD681/2003	Els cables seran de tensió assignada mínima de 450/750V. Els cables s'hauran d'aïllar amb barreges termoplàstiques o termoestables. Els cables s'instal·laran sota tub metàl·lic rigid. Ki = 0'75.
Cable tipus assimilable	<p>Cable designació H07Z1-K AS (Alta Seguretat) segons UNE 211002, recomanat per fabricant de referència General Cable.</p> <ul style="list-style-type: none"> -No propagador de l'incendi; de tensió assignada 750V. -Conductor de coure de classe 5 (-K: flexible i de filferro fi); aïllat amb compost termoplàstic. -Coberta de la mànega de compost termoplàstic a base de poliolefina, de baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1).

Taula 10. Mètode d'instal·lació 5.

8.4.3 RESUM DE RESULTATS DE CàLCUL

- Càlcul de consum total de la instal·lació elèctrica en baixa tensió:

Consums totals de la instal·lació: 400V trifàsic	
P total (W)	6157
Q total (VAr)	3949
I total de línia	12A
$\overline{\cos \varphi}_{TOTAL}$	0'84
Desequilibri	12% < 15% Acceptable

Taula 11. Consums totals de la instal·lació elèctrica en baixa tensió.

- Càlcul de conductors i dels dispositius de protecció dels diferents circuits; i dels contactors per a circuits que alimenten motors:

Circuit. Receptor.	2Q3. Font d'alimentació, base d'endoll i pilot indicador de tensió.
Dimensió dels conductors	1x2'5mm ² + Nx2'5mm ²
Característiques del dispositiu de protecció	- Interruptor automàtic magnetotèrmic 1P+N.
	- Calibre (Intensitat nominal de l'interruptor automàtic): 16A.
	- Tipus de corba: C. No serà necessària una corba Z (protecció de circuits electrònics) perquè a la pràctica, per a fonts d'alimentació, els fabricants recomanen una protecció de l'alimentació amb corba C.
	- Intensitat de disparada magnètica: de 5 a 10 vegades la intensitat nominal del propi interruptor automàtic (5-10In)
	-Poder de tall seleccionat: 6kA.

Taula 12. Característiques del circuit 2Q3.

Circuit. Receptor	2Q4. Transformador de maniobra.
Dimensió dels conductors	1x1'5mm ² + Nx1'5mm ²
Característiques del dispositiu de protecció	- Interruptor automàtic magnètic (no tèrmic) 2P.
	- Calibre (Intensitat nominal de l'interruptor automàtic): 1'6A.
	- Tipus de corba: MA (no hi ha protecció tèrmica), donades les fortes corrents d'arranc dels transformadors.
	- Intensitat de disparada magnètica: mínim 14 vegades la intensitat nominal del propi interruptor automàtic, però aquesta proporció s'haurà d'adequar a les recomanacions del fabricant del transformador.
	- Quant a la protecció tèrmica, serà suficient amb protegir tèrmicament tots els circuits derivats aigües avall del secundari del transformador.
	-Poder de tall seleccionat: 6kA.

Taula 13. Característiques del circuit 2Q4.

Circuit. Receptor	2Q5. Maniobra 24V corrent alterna armari microingredients.
Dimensió dels conductors	2x1'5mm ² + Tx1'5mm ²
Característiques del dispositiu de protecció	- Interruptor automàtic magnetotèrmic 1P+N.
	- Calibre (Intensitat nominal de l'interruptor automàtic): 3A.
	- Tipus de corba: C, per a la protecció d'aplicacions generals.
	- Intensitat de disparada magnètica: de 5 a 10 vegades la intensitat nominal del propi interruptor automàtic (5-10I _n).
	-Poder de tall seleccionat: 6kA.

Taula 14. Característiques del circuit 2Q5.

Circuits. Receptors	2Q6, 2Q7. Maniobra 24V AC armaris ET1 i ET2, respectivament.
Dimensió dels conductors	2x1'5mm ² + Tx1'5mm ²
Característiques del dispositiu de protecció	- Cada circuit es protegirà amb un interruptor automàtic magnetotèrmic 1P+N.
	- Calibre (Intensitat nominal de l'interruptor automàtic): 2A.
	- Tipus de corba: C, per a la protecció d'aplicacions generals.
	- Intensitat de disparada magnètica: de 5 a 10 vegades la intensitat nominal del propi interruptor automàtic (10In)
	-Poder de tall seleccionat: 6kA.

Taula 15. Característiques dels circuits 2Q6 i 2Q7.

Circuit. Receptor	C0. Control 24V DC armari microingredients.
Dimensió dels conductors	2x0'75mm ²
Característiques del dispositiu de protecció	Protecció magnetotèrmica i diferencial integrades a la font d'alimentació monofàsica 24V DC 20A de l'armari microingredients, que és qui subministra l'energia elèctrica al circuit.
	Les fonts estan protegides electrònicament de fàbrica contra el pitjor dels casos: els curtcircuits que poguessin donarse immediatament en els seus borns de subministre.
	Es prendrà, a efectes de càlcul de la secció dels conductors, una intensitat típica de 60A durant 25ms. Aquesta és una dada de referència extreta de catàleg de característiques tècniques de les fonts d'alimentació Siemens Sitop 24V 20A.
	D'altra banda, cal esmentar que la protecció diferencial típica d'aquests tipus de font d'alimentació és d'una sensibilitat inferiora 3'5mA. Aquest valor és sobradament segur.

Taula 16. Característiques del circuit C0.

Circuits. Receptors	C1, C2. Control 24V DC armaris ET1 i ET2, respectivament.
Dimensió dels conductors	2x0'5mm ² dins els armaris ET1 i ET2. 2x1'5 mm ² per a la connexió entre armaris: microingredients amb ET1 i microingrediets amb ET2.
Característiques del dispositiu de protecció	Protecció magnetotèrmica i diferencial integrades a la font d'alimentació monofàsica a 24V DC 20A de l'armari microingredients, que és qui subministra l'energia elèctrica al circuit.
	<p>Les fonts estan protegides electrònicament de fàbrica contra el pitjor dels casos: els curtcircuits que poguessin donarse immediatament en els seus borns de subministre.</p> <p>Es prendrà, a efectes de càlcul de la secció dels conductors, una intensitat típica de 60A durant 25ms. Aquesta és una dada de referència extreta de catàleg de característiques tècniques de les fonts d'alimentació Siemens Sitop 24V 20A.</p> <p>D'altra banda, cal esmentar que la protecció diferencial típica d'aquests tipus de font d'alimentació és d'una sensibilitat inferiora 3'5mA. Aquest valor és sobradament segur.</p>

Taula 17. Característiques dels circuits C1 i C2.

Circuits. Receptors.	3Q1, 3Q2, 3Q3, 3Q4, 4Q3 i 5Q1. Motors trifàsics dels agitadors, màquina de microingredients, i motors de les bombes d'aspiració de farina.
Dimensió dels conductors	3x1'5mm ² + Tx1'5mm ²
Característiques dels contactors.	-Intensitat tèrmica I _{th} : superior a la intensitat màxima admissible dels conductors, per exemple, el valor normalitzat de 20A. -Potència assignada en categoria AC-3: igual o superior a la potència nominal dels motors, per exemple, el valor normalitzat de 2'2kW.
Característiques del dispositiu de protecció	-Cada circuit es protegirà per un disjuntor magnetotèrmic 3P. -D'acord amb la ITC-BT-47, els motors trifàsics de potència inferior a 0'75kW, com és el cas de tots els motors utilitzats al present projecte, no requeriran de dispositius d'arrencada limitadors de la intensitat d'arranc. -La protecció tèrmica amb corba D no impedirà l'arrancada dels motors, encara que les corrents d'arranc fóren extremades (8·I _n), donat que els temps d'arrencada són gairebé instantanis per la relació potència motor amb parell resistent d'arrancada.
	-Rang d'intensitat tèrmica regulable: 1-1'6A (recomanat per fabricant de referència Schneider Electric). -Per als circuits 3Q1, 3Q2, 3Q3 i 3Q4, la intensitat tèrmica es regularà a la posició mínima, és a dir, 1A, que és el valor més proper a la intensitat nominal dels motors. - Per als circuits 4Q3 i 5Q1, la intensitat tèrmica es regularà a 1'2A.
	- Tipus de corba: D, per a la protecció de motors. - Intensitat de disparada magnètica: al voltant de 13 vegades la intensitat tèrmica regulable.
	-Poder de tall seleccionat: 6kA.

Taula 18. Característiques dels circuits 3Q1, 3Q2, 3Q3, 3Q4, 4Q3 i 5Q1.

Circuits. Receptors	4Q1 i 4Q2. Motors trifàsics dels sinfins de la màquina de microingredients.
Dimensió dels conductors	3x1'5mm ² + Tx1'5mm ²
Característiques dels contactors	-Intensitat tèrmica I _{th} : superior a la intensitat màxima admissible dels conductors, per exemple, el valor normalitzat de 20A. -Potència assignada en categoria AC-3: igual o superior a la potència nominal dels motors, per exemple, el valor normalitzat de 2'2kW.
Característiques del dispositiu de protecció	-Cada circuit es protegirà per un interruptor automàtic magnetotèrmic 1P+N.
	- Calibre (Intensitat nominal de l'interruptor automàtic): 2A.
	- Tipus de corba: C, per a la protecció d'aplicacions generals. Quant a l'arrancada dels motors, no serà necessària una corba amb una disparada magnètica més ampla, donat que aigües avall de cada protecció, per a cada circuit, i haurà un variador de freqüència, i per tant l'arrancada dels motors serà a corrent nominal dels mateixos. - Intensitat de disparada magnètica: de 5 a 10 vegades la intensitat nominal del propi interruptor automàtic (10I _n). - Els variadors de freqüència, com és habitual en els variadors de freqüència actuals, protegiran els motors: Tèrmicament contra sobrecàrregues. Contra curtcircuits entre fases dels motors. Contra fugues a terra. En cas de sobretensió o tensió insuficient de línia.
	-Poder de tall seleccionat per l'interruptor automàtic magnetotèrmic: 6kA.

Taula 19. Característiques dels circuits 4Q1 i 4Q2.

- Càlcul de l'interruptor diferencial:

Com s'ha comentat, la intensitat nominal de l'interruptor diferencial serà superior a la suma d'intensitats de disparada tèrmica de tots els interruptors automàtics magnetotèrmics (és tindrà en compte 1'45 vegades la intensitat nominal de cadascun d'aquests) del conjunt de circuits protegits per l'interruptor diferencial.

Donat que de l'interruptor diferencial deriven els circuits 2Q3, 2Q4, 3Q1, 3Q2, 3Q3, 3Q4, 4Q1, 4Q2, 4Q3 i 5Q1, la intensitat nominal normalitzada de l'interruptor diferencial haurà de ser superior a 38A, és a dir, de 40A.

- Càlcul del transformador de maniobra:

Els elements electromecànics utilitzats en el present projecte seran contactors i electrovàlvules. Els contactors, tots ells idèntics, tindran una potència de crida superior a les electrovàlvules.

Donat que el transformador de maniobra, emplaçat a l'armari de microingredients, haurà de subministrar energia als circuits de maniobra 2Q5, 2Q6 i 2Q7, tindrà les sol·licitacions que a continuació es detallen:

-Un consum de manteniment total de 85VA

-Un consum de crida màxim (corresponent a un contactor), de 10 vegades la potència de manteniment del contactor (3VA), és a dir, 30VA. Aquesta proporció entre la potència de crida i la potència de manteniment del contactor és típica per a contactors de categoria AC-3 (motors de gàbia trifàsics amb tall del contactor amb motor en règim permanent), i és una dada extreta de catàleg del fabricant de referència Schneider Electric.

Per tant, el transformador requerirà una potència mínima de $85VA + 30VA$, és a dir, 115VA.

Els transformadors normalitzats de maniobra, amb una potència immediatament superior, són transformadors de 160VA.

9 LLISTA DE MATERIALS SELECCIONATS ALS CAPÍTOLS 6 I 8

A continuació es presenta un resum dels components seleccionats resultat dels criteris de càlcul i selecció exposats als capítols 6 *Selecció del hardware industrial i instrumentació de control* i 8 *Càlcul i disseny de la instal·lació elèctrica d'automatització en baixa tensió*.

La següent llista de materials té per finalitat aportar, amb caràcter purament orientatiu i no vinculant (tret dels components Siemens), una referència de fabricant i model tipus que compleix amb les característiques desitjades per a cada material en qüestió, per als elements més significatius de la instal·lació.



Nom: mòdul CPU (unitat de control i procés).

Característiques bàsiques desitjades:

Alimentació mòdul 24V DC. Connexions cargolades. Muntatge a carril RAC. Mestre de sistema de comunicació sèrie Siemens Profibus DP per a perifèria descentralitzada. Comunicació sèrie Siemens MPI per a pantalla. Integra 16 entrades digitals 24V DC i 16 sortides digitals 24V DC i 0'5A. La memòria de programa (64kB) i l'expansibilitat (31 mòduls

en configuració de 4 bastidors; quan només se'n necessiten 2 mòduls extra, 1 per a sortides digitals i 1 per a sortides i entrades analògiques, tot plegat en un sol bastidor) típiques són més que suficients.

Fabricant i model tipus: Siemens model 313C-2 DP compacta.

Quantitat: 1 ut.



Nom: Mòdul d'entrades i sortides analògiques.

Característiques bàsiques desitjades:

Alimentació mòdul 24V DC. Connexions cargolades. Muntatge a carril RAC. Es necessiten 3 entrades analògiques 0-10V i 12 bits de resolució digital i 2 sortides analògiques 0-10V de 8 bits de resolució digital.

Fabricant i model tipus: Siemens model SM334.

Quantitat: 1 ut.



Nom: Mòdul de sortides digitals.

Característiques bàsiques desijtades:

Alimentació mòdul 24V DC. Connexions cargolades. Muntatge a carril RAC. 16 sortides digitals 24V DC i 0'5A.

Fabricant i model tipus: Siemens model SM 322.

Quantitat: 1 ut.



Nom: Mòdul d'interfície de comunicació de perifèria de control descentralitzada.

Característiques bàsiques desijtades:

Alimentació mòdul 24V DC. Connexions cargolades. Muntatge a carril RAC. Esclau de sistema de comunicació sèrie Siemens Profibus DP. Expansibilitat desijjada d'almenys 8 mòduls. En aquest projecte se'n necessita només un d'entrades i sortides digitals, però cal preveure espai per ampliacions.

Fabricant i model tipus: Siemens model ET200, IM 153-1 Standard.

Quantitat: 2 ut.



Nom: Mòdul d'entrades i sortides digitals perifèriques.

Característiques bàsiques desijtades:

Alimentació mòdul 24V DC. Connexions cargolades. Muntatge a carril RAC. 16 entrades digitals 24V DC i 16 sortides digitals 24V DC i 0'5A.

Fabricant i model tipus: Siemens model SM323.

Quantitat: 2ut.



Nom: Relè.

Característiques bàsiques desijades:

Alimentació bobina 24V DC. 1 contacte NO. Connexions cargolades. Muntatge a carril DIN. Intensitat constant límit al cantó de contactes 6A (la màxima en aquest projecte és la intensitat de crida dels contactors de motor, que és de l'ordre d'1'25A). Tensió de commutació màxima 250V AC/DC (tots els relès es faran servir amb una tensió de commutació 24V DC o

bé 24V AC).

Fabricant i model tipus: Phoenix Contact model PLC-RSC-24DC.

Quantitat: 65 ut.



Nom: Mòdul de supervisió de parades d'emergència preventa.

Característiques bàsiques desijades:

Alimentació mòdul 24V DC. Connexions cargolades. Muntatge a carril DIN. Nombre de circuits de seguretat: 3 (se'n necessita només 1 per la maniobra 24V AC de la instal·lació).

Fabricant i model tipus: Schneider Electric model XPSAF513OP.

Quantitat: 1 ut.



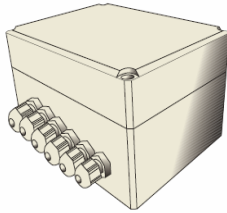
Nom: Mòdul acondicionador de senyal per a cèl·lula de càrrega.

Característiques bàsiques desijades:

Alimentació del mòdul 24V DC. Connexions cargolades. Muntatge a carril DIN. Acondicionament per a 1 cèl·lula de càrrega. Tensió d'excitació subministrada a cèl·lula de càrrega 10V DC amb funció integrada al microprocessador de constància "sense" sensible a la caiguda de tensió al fil conductor. Funció de filtre electrònic per a la senyal de la cèl·lula de càrrega. Conversió de la senyal (amplificació) al rang 0-10V DC per a entrada analògica de PLC.

Fabricant i model tipus: Mettler Toledo model IND110.

Quantitat: 3 ut.



Nom: Targeta suma per a cèl·lules de càrrega.

Característiques bàsiques desijades:

Capacitat mínima per a 3 cèl·lules de càrrega. Sensibilitat cèl·lules 2mV/V. Connexions cargolades. Funcionalitat sense integrada. No requereix alimentació.

Fabricant i model tipus: Krenel model KC+4CEL.

Quantitat: 2 ut.



Nom: Font alimentació conmutada.

Característiques bàsiques desijades:

Alimentació monofàsica 230V AC. Connexions cargolades. Muntatge a carril RAC. Corrent nominal 20A. Tensió nominal 24V DC. Protecció contra curtcircuits 60A durant 25ms. Protecció diferencial típica < 3'5mA. Protecció contra sobrecàrregues amb limitació d'intensitat a 23A.

Fabricant i model tipus: Siemens model Sitop modular 20A.

Quantitat: 1ut.



Nom: Transformador de maniobra.

Característiques bàsiques desijades:

Tensió primària monofàsica 230V AC. Tensió secundària 24V AC. Potència nominal 160VA. Muntatge a carril DIN. Connexions cargolades.

Fabricant i model tipus: DF Electric model TR28.

Quantitat: 1ut.



Nom: Variador de freqüència.

Característiques bàsiques desijades:

Alimentació monofàsica 230V AC. Muntatge a carril DIN. Connexions cargolades. Potència nominal 0'75kW. Tensió de sortida 400V trifàsic AC. Freqüència de sortida 0'5 a 400Hz. Control estàndar tensió/freqüència (parell constant). 1 entrada lògica programable, 1 sortida lògica programable i 1 entrada analògica 0-10V necessàries. Protecció tèrmica i magnètica integrades per als motors.

Fabricant i model tipus: Schneider Electric model Altivar 12.

Quantitat: 2ut.



Nom: Contactor.

Característiques bàsiques desijades:

3P. Tensió d'utilització 400V AC. Per a muntatge a carril DIN. Potència assignada d'utilització 2'2kW categoria motor AC-3. Intensitat tèrmica convencional 20A lth. Bobina 24V AC. Contactes auxiliars necessaris 1NO.

Fabricant i model tipus: Schneider Electric model Tesys K tipus LC1K0910.

Quantitat: 13ut.



Nom: Interruptor diferencial.

Característiques bàsiques desijades:

4P. Tensió d'utilització 400V AC. Per muntatge a carril DIN. Sensibilitat 300mA. Corrent nominal 40A.

Fabricant i model tipus: Schneider Electric model ID multi 9 classe AC.

Quantitat: 1ut.



Nom: Interruptor automàtic magnetotèrmic.

Característiques bàsiques desijtades:

1P+N. Tensió d'utilització 230V AC. Per muntatge a carril DIN. Intensitat nominal 16A. Corba C. Poder de tall 6kA.

Fabricant i model tipus: Schneider Electric model K60N.

Quantitat: 1ut.



Nom: Interruptor automàtic magnètic.

Característiques bàsiques desijtades:

2P. Tensió d'utilització 230V AC. Per muntatge a carril DIN. Intensitat nominal 1'6A. Corba MA. Poder de tall 6kA.

Fabricant i model tipus: Schneider Electric model C60LMA.

Quantitat: 1ut.



Nom: Interruptor automàtic magnetotèrmic.

Característiques bàsiques desijtades:

1P+N. Tensió d'utilització 230V AC. Per muntatge a carril DIN. Intensitat nominal 2A. Corba C. Poder de tall 6kA.

Fabricant i model tipus: Schneider Electric model iDPN.

Quantitat: 4ut.



Nom: Interruptor automàtic magnetotèrmic.

Característiques bàsiques desijtades:

1P+N. Tensió d'utilització 230V AC. Per muntatge a carril DIN. Intensitat nominal 3A. Corba C. Poder de tall 6kA.

Fabricant i model tipus: Schneider Electric model iDPN.

Quantitat: 1ut.



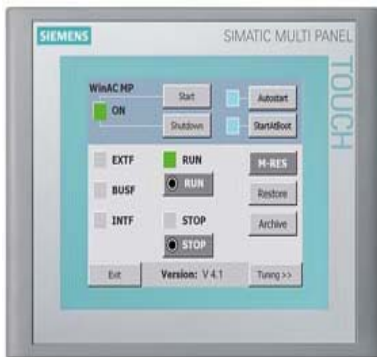
Nom: Disjuntor magnetotèrmic.

Característiques bàsiques desijades:

3P. Tensió d'utilització 400V AC. Per muntatge a carril DIN. Intensitat tèrmica 1-1'6A. Corba D. Poder de tall 10kA (es necessita 6kA).

Fabricant i model tipus: Schneider Electric model GV2ME06.

Quantitat: 6 ut.



Nom: Pantalla d'operació tàctil.

Característiques bàsiques desijades:

Alimentació 24V DC. Comunicació sèrie Siemens MPI amb la CPU. 5'7 polsades (120mm x 90mm). 64k colors.

Fabricant i model tipus: Siemens model TP177B.

Quantitat: 1ut.



Nom: Cèl·lula de càrrega.

Característiques bàsiques desijades:

Tipus 4 galgues extensomètriques en pont de Wheatstone. Capacitat nominal 100kg. Tipus de treball a flexió. Precisió C3 R60 3000 divisions OIML. Excitació 10V. Incorporació de 2 fils per a la funcionalitat sense. Protecció IP68 (màxima pols i màxima líquids).

Fabricant i model tipus: Utilcell model 300.

Quantitat: 6 ut.



Nom: Cèl·lula de càrrega.

Característiques bàsiques desitjades:

Tipus 4 galgues extensomètriques en pont de Wheatstone. Capacitat nominal 7'5kg. Tipus de treball a flexió. Tipus monocèl·lula. Precisió C3 R60 3000 divisions OIML. Excitació 10V. Incorporació de 2 fils per a la funcionalitat sense. Protecció IP68 (màxima pols i màxima líquids).

Fabricant i model tipus: Utilcell model 120.

Quantitat: 1 ut.



Nom: Sensor de cabal.

Característiques bàsiques desitjades:

Alimentació 24V DC. Dispositiu tipus dosificador de cabal. Relació polsos/L configurable. Sortida de lliure potencial per a connexió amb PLC. Prensaestopes IP68.

Fabricant i model tipus: Bürkert model 8035.

Quantitat: 2 ut.

10 PLANIFICACIÓ I PROGRAMACIÓ DE L'ENGINYERIA DE DETALL

10.1 RECURSOS

El plaç d'entrega que es disposa té com a inici oficial el dia 14 de setembre del 2009 i com a data final d'entrega el 18 de gener del 2010. Es disposa aleshores de 18 setmanes de treball.

Per a la realització del projecte es disposarà d'un ràtio de 21 hores de treball per setmana i aleshores de 378 hores de treball totals.

10.2 PLANIFICACIÓ I PROGRAMACIÓ

Ordre	Data inici	Data fi	Duració (hores)	Tasca
DEFINICIÓ DELS SISTEMES DE DOSIFICACIÓ				
1	14/09/09	17/09/09	14	Definició dels sistemes de transport i dosificació de sòlids i líquids.
2	18/09/09	21/09/09	10	Elecció del hardware industrial d'automatització.
3	22/09/09	24/09/09	10	Elecció dels instruments per a adquisició de dades per a dosificació de sòlids.
4	25/09/09	26/09/09	8	Elecció dels instruments per a adquisició de dades per a dosificació de líquids.
5	28/09/09	29/09/09	8	Elecció dels instruments per a control de velocitat de motors trifàsics asíncrons.
6	30/09/09	02/10/09	10	Elaboració dels esquemes de transport de sòlids i líquids.
CÀLCUL I DISSENY DE LA INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA EN BAIXA TENSIO I ANNEX DE PLÀNOLS				
7	03/10/09	08/10/09	18	Disseny dels circuits de seguretat, control, maniobra i potència dels armaris elèctrics.
8	09/10/09	20/10/09	35	Elaboració dels esquemes elèctrics unifilars i multifilars.
9	21/10/09	26/10/09	18	Elaboració dels esquemes de distribució d'aparamenta interior d'armaris elèctrics.
10	27/10/09	27/10/09	6	Elaboració dels esquemes de distribució de mànegues de connexió entre armaris elèctrics.
11	28/10/09	07/11/09	35	Dimensionament dels conductors elèctrics.
12	09/11/09	19/11/09	35	Elecció i dimensionament dels dispositius de protecció per a les persones i la instal·lació.
PROGRAMACIÓ DEL PLC I EDICIÓ DE L'HMI				
13	20/11/09	12/12/09	60	Elaboració del codi font del programa de control de la CPU.
14	14/11/09	24/12/09	35	Edició de les pantalles d'operació.
15	25/12/09	26/12/09	8	Vincular pantalles d'operació amb variables de la CPU.
16	28/12/09	29/12/09	8	Comentar el programa de control.
17	30/12/09	01/01/10	14	Explicar el programa de control i les pantalles d'operació a la memòria del projecte.

Ordre	Data inici	Data fi	Duració (hores)	Tasca
18	02/01/10	06/01/10	14	Plec de condicions.
19	07/01/10	11/01/10	14	Seguretat i salut.
20	12/01/10	12/01/10	4	Medi ambient.
21	13/01/10	16/01/10	14	Pressupost.

Taula 20. Planificació i programació

11 MEDI AMBIENT

No correspon al present projecte la realització d'un estudi d'impacte ambiental per a la legalització de l'activitat industrial, segons la llei 3/1998 de la intervenció integral per a l'administració ambiental (LIIA), quedant per tant fóra de l'abast, ja que aquest projecte només abarca una part del procés de l'activitat industrial i es planteja amb caràcter de servei d'enginyeria de processos.

Tanmateix a continuació es comenten les consideracions mediambientals que s'han tingut en compte per a dissenyar la instal·lació en baixa tensió, així com les recomanacions escaients per a la gestió dels residus a la fase de desballestament del projecte.

11.1 CONSIDERACIONS MEDIAMBIENTALS

La naturalesa del projecte no dona lloc a consideracions ambientals verdaderament significatives. Els dispositius elèctrics i electrònics utilitzats no presenten variants entre fabricants amb aventatges ambientals considerables. Per tant tot el que es pot presentar com a consideració ambiental queda limitat a l'eficiència energètica actual dels dispositius elèctrics i electrònics, o a detalls com l'ús de conductors amb cobertes aïllants lliures d'halògens i de baixa emissió de fums i gasos corrosius en cas d'incendi.

11.2 DESBALLESTAMENT

El desballestament de materials proposat lliga amb el Catàleg de Residus de Catalunya (CRC). Es proporcionen, per a cada residu, els codis de valorització com a solució preferent, i els codis de tractament i disposició com a segona opció, amb els que el CRC disposa de la llista d'empreses (i les dades de contacte) que ofereixen el servei de gestió del residu.

- V45. Recuperació de cables elèctrics.
- T32. Tractament específic per a transformadors.
- V41. Reciclatge i recuperació de metalls o compostos metàl·lics dels equips elèctrics i electrònics rebutjats, així com dels armaris elèctrics metàl·lics.

Si es volgués optar per una via de desballestament diferent a la proposada, en qualsevol cas durant el deballestament es vetllarà pel compliment del Real Decret 208/2005, sobre aparells elèctrics i electrònics i la gestió dels seus residus, concretament aplicant l'article 4, sobre l'entrega dels residus.

12 PRESSUPOST

12.1 ABAST

A títol orientatiu i no limitatiu s'enumeren a continuació alguns dels components que hauran de ser inclosos al pressupost, concretament al preu de la mà d'obra, i que, consegüentment, no podran ser facturats separatament.

- a) Gastos de salaris, càrregues i assegurances socials, assegurances laborals, desplaçaments, dietes, vacances, gratificacions, etc.
- b) *Maquinària i eines*: Gastos d'amortització, assegurances, transport i instal·lació, manteniment i conservació, lubricants, respostos, etc.
- c) *Materials*: Gastos d'adquisició, transport i proves, així com totes les operacions precises per a la seva incorporació a la obra o al treball a realitzar.
- d) Direcció administrativa, de coordinació i control de treballs.
- e) Gastos generals o d'estructura i benefici industrial.

12.2 NORMES DE MEDICIÓ

Les partides mesurades en metres, s'entenen metres realment muntats, sense considerar minvaments ni retalls. Els metratges no són definitius i poden variar en funció de l'emplaçament final dels equips.

Totes les hores i preu de mà d'obra especificades, tret als preus d'enginyeria, corresponen a la formació d'oficial de primera electricista (tècnic superior en sistemes de regulació i control automàtics). Les hores de mà d'obra mostrades per partida són les necessàries per a 1 sol electricista per a la realització completa de la tasca.

12.3 LLISTES DE PREUS DELS ARMARIS DE CONTROL

- Preus de muntatge:

Codi	Concepte	Amidament	Preu unitari (€/h)	Import (€)
1	Muntatge, col·locació i connexió armari de control microingredients.	40h	40'0	1.600'0
2	Muntatge, col·locació i connexió armari de control ET1.	20h	40'0	800'0
3	Muntatge, col·locació i connexió armari de control ET2.	20h	40'0	800'0

- Preus de subministrament:

Codi	Concepte	Amidament	Preu unitari (€)	Import (€)
4	Subministrament CPU Siemens 313C-2 DP compacta.	1ut	1.550'0	1.550'0
5	Subministrament mòdul d'entrades i sortides analògiques Siemens SM 334, AI4/AO2x12bit.	1ut	510'0	510'0
6	Subministrament mòdul de sortides digitals Siemens SM 322, DO16xDC24V/0.5A	1ut	300'0	300'0
7	Subministrament mòdul de control perifèric Siemens IM 153-1 Standard.	2ut	420'0	420'0
8	Subministrament mòdul d'entrades i sortides digitals Siemens SM 323, DI16/DO16x24V/0'5A	2ut	400'0	800'0
9	Subministrament relè per a PLC, 24V DC, 0'25W, contactes 1NO, 1NC.	65ut	11'0	715'0
10	Subministrament dispositiu de seguretat Preventa, 24V DC, contactes necessaris 1NO.	1ut	145'0	145'0
11	Subministrament acondicionador de senyal cèl·lula de càrrega, exc. 24V DC, exc. cèl·lula 0-10V DC, sortida analògica acondicionada 0-10V DC, i funció <i>sense</i> .	3ut	160'0	480'0

Codi	Concepte	Amidament	Preu unitari (€)	Import (€)
12	Subministrament targeta suma per a cèl·lules de càrrega.	2ut	150'0	300'0
13	Subministrament font alimentació monofàsica 230V AC/ 20A DC.	1ut	210'0	210'0
14	Subministrament transformador de maniobra, 230V AC/24V DC, 160VA.	1ut	65'0	65'0
15	Subministrament variador de freqüència, 230V AC 50Hz / 400V AC, 0'5-400Hz, 0'75KW.	2ut	350'0	700'0
16	Subministrament contactor 3P, 2'2kW AC-3, 20Alth, bobina 24V AC.	13ut	17'0	221'0
17	Subministrament base d'endoll 230V AC, 10A.	1ut	5'0	5'0
18	Subministrament interruptor diferencial, 4P, 40A, 300mA.	1ut	90'0	90'0
19	Subministrament interruptor magnetotèrmic 230V AC, 1P+N, 16A, corba C, 6kA PdC.	1ut	30'0	30'0
20	Subministrament interruptor magnètic 230V AC, 2P, 1'6A, corba MA, 6KA PdC.	1ut	40'0	40'0
21	Subministrament interruptor magnetotèrmic 230V AC, 1P+N, 2A, corba C, 6kA PdC.	4ut	25'0	100'0
22	Subministrament interruptor magnetotèrmic 230V AC, 1P+N, 3A, corba C, 6kA PdC.	1ut	27'0	27'0
23	Subministrament disjuntor magnetotèrmic 400V AC, 3P, 1-1'6A, corba D, 6kA PdC Contacte auxiliar NO.	6ut	70'0	420'0
24	Subministrament pantalla operació tàctil tipus Siemens TP 177B , 24V DC, 5'7 polsades (120mm x 90mm).	1ut	1.250'0	1.250'0
25	Subministrament torre senyalització, 24V DC, 3 pilots, 1 sirena.	2ut	115'0	230'0
26	Subministrament polsador verd 24V DC, per a porta d'armari, contacte NO.	1ut	12'0	12'0

Codi	Concepte	Amidament	Preu unitari (€)	Import (€)
27	Subministrament pilot blanc 24V DC, per a porta d'armari.	3ut	4'0	12'0
28	Subministrament polsador parada emergència tipus seta, 24V DC.	3ut	15'0	45'0
29	Subministrament interruptor principal, 8 pols, 20A.	1ut	20'0	20'0
30	Subministrament interruptor principal, 4pols, 12A.	2ut	15'0	15'0
31	Subministrament borna de connexió simple.	110ut	4'0	440'0
32	Subministrament borna de connexió doble.	64ut	4'5	288'0
33	Subministrament borna de terra.	52ut	3'0	156'0
34	Subministrament armari metàl·lic estanc IP66, dimensions 1000mm (alçada) x 1000mm (amplada) x 300mm (profunditat).	1ut	350'0	350'0
35	Subministrament armari metàl·lic estanc IP66, dimensions 600mm (alçada) x 400mm (amplada) x 200mm (profunditat).	2ut	180'0	360'0
36	Subministrament prensaestopas aïllant IP 68 M20.	20ut	4'5	90'0
37	Subministrament conductor unifilar designació H07Z1-K AS (Alta Seguretat) segons UNE 211002, secció 0'5mm ² .	20m	0'5	10'0
38	Subministrament conductor unifilar designació H07Z1-K AS (Alta Seguretat) segons UNE 211002, secció 0'75mm ² .	10m	0'7	7'0
39	Subministrament conductor unifilar designació H07Z1-K AS (Alta Seguretat) segons UNE 211002, secció 1'5mm ² .	15m	0'8	12'0
40	Subministrament conductor unifilar designació H07Z1-K AS (Alta Seguretat) segons UNE 211002, secció 2'5mm ² .	15m	1'3	20'0

Codi	Concepte	Amidament	Preu unitari (€)	Import (€)
41	Carril DIN estàndard	8m	2'0	16'0
42	Canaleta ranurada de cablejat per a armari elèctric (alçada 6cm, ample 3cm).	13	5'0	65'0

12.4 LLISTA DE PREUS DE LA INSTRUMENTACIÓ DE CONTROL

- Preus de subministrament i connexió:

Codi	Concepte	Amidament Unitats/hores	Preu unitari subministr. (€/ut)	Preu unitari (€/h)	Import (€)
43	Subministrament i connexió cèl·lula de càrrega de flexió i accessoris, capacitat 100kg, precisió 3000 divisions.	6ut / 2h	510'0	40'0	590'0
44	Subministrament i connexió monocèl·lula de càrrega de flexió i accessoris, capacitat 7'5kg, precisió 3000 divisions.	1ut / 1h	280'0	40'0	320'0
45	Subministrament i connexió sensor de cabal i accessoris, 24VDC, relació polsos/L configurable.	1ut / 1h	800'0	40'0	840'0

12.5 LLISTES DE PREUS DE LES MÀNEGUES DE CABLE

- Preus de muntatge:

Codi	Concepte	Amidament (h)	Preu unitari (€)	Import (€)
46	Muntatge i connexió mànegues subministrades a actuadors i sensors.	32h	40'0	1.280'0

- Preus de subministrament:

Codi	Concepte	Amidament	Preu unitari (€)	Import (€)
47	Subministrament mànega designació H07Z1-K AS (Alta Seguretat) segons UNE 211002. Mànega 2x0'75mm ² .	25m	0'5	13'0
48	Subministrament mànega designació H07Z1-K AS (Alta Seguretat) segons UNE 211002. Mànega 2x1'5mm ² +Tx1'5mm ² .	175m	2'6	455'0
49	Subministrament mànega designació H07Z1-K AS (Alta Seguretat) segons UNE 211002. Mànega 4x1'5mm ² .	20m	3'9	78'0
50	Subministrament mànega designació H07Z1-K AS (Alta Seguretat) segons UNE 211002. Mànega 3x1'5mm ² +Tx1'5mm ² .	60m	3'9	234'0
51	Subministrament mànega designació RC4Z1-K AS (Alta Seguretat) segons UNE 211234. Mànega 6x0'25mm ² apantallat.	30m	1'5	45'0
52	Subministrament mànega designació H07Z1-K AS (Alta Seguretat) segons UNE 211002. Mànega 6x1mm ² Tx1mm ² .	20m	6'0	120'0
53	Subministrament mànega designació H07Z1-K AS (Alta Seguretat) segons UNE 211002. Mànega 11x1mm ² Tx1mm ² .	20m	8'0	160'0

12.6 PREUS ENGINYERIA

Codi	Concepte	Amidament (h)	Preu unitari (€/h)	Import (€)
54	Programació, edició pantalles i posta en marxa de la instal·lació.	60	60	3.600'0
55	Enginyeria electrotècnica.	16	60	960'0
56	Elaboració de plànols.	16	40	640'0
57	Redacció de documents i administració.	8	30	240'0

12.7 PRESSUPOST TOTAL

PREU ENGINYERIA.....5.440 €

PREU SUBMINISTRAMENT I MUNTATGE.....17.846 €

PREU TOTAL DEL PROJECTE.....23.286 €

13 CONCLUSIONS

La indústria de la panificació és un tipus d'indústria manufacturera on les operacions de dosificació artesana de sòlids i líquids són directament impensables, degut al raonament que es presenta a continuació.

El ritme de producció requereix, encara que les operacions de dosificació fóren artesanes, d'una inversió inicial en instal·lacions d'emmagatzematge i acondicionament de matèries primeres, així com d'instrumentació de medició per la dosificació.

I per tant, la decisió que resta serà dotar d'instal·lacions de moviment i dosificació d'ingredients a les amassadores o bé fer-ho artesanament.

La decisió es decanta ràpidament per la primera solució, entre altres raons ja que aquesta és econòmicament descaradament més viable; la forma artesana requeriria d'un cost fixe de personal i d'un grup considerable de personal únicament dedicat a l'alimentació de les amassadores. I és que, com s'ha comentat, el ritme de producció en aquest sector industrial comporta, a talls d'exemple:

Que certes matèries primeres com ara la farina siguin emmagatzemades en sitjes de gran volum (ordres superiors a 50m^3 ; alçades superiors a 9m i diàmetres de l'ordre de 3m).

Que una sola amassadora treballi amb ordres de, per exemple, 50kg de farina i 25kg d'aigua per amassada, amb tases de producció de 10 minuts per cycle d'amassada (que inclou la dosificació). Tenint en compte que, per exemple, hi hagi només 2 amassadores, el cycle d'alimentació de les amassadores es redueix ja a 5 minuts. I cal tenir present que les amassadores també necessiten llevat, sal i millorant com a mínim; de vegades la recepta pot requerir altres microingredients com ara segó.

Per tant és clara la necessitat d'instal·lacions i instrumentació de moviment i dosificació d'ingredients a les amassadores. També és clar que l'energia de la qual es nodreixen és elèctrica.

Aleshores caldrà determinar com s'operaran aquestes instal·lacions. Les dues alternatives presents són una operació automatitzada o una operació manual.

En el cas d'una operació manual es requerirà d'un armari de control dotat de la polsateria, selectors, etc, on l'operador executi pas a pas la seqüència de transport i dosificació a les amassadores. Existirà per tant d'un cost fix en personal, en plural, donat que es requerirà d'un grup de personal dedicat exclusivament a aquesta tasca.

En el cas d'una operació automatizada la lògica cablejada és directament descartable avui dia i queda rellevada a tasques de control de petits automatismes. La solució és clarament el control mitjançant PLC (controlador lògic programable). Aquesta opció



representa, a nivell d'inversió en instrumentació de control, un increment de cost respecte del cas d'una armari d'operació manual ínfim en comparació amb la despesa constant de personal que requeriria la operació manual.

Per tant es requereix d'un sistema automatitzat controlat per PLC (controlador lògic programable) per als processos de dosificació d'ingredients a les amassadores d'una fàbrica de pa.

14 LLISTA DE DOCUMENTS ANNEXOS A LA MEMÒRIA

A la memòria del present projecte s'annexen els següents documents:

- Annex I. Plànols.
- Annex II. Codi font del programa de control.
- Annex III. Càlculs de la instal·lació elèctrica d'automatització en baixa tensió.
- Annex IV. Plec de condicions.
- Annex V. Seguretat i salut.

15 BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTÀRIA

La bibliografia utilitzada per complementar la base normativa per a la realització del projecte és la següent:

<https://mall.automation.siemens.com/ES/guest/>

<http://www.schneiderelectric.es/sites/spain/es/productos-servicios/automatizacion-control/automatizacion-control.page>

<http://www.crovisa.com>

<http://www.phoenixcontact.com/>

<http://www.utilcell.es>

<http://www.burkert.es>

<http://www.generalcable.es/>

<http://www.himel.es/>