

Automatismes industrials

CFGM.EE10.M1/0.09

CFGM - Instal·lacions elèctriques i automàtiques

Generalitat de Catalunya
Departament d'Educació

ioc
institut obert de catalunya

Automatismes industrials

CFGM.EE10.M1/0.09

CFGM - Instal·lacions elèctriques i automàtiques

Generalitat de Catalunya
Departament d'Educació

ioc
institut obert de catalunya

Aquesta col·lecció està dissenyada i coordinada des de l'Institut Obert de Catalunya.

Coordinació de continguts:
Jesús Martin Lledó

Redacció de continguts:
Lluís Martínez Novoa
Xavier Mesas Laserna
Pedro Sanchez Vallejo
Joseba Zubiaurre Lusa
Ramon L. Yuste Yuste

Agraïments:
FESTO Didactic S.A
Siemens S.A.

Primera edició: setembre 2009
© Departament d'Educació. Generalitat de Catalunya
Material realitzat per: Eureca Media, S.L.
Dipòsit legal: B-31.124-2009

Cap part d'aquesta publicació, incloent-hi el disseny general i de la coberta, no pot ser copiada, reproduïda, emmagatzemada o transmesa de cap manera ni per cap mitjà, tant si és elèctric, com químic, mecànic, òptic, de gravació, de fotocòpia, o per altres mètodes, sense l'autorització prèvia per escrit dels titulars del ***copyright***.

Introducció

Aquest material que posem a les vostres mans recull els principis fonamentals de l'automatització industrial.

Una indústria actual ha de ser competitiva i per aquest motiu ha d'estar dotada d'un nivell d'automatització elevat per donar sortida a les exigències de productivitat i qualitat.

En aquest mòdul formatiu podreu conèixer els diferents graus d'automatització que tot tècnic elèctric ha de conèixer per ser capaç d'instal·lar, mantenir i reparar els equips elèctrics de control i regulació que fan possible el funcionament de la maquinària de producció en les línies de fabricació industrials.

El tema de l'automatització industrial ha experimentat una evolució progressiva: ha passat dels sistemes de control i regulació rígids, que no estan dotats de sistemes de programació, als sistemes flexibles actuals, que incorporen uns nivells de programari que els fan adaptables a ritmes de producció versàtils en funció de les necessitats del mercat.

Aquest mòdul tracta de les competències professionals associades i consta de cinc unitats formatives. S'estructura en dos semestres, i al final de cada semestre té lloc una jornada tècnica presencial.

En el primer semestre es treballen les tres primeres unitats formatives.

La primera unitat formativa, "Dibuix tècnic aplicat als automatismes", consta d'una única unitat, la unitat 1, del mateix nom. En el primer apartat, "Interpretació de documentació tècnica", es treballa sobre les formes de representació mecàniques, simbologia elèctrica i interpretació d'esquemes, per tal de saber elaborar i interpretar aquest tipus de documentació i conèixer les formes de certificació d'instal·lacions. En el segon apartat, "Dibuix tècnic aplicat", es detalla la manera de fer plànols i interpretar esquemes elèctrics normalitzats utilitzant la simbologia associada a programaris de CAD electrotècnic.

La segona unitat formativa també consta d'una única unitat, la unitat 2. En el primer apartat, "Mecanització de quadres elèctrics", estudiareu els materials que es necessiten per mecanitzar els quadres elèctrics i les canalitzacions i aprendreu a seleccionar-los i la manera d'organitzar el procés de mecanització. En el segon apartat, "Muntatge d'instal·lacions electrotècniques", s'explica com s'ha d'actuar de manera organitzada per

muntar els diferents elements que intervenen en la instal·lació en armaris elèctrics, seguint les normes de prevenció de riscos laborals i protecció del medi ambient.

La tercera unitat formativa, "Automatització elèctrica cablada", consta de dues unitats: les unitats 3 i 4.

La unitat 3 s'anomena "Comandament, regulació i maniobres". En el primer apartat, "Components del sistemes de regulació i control", coneixereu els diferents elements elèctrics que intervenen en les instal·lacions elèctriques industrials. En el segon apartat, "Circuits de comandament i regulació", estudiareu els circuits de comandament elèctrics bàsics que governen els motors i altres dispositius de sortida per a totes les aplicacions que es necessiten en aplicacions industrials. En el tercer apartat, "Sistemes d'arrencada de motors CC i CA", coneixereu la tipologia dels diferents circuits més característics d'arrencada per a motors de CC i CA, atenent sempre la normativa i les normes de prevenció de riscos laborals i de protecció ambiental.

La unitat 4 s'anomena "Tècniques de disseny i de seguretat d'automatismes". En el primer apartat, "Tècniques de disseny d'esquemes", coneixereu els mètodes de simulació de funcionament de sistemes automatitzats cablats que hi ha i disposareu del programari específic per fer aquestes simulacions i preparar-vos per al muntatge real d'instal·lacions que es farà en la unitat 5. En el segon apartat, "Tècniques per a la seguretat, prevenció de riscos laborals i detecció d'avaries", estudiareu les metodologies de treball utilitzades pels tècnics elèctric en tasques de manteniment i reparació de quadres elèctrics automatitzats amb sistemes cablejats.

Coincidint amb l'acabament del semestre i de les tres primeres unitats formatives, es fa una jornada tècnica anomenada "Pràctiques d'automatització cablada", en què es treballen tots els procediments i habilitats sobre automatismes en quadres elèctrics cablats que ha de conèixer un tècnic per formar-se de manera correcta.

Durant el segon semestre del curs, es treballen les dues unitats formatives restants del mòdul: 4 i 5.

La quarta unitat formativa, "Automatització pneumàtica i electropneumàtica", consta d'una única unitat, la unitat 6, del mateix nom. En el primer apartat, "Pneumàtica", coneixereu els principis bàsics de la pneumàtica i els dispositius de control i sortida més comuns. En el segon apartat, "Electropneumàtica", es detallen els diferents circuits típics que ens trobem en tot tipus d'aplicacions industrials. En el tercer apartat, "Muntatge i manteniment d'instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques", estudiareu les tècniques més comunes aplicades pels tècnics industrials en les

tasques de muntatge, manteniment i reparació d'aquests tipus d'instal·lacions, atenent les normes de seguretat, prevenció de riscos laborals i protecció del medi ambient.

La cinquena unitat formativa, "Automatització programable", consta de dues unitats: les unitats 7 i 8.

La unitat 7 s'anomena "Autòmats programables". En el primer apartat, "Maquinari i funcionament intern dels autòmats programables (PLC)", estudiareu l'arquitectura i com funcionen aquests dispositius que s'anomenen *autòmats programables o program logic control*, amb tots les seves entrades i sortides de comunicació i la seva funcionalitat. En el segon apartat, "Instruccions bàsiques d'autòmats programables 1", estudiareu i treballareu sobre un autòmat específic, concretament l'S7-200 de Siemens. Amb l'ajuda d'un simulador, coneixereu les instruccions de l'S7-200 i de quina manera aquest tracta els programes bàsics de control industrial. En el tercer apartat, "Instruccions bàsiques d'autòmats programables 2", que és la continuació de l'apartat anterior, coneixereu i experimentareu aplicacions avançades de l'autòmat programable per aplicar programes més complexos de control industrial.

La unitat 8 s'anomena "Instal·lacions automatitzades mitjançant autòmats programables". En el primer apartat, "Instal·lacions d'automatismes programables industrials aplicats a motors", experimentareu tots aquells esquemes vistos en la unitat 3, però ara controlats amb dispositius programables, i comprovareu la flexibilitat de la programació per modificar el funcionament final del motor. En el segon apartat, "Programació mitjançant Grafcet d'instal·lacions automatitzades controlades per autòmats programables", treballareu en programació amb sistemes de representació Grafcet, i en podreu comprovar la seqüència de funcionament en forma d'etapes que simplifica el concepte lògic de programació. Finalment, en el tercer apartat, "Disseny i posta en marxa de programes amb PLC per a la detecció i diagnosi d'avaries", entrareu en les tècniques de manteniment per a l'anàlisi del funcionament i en la tasca bàsica del tècnic com és el procediment de detecció d'avaries en els equips industrials.

Coincidint amb el final del segon semestre i de les tres unitats formatives, s'organitza la segona jornada tècnica anomenada "Programació, posada en marxa i localització d'avaries en un quadre de control amb PLC", en què es treballen tots els procediments i habilitats sobre automatismes controlats amb autòmats programables en dispositius de màquines rotatives i elements eletropneumàtics que ha de conèixer un tècnic per formar-se correctament.

Resultats d'aprenentatge

En acabar el mòdul heu de ser capaços del següent:

1. Dibuixar elements bàsics i conjunts, aplicant la normalització.

2. Determinar el procés que cal seguir en les operacions de mecanització, interpretant plànols i utilitzant documentació tècnica.

3. Executar operacions de mecanització, aplicant tècniques de mesurament i marcatge i utilitzant màquines i eines.

4. Complir les normes de prevenció de riscos laborals i de protecció ambiental en la mecanització de quadres elèctrics, identificant els riscos associats, les mesures i els equips per prevenir-los.

5. Configurar circuits bàsics de comandament i potència, seleccionant-ne els elements i elaborant esquemes.

6. Muntar circuits d'automatismes per a maniobres de petits motors, interpretant esquemes i verificant-ne el funcionament.

7. Muntar quadres i sistemes elèctrics associats, interpretant documentació tècnica i verificant-ne el funcionament.

8. Localitzar avaries i disfuncions de les instal·lacions d'automatització elèctriques cablades, analitzant-ne els símptomes i identificant les causes que les produeixen.

9. Reparar avaries i disfuncions de les instal·lacions d'automatització elèctriques cablades, ajustant o substituint els elements defectuosos.

10. Complir les normes de prevenció de riscos laborals i de protecció ambiental en el muntatge i manteniment d'instal·lacions d'automatització elèctrica cablada, identificant els riscos associats, les mesures i els equips per prevenir-los.

11. Configurar circuits bàsics de comandament i potència, pneumàtics i electropneumàtics per a aplicacions industrials senzilles, seleccionant els elements i el seu emplaçament i elaborant la documentació tècnica.

12. Muntar circuits bàsics de comandament i potència, pneumàtics i electropneumàtics per a aplicacions industrials senzilles, interpretant la documentació tècnica.

13. Localitzar avaries i disfuncions en instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques, analitzant els símptomes i identificant les causes que les produeixen.

14. Reparar avaries i disfuncions en instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques, ajustant o substituint els elements defectuosos.

15. Complir les normes de prevenció de riscos laborals i de protecció ambiental en el muntatge i manteniment d'instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques, identificant els riscos associats, i les mesures i els equips per prevenir-los.

16. Configurar circuits bàsics d'automatismes programables, seleccionant-ne els elements i elaborant esquemes.

17. Muntar sistemes automàtics amb control programable, interpretant documentació tècnica i verificant-ne el funcionament.

18. Localitzar avaries i disfuncions en instal·lacions d'automatització programable, analitzant els símptomes i identificant les causes que les produeixen.

19. Reparar avaries i disfuncions en instal·lacions d'automatització programable, ajustant o substituint els elements defectuosos.

20. Complir les normes de prevenció de riscos laborals i de protecció ambiental en el muntatge i manteniment d'instal·lacions d'automatització programable, identificant els riscos associats, les mesures i els equips per prevenir-los.

Continguts

UF1. Dibuix tècnic aplicat als automatismes
Unitat 1
Dibuix tècnic aplicat als automatismes
1. Interpretació de la documentació tècnica
2. Dibuix tècnic aplicat

UF2. Mecanització de quadres
Unitat 2
Mecanització de quadres
1. Mecanització de quadres i canalitzacions
2. Muntatge d'instal·lacions electrotècniques

UF3. Automatització elèctrica cablada
Unitat 3
Comandament, regulació i maniobres
1. Components dels sistemes de comandament i regulació
2. Circuits de comandament i regulació.
3. Sistemes d'arrencada de motors en CC i CA

Unitat 4
Tècniques de disseny i de seguretat d'automatismes
1. Tècniques de disseny d'esquemes
2. Tècniques per la seguretat, prevenció de riscos laborals i detecció d'avaries

UF2-UF3. Pràctiques d'automatització cablada
Unitat 5
Pràctiques d'automatització cablada
1. Realitzacions pràctiques d'automatismes rígids

UF4. Automatització pneumàtica i electropneumàtica
Unitat 6
Automatització pneumàtica i electropneumàtica
1. Pneumàtica.
2. Electropneumàtica
3. Muntatge i manteniment d'instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques

UF5. Automatització programable
Unitat 7
Autòmats programables
1. Maquinari i funcionament intern dels autòmats programables (PLC)

2. Instruccions bàsiques de programació dels autòmats programables 1
3. Instruccions bàsiques de programació dels autòmats programables 2

Unitat 8

Instal·lacions automatitzades mitjançant autòmats programables

1. Instal·lacions d'automatismes programables aplicats a motors
2. Programació mitjançant Grafcet de processos seqüencials controlats per autòmats programables
3. Disseny i posta en marxa de programes amb autòmats programables per a la detecció i diagnosi d'avaries

UF4-UF5. Pràctiques d'automatització programada

Unitat 9

Pràctiques d'automatització programada

1. Programació, posta en marxa i localització d'avaries en un quadre de control amb PLC

Dibuix tècnic aplicat als automatismes

Joseba Zubiaurre Lusa

Automatismes industrials

Índex

Introducció 5

Resultats d'aprenentatge 6

1. Interpretació de la documentació tècnica 7
1.1. Simbologia 7
1.1.1. Símbols utilitzats en automatismes elèctrics 7
1.1.2. Identificació de components d'un automatisme 17
1.1.3. Referència de components d'un automatisme 18
1.2. Programari d'esquemes elèctrics 23
1.2.1. Introducció a Dia 25
1.2.2. Baixada i instal·lació de Dia 25
1.2.3. Elements principals de Dia 30
1.2.4. Elements del diagrama 41
1.3. Pràctiques del programari d'esquemes elèctrics 49
1.3.1. Creació d'un objecte elèctric 49
1.3.2. Afegir formes noves 50

2. Dibuix tècnic aplicat 54
2.1. Representació 54
2.2. Croquis 64
2.3. Acotació 65

Introducció

La importància que té el control automàtic de màquines i sistemes en la nostra vida és cada vegada més palpable. En qualsevol moment, en qualsevol instant, ara mateix s'està utilitzant algun automatisme elèctric i no únicament en el món laboral, que és un dels sectors de més gran concentració d'aquests tipus de sistemes. Davant la necessitat d'aquests tipus d'instal·lacions comença aquesta unitat denominada "Dibuix tècnic aplicat als automatismes", que està dividida en dos apartats.

A l'apartat "Interpretació de documentació tècnica", es tracta el sistema de representació amb una simbologia normalitzada utilitzada en els automatismes elèctrics i per a rematar aquesta unitat, es fa una introducció als diferents programaris de dibuix vectorial. En particular es descriu l'aplicació Dia, tant la seva baixada i instal·lació, com els elements i eines que la componen.

Per a completar aquest primer apartat i amb el nom de "Pràctiques del programari d'esquemes elèctrics", es detalla la creació de nous objectes elèctrics i com afegir aquests nous objectes a les biblioteques de l'aplicació Dia.

A l'apartat "Dibuix tècnic aplicat", s'estudien les representacions més típiques a l'hora de dissenyar i dibuixar una peça per a després portar a terme la seva fabricació i adaptació al quadre elèctric. Es fa un repàs a les vistes mes comunes d'una peça i a la realització d'un croquis d'aquesta en la qual es detallaran les cotes mínimes i suficients per a la seva posterior fabricació.

Resultats d'aprenentatge

En acabar la unitat, heu de ser capaços del següent:

1. Dibuixar elements bàsics i conjunts, aplicant la normalització

1. Interpretació de la documentació tècnica

Els components o identificacions que formen part d'un esquema elèctric han d'estar representats per un símbol normalitzat. A Espanya es fa servir la norma UNE (una norma espanyola), controlada i certificada per l'Associació Espanyola de Normalització (AENOR).

Cada país té la seva norma particular però en l'àmbit internacional es fa servir la norma CEI (Comissió Electrotècnica Internacional) i en un àmbit més proper la norma europea EN, elaborada pel CEN (Comitè Europeu de Normalització). La norma EN ha estat afavorida, d'alguna manera, per la llibertat de mercat entre empreses de material elèctric de la Unió Europea.

AENOR

AENOR (Associació Espanyola de Normalització i Certificació) és una institució espanyola, privada, independent, sense ànim de lucre que contribueix, mitjançant el desenvolupament d'activitats de normalització i certificació (N + C), a millorar la qualitat a les empreses, els seus productes i serveis, així com a protegir el medi ambient i, amb això, el benestar de la societat. Està reconeguda en els àmbits nacional, comunitari i internacional per al desenvolupament de les seves activitats.

1.1. Simbologia

Tots els elements o parts determinades d'un automatisme elèctric han d'estar representats per un símbol en relació amb una normativa. Això n'assegura la interpretació per part de qualsevol tècnic en el moment de dissenyar un esquema o de seguir-lo per fer el muntatge o cablatge en un quadre elèctric o en una instal·lació.

Podem classificar els símbols elèctrics que fem servir en automatismes segons els criteris següents:

- Símbols per a la designació de corrents.
- Símbols per a la designació de conductors, connexions o borns.
- Símbols de contactes.
- Símbols d'elements de comandaments de control (bobines).
- Símbols que es fan servir per identificar comandaments mecànics dels elements d'accionament.
- Símbols que es fan servir per identificar comandaments elèctrics dels elements d'accionament.
- Símbols de senyalitzacions.
- Símbols d'elements de protecció.
- Símbols de màquines.

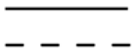
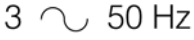
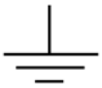
UNE

Les UNE (una norma espanyola) són un conjunt de normes tecnològiques creades pels comitès tècnics de normalització (CTN), dels quals formen part totes les entitats i agents implicats i interessats en els treballs del comitè. Per regla general, aquests comitès solen estar formats per AENOR, fabricants, consumidors i usuaris, administració, laboratoris i centres d'investigació. Després d'haver-les creat, tenen un període de sis mesos de prova en el qual són revisades públicament, i després són redactades definitivament per la comissió, sota les sigles UNE. Per descomptat, són actualitzades periòdicament. Les normes es numeren seguint una classificació decimal.

1.1.1. Símbols utilitzats en automatismes elèctrics

Els símbols identificatius de corrents més representatius utilitzats en els esquemes d'automatismes són els que figuren en la taula 1.

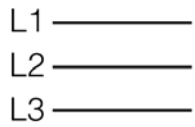
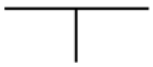
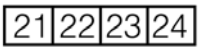
Taula 1. Designació de corrents

Símbol	Descripció
	Corrent continu: el valor de la tensió pot senyalitzar-se a la dreta del símbol.
	Corrent altern: el valor de la freqüència pot indicar-se a la dreta del símbol.
	Corrent rectificat
	Corrent altern trifàsic a 50 Hz
	Polaritat positiva
	Polaritat negativa
	Posada a terra

Els símbols identificatius de conductors, connexions o borns més representatius són els que figuren en la taula 2.

Taula 2. Designació de conductors, connexions i borns

Símbol	Descripció
	Conductor del circuit de maniobra
	Conductor del circuit de potència

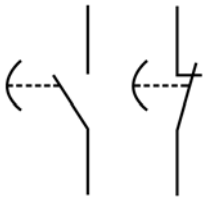
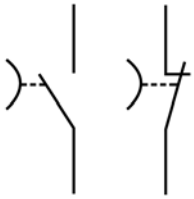
Símbol	Descripció
	Conjunt de 3 conductors (sistema trifàsic)
	Conductor neutre
	Conductor de protecció
	Derivació
	Connexió fixa
	Borns de connexió. Conjunt de regletes

Els contactes poden ser per ells mateixos elements operatius propis, com és el cas d'un interruptor, o formar part d'altres mecanismes com ara els contactes d'un contactor, un relé o un pressòstat.

Els símbols de contactes dins d'un automatisme elèctric més freqüents són els que figuren en la taula 3.

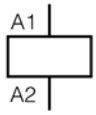
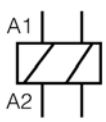
Taula 3. Designació de contactes

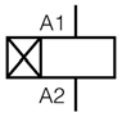
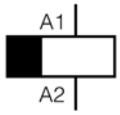
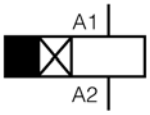
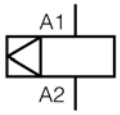
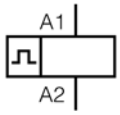
Símbol	Descripció
	Contacte obert NO o contacte de tancament Símbol genèric aplicable als contactes d'un contactor, relé o dispositiu d'accionament

Símbol	Descripció
	Contacte obert NC o contacte d'obertura Símbol genèric aplicable als contactes d'un contactor, relé o dispositiu d'accionament
	Contacte commutat obert-tancat amb un born comú.
	Contacte temporitzat obert a la connexió i contacte temporitzat tancat a la connexió
	Contacte temporitzat obert a la desconnexió i contacte temporitzat tancat a la desconnexió

Els símbols d'elements de comandaments de control més comuns són els de la taula 4.

Taula 4. Símbols de comandaments de control

Símbol	Descripció
	Comandament electromagnètic. Símbol genèric Pot representar la bobina d'un contactor (amb designació K1M, per exemple) o la bobina d'un relé (amb designació K1, per exemple)
	Comandament electromagnètic amb dues bobines o dos enrotllaments

Símbol	Descripció
	Comandament d'un relé temporitzador a la connexió
	Comandament d'un relé temporitzador a la desconnexió.
	Comandament d'un relé temporitzador a la connexió-desconnexió
	Comandament electromagnètic amb enclavament mecànic. Bobina d'un teleruptor
	Comandament electromagnètic d'un relé temporitzador d'intermitència

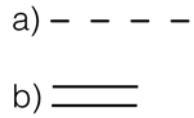
Teleruptor

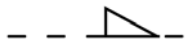
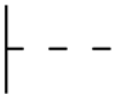
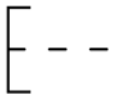
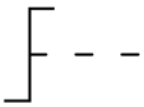
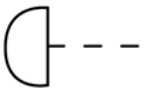
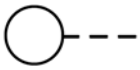
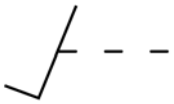
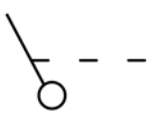
El teleruptor és un relé amb un enclavament mecànic. Amb un impuls a la bobina en commutem els contactes i amb un altre impuls els contactes tornen a la posició inicial.

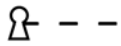
Hi ha elements que hem de representar amb una combinació de més d'un símbol. Molts dispositius de comandament es representen amb un contacte obert o tancat associat a un símbol que representa el sistema d'actuació o comandament sobre l'element.

Els símbols més representatius que fem servir per complementar un mecanisme d'accionament, segons el sistema de comandament mecànic, són els que figuren en la taula 5.

Taula 5. Símbols de comandaments mecànics

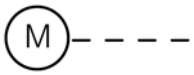
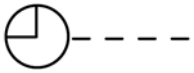
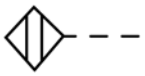
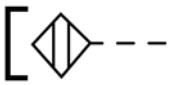
Símbol	Descripció
	Enllaç mecànic llarg (a) i enllaç mecànic curt (b)

Símbol	Descripció
	Dispositiu d'enclavament
	Dispositiu automàtic amb retorn a la posició
	Dispositiu no automàtic amb retorn a la posició
	Símbol genèric d'un comandament mecànic manual
	Accionament manual per polsador
	Accionament manual per rotació
	Accionament manual de bolet
	Accionament mecànic per corró. Típic accionament d'un final de cursa
	Accionament per pedal
	Accionament manual per palanca

Símbol	Descripció
	Accionament amb el dispositiu amb la utilització d'una clau

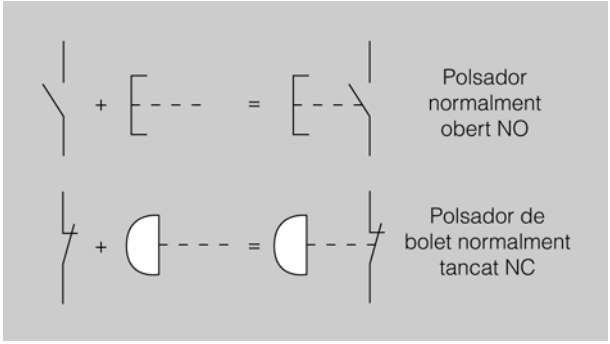
Altres vegades els contactes oberts o tancats dels diferents dispositius canvien la posició de repòs en funció d'un accionament que depèn d'una actuació elèctrica, com passa amb els accionaments que figuren en la taula 6.

Taula 6. Símbols elèctrics de comandament

Símbol	Descripció
	Accionament per l'acció d'un motor elèctric
	Accionament per l'acció d'un rellotge elèctric
	Accionament per proximitat (símbol genèric)
	Accionament per proximitat d'un imant

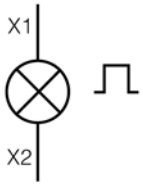
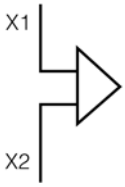
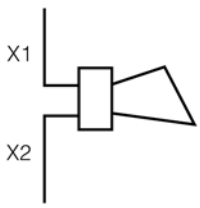
Si hem de representar el símbol d'un polsador ho farem amb la suma de dos símbols, tal com es representa en la figura 1.

Figura 1. Complementació de símbols. Polsador NO i polsador de bolet NC



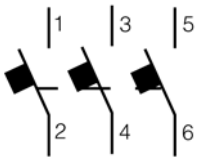
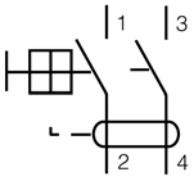
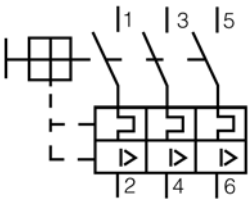
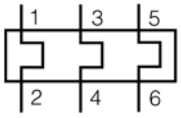
Els símbols més representatius de les senyalitzacions que es fan servir en un automatisme elèctric són els que figuren en la taula 7.

Taula 7. Símbols de senyalitzacions

Símbol	Descripció
	Bombeta de senyalització
	Bombeta de senyalització de funcionament intermitent
	Timbre
	Sirena
	Brunzidor
	Botzina

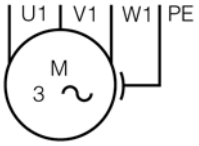
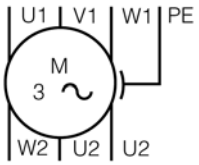
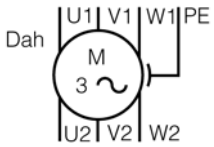
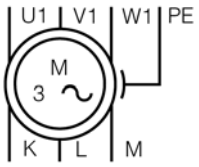
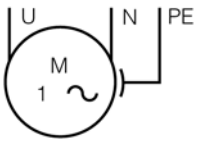
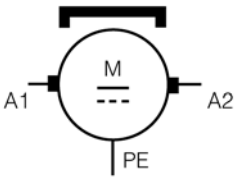
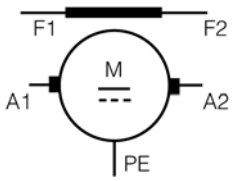
En els esquemes d'automatismes, molt sovint s'han de representar els elements de protecció. En la taula 8 figuren els més representatius.

Taula 8. Símbols d'elements de protecció

Símbol	Descripció
	Interruptor automàtic de protecció contra curtcircuits i sobrecàrregues per un sistema monofàsic
	Interruptor automàtic de protecció contra curtcircuits i sobrecàrregues per un sistema trifàsic
	Relé diferencial
	Disjuntor per a la protecció d'un motor trifàsic
	Representació del relé tèrmic per al circuit de potència
	Fusible per a la protecció de curtcircuits

Les màquines o motors elèctrics són molt sovint els receptors finals d'un automatisme. Els símbols més significatius són els que figuren en la taula 9.

Taula 9. Símbols de màquines

Símbol	Descripció
	Motor trifàsic de gàbia d'esquirol
	Motor trifàsic de dos enrotllaments estatòrics separats, de dues velocitats
	Motor trifàsic Dahalander de dues velocitats
	Motor trifàsic de rotor bobinat
	Motor monofàsic
	Motor de corrent continu amb imant permanent
	Motor de corrent continu amb excitació independent

1.1.2. Identificació de components d'un automatisme

Els símbols elèctrics d'un automatisme han d'estar sempre identificats correctament dins d'un esquema.

Tots els símbols que formen part d'un esquema s'identifiquen amb una lletra que indica el *tipus d'aparell*, seguit d'un número que el diferencia d'altres aparells dins de l'esquema. Podem afegir també una lletra final que indica el *tipus de funció* associada a l'element.

En la taula 10 s'identifiquen les lletres que fan referència al tipus d'aparell. Serà sempre la primera indicació que complementarà el símbol d'un element.

Taula 10. Identificació del tipus d'aparell

Lletra	Tipus d'aparell	Exemple
A	Conjunts, grups constructius	Amplificadors, regulador de velocitat, autòmata programable, etc.
B	Transductor de magnituds no elèctriques en magnituds elèctriques i al contrari	Detector fotoelèctric, detector de proximitat, pressòstat, termòstat
C	Condensador	
D	Dispositiu de temporització, dispositiu de memòria, operador binari	Elements d'enllaç, conductors de retard, elements monoestables i biestables
E	Materials varis	Enllumenat, calefacció, o elements no identificats en aquesta taula
F	Dispositiu de protecció	Relés de protecció, fusibles, disjuntors protector de motor, limitadors de sobretensions
G	Generador, dispositiu d'alimentació	Generador, alternador, bateries
H	Senyalització	Bombetes de senyalització, timbres, sirenes, botzines
K	Contactor, relé	Contactors de potència, relés de comandament, relés temporitzadors
L	Inductància	Bobines d'inducció
M	Motor	Motors de CA i motors de CC
N	Amplificador o regulador	Circuits integrats
P	Aparell de mesura o prova	Aparells de mesura, comptadors, commutadors horaris
Q	Aparell de maniobra per circuit de potència	Seccionador, interruptors de potència
R	Resistència	Resistència regulable, potenciòmetres
S	Aparell mecànic de connexió	Polsadors, interruptors, commutadors, selectors rotatius, interruptors fi de cursa
T	Transformador	Transformadors de tensió o intensitat
U	Modulador, convertidor	Convertidor de freqüència, convertidor-rectificador
V	Vàlvula, semiconductor	Tubs de buit, bombeta de descàrrega, rectificador
W	Via de transmissió, antena	Fils de connexió, dipols, antenes, antenes parabòliques

Lletra	Tipus d'aparell	Exemple
X	Borns, endoll	Clavilla, born o regleta de connexió
Y	Equip mecànic amb accionament elèctric	Electrovàlvula pneumàtica, electroimant
Z	Equip de compensació, filtre	Equilibradors, correctors

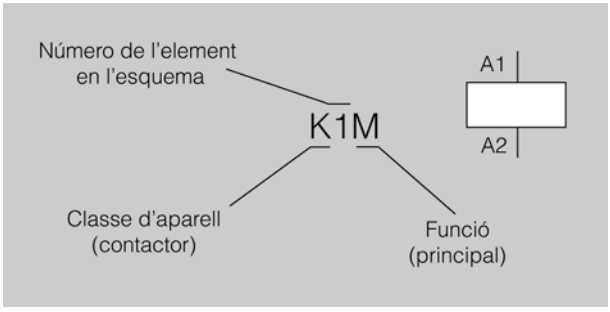
En la taula 11 s'identifiquen les lletres que fan referència al tipus de funció.

Taula 11. Identificació de funcions

Lletra	Funció	Lletra	Funció
A	Funció auxiliar	N	Mesura
B	Direcció de moviment	P	Proporcional
C	Comptar	Q	Estat (marxa, aturada)
D	Diferenciar	R	Reposició, reinicialització, posada a zero
E	Funció connectar	S	Memoritzar, registrar
F	Protecció	T	Retardar
G	Prova	V	Velocitat
H	Senyalització	W	Sumar
J	Integració	X	Multiplicar
K	Servei polsant	Y	Analògica
L	Designació de conductors	Z	Digital
M	Funció principal		

Així, doncs, la identificació final d'un element dins d'un esquema d'automatisme pot quedar com el de l'exemple de la figura 2.

Figura 2. Exemple d'identificació d'un element



1.1.3. Referència de components d'un automatisme

La identificació dels components d'un automatisme és essencial tant per al disseny com per al muntatge posterior de la instal·lació. Aquesta identificació es fa amb números quan es tracta d'identificar cada un dels borns dels contactes elèctrics, i amb lletres i números quan es tracta de designar components. És un sistema estandarditzat que garanteix sempre la mateixa interpretació.

1) Referència dels borns

Quan hem de muntar o cablejar una instal·lació segons un esquema, ho fem seguint la referència de **tots els borns** de connexió dels elements que formen part de la instal·lació. El marcatge dels borns facilita també les operacions de manteniment o reparació.

La referència és la identificació dels borns amb un número o amb una lletra i un número segons element. Aquesta identificació és la que indica, de manera expressa, el fabricant en l'aparell mateix al costat de cada born, o en alguns casos, en la placa de característiques.

Els borns de les bobines dels contactors, bobines dels relés de comandament o relés temporitzadors es referencien de manera normalitzada amb A1 i A2.

Els borns de connexió de tots els elements de senyalització òptica o acústica es referencien amb X1 i X2.

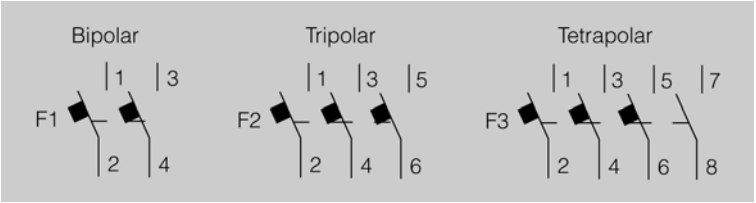
Els borns dels contactes (tant oberts com tancats) dels diferents elements mereixen una consideració especial.

2) Referència dels contactes principals

El marcatge dels borns dels contactes principals o de potència de contactors, interruptors automàtics, disjuntors, els borns principals de relés tèrmics, etc. es fa amb un sol número, que serà sempre imparell en el born d'entrada (dalt), i amb el número immediat superior en el born de sortida (baix).

Els contactes poden ser bipolars, tripolars o tetrapolars; per això, la numeració es fa en progressió d'esquerra a dreta, segons l'exemple de la figura 3.

Figura 3. Exemple de referència dels contactes principals d'un interruptor automàtic de protecció



3) Referència dels contactes auxiliars de contactors i relés de comandament i contactes d'elements d'accionament

També hem de referenciar els contactes dels elements d'accionament com ara polsadors o interruptors, els contactes auxiliars dels contactors o contactes dels relés de comandament segons un mateix criteri.

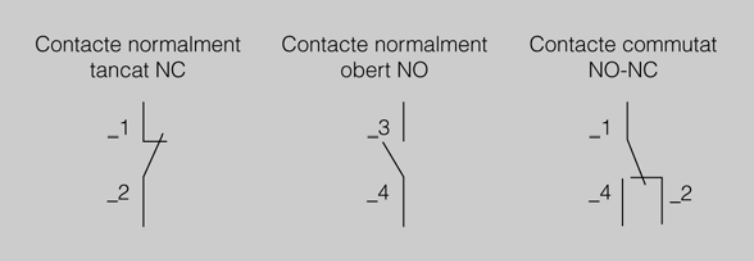
Tots els borns dels contactes auxiliars dels contactors o relés de comandament i dels contactes d'elements d'accionament s'han de marcar amb un número de dues xifres:

- La primera xifra indicarà el número d'ordre, o la posició del contacte sobre l'aparell.
- La segona xifra indica el tipus de funció que fa el contacte, o d'obertura o de tancament.

La segona xifra variarà, doncs, de la manera següent:

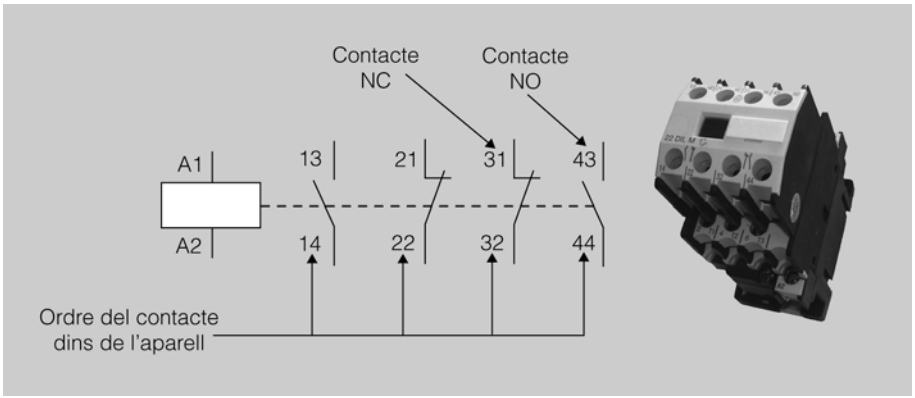
- En un contacte normalment tancat o d'obertura (NC), identificarem sempre la segona xifra de cada un dels dos borns amb un 1 i un 2, respectivament.
- En un contacte normalment obert o de tancament (NO), identificarem sempre la segona xifra de cada un dels dos borns amb un 3 i un 4, respectivament.
- En un contacte commutat, identificarem sempre la segona xifra de cada un dels tres borns amb un 1 en el born que sigui comú, un 2 en el born que estigui normalment tancat i un 4 en el born que estigui normalment obert.

Figura 4. Referència de contactes auxiliars o d'elements d'accionament segons la funció del contacte



La identificació final dels contactes auxiliars d'un contactor podria ser com la que es mostra en la figura 5. Cal tenir en compte que la disposició o nombre de contactes auxiliars NO i NC pot variar en funció del model o tipus de contactor.

Figura 5. Referència de contactes auxiliars segons l'ordre dins de l'aparell



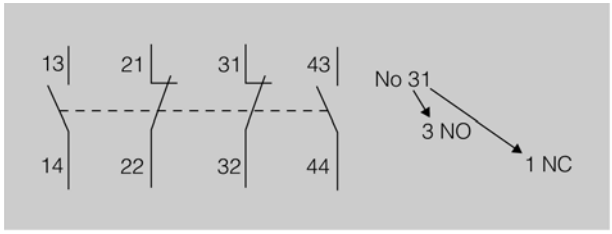
Precisament, podem deduir la disposició i nombre de contactes auxiliars que pot tenir un contactor del *número característic* que té assignat el contactor dins de la relació de les seves característiques tècniques. El nombre característic serà de dues xifres (figura 6):

- La primera xifra indica el nombre total de contactes normalment oberts NO.

- La segona xifra indica el nombre total de contactes normalment tancats NC.

Hem de tenir en compte que el número característic en els contactors només fa referència als contactes auxiliars, però en els relés de comandament fa referència a tots els seus contactes (figura 7). ‼

Figura 6. Nombre característic d'un contactor o relé de comandament

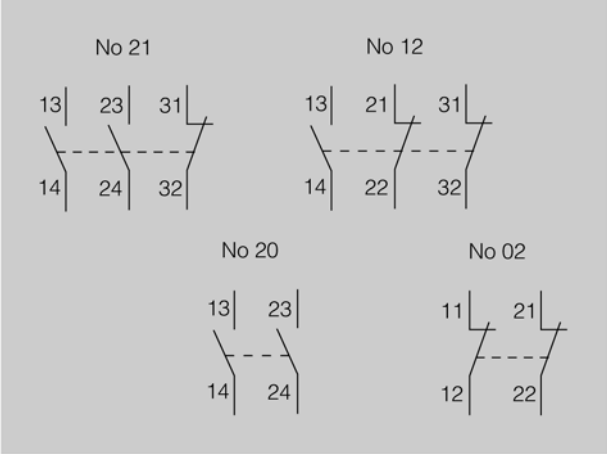


El número característic mai indica l'ordre dels contactes NO o NC sobre l'aparell.

La referència dels contactes amb un funcionament especial, com ara els contactes auxiliars dels relés temporitzadors, els referenciem sempre en la segona xifra o amb una xifra única de la manera següent (figura 8):

- Contactes NO: 7 i 8
- Contactes NC: 5 i 6

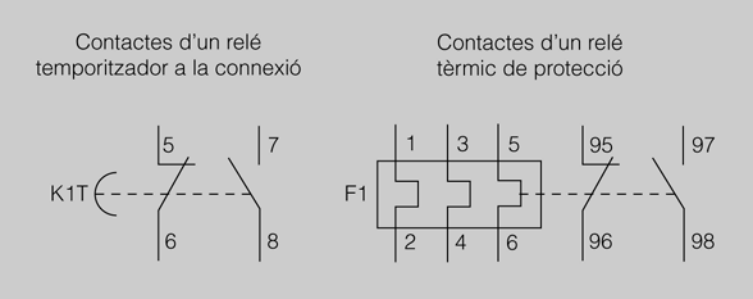
Figura 7. Exemple d'identificació del nombre característic de contactors o relés de comandament



Els contactes auxiliars d'elements de protecció contra sobrecàrregues, que intervenen en la maniobra d'un automatisme elèctric, els referenciem sempre:

- Contactes NO: 97 i 98
- Contactes NC: 95 i 96

Figura 8. Exemple de contactes de temporitzador i relé tèrmic



4) Referència d'elements del circuit de potència

Els símbols amb els quals desenvoluparem i completarem un circuit de potència també han d'estar referenciats de manera convenient, per exemple:

- L'alimentació d'un circuit es referencia: L1, L2, L3 per als conductors de fase; N per al conductor neutre; i PE per al conductor de protecció.

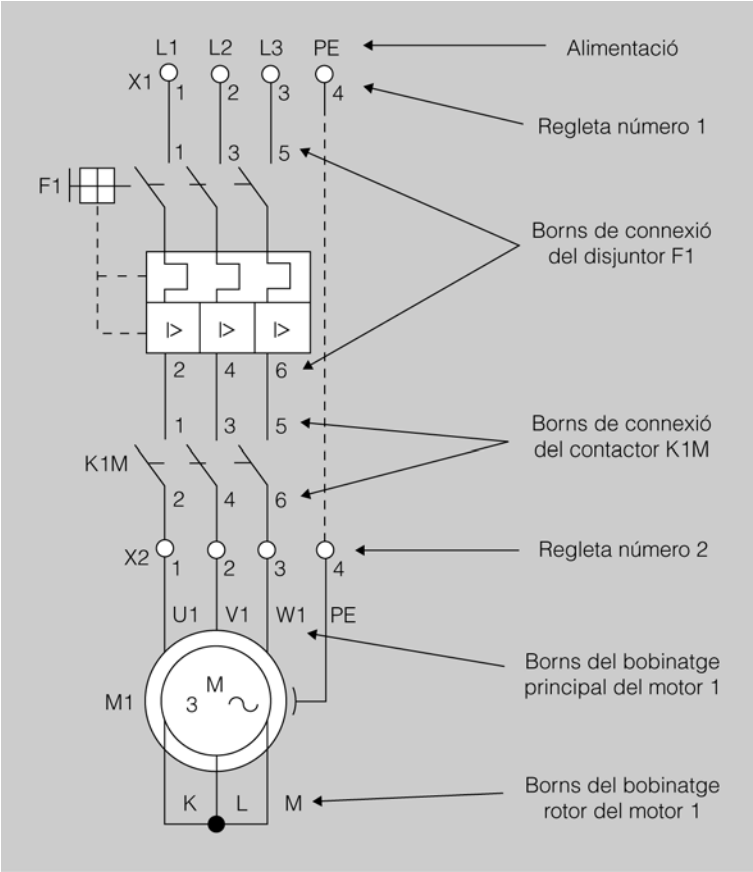
- Borns de màquines o motors elèctrics: U, V, W per a borns d'entrada de les bobines; Z, X, Y per a borns de sortida de les bobines. K, L, M per a borns de bobines d'un rotor bobinat.

5) Referència dels borns de connexió

Els borns de connexió o regletes, que connecten elements exteriors d'un quadre d'automatisme amb els aparells o elements de l'interior del quadre, també els referenciem en els esquemes elèctrics d'automatismes.

Referenciem un grup de borns o regletes amb un nombre determinat de borns amb una X més un número que identifica el conjunt i el diferencia amb un altre grup de borns o regletes (exemple: X1 serà el conjunt de regletes 1 i X2 serà el conjunt de regletes número 2). També cada born de connexió d'un mateix conjunt l'identifiquem amb un número que normalment coincideix amb l'ordre dins del mateix conjunt (exemple: X1-3 serà el born 3 del conjunt de regletes número 1) (figura 9).

Figura 9. Exemple de referència dels elements d'un circuit de potència



1.2. Programari d'esquemes elèctrics

La representació d'un dibuix tècnic es pot fer en paper o sobre pantalla. Les eines que s'utilitzen són regles, compassos, llapis, esquadres, cartabons, tiralínies i equips informàtics (maquinari i programari).

Un **programari de dibuix tècnic** és una aplicació informàtica que representa sobre una superfície plana tot tipus d'objectes, amb l'objectiu que proporcioni la informació necessària per a la seva construcció o instal·lació.

El disseny assistit per ordinador (CAD) és l'ús d'eines informàtiques per fer els plànols i esquemes de qualsevol tipus. Els usos d'aquestes eines varien des d'aplicacions basades en vectors i sistemes de dibuix en dues di-

mensions (2D) fins a modelitzadors en tres dimensions (3D). Consisteix en una base de dades d'entitats geomètriques (punts i línies) amb la qual es pot operar mitjançant una interfície gràfica.

Entre les eines informàtiques per fer esquemes elèctrics i electrònics hi ha AutoCAD, Visio i Dia.

AutoCAD és un programa de disseny assistit per ordinador (CAD) per a dibuix en 2D i 3D de l'empresa Autodesk.

El programa disposa d'una interfície gràfica d'usuari (GUI) que processa imatges de tipus vectorial, encara que admet incorporar mapa de bits, en què es dibuixen figures bàsiques o primitives (línies, arcs, rectangles, textos), i mitjançant eines d'edició es creen gràfics més complexos.

El programa permet organitzar els objectes per mitjà de capes o estrats, i ordenar el dibuix en parts independents amb diferents colors i grafismes. L'ús de blocs permet la definició i modificació única de múltiples objectes repetits. Part del programa AutoCAD s'orienta a la producció de plànols, i per a això fa servir els recursos tradicionals de grafisme en el dibuix, com color i grossor de línies.

L'extensió de l'arxiu d'AutoCAD és DWG, però permet exportar en altres formats com DXF, que permet compartir dibuixos amb altres plataformes de dibuix CAD.

Altres productes similars a AutoCAD són CATIA, QCAD, Microstation, ArchiCAD, Architectural DeskTop ADT i Mechanical DeskTop MDT.

Visio és un programari de dibuix vectorial de l'empresa Microsoft.

Les eines de Visio permeten fer plànols d'oficines, diagrames de bases de dades, diagrames de flux de programes i UML. L'extensió Visio és VSD.

Inicialment, Visio era una aplicació per a dibuix tècnic per a l'enginyeria i l'arquitectura i amb eines per desenvolupar diagrames de negocis i en possible competència amb els programaris de CAD. Avui dia, Visio s'orienta més a desenvolupar diagrames i esquemes.

Dia és un programari de dibuix vectorial desenvolupat com a part del projecte GNOME (entorn d'escriptori per a sistemes operatius de tipus Unix). Està concebut de manera modular, amb diferents paquets o biblioteques de formes.

Dia és l'alternativa lliure del programari comercial Visio. Es pot utilitzar per dibuixar diferents tipus de diagrames i disposa de biblioteques per elaborar diagrames UML, diagrames de flux, diagrames de xarxes i diagrames de circuits elèctrics i electrònics.

S'hi poden afegir nous objectes, dibuixar-los amb un subconjunt de SVG i incloure'ls en un arxiu XML. El format per llegir i emmagatzemar gràfics és XML.

UML

UML, llenguatge unificat de modelatge, és el llenguatge de modelatge de sistemes de programari més conegut i utilitzat en l'actualitat. És un llenguatge gràfic per visualitzar, especificar, construir i documentar un sistema de programari. És un estàndard per descriure un plànol del sistema o model, inclosos aspectes conceptuals i aspectes concrets. S'utilitza per definir un sistema de programari, per detallar els artefactes en el sistema i per documentar i construir.

1.2.1. Introducció a Dia

Dia és una aplicació per fer esquemes i diagrames.

Dia és una aplicació amb llicència GPL, fàcil, intuïtiva i versàtil. Entre altres característiques permet l'exportació a diferents formats i la possibilitat de crear objectes.

Llicència GPL

GPL (llicència pública general) és una llicència creada per protegir la lliure distribució, modificació i ús de programari. El seu propòsit és declarar que el programari cobert per aquesta llicència és programari lliure i protegir-lo d'intents d'apropiació que restringeixin aquestes llibertats als usuaris.

Dia és un instrument de dibuix vectorial similar a Visio que es pot utilitzar per fer diagrames de flux de dades, diagrames de relació d'entitats, organigrames d'organitzacions, esquemes de circuits elèctrics i electrònics, relacions entre elements d'un programa o esquemes de xarxes d'ordinadors. L'extensió de Dia és DIA.

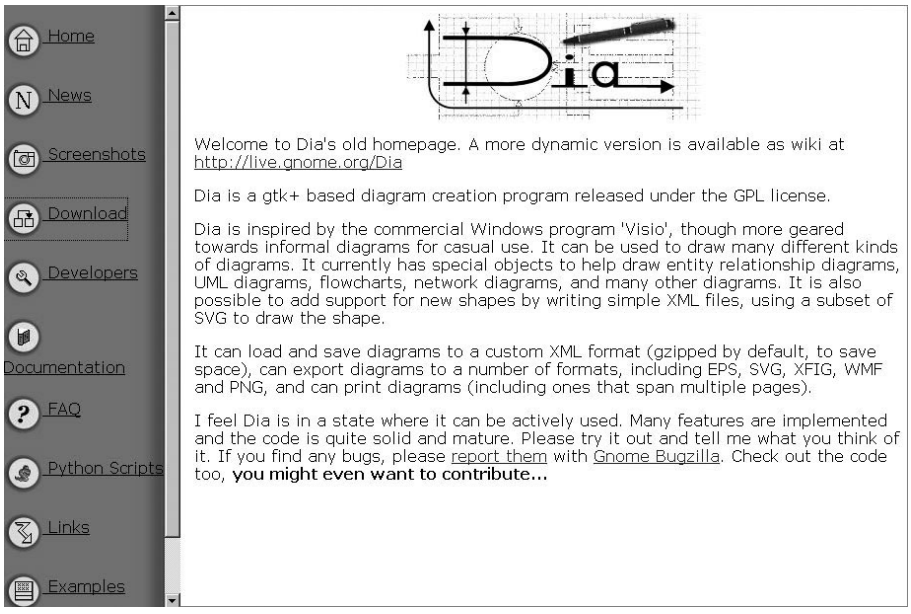
Disposa d'unes biblioteques es amb objectes ja creats per ajudar a la creació dels esquemes de manera que facilita els diagrames amb formes que es repeteixen i són connectades per línies.

Dia es pot ampliar amb l'ús de diferents fulls que contenen els diferents objectes per usar en els diagrames.

1.2.2. Baixada i instal·lació de Dia

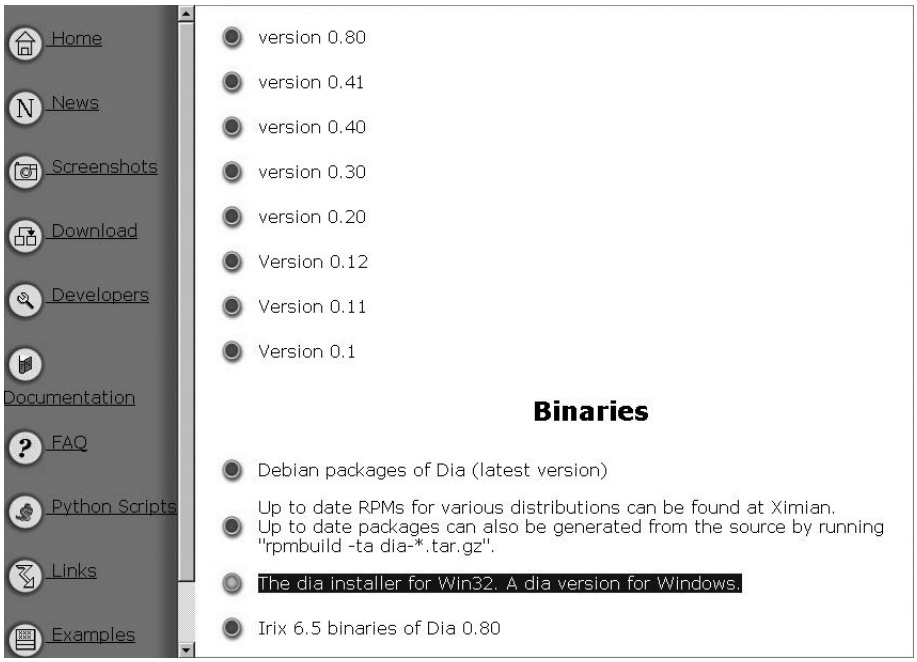
La baixada del programa Dia es pot fer des de la pàgina oficial: http://www.gnome.org/projects/dia/. La figura 10 en mostra la pàgina principal.

Figura 10. Pàgina principal de Dia



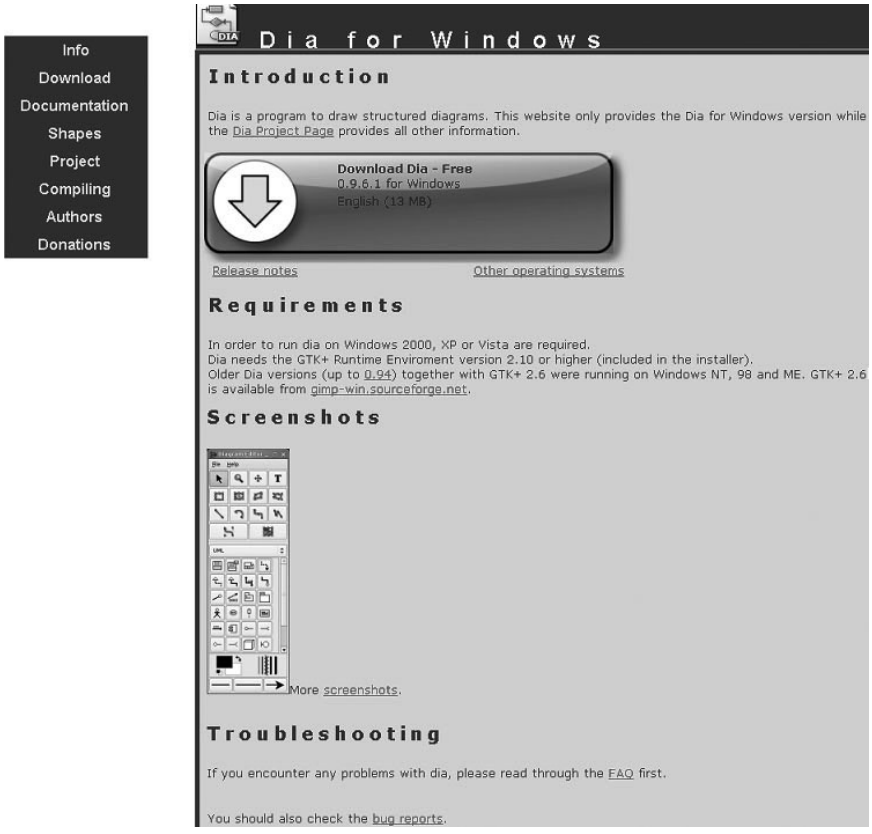
Des de la secció *Download* del menú de l'esquerra de la pàgina principal es pot baixar el programa Dia. La figura 11 en mostra la pàgina de baixar.

Figura 11. Pàgina de baixada de Dia



Fent clic sobre *The dia installer for Win32. A dia version for Windows* s'accedeix a la pàgina de descàrrega de l'última versió. La figura 12 mostra la pàgina de descàrrega de l'última versió de Dia.

Figura 12. Pàgina de baixada de l'última versió



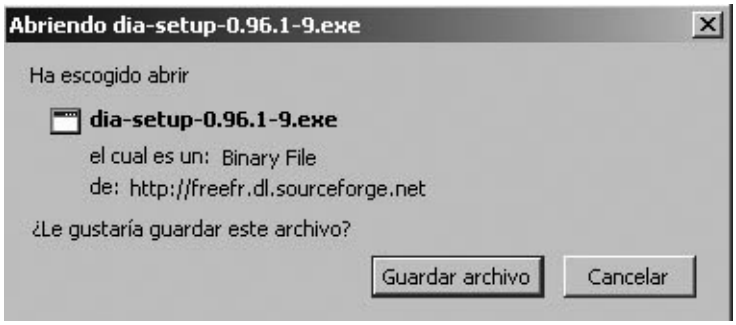
S'ha de baixar l'última versió fent clic en la imatge de la pàgina 13.

Figura 13. Finestra de baixada del fitxer d'instal·lació Dia



La figura 14 mostra la finestra de baixada del fitxer d'instal·lació Dia.

Figura 14. Finestra de baixada del fitxer d'instal·lació Dia



Instal·lació

A partir de la descàrrega se'n pot fer la instal·lació executant el fitxer descarregat *dia-setup-0.96.1-9.exe*.

El primer pas de la instal·lació és definir l'idioma del procés d'instal·lació. Les opcions són alemany, francès o anglès. La figura 15 mostra la finestra de la selecció de l'idioma de la instal·lació.

Figura 15. Finestra de la selecció de l'idioma de la instal·lació



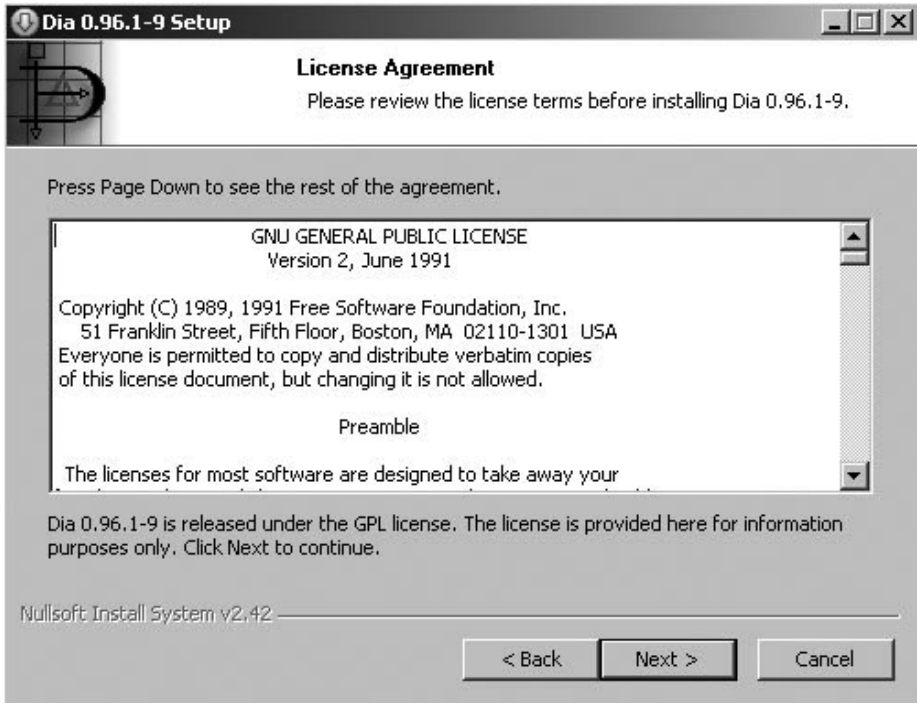
S'accepta l'idioma d'instal·lació anglès *English* i, després, *OK*, i comença el procés d'instal·lació amb una finestra d'inici. La figura 16 mostra la finestra d'inici d'instal·lació.

Es continua amb la instal·lació amb el botó *Next* i la finestra següent (figura 17) mostra la llicència d'ús del programa.

Figura 16. Finestra d'inici de la instal·lació



Figura 17. Finestra de llicència d'ús del programa



Es continua amb la instal·lació amb el botó *Next* i la finestra següent mostra els components que s'instal·len del programa (figura 18).

Els components que s'han d'instal·lar són ***Dia Diagram Editor*** i ***Translations***. Es continua amb la instal·lació amb el botó *Next* i la finestra de la figura 19 mostra la carpeta en la qual s'ha d'instal·lar el programa.

Figura 18. Finestra dels components que s'han d'instal·lar

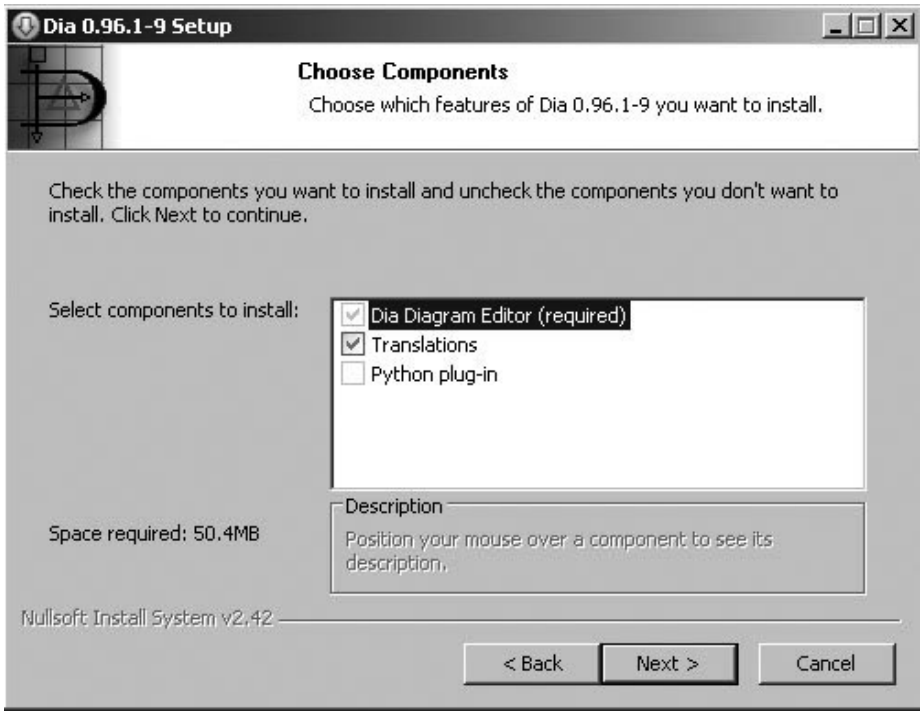
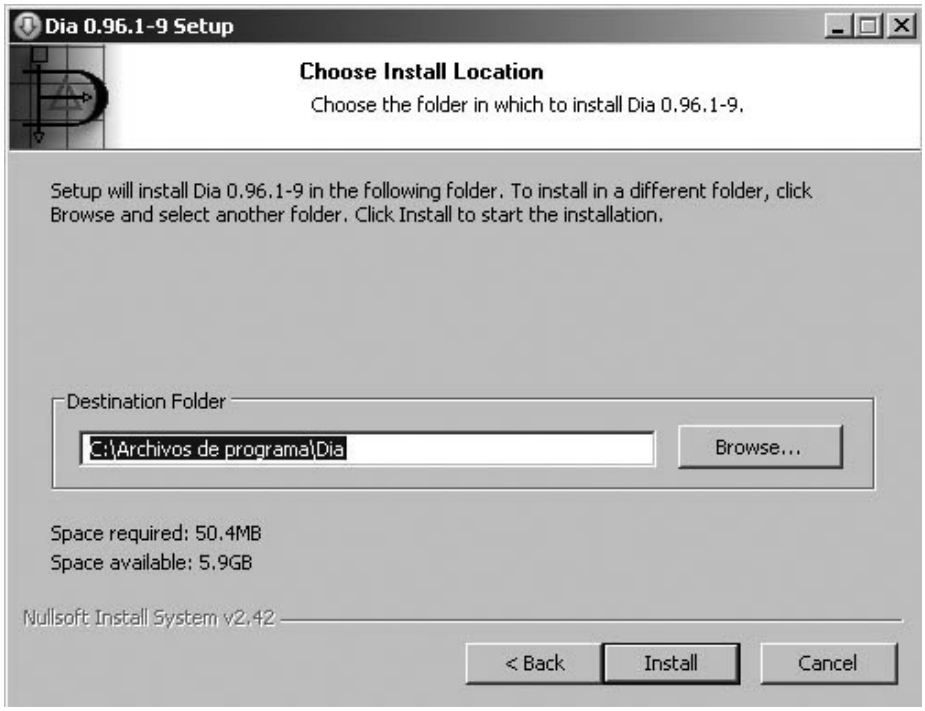


Figura 19. Finestra de la carpeta en què s'instal·la el programa



Es pot canviar el directori d'instal·lació amb el botó *Browse*...

Es continua amb el botó *Install* i comença la instal·lació. La figura 20 mostra el procés d'instal·lació.

La instal·lació finalitza. La figura 21 mostra l'última finestra que indica que la instal·lació ha finalitzat.

Figura 20. Finestra del procés d'instal·lació

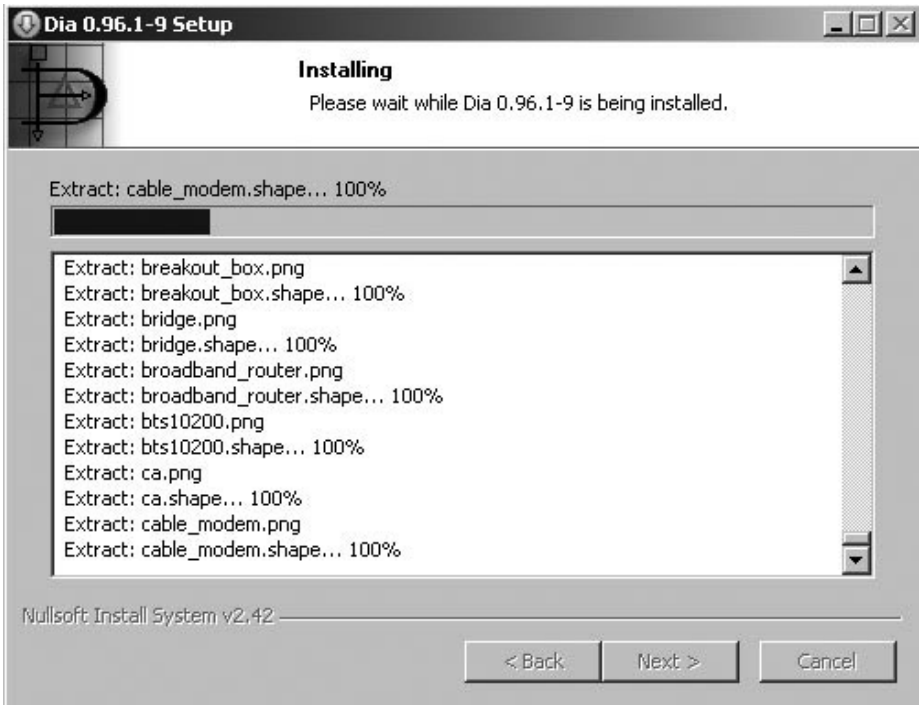


Figura 21. Finestra de finalització de la instal·lació



Es finalitza la instal·lació amb el botó *Finish*.

1.2.3. Elements principals de Dia

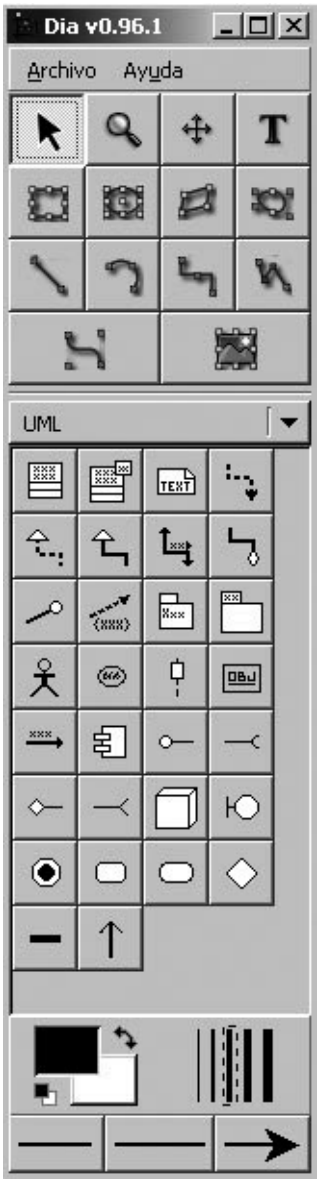
La finestra principal d'eines de Dia permet crear nous esquemes o diagrames, seleccionar les eines que cal utilitzar i modificar les característiques o preferències generals de Dia. La figura 22 mostra la finestra principal d'eines de Dia.

La finestra d'eines principals es divideix en quatre àrees:

1) La primera és el menú que conté la gestió d'arxius, del programa i l'ajuda.
2) L'àrea següent és la del punter i les formes estàndard.
3) La tercera són les biblioteques de formes. Aquestes biblioteques es poden escollir en el menú desplegable.
4) L'última àrea és la del color i la forma de les línies de dibuix.

Es pot obtenir informació de la funció d'una forma o icona passant el cursor per sobre de la forma.

Figura 22. Finestra principal d'eines de Dia



El menú de gestió

La finestra d'eines principals conté a la part superior el menú de gestió d'arxius, del programa i l'ajuda.

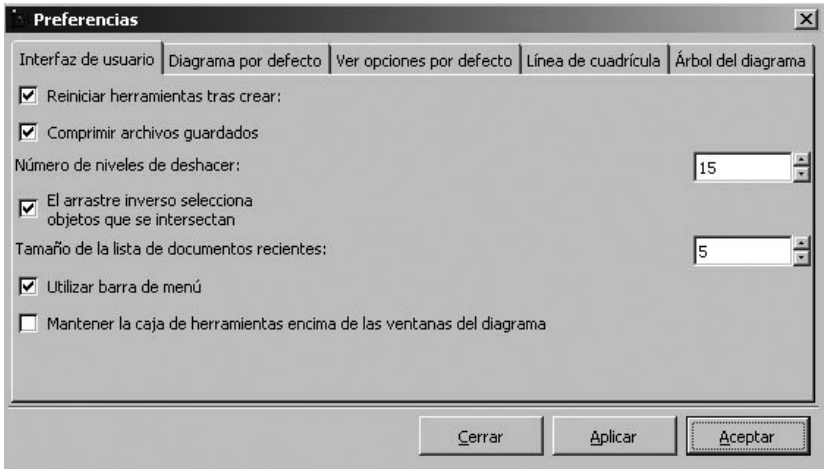
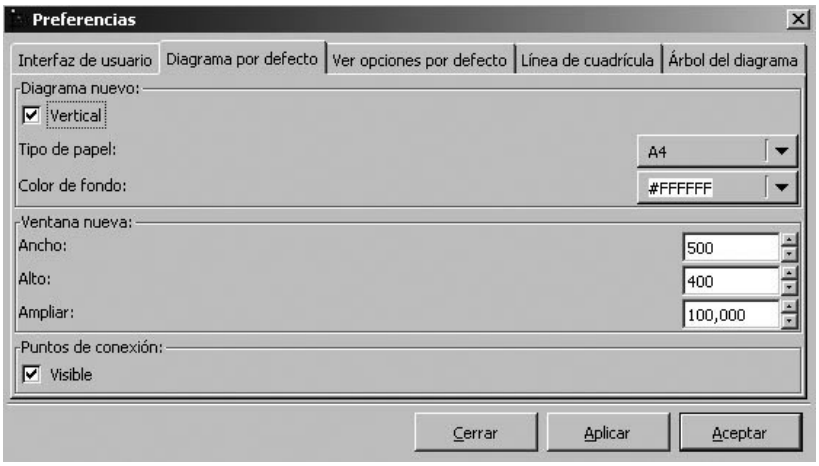
Des d'arxiu es pot crear un nou diagrama, obrir un diagrama ja creat, definir o modificar les preferències o característiques dels diagrames, consultar les relacions entre els diferents diagrames, modificar el contingut dels objectes de la biblioteca, activar o desactivar les biblioteques o complements i sortir del programa. En la figura 23 es mostra el menú Arxiu amb totes les opcions possibles.

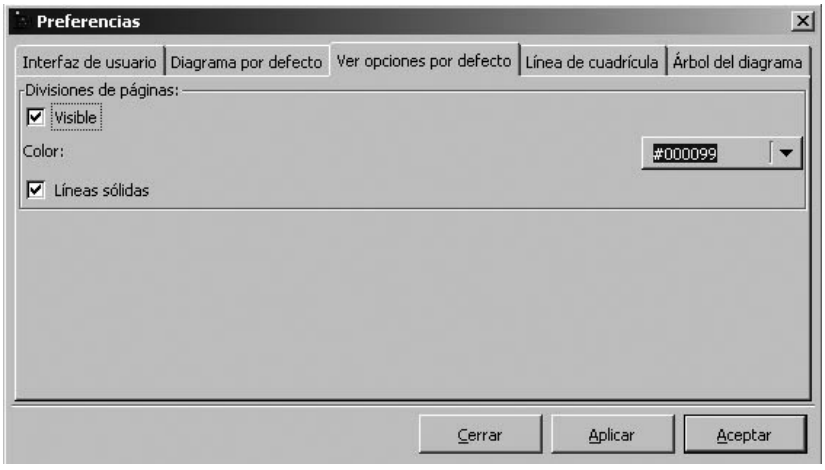
Figura 23. Finestra del menú de gestió

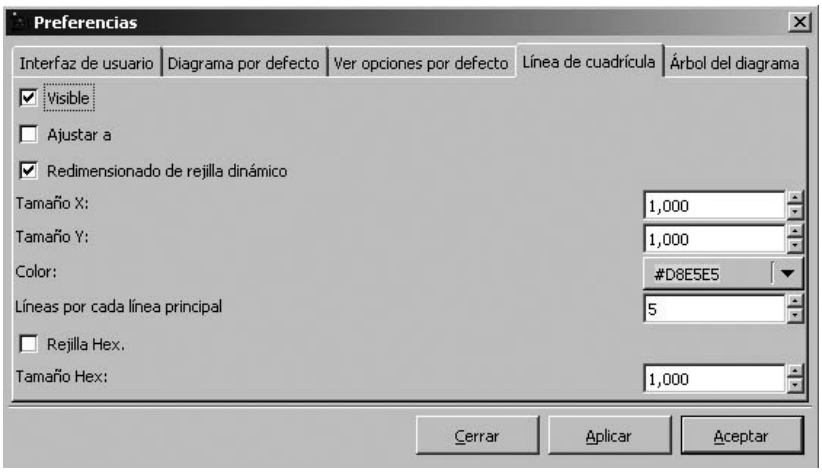
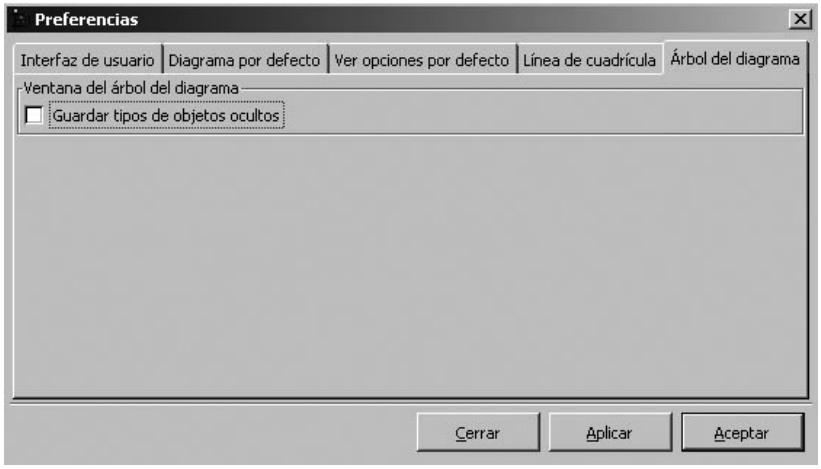


En l'apartat de preferències es defineixen les característiques generals dels diagrames. L'apartat de preferències s'organitza en cinc carpetes. En la taula 12 es descriuen les funcions més importants de cada carpeta del submenú de preferències.

Taula 12. Submenú de preferències

Carpeta del menú de preferències	Descripció
	Es pot definir el nombre de vegades que es poden desfer les accions i el nombre dels últims documents oberts.
	En crear un nou diagrama es pot definir per defecte el tipus de paper, el color del fons i la grandària de la finestra.

Carpeta del menú de preferències	Descripció
	Es pot definir la grandària de la reixeta que serveix de guia per col·locar els objectes, i també el color i el comportament amb les ampliacions o reduccions (reixeta dinàmica).

Carpeta del menú de preferències	Descripció
	Es pot definir que la divisió del tipus de paper sigui visible.
	És possible desar els tipus d'objectes ocults.

L'àrea de punter, text i formes bàsiques

La finestra d'eines principals conté a la part inferior del menú de gestió un grup d'icones que conté el punter i les formes més bàsiques. Són els elements que s'utilitzen per crear formes rectes o arrodonides, per unir o relacionar formes, per afegir imatges creades, per seleccionar, augmentar o disminuir l'àrea de dibuix, o per afegir text.

Alguns d'aquest elements permeten modificar les seves característiques fent doble clic amb el botó esquerre del ratolí sobre la icona corresponent.

Els objectes també es poden modificar una vegada dibuixats en el diagrama amb un doble clic amb el botó esquerre del ratolí o també admeten variacions fent clic amb el botó dret del ratolí.

En la taula 13 es descriuen els elements de l'àrea de punter, text i formes bàsiques.

Taula 13. Elements de l'àrea de punter, text i formes bàsiques

Element	Descripció
	Selecció d'objectes.
	Ampliació. Amb el *Shift* se'n pot fer una reducció.
	Desplaçament sobre el diagrama.
	Introduir text. Amb un doble clic sobre la icona permet definir l'alineació del text, la font i la grandària.
	Rectangle. Amb un doble clic sobre la icona permet definir un radi de curvatura a les cantonades.
	El·lipse.
	Polígon. Es pot afegir un vèrtex amb el botó dret del ratolí sobre el polígon. Per defecte, és un triangle.
	Polígon Bézier. Permet crear formes ovalades i arrodonides. Es pot afegir un segment amb el botó dret del ratolí sobre de la figura.
	Línia. Es poden afegir punts de connexió amb el botó dret del ratolí sobre de la línia. Amb un doble clic sobre la icona permet afegir un espai blanc a l'inici de la línia o al final.
	Arc.
	Línia en ziga-zaga. Amb un doble clic sobre la icona permet definir un radi de curvatura a les cantonades.
	Polilínia. Permet afegir segments amb diferent direcció amb el botó dret del ratolí a sobre de la línia. Amb un doble clic sobre la icona permet definir un radi de curvatura a les cantonades i afegir un espai blanc a l'inici de la línia o al final.
	Línia Bézier. Permet crear línies arrodonides. Es pot afegir un segment amb el botó dret del ratolí a sobre de la línia. Amb un doble clic sobre la icona permet definir un radi de curvatura a les cantonades i afegir un espai blanc a l'inici de la línia o al final.
	Afegir imatge. Amb el botó dret del ratolí i propietats s'insereix una imatge. Amb un doble clic sobre la icona permet inserir una imatge.

Biblioteques de formes

Dia disposa d'una sèrie de formes creades que s'agrupen en biblioteques segons el tipus de diagrama. Aquestes biblioteques es poden augmentar afegint-hi formes noves o importades d'altres biblioteques. També és possible crear noves biblioteques o importar-les.

Es pot modificar la grandària de la finestra principal d'eines per poder veure tots els elements d'una biblioteca.

Les biblioteques de Dia més utilitzades en electricitat i en electrònica són:

- Circuit.
- Elèctrica.
- FS.
- Lògica.
- Xarxa.
- SADT/IDEFO.
- Assortiment.

Biblioteca circuit

La biblioteca circuit conté els elements més utilitzats en electrònica analògica. Hi ha diferents representacions de cada element, i també diferents orientacions (vertical i horitzontal).

Els elements més importants són:

- Font d'alimentació.
- Referència a terra.
- Resistència.
- Inductància.
- Condensador.
- Díode, díode Zener, LED.
- Transistor bipolar npn i pnp i transistor NMOS i PMOS.
- Amplificador operacional.
- Làmpada.
- Altaveu i micròfon.

En la figura 24 es mostren els elements de la biblioteca circuit.

Figura 24. Biblioteca circuit



Biblioteca elèctrica

La biblioteca elèctrica conté elements utilitzats en electrònica i en electricitat. Hi ha diferents representacions de cada element, i també diferents orientacions (vertical i horitzontal).

Els elements més importants són els següents:

- Contacte normalment obert i tancat.
- Relé.
- Làmpada.
- Punt de connexió.

En la figura 25 es mostren els elements de la biblioteca elèctrica.

Figura 25. Biblioteca elèctrica



Biblioteca FS

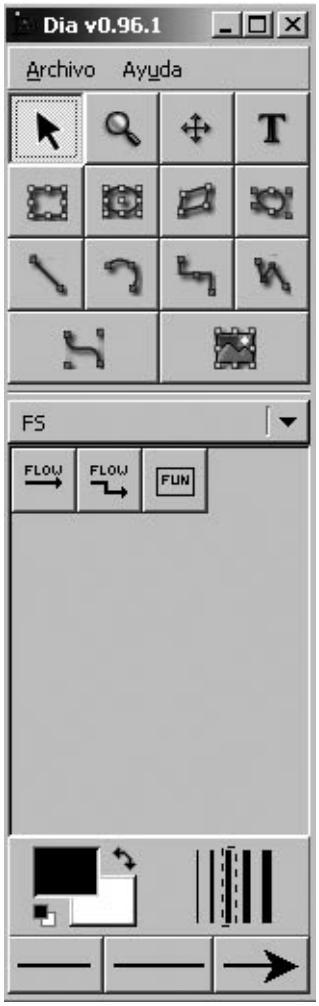
La biblioteca FS (*Function Structure*) conté els elements per relacionar diferents estructures. És possible canviar el tipus de relació amb el botó dret sobre cada element.

Els elements de la biblioteca són:

- Fletxa de relació directa.
- Fletxa de relació amb segments.
- Caixa de funció.

En la figura 26 es mostren els elements de la biblioteca FS.

Figura 26. Biblioteca FS



Biblioteca lògica

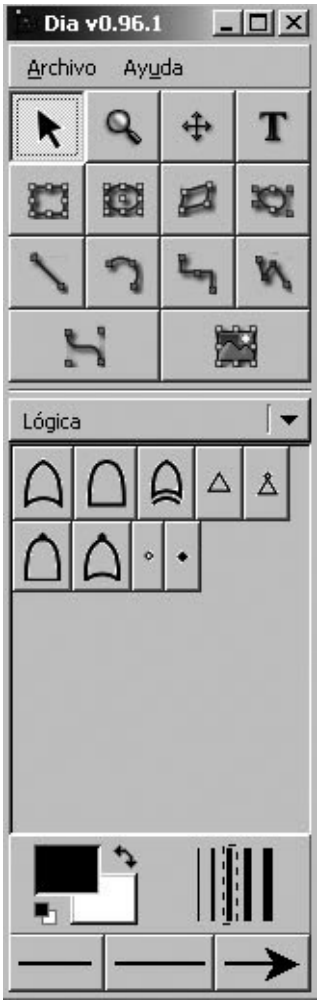
La biblioteca lògica conté els elements més utilitzats en electrònica digital.

Els elements més importants són:

- Porta I.
- Porta NO-I.
- Porta O.
- Porta NO-O.
- Porta NO.
- Connexió.

En la figura 27 es mostren els elements de la biblioteca lògica.

Figura 27. Llibreria lògica



Biblioteca xarxa

La biblioteca xarxa conté els elements més utilitzats en els diagrames amb xarxes de dades i informàtica.

Els elements més importants són:

- Ordinador amb diferents configuracions.
- Impressora.
- Encaminador.
- *Switch* i *hub*.
- Referència a terra.

En la figura 28 es mostren els elements de la biblioteca xarxa.

Figura 28. Biblioteca xarxa



Biblioteca SADT/IDEFO

La biblioteca SADT/IDEFO (*Structured Analysis and Design Technique*) conté una sèrie d'elements organitzats en forma d'arbre.

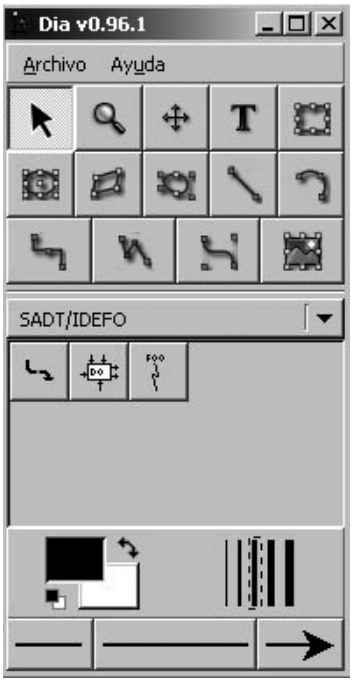
Els elements SADT són fletxes que representen flux de dades, material o informació i caixes que representen activitats o dades.

Els elements de la biblioteca són:

- Fletxes (flux).
- Caixa.
- Etiqueta de flux.

En la figura 29 es mostren els elements de la biblioteca SADT/IDEFO.

Figura 29. Biblioteca SADT/IDEFO



Biblioteca d'assortiment

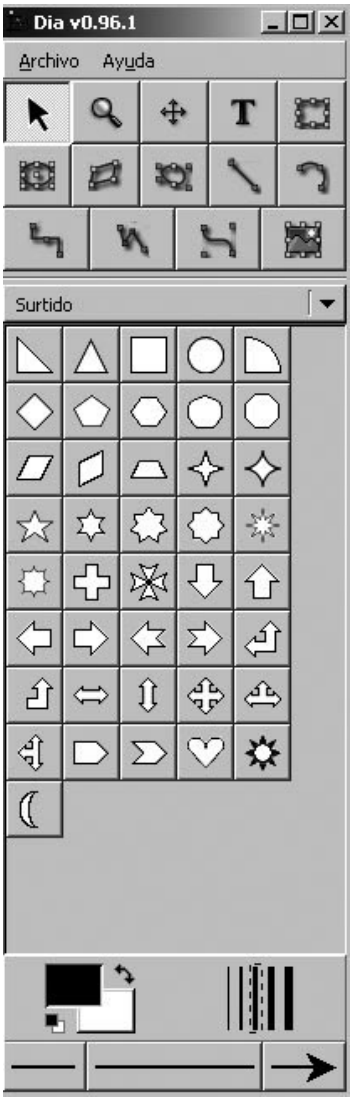
La biblioteca d'assortiment conté les formes geomètriques bàsiques, fletxes i altres formes de suport per als diagrames.

Els elements més importants són:

- Figures geomètriques en diferents configuracions.
- Estrelles amb diferents nombres de puntes.
- Creus.
- Fletxes.

En la figura 30 es mostren els elements de la biblioteca d'assortiment.

Figura 30. Biblioteca d'assortiment



L'àrea del color i formes de línia

La part inferior de la finestra d'eines principal conté les opcions de línia de les fletxes i dels objectes en general.

Es pot definir el color de l'element nou i el seu fons amb els rectangles de color:

- El rectangle en primer pla gran defineix el color de l'element.
- El rectangle en segon pla gran defineix el color de fons de l'element.
- La fletxa permet intercanviar els colors element-fons.
- Els dos rectangles petits restableixen els colors originals amb negre per a l'element i blanc per al fons.

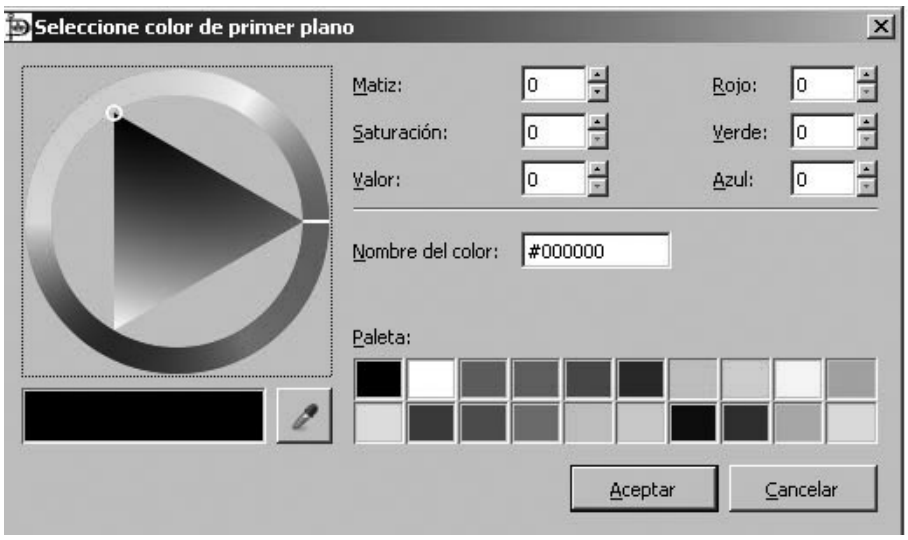
En la figura 31 es mostren els rectangles per modificar el color dels elements i del fons.

Figura 31. Selecció dels colors dels objectes i dels fons



Per modificar el color de l'element o del fons s'ha de fer clic sobre del rectangle en primer pla o en segon pla gran. La figura 32 mostra la finestra per seleccionar-ne el color.

Figura 32. Finestra de selecció del color



Les opcions per escollir un color són:

- Movent el vèrtex del triangle per trobar el matís i després dins del triangle per determinar-ne la saturació i la lluminositat.
- Fixant els valors de matís, saturació i lluminositat numèricament.
- Fixant els valors dels components de vermell, verd i blau.
- Els colors predefinits en la paleta. Es pot modificar la paleta amb el botó dret del ratolí.
- L'eina degotador permet capturar qualsevol color de la pantalla.

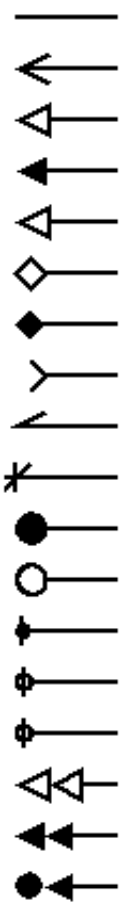
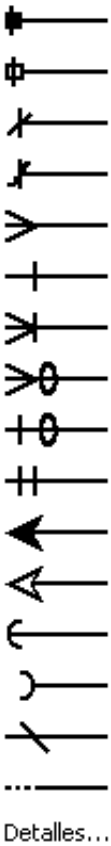
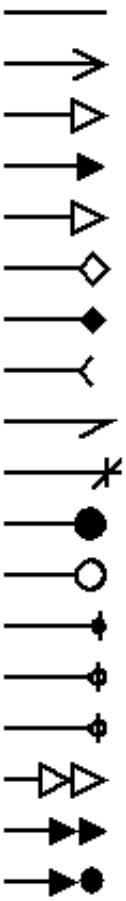
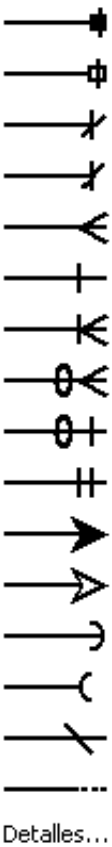
L'amplada de línia dels elements es pot definir seleccionant una de les cinc amplades per defecte. Per definir-ne manualment l'amplada s'ha de fer doble clic sobre les icones de les amplades de línia. La figura 33 mostra la selecció de l'amplada de línia.

Figura 33. Selecció de l'amplada de línia



La forma de la línia i la forma de la fletxa d'inici i de final es poden definir seleccionant una de las formes disponibles. Es poden definir les característiques d'amplada i llargada de la fletxa, i també la distància en les discontinuïtats amb l'opció de detalls. La taula 14 mostra les formes de les línies disponibles.

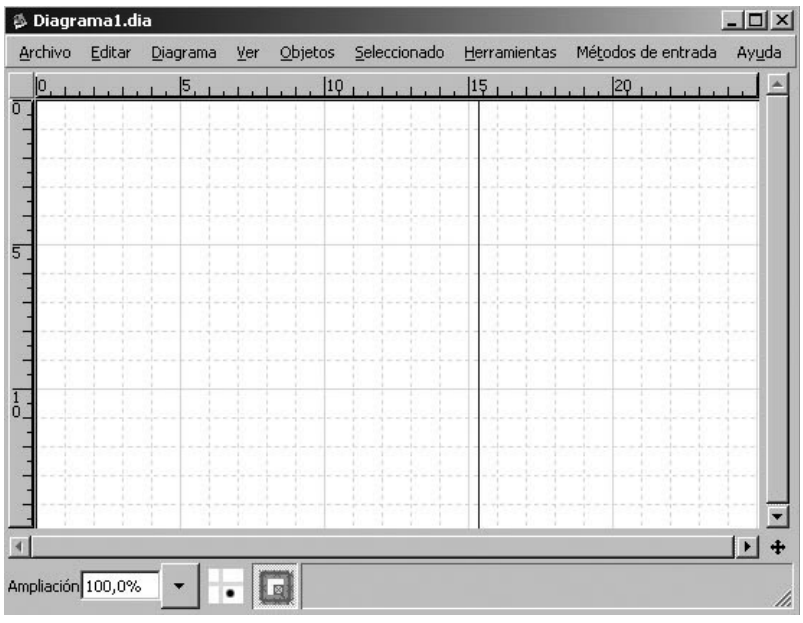
Taula 14. Formes de les línies

Inici	Inici	Línia	Final	Final
	 Detalles...	 Detalles...		 Detalles...

1.2.4. Elements del diagrama

La finestra del diagrama (figura 34) permet crear nous esquemes o diagrames i modificar les característiques o preferències del diagrama.

Figura 34. Elements de la finestra del diagrama



La finestra del diagrama es divideix en tres àrees:

1) La primera és el menú, que conté la gestió d'arxius, del diagrama (editar, veure, objectes, seleccionar i eines) i l'ajuda.

2) La part següent de la finestra del diagrama és l'area de treball, que conté una graella petita que s'utilitza de referència quan es col·loquen els elements i una graella més gran que indica l'àrea d'impressió de cada pàgina. La creu que es troba a la part inferior dreta mostra tot l'esquema fet, indipendentment de les pàgines que ocupi.

3) La tercera és la part inferior que conté, d'esquerra a dreta, l'ampliació o disminució de la visualització de l'esquema, l'activació de la graella de col·locació dels elements i l'activació d'unió de les connexions als elements.

El menú Arxiu

El menú Arxiu permet crear un nou diagrama, obrir un diagrama ja creat, exportar el diagrama a un altre tipus d'arxiu, configurar la pàgina d'impressió, tancar el diagrama o el programa. En la figura 35 es mostra el menú Arxiu amb totes les opcions possibles.

Figura 35. Menú Arxiu



En l'apartat Exportar és possible canviar el tipus d'arxiu amb l'objectiu que sigui compatible amb un altre programa.

Els tipus d'arxius que es poden exportar des de Dia es mostren en la taula 15.

Taula 15. Tipus d'arxius i la seva extensió que es poden exportar des de Dia

Extensió	Tipus d'arxiu	Descripció
bmp	BMP	Imatge de mapa de bits
cgm	CGM	Metaarxiu gràfic
code	XSL	Filtre de TransArray XSL
dia	Dia	Arxiu de Dia
cur	Windows	Arxiu de cursor
dxf	AutoCAD	Fitxer gràfic d'intercanvi: s'utilitza en altres aplicacions de gràfics vectorials com AutoCAD
emf	EMF	Metaarxiu millorat
eps	EPS	PostScript encapsulat

Extensió	Tipus d'arxiu	Descripció
fig	XFig	Format XFIG
hpgl	HP	Llenguatge de gràfics de Hewlett-Packard
ico	Icona	Fitxer d'icona
jpeg	JPEG	Joint Photographic Experts Group. Imatge comprimida
jpe	JPEG	Joint Photographic Experts Group. Imatge comprimida
jpg	JPEG	Joint Photographic Experts Group. Imatge comprimida
mp	TeX	Macros de Metapost de TeX
pdf	PDF	Format de document portàtil
plt	HP	Arxiu d'HP
png	PNG	Gràfic de xarxa portàtil: és un estàndard lliure per a gràfics
ps	PostScript	Gràfic de xarxa portàtil PostScript
svg	SVG	Gràfic escalable vectorial
shape	Dia	Arxiu de forma de Dia
tex	TeX i Latex	Macros de TeX PSTricks
tiff	TIFF	Tagged Image File Format
tif	TIFF	Tagged Image File Format
vdx	Visio	Format XML de Visio
wmf	Windows	Metaarxiu de Windows
wpg	WordPerfect	Gràfics de WordPerfect

El menú Editar

El menú Editar permet desfer o refer una acció, copiar, tallar i enganxar. En la figura 36 es mostra el menú Editar amb totes les opcions possibles.

Figura 36. Menú Editar



El menú Diagrama

El menú Diagrama permet modificar les propietats del diagrama com el color del fons, de la graella o de la graella de salt de pàgina, o les característiques de la graella. En la figura 37 es mostra el menú Diagrama amb les opcions possibles.

Figura 37. Menú Diagrama



Capes

Les capes permeten organitzar els objectes, i ordenar el dibuix en parts independents.

Tots els objectes d'una mateixa capa poden pujar o baixar sobre els objectes d'altres capes, es poden ocultar o esborrar a la vegada.

En la figura 38 es mostra la finestra de capes.

Figura 38. Finestra de capes



Es pot canviar el nom d'una capa fent clic dues vegades sobre la capa.

El menú Veure

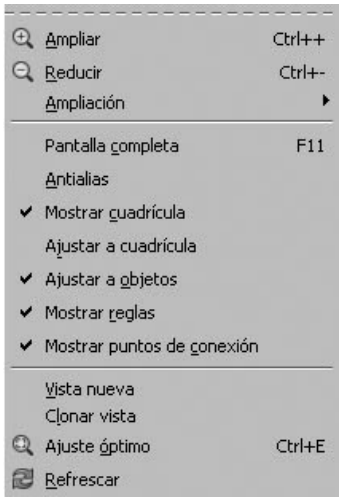
El menú Veure permet modificar la visió del diagrama.

És possible ampliar o reduir la visió del diagrama. En el menú d'Ampliació hi ha unes escales predeterminades d'ampliació o reducció. Amb l'ajust òptim es pot veure tot l'esquema.

Altres característiques es poden activar o desactivar com l'ajustament a la graella o als objectes, mostrar la graella, la regla o els punts de connexió.

En la figura 39 es mostra el menú Veure amb totes les opcions possibles.

Figura 39. Menú Veure



El menú Objectes

El menú Objectes permet posicionar objectes davant o darrere d'altres, alinear o agrupar objectes.

Els objectes es poden seleccionar individualment amb el botó esquerre del ratolí sobre l'objecte. Per seleccionar més objectes s'ha de prémer la tecla *Shift* juntament amb el botó esquerre del ratolí. També es pot seleccionar un grup d'objectes a la vegada mantenint el botó esquerre del ratolí i movent el ratolí per crear una àrea de selecció rectangular. Les opcions per treballar amb els objectes seleccionats són: enviar al fons, portar al davant i enviar enrere.

Una altra opció disponible entre dos objectes o més és l'agrupació. L'agrupació crea un objecte nou a partir de dos objectes o més seleccionats.

L'alineació permet ordenar els objectes en el diagrama.

Les propietats defineixen les característiques dels objectes com l'amplada de línia, el color i la forma de la línia.

La figura 40 mostra el menú Objectes.

Figura 40. El menú Objectes



Alineació

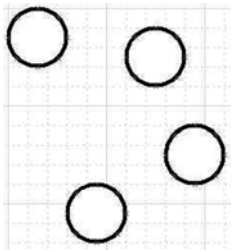
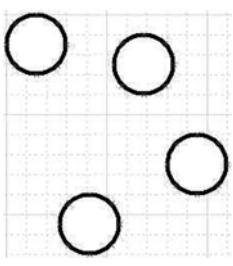
El submenú alineació permet ordenar els objectes del diagrama. La figura 41 mostra les opcions d'aquest submenú.

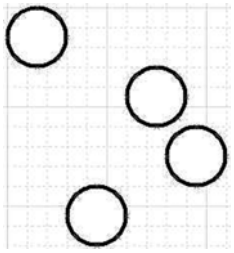
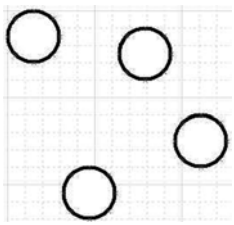
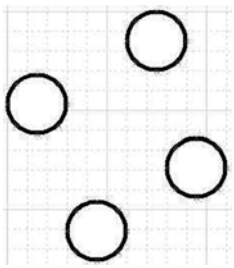
Figura 41. Submenú Alineació



En la taula 16 es presenten els tipus d'alineació dels objectes mostrant una distribució original sense cap alineació i els diferents resultats d'alineació.

Taula 16. Tipus d'alineació dels objectes

Alineació	Resultat
Original	
Esquerra, centrar o dreta	
Superior, mitjana, inferior	
Estendre horitzontalment	

Alineació	Resultat
Estendre verticalment	
Adjacent	
Apilat	

L'alineació esquerra, centrar o dreta fa una alineació vertical i pren com a referència l'objecte més a l'esquerra, el centre dels objectes seleccionats o l'objecte més a la dreta.

L'alineació superior, mitjana o inferior fa una alineació horitzontal i pren com a referència l'objecte més superior, la part enmig dels objectes seleccionats o l'objecte més inferior.

Estendre horitzontalment permet distribuir de manera equidistant els objectes entre l'objecte de més a l'esquerra i l'objecte més a la dreta, i mantenir la posició vertical de cada objecte.

Estendre verticalment permet distribuir de manera equidistant els objectes entre l'objecte de més amunt i l'objecte de més a baix, i mantenir la posició horitzontal de cada objecte.

L'opció adjacent permet distribuir horitzontalment i adjacentment els objectes mantenint la seva posició vertical.

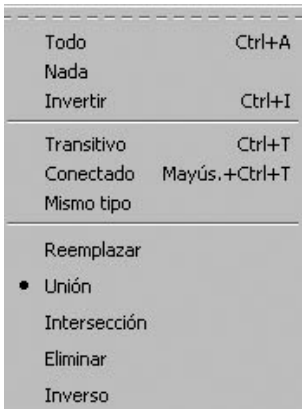
L'opció apilat permet distribuir verticalment i adjacentment els objectes i mantenir la seva posició horitzontal.

El menú Seleccionar

El menú Seleccionar permet seleccionar tots els objectes, cap objecte o tots els objectes excepte els que ja s'havien seleccionats. En la figura 42 es mostra el menú Seleccionar.

En seleccionar un objecte amb l'opció transitiu se seleccionen totes les unions i objectes relacionats amb l'objecte inicial.

Figura 42. Menú Seleccionar



En seleccionar un objecte amb l'opció connectat se seleccionen totes les unions de l'objecte. Amb l'opció mateix tipus se seleccionen tots els objectes de la mateixa classe.

El menú Eines

El menú d'Eines permet accedir a les mateixes eines de la finestra principal d'eines com la selecció d'objectes, ampliació, desplaçament sobre el diagrama, introduir text, rectangle, el·lipse, polígon, polígon Bézier, línia, arc, línia en ziga-zaga, polilínia, línia Bézier o afegir imatge. En la figura 43 es mostra el menú d'Eines.

Figura 43. Menú d'Eines



El fet de disposar del menú d'Eines permet accedir a les eines mitjançant una combinació de tecles.

1.3. Pràctiques del programari d'esquemes elèctrics

Els esquemes de la instal·lació elèctrica d'un habitatge, comerç o indústria es fan amb eines informàtiques que simplifiquen i reutilitzen tant els plànols i esquemes com els símbols normalitzats.

Dia és un programari de dibuix vectorial que està concebut de manera modular, amb llibreries de formes per elaborar diagrames o esquemes de circuits elèctrics i electrònics.

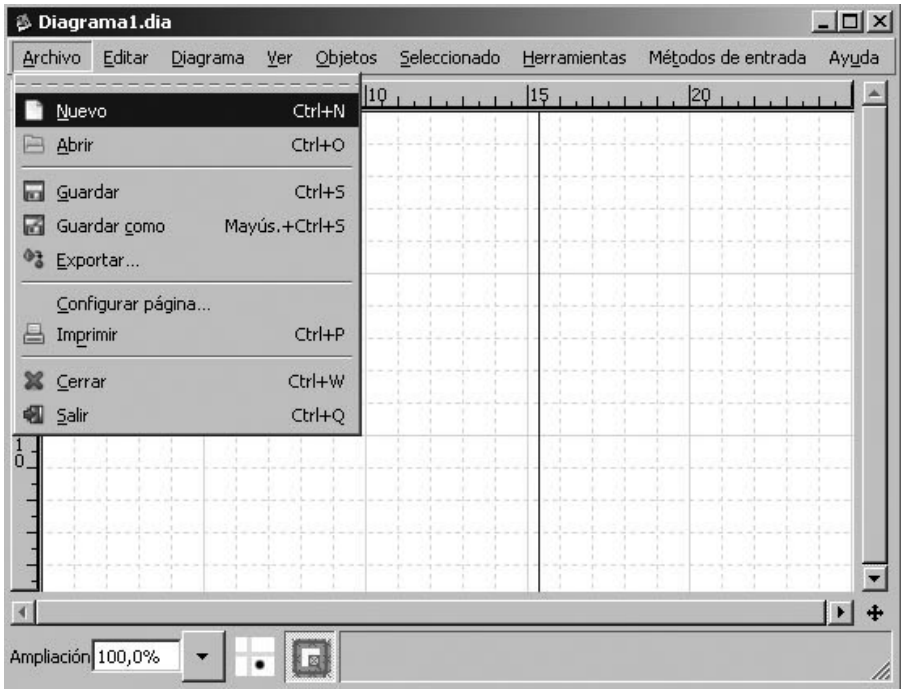
A partir de les formes existents es poden crear objectes nous, i aquests objectes es poden afegir a les llibreries ja existents o crear-ne de noves.

1.3.1. Creació d'un objecte elèctric

La creació d'esquemes o diagrames nous es pot fer en obrir el programa Dia o una vegada obert des del submenú Nou, del menú Arxiu.

En la figura 44 es mostra com obrir un diagrama nou.

Figura 44. Creació d'un diagrama nou



El full de diagrama disposa d'una graella que serveix de guia per fer els esquemes. Aquesta graella es pot configurar per canviar les seves dimensions o perquè s'adapti a la grandària de la pàgina.

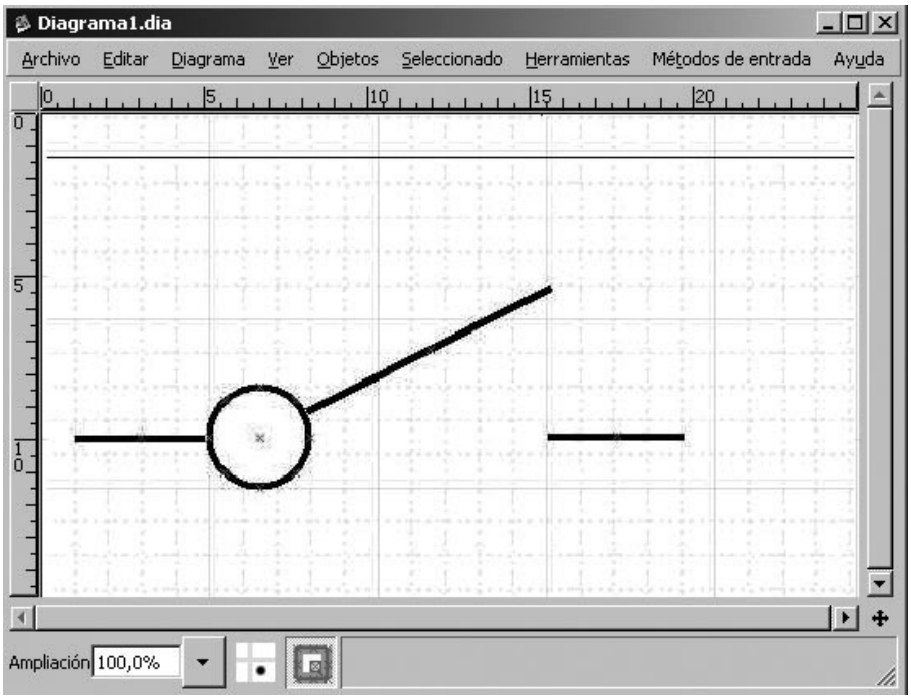
Una vegada obert el full de diagrama ja es poden dibuixar els objectes i les relacions entre ells.

Com a exemple de creació d'un objecte es dibuixa un interruptor a partir d'elements bàsics:

a) El primer pas és fer un dels contactes de l'interruptor mitjançant un cercle.
b) A continuació, amb l'opció d'activació d'unió de les connexions als el
c) ements es fa una recta amb origen el centre del cercle.
d) L'altre contacte es fa amb una altra recta.

En la figura 45 es mostra l'interruptor acabat.

Figura 45. Interruptor



1.3.2. Afegir formes noves

En molts esquemes i diagrames els objectes es repeteixen. Una manera d'evitar fer cada objecte cada vegada és copiar i enganxar l'objecte. Una altra manera és crear una nova forma i afegir-la a la llibreria. Així serà accessible per als futurs diagrames.

Com a exemple de creació d'una nova forma s'afegirà un interruptor a la llibreria elèctrica:

a) El primer pas és dibuixar l'interruptor.

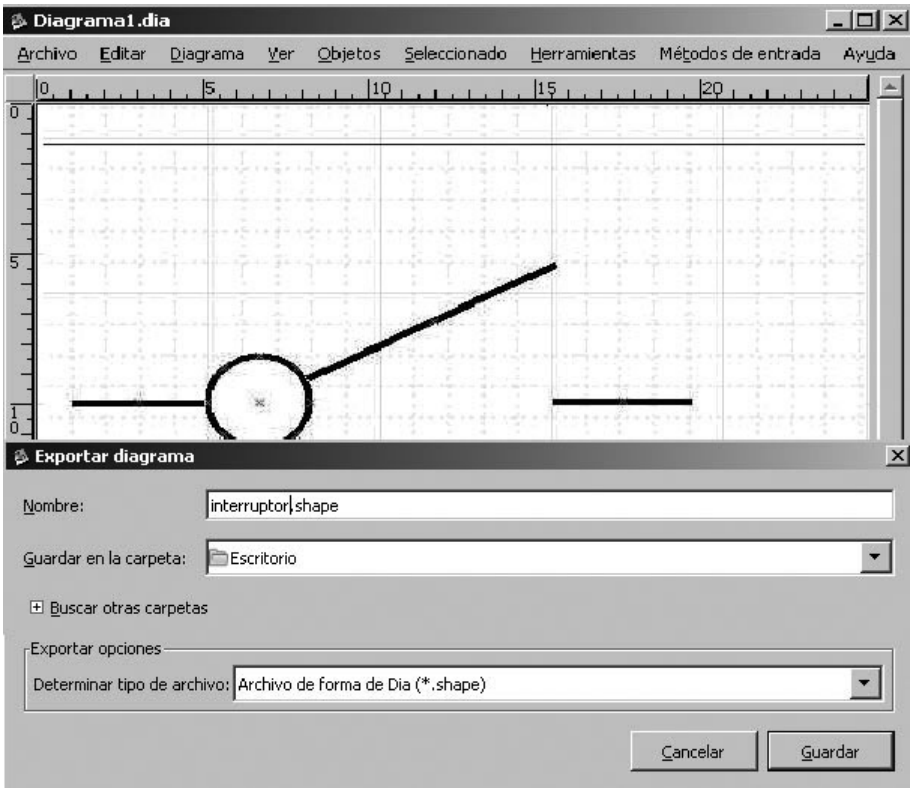
b) A continuació, s'ha de convertir l'esquema a forma mitjançant Arxiu i Exportar.

c) S'obre una nova finestra en la qual s'ha d'indicar el nom de la nova forma, l'extensió shape (tipus d'arxiu *.shape) i la carpeta en què es desa.

En la figura 46 es mostra la finestra d'exportació.

S'ha d'utilitzar un nom que sigui significatiu i que representi la forma nova. Es pot col·locar en qualsevol carpeta, però és recomanable utilitzar alguna carpeta del programa Dia.

Figura 46. Finestra d'exportació



A continuació, es demana la resolució de la icona que s'utilitzarà a les llibreries de formes de les eines principals de Dia.

Es pot utilitzar qualsevol resolució però és recomanable utilitzar 22 píxels d'amplada, que és la grandària utilitzada per a les formes a les llibreries de Dia.

En la figura 47 es mostra la finestra de la creació de la icona.

Figura 47. Creació de la icona



Resolució

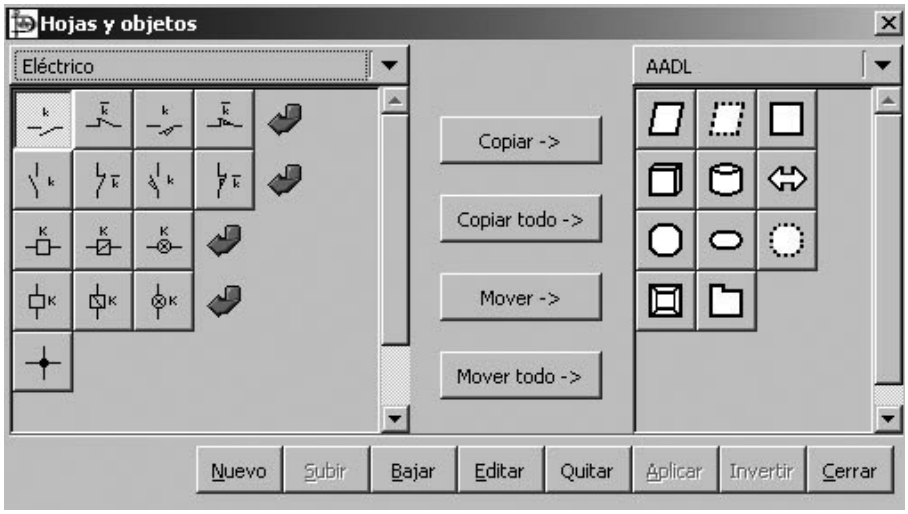
La resolució d'una imatge dóna informació del detall de la imatge. Tenir una resolució més gran és tenir una imatge amb més detall o qualitat visual. Per a les imatges digitals emmagatzemades com a mapa de bits, la convenció és descriure la resolució de la imatge amb dos nombres sencers, en què el primer és la quantitat de columnes de píxels (ample) i el segon és la quantitat de files de píxels (alt). Una altra manera és indicar el nombre total de píxels en la imatge.

Una vegada creada la forma s'ha d'afegir a la llibreria mitjançant Arxiu i Fulls (o llibreries) i objectes.

També es pot accedir a la finestra de Llibreries i formes mitjançant la tecla F9.

En la figura 48 es mostra la finestra de Llibreries i formes.

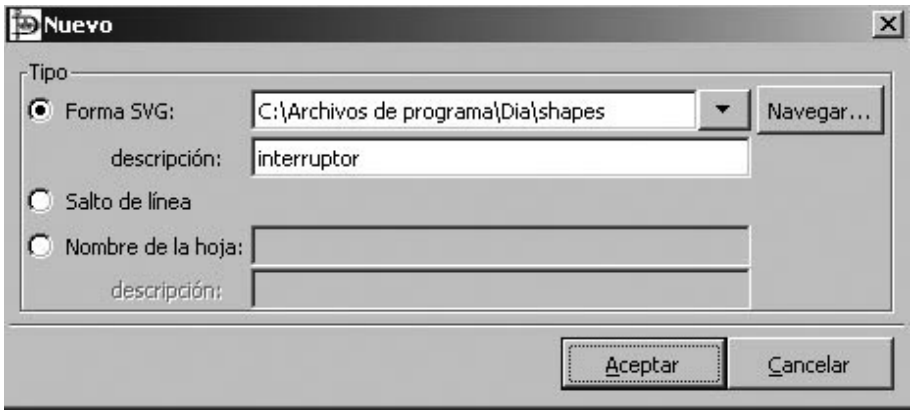
Figura 48. Finestra de les llibreries i formes



Per afegir una nova forma s'ha de seleccionar primer la llibreria. En la figura 51 es mostra seleccionada la llibreria elèctrica.

A continuació, s'ha de prémer el botó Nou i s'obre la finestra per afegir una nova forma a la llibreria com es mostra en la figura 49.

Figura 49. Finestra per afegir una nova forma a la llibreria



Amb el botó de Navegar se selecciona el fitxer amb la forma nova a partir d'una finestra nova que permet buscar aquest fitxer. Per exemple, en la figura 49 es mostra el fitxer "interruptor.shape".

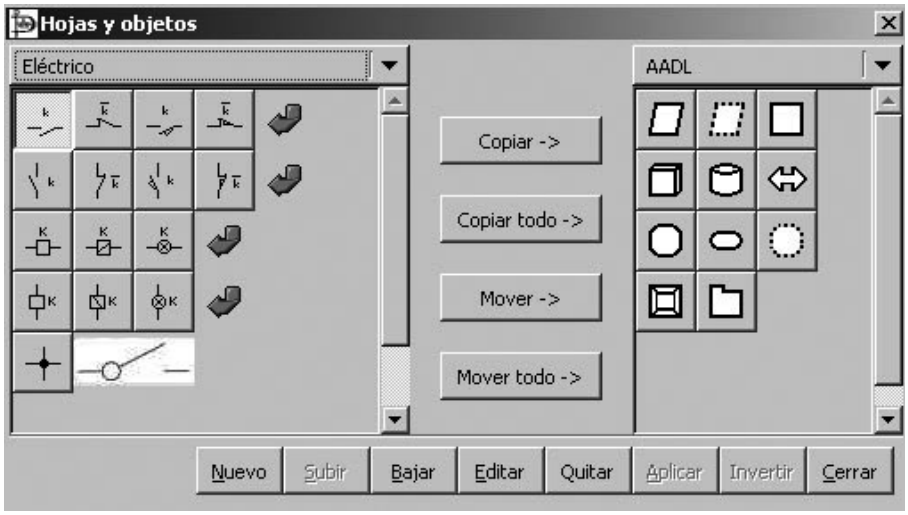
És recomanable emplenar el camp amb la descripció de la forma nova.

A continuació, amb el botó Acceptar es finalitza el procés d'afegir una forma nova a una llibreria.

En la figura 50 es mostra la forma interruptor afegida a la llibreria.

La nova forma de l'interruptor ja és accessible des de les llibreries de les eines principals de Dia.

Figura 50. Finestra de les llibreries i formes amb la nova forma afegida



En la figura 51 es mostra la finestra principal d'eines de Dia amb la llibreria elèctrica i la nova forma interruptor afegida.

Figura 51. Finestra principal d'eines de Dia amb la llibreria i la nova forma afegida

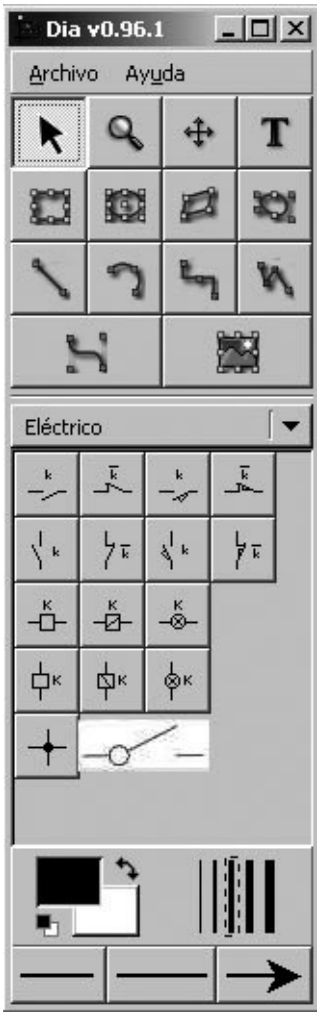


Figura 52. Sobre programa Dia



2. Dibuix tècnic aplicat

El dibuix tècnic és un sistema de representació gràfic de diversos tipus d'objectes, amb la finalitat de proporcionar prou informació per facilitar l'anàlisi, ajudar a elaborar el disseny i possibilitar-ne la futura construcció i manteniment.

El dibuix tècnic acostuma a fer-se amb l'ajut de mitjans informatitzats o, directament, sobre paper o altres suports plans. Els objectes, peces, màquines, edificis, plans urbans, etc., se solen representar en planta (vista superior, vista de sostre, planta de pis, coberta, etc.), alçat (vista frontal o anterior i lateral; almenys una) i seccions (o talls ideals) indicant-hi clarament les dimensions mitjançant acotacions; són necessàries un mínim de dues projeccions (vistes de l'objecte) per aportar informació útil de l'objecte.

El dibuix tècnic engloba treballs com ara esbossos o croquis, esquemes, diagrames, plànols elèctrics i electrònics, representacions de tot tipus d'elements mecànics, plànols d'arquitectura, urbanisme, etc., resolts mitjançant l'auxili de conceptes geomètrics, en què són aplicades la matemàtica, la geometria euclidiana, diversos tipus de perspectives, escales, etc.

El dibuix pot ser plasmat en una gran varietat de materials, com per exemple diversos tipus de paper, llenç o acetat; també podem projectar-lo en pantalla, mostrar-lo en un monitor, recrear animacions gràfiques dels volums, etc. Per fer el dibuix tècnic emprem diversos estris o instruments: regles de diversos tipus, compassos, llapis, esquadres, cartabò, tiralínies, retoladors, etc. Actualment, es fa servir sobretot la informàtica, en el vessant de disseny assistit mitjançant programes (CAD, 3D, vectorial, etc.) amb resultats òptims i en procés de millora continu.

2.1. Representació

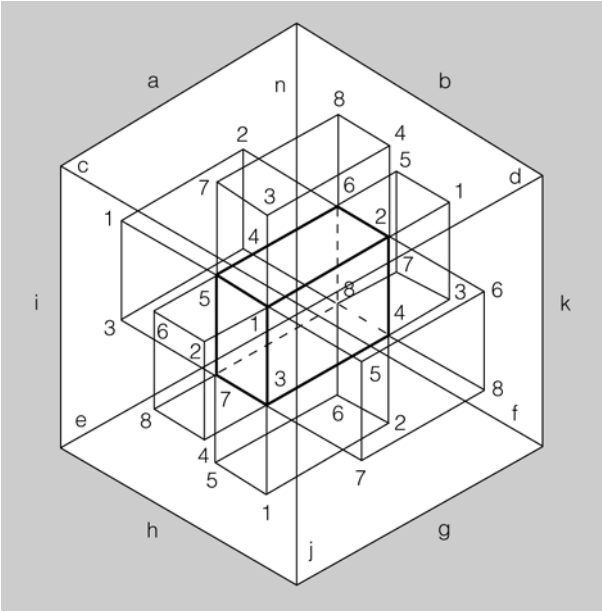
Per a la representació i la realització de peces de mecanització hem de tenir en compte tot un seguit de normes tècniques de dibuix que són molt útils per a aquesta representació i realització.

Els cossos geomètrics, peces i elements de mecanització es representen i queden definits per les projeccions ortogràfiques sobre sis plànols perpendiculars entre ells que reben el nom de **plànols principals**.

Aquestes sis projeccions, anomenades correntment **vistes**, reben els noms d'*alçat*, *planta*, *perfil esquerre*, *perfil dret*, *vista inferior* i *vista posterior*.

Aconseguim la representació en un únic pla (figura 53) fent coincidir tots sis plànols en un d'ells mitjançant girs d'aquests sobre les arestes corresponents.

Figura 53. Representació dièdrica

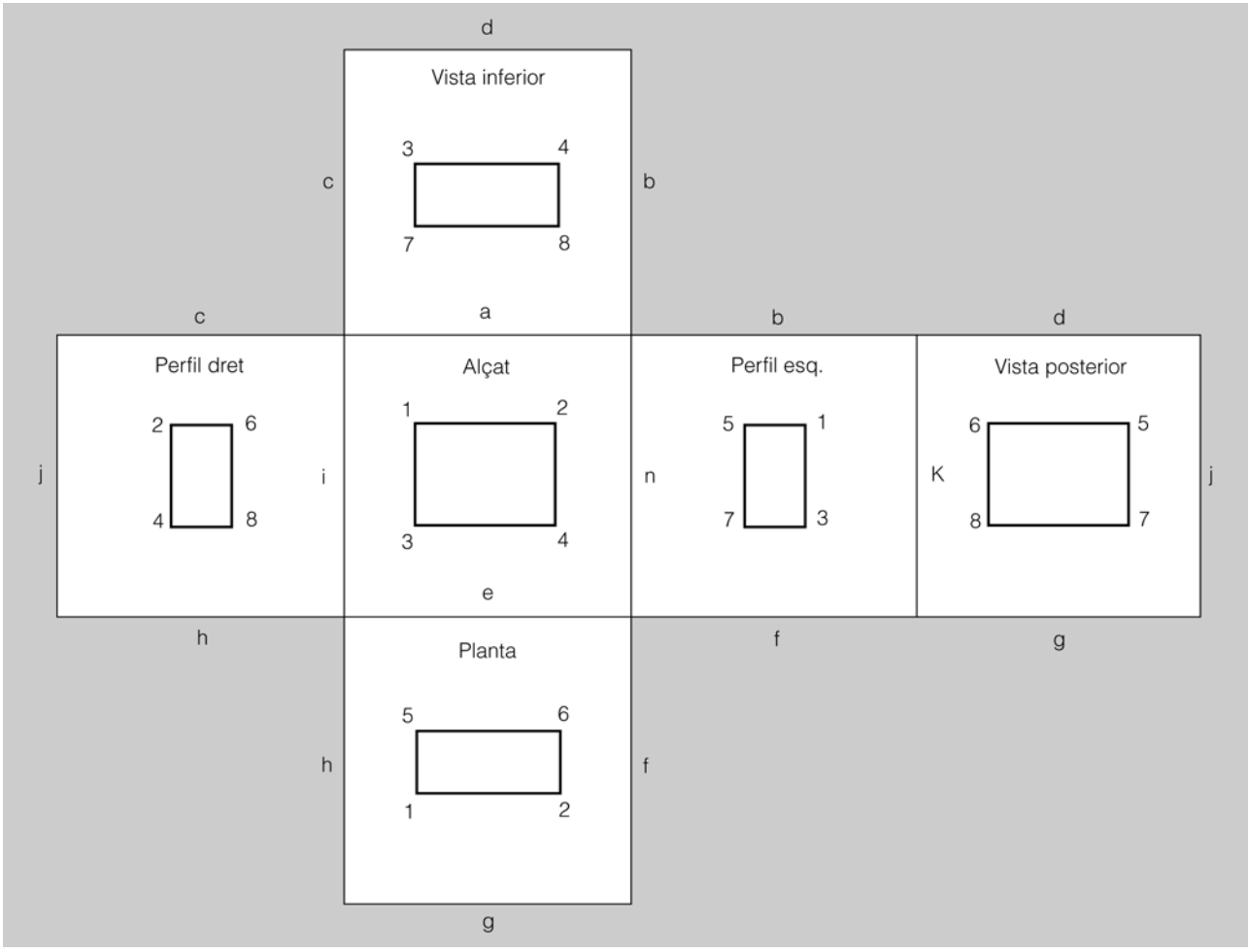


Sistema dièdric

El sistema dièdric és un sistema de representació geomètric dels elements de l'espai sobre un plànol, és a dir, la reducció de les tres dimensions de l'espai a les dues dimensions del plànol, utilitzant una projecció ortogonal sobre dos plànols que es tallen perpendicularment. Per generar les vistes dièdriques, un dels plans s'abat sobre el segon.

En el **sistema europeu de representació**, i si res ho impedeix, les vistes (figura 54) haurien d'ocupar necessàriament la posició assenyalada en la figura 53.

Figura 54. Vistes

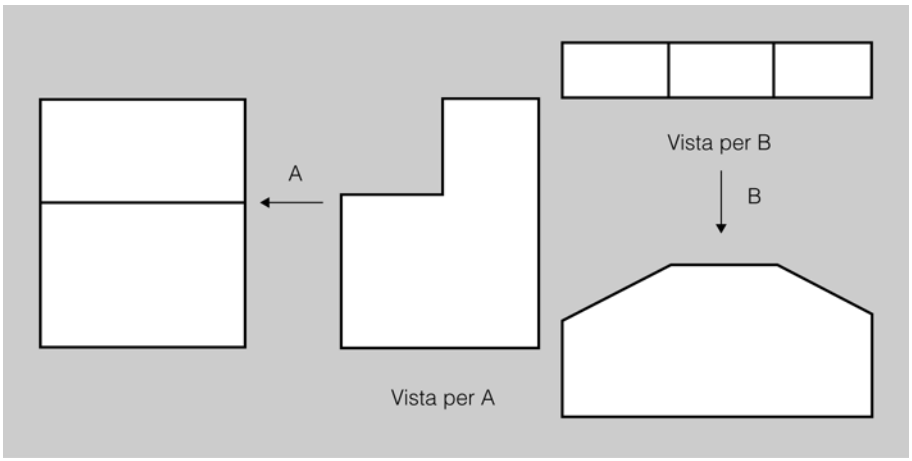


Quan per alguna raó una de les vistes no ocupa la posició que li toca d'acord amb la regla anterior, al peu haurà de dur la indicació següent:

"Vista per..."

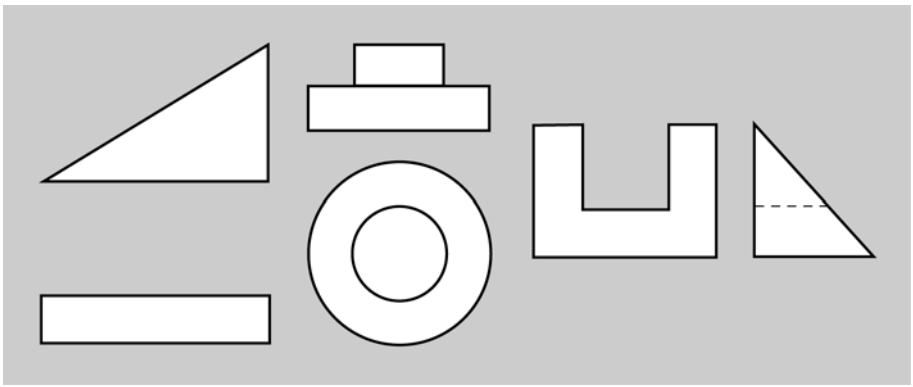
La visual que origina l'esmentada vista s'identificarà amb una fletxa i una lletra majúscula, tal com es pot observar en la figura 55.

Figura 55. Exemples de "Vistes per..."



A la pràctica n'hi ha prou amb tres vistes per deixar definida qualsevol peça. Normalment, dibuixem l'alçat (vista principal), la planta i un dels perfils. En algunes peces n'hi ha prou amb dues vistes (alçat i planta o alçat i perfil) per definir-les completament (figura 56). En aquest cas, no dibuixarem la tercera vista.

Figura 56. Exemples de peces amb només dues vistes



Quan una peça pugui ser representada per l'alçat i planta o per l'alçat i perfil, triarem les dues possibilitats que donin lloc a menys línies de traços. En podem observar dos exemples en la figura 57.

Altres peces poden quedar perfectament definides per una sola vista amb l'ajuda de l'acotació, signes especials o indicacions complementà-

ries. En aquest cas només haurem de dibuixar aquesta vista. Vegem la figura 58.

Figura 57. Exemples d'eliminació de vistes

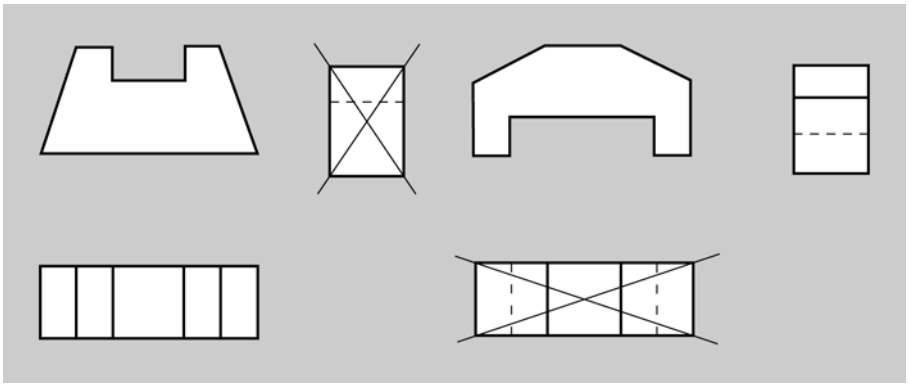
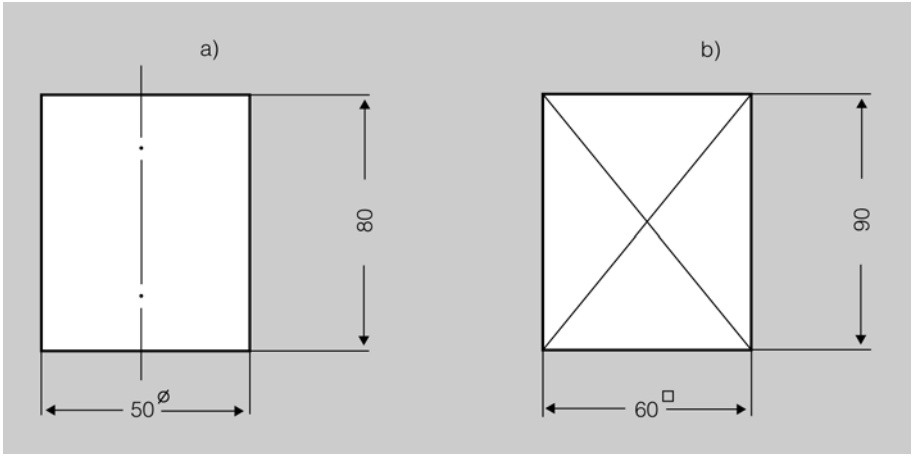


Figura 58. Exemples de peces d'una sola vista



En la figura 58 s'han representat un cilindre (figura 58a) i un prisma (figura 58b). En la figura 58a, la cota 50 amb el signe Ø com a exponent indica que la secció recta és un cercle de 50 mm de diàmetre. En la segona peça (figura 58b) la cota 60 amb el signe □ com a exponent indica que es tracta d'un prisma la secció recta del qual és un quadrat de 60 mm de costat.

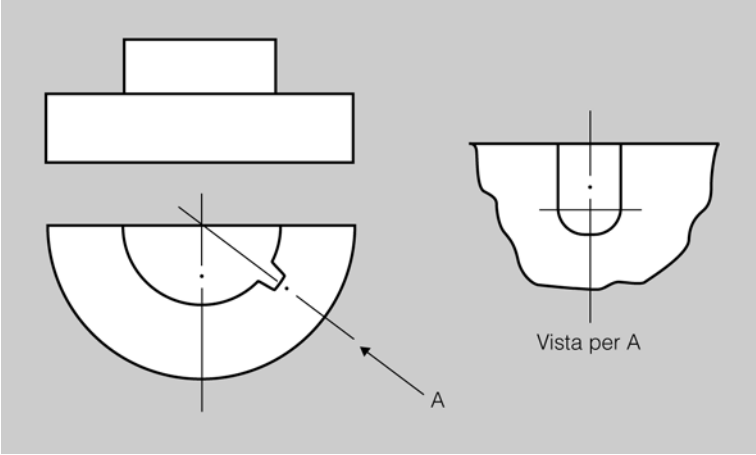
Com a regla general no hem de dibuixar més vistes que les indispensables per a la definició exacta i completa de la peça. Són excepcions de la regla anterior les peces complicades en les quals una altra vista o vistes, a més de les indispensables, poden facilitar el treball de lectura i interpretació del dibuix de la peça.

Si algun detall de la peça no queda clarament definit en les vistes normals, podem dibuixar-ne una vista parcial. Al peu d'aquesta vista parcial hem de posar la indicació següent:

"Vista per..."

i identificarem la visual que la va originar amb una fletxa i una lletra majúscula. Vegem la figura 59.

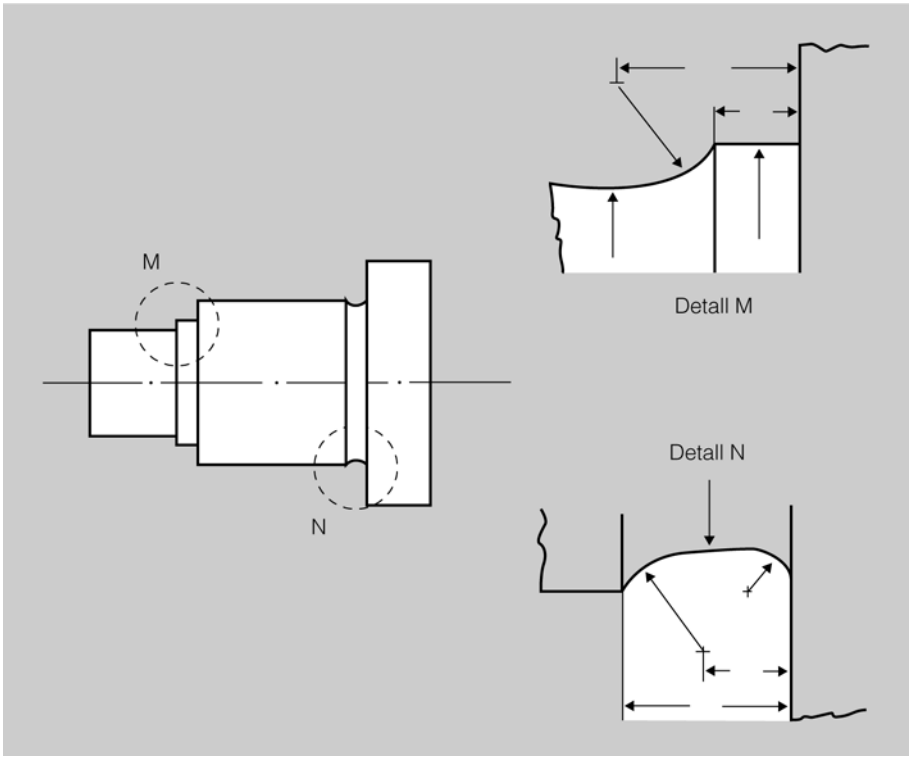
Figura 59. Exemple de "Vista per..."



Quan en el dibuix d'una peça hi hagi zones de difícil lectura perquè la mida dels detalls continguts en aquestes zones és petita, les dibuixarem a part, ampliant-les convenientment (figura 60). Envoltarem la zona ampliada amb un cercle de punt i traç i una lletra majúscula.

El detall ampliat durà al peu la indicació: "Detall...".

Figura 60. Exemple d'una peça amb dos detalls: M i N



No hem de dibuixar les vistes d'una peça ni massa juntes ni excessivament separades. Els espais lliures entre les vistes dependran de la

grandària de les vistes i seran prou amplis per col·locar les **cotes** o anotacions necessàries.

Cotes

Els plànols són documents que defineixen completament els objectes que representen. Per definir aquests objectes necessitem: les vistes que defineixen la forma geomètrica i les cotes que defineixen les dimensions. Una cota és el valor numèric expressat a les unitats de mesura apropiades, que es representa mitjançant línies, xifres, símbols i textos.

La **vista de front o alçat** és la vista principal i ha de ser escollida curosament perquè permeti apreciar allò que és més important i característic de la peça.

En els dibuixos de conjunt hauríem de representar les peces en la posició d'ocupació o funcionament. En els dibuixos de detall, representarem les peces en la posició de fabricació. Si una peça adopta diverses posicions en el procés de fabricació, per dibuixar-la triarem la posició predominant en aquest procés.

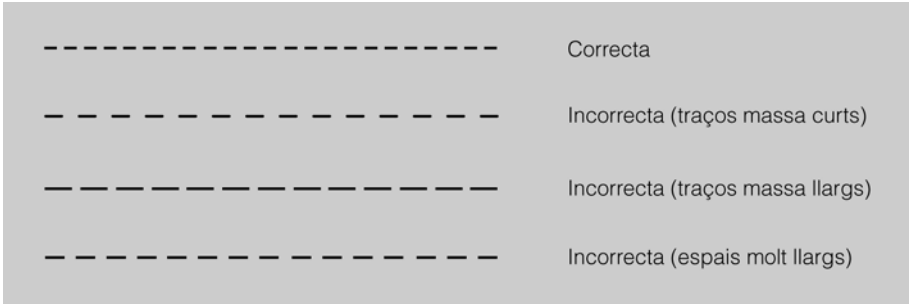
Dibuixem les arestes i línies de contorn de superfícies visibles per l'observador amb línia contínua i gruixuda. L'espessor d'aquest tipus de línies dependrà de la grandària del dibuix.

En dibuixos de gran grandària convindran línies d'espessors grans i en dibuixos petits línies d'espessor més fi. (!!)

Dibuixem les **arestes** i **línies de contorn ocultes** amb línies de traços d'espessor igual a la meitat d'allò que hem escollit per a les línies contínues corresponents a les arestes vistes.

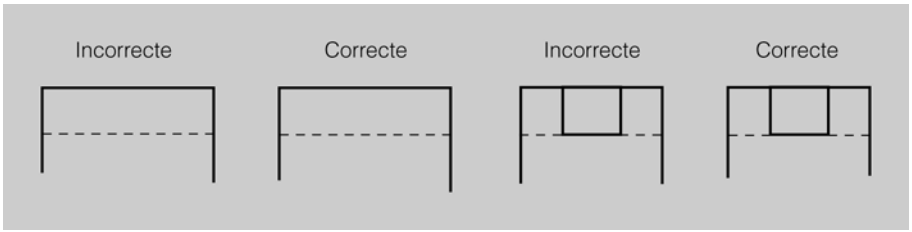
Els traços tindran la mateixa longitud i els espais entre ells haurien de ser iguals i molt petits (figura 61).

Figura 61. Línies de traços



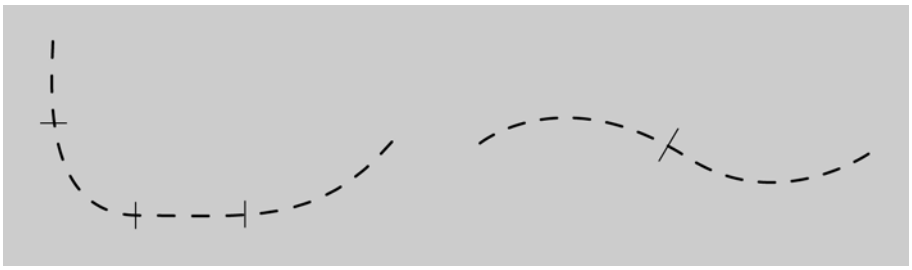
Les línies de traços han de començar i acabar en traç, llevat que siguin prolongació de línies contínues. Només en aquest cas començaran i acabaran en espai. Vegem-ne exemples en la figura X62.

Figura 62. Exemples de línies de traços en dues peces



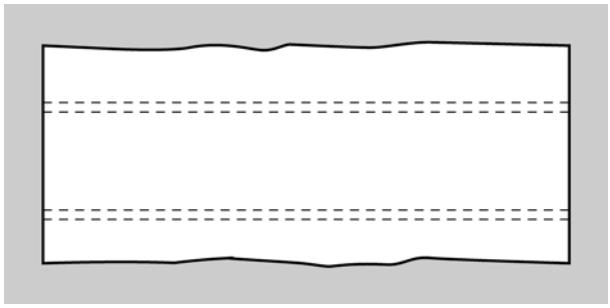
Tallarem les línies de traços sempre en traç (figura 63). Quan les línies de traços estiguin compostes per arcs, o arcs i rectes, els traços haurien de tenir el principi o el final als punts de tangència.

Figura 63. Exemples de línies de traços compostes per arcs, o arcs i rectes.



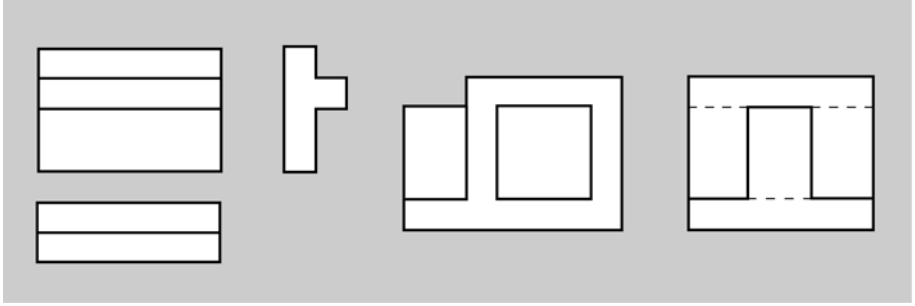
Quan dues línies de traços paral·leles estiguin molt juntes (figura 64), hauríem de dibuixar-les amb els traços desplaçats entre elles.

Figura 64. Exemple de línies de traços paral·leles i juntes



Si en una vista coincideixen una línia contínua i una de traços, dibuixarem només la primera (figura 65).

Figura 65. Exemples de coincidència d'una línia contínua amb una de traços



Només cal que dibuixem línies de traços que siguin totalment necessàries per a la definició exacta de la peça. Si en una o dues vistes d'una peça queda definit un detall que en altres vistes estaria representat en línies de traços, podem prescindir d'aquestes mateixes línies de traços en les altres vistes (figura 66).

Les **vistes simètriques** han de dur eixos de simetria de traç i punt (figura 67). L'espessor d'aquests eixos és la tercera part del de les línies contínues d'arestes vistes. La longitud dels traços haurà de ser uniforme i dependrà de la grandària del dibuix. Col·locarem els punts, d'igual espessor que els dels traços, a la meitat de l'espai lliure entre aquests. Els espais seran molt petits.

Figura 66. Exemples de supressió de línies de traços en una de les vistes si en les altres queden definides

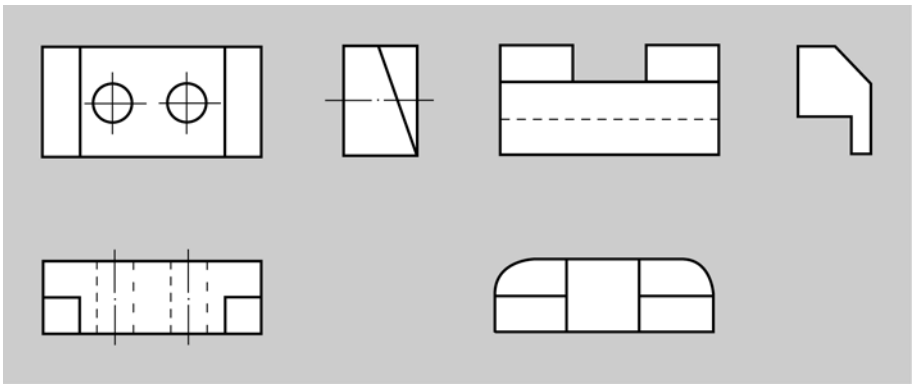
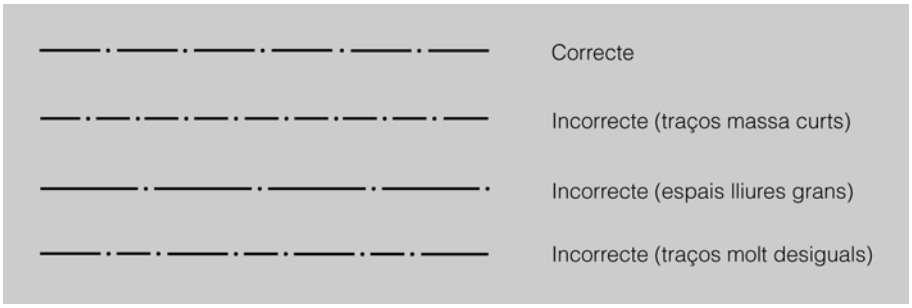
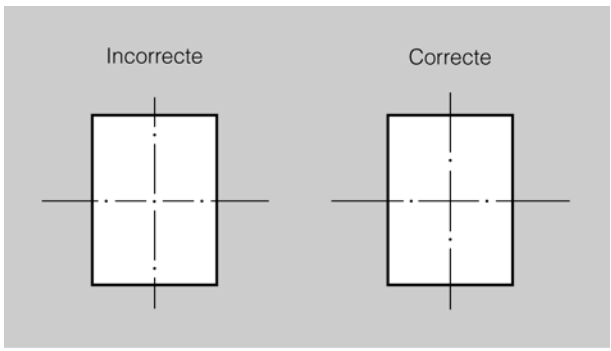


Figura 67. Exemple correcte d'eix de simetria



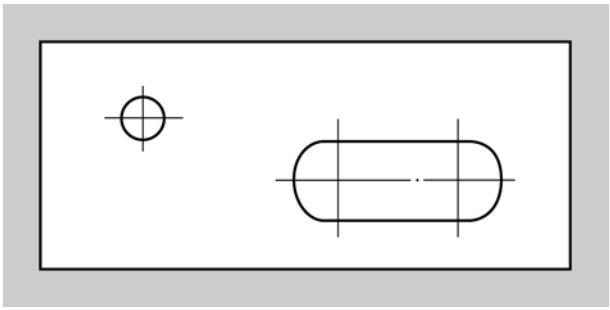
Només podem tallar els eixos en traç.

Figura 68. Exemple de tall entre eixos de simetria



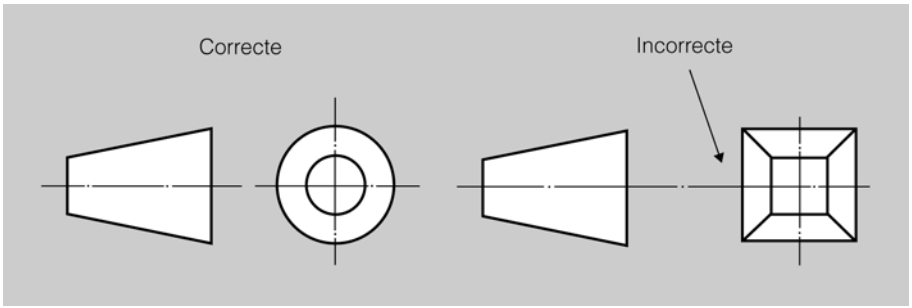
Quan els eixos siguin molt curts (figura 69), els dibuixarem amb línia contínua.

Figura 69. Exemple d'eixos curts de simetria



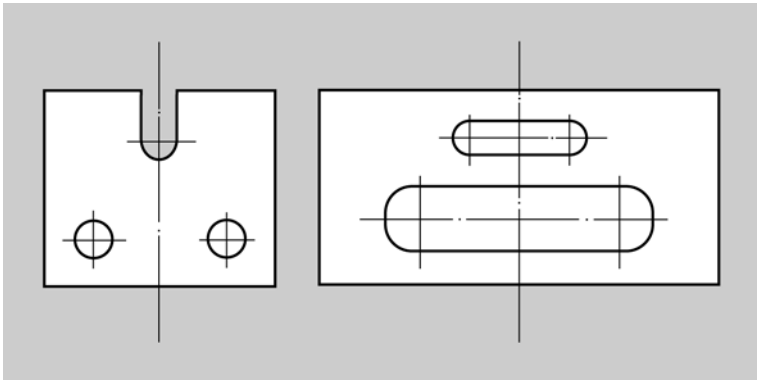
Els eixos han de sobresortir una mica de les vistes però no podem perllongar-los d'una vista a una altra (figura 70).

Figura 70. Exemple correcte d'eixos de simetria



Els eixos que es refereixen solament a un detall de la peça haurien de limitar la longitud a ell mateix.

Figura 71. Exemple correcte d'eixos de simetria



Només podem ometre els eixos en els casos senzills en què no calgui indicar-ne la simetria.

No hem de dibuixar eixos transversals (figura 73) en l'eix longitudinal de les peces.

Quan una línia de traços coincideix amb un eix (figura 73), dibuixarem només en la zona de coincidència.

Figura 72. Exemples d'omissió d'eixos de simetria

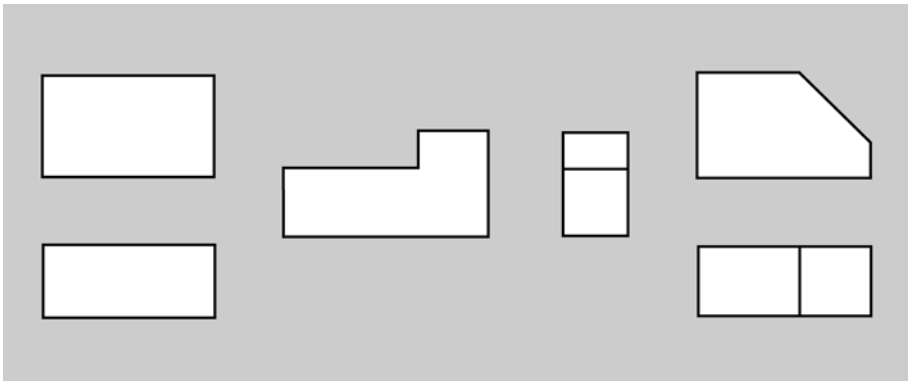


Figura 73. Exemple d'eix transversal

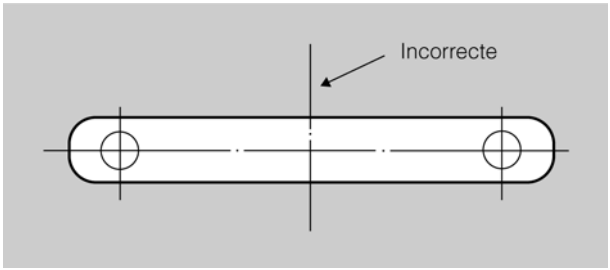
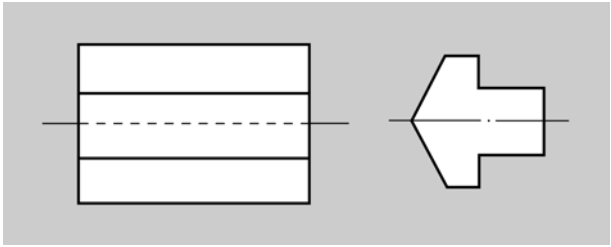
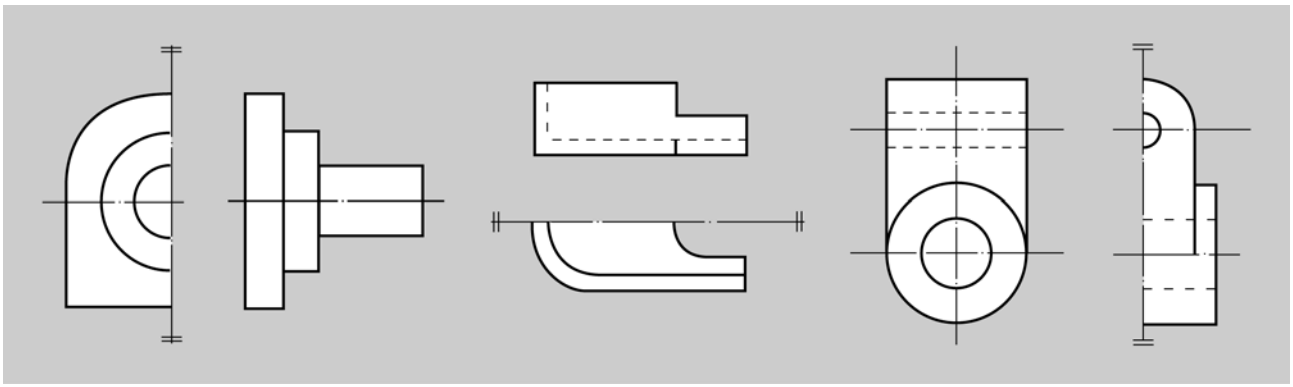


Figura 74. Exemple de coincidència de línia de traços amb un eix



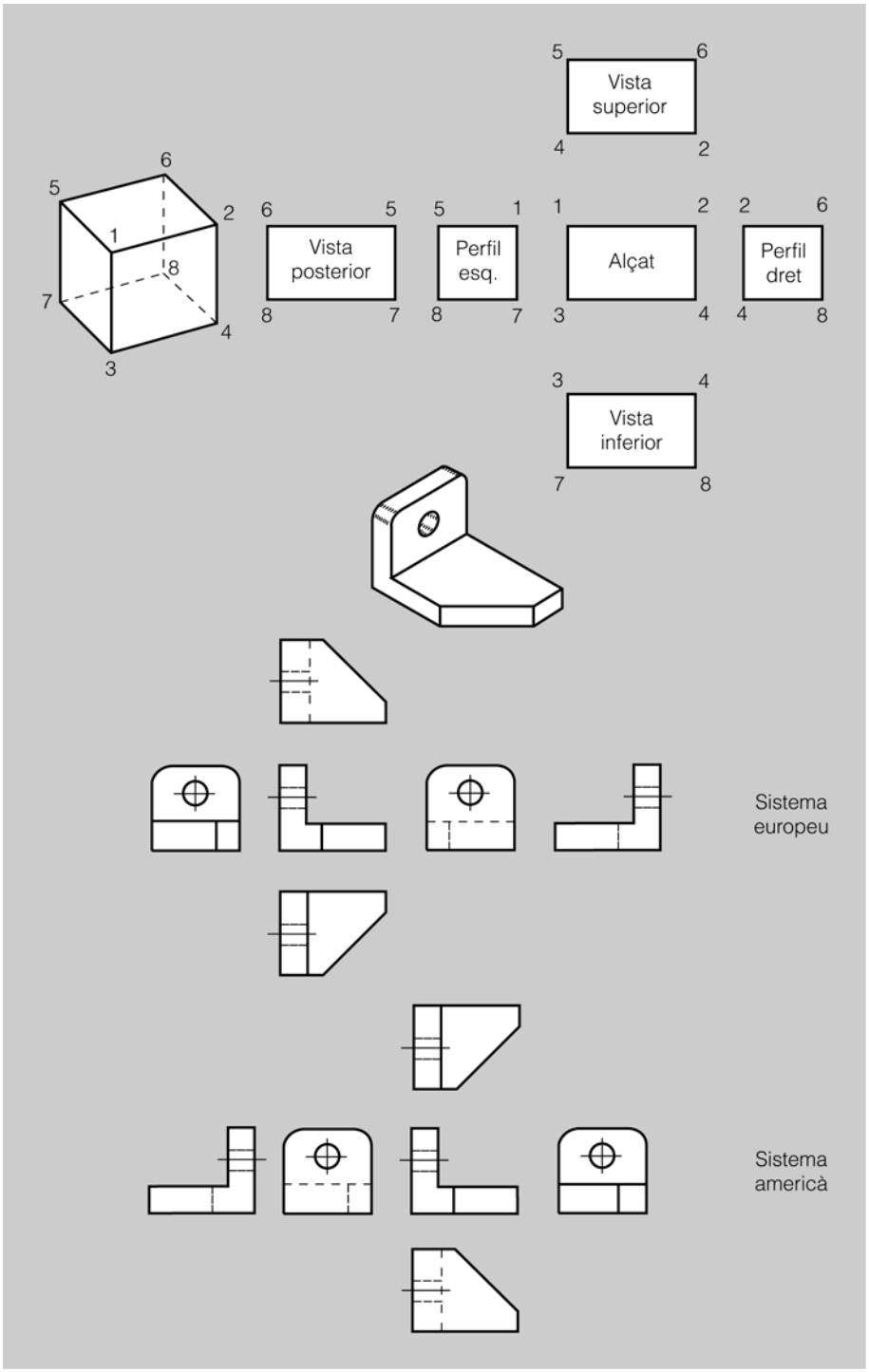
En les peces simètriques (figura 75) podem dibuixar només la meitat de les vistes, fins a l'eix de simetria. Aquest haurà de dur la indicació de la simetria mitjançant dues ratlles curtes paral·leles. En tot cas convé que una de les vistes mostri la peça completa.

Figura 75. Exemples de peces simètriques



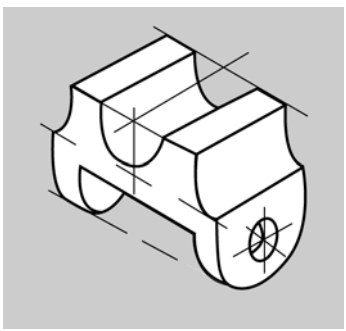
En el sistema europeu hi ha una posició obligada de les vistes diferent del sistema americà. Podeu veure aquestes posicions en la figura 76.

Figura 76. Posició de les vistes en el sistema europeu i americà



2.2. Croquis

Un croquis és fonamental per a la mecanització d'una peça. Els **croquis** o **esbossos** són una representació feta a mà sense gran exactitud però amb totes les característiques que en defineixen el disseny. Serveixen per a una primera transmissió d'idees entre el dissenyador i la resta de persones implicades en el disseny. El fem a mà amb llapis o retoladors amb un suport molt variat (paper, cartolina...), entre els quals destaca el paper mil·limetrat.

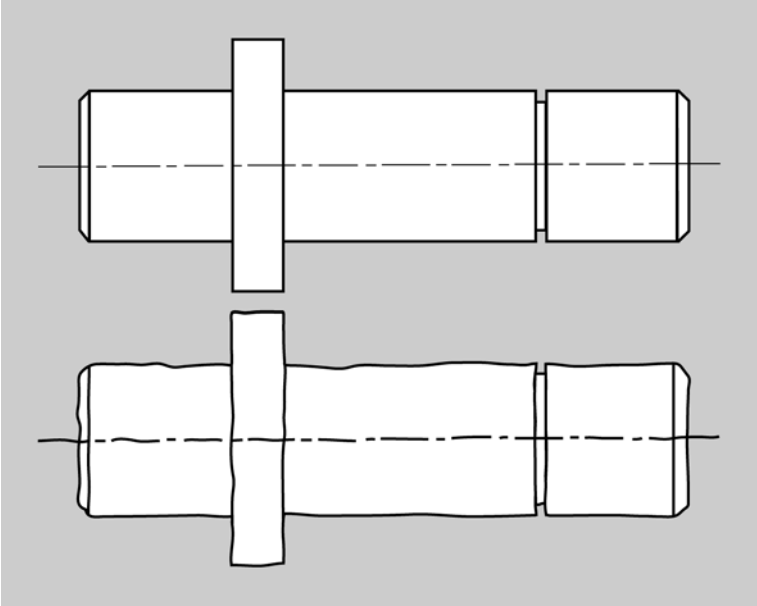


Croquis d'una peça

Els croquis no estan afectats per l'escala, tot i que sí han de ser proporcionats.

La diferència entre un plànol i un croquis és la qualitat de les línies dibuixades (figura 77). Les línies dels plànols són perfectes i el dibuix està proporcionat. Les línies del croquis es fan a mà alçada i no són perfectes, encara que convé mantenir-ne les proporcions.

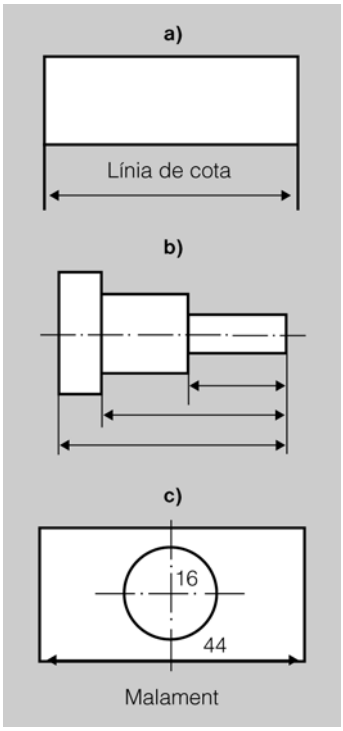
Figura 77. Diferència entre un plànol i un croquis



2.3. Acotació

Després de seleccionar les vistes necessàries perquè puguem interpretar la peça que volem fer al taller i després de dibuixar-la a mà alçada sobre el paper de fer croquis, l'operació més important que queda per fer és l'acotació.

Figura 78



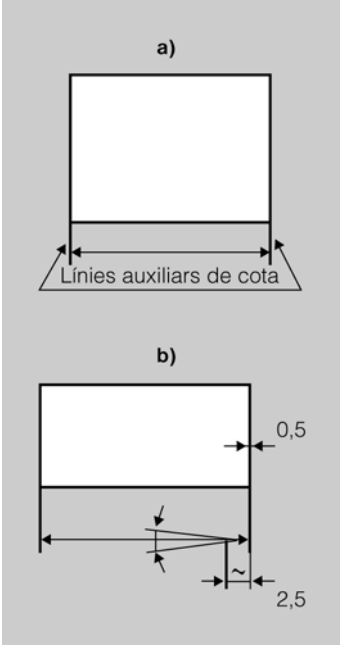
Acotar una peça és indicar sobre el dibuix fet totes les dimensions de la peça, de tal manera que l'operari i altres persones que hi intervinguin en l'elaboració no hagin de fer cap operació aritmètica, ni mesurar una cota sobre l'esmentada pàgina per conèixer-la.

Els elements que intervenen per acotar una peça són els següents:

- **Línies de cota**. Serveixen per indicar les mesures i es col·loquen generalment perpendiculars a les arestes o paral·lelament a la dimensió que s'ha de acotar (figura 78a). Hem de col·locar aquestes línies a tot estirar a 8 mm de les arestes del cos. Les línies de cota paral·leles han d'estar a una distància prou gran entre elles i sempre que sigui possible aquesta distància hauria de ser uniforme i mai de menys de 5 mm (figura 78b). No hem de fer servir els eixos i les arestes com a línies de cota (figura 78c), sinó que els dibuixem amb una línia contínua fina.

- **Línies auxiliars de cota**. Les mesures que no posem entre les arestes del cos les posarem per mitjà de línies auxiliars de cota que s'indicaran directament en les arestes del cos i sobresurten aproximadament uns 2 mm de les línies de cota. Sempre que sigui possible, no hem de creuar aquest tipus de línies amb altres línies (figura 79a). Les dibuixem amb línia contínua fina. Assenyalem els extrems de les línies de cota amb fletxes la longitud de les quals és aproximadament cinc vegades l'amplària de les arestes del cos, és a dir, si dibuixem les arestes visibles amb línies contínues de 0,5 mm, la longitud de la fletxa serà de 2,5 mm. La punta de la fletxa forma un angle de 15º aproximadament (figura 79b).

Figura 79

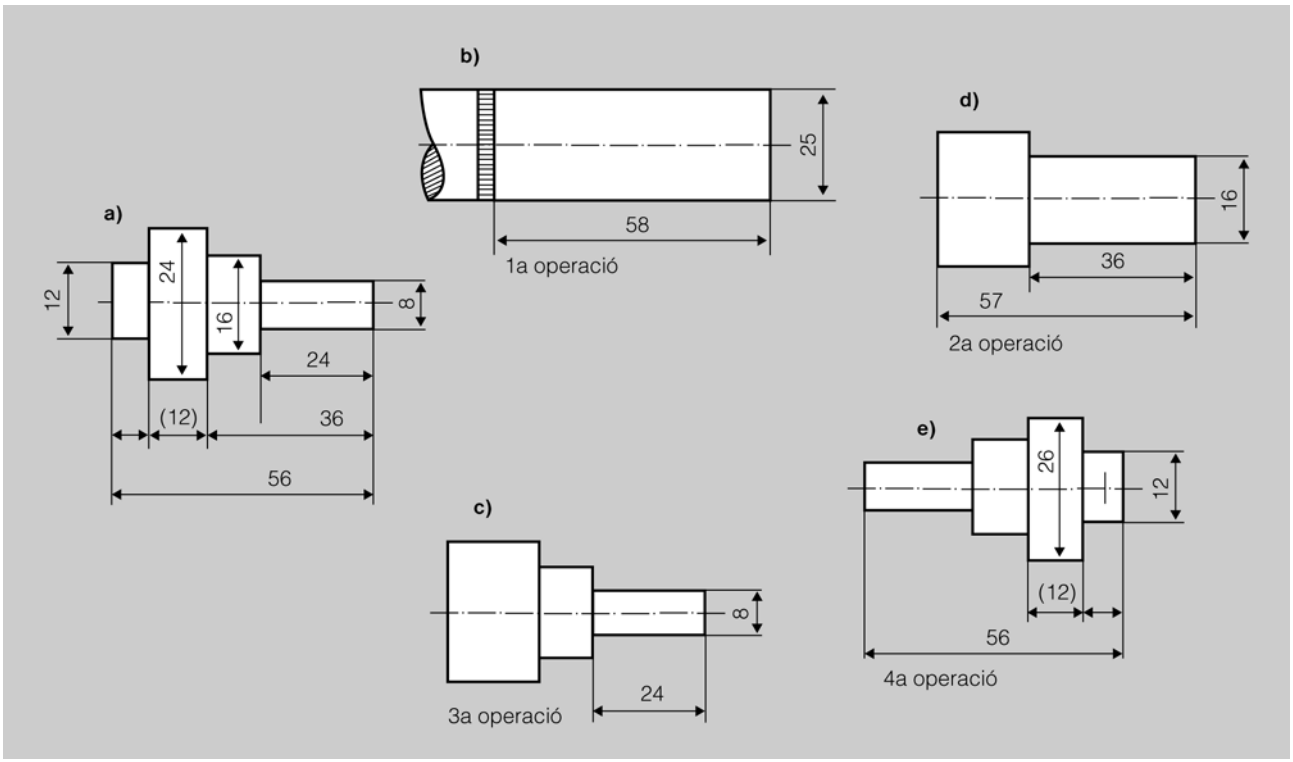


En el procés de mecanització d'una peça l'operari que la mecanitzarà, segons el croquis que se li ha lliurat, no ha de tenir cap dubte sobre les mesures representades, ni ha d'haver de fer cap càlcul. El fet d'acotar amb aquest sistema l'orienta en la mecanització. Si vol afegir-hi alguna cota més, com a ajuda, la posarà entre parèntesis.

Vegem-ne un exemple:

El procés de fabricació per mecanitzar la peça de la figura 80a és el següent: a partir d'una barra de 25 mm de Ø (figures 80b, 80c, 80d i 80e).

Figura 80



Com podem observar en la figura 80, la cotació de la peça acabada està basada en el procés de mecanització que s'ha seguit en el torn. El mateix es fa si es tracta d'una altra peça i una altra màquina.

Una de les característiques fonamentals d'un croquis és que les seves figures estan acotades. Que el dibuix d'una peça o objecte inclogui el valor de les seves dimensions, és a dir, que estigui acotat, és fonamental, sobretot per a l'operari que, seguint els plànols que se li presenten, ha de fabricar les peces o objectes.



Torn

S'anomena *torn* a un conjunt de màquines eina que permeten mecanitzar peces de forma geomètrica. Aquestes màquines-eina operen fent girar la peça a mecanitzar (subjecta en el capçal o fixada entre els punts de centrament) mentre una o diverses eines de tall són empeses en un moviment regulat d'avanç contra la superfície de la peça, tallant l'encenall d'acord amb les condicions tecnològiques de mecanitzat adequades i el croquis presentat.

Les dimensions d'una peça estan indicades per l'acotació corresponent. L'acotació d'una peça ha de correspondre's a les seves dimensions al final del procés de fabricació, és a dir, a la peça completament acabada i preparada per treballar.

Hem de triar i indicar les cotes als dibuixos, tenint en compte les operacions de fabricació, funció i comprovació de les peces. Per aquest motiu és important que el projectista o dibuixant conegui a fons aquestes operacions per arribar a una acotació correcta.

L'acotació ha de ser de tal manera que en el taller puguem deduir sense cap esforç i sense possibilitat de dubte o error les dimensions de la peça. Per això hem de col·locar les cotes de manera clara i fàcilment llegible. (!!)

Per la mateixa raó cal fitar les dimensions necessàries per construir la peça sense ometre'n cap.

Una cota important oblidada invalida tot el dibuix. Les cotes han de correspondre a dimensions que puguem mesurar directament sobre la peça una vegada construïda.

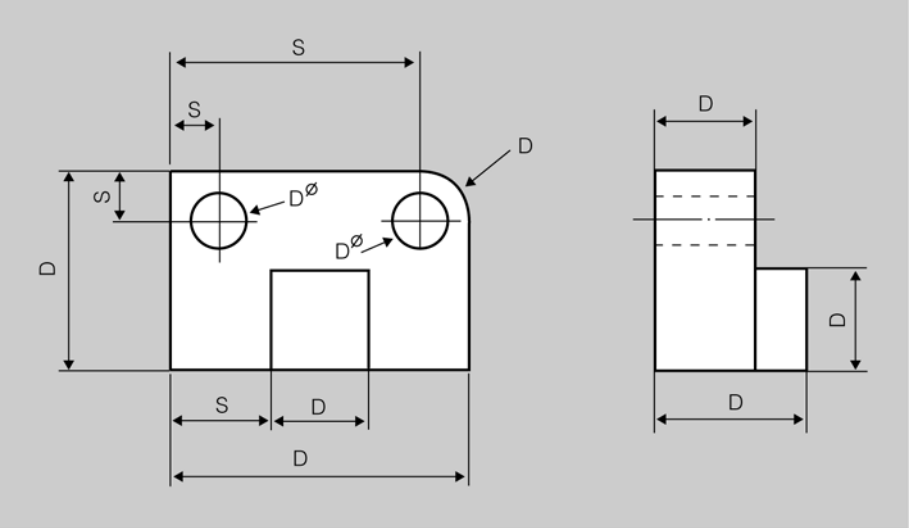
L'acotació de peces està normalitzat, és a dir, està subjecte a determinades normes i regles, cosa que permet que qualsevol persona que conegui la normativa pugui interpretar perfectament qualsevol dibuix, pel que fa a les seves dimensions.

Podem classificar les cotes en dos grups:

a) Les **cotes de dimensió** fan referència a la grandària de les formes o elements bàsics com ara prismes, cilindres, cons, etc., que constitueixen la peça.

b) Les **cotes de situació** són les que indiquen la posició d'aquests elements bàsics, els uns en relació amb els altres, en el conjunt de la peça. En la figura 81, assenyalem les cotes de dimensió amb una D i les de situació, amb una S.

Figura 81. Exemple de cotes de dimensió i cotes de situació



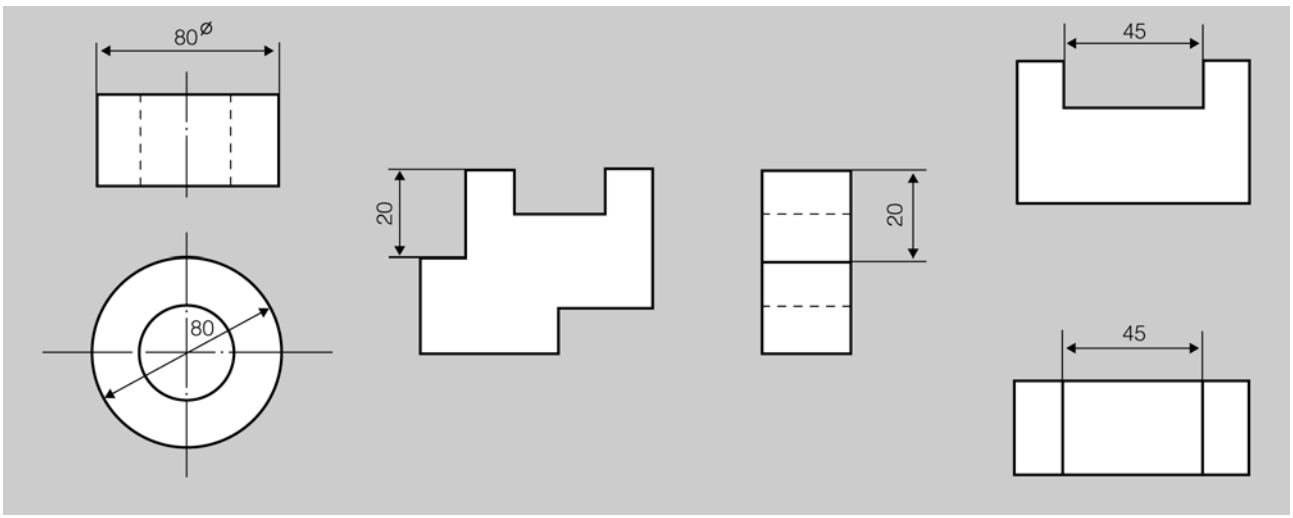
Per fer una **acotació** correcta hem de començar per les cotes de dimensió i una vegada col·locades aquestes, hem de posar les cotes de situació.

Fitarem cada dimensió només un cop, ja que cal fer-ho sobre la vista que defineixi millor la forma de la dimensió a mesurar.

Les magnituds que acotem són les longituds i els angles. Expressem les longituds en mil·límetres, i, tret que s'utilitzin altres unitats, només escriurem la xifra que representi la magnitud sense necessitat de posar la unitat (figura 82). Expressem els angles en graus, minuts i segons sexagesimals.

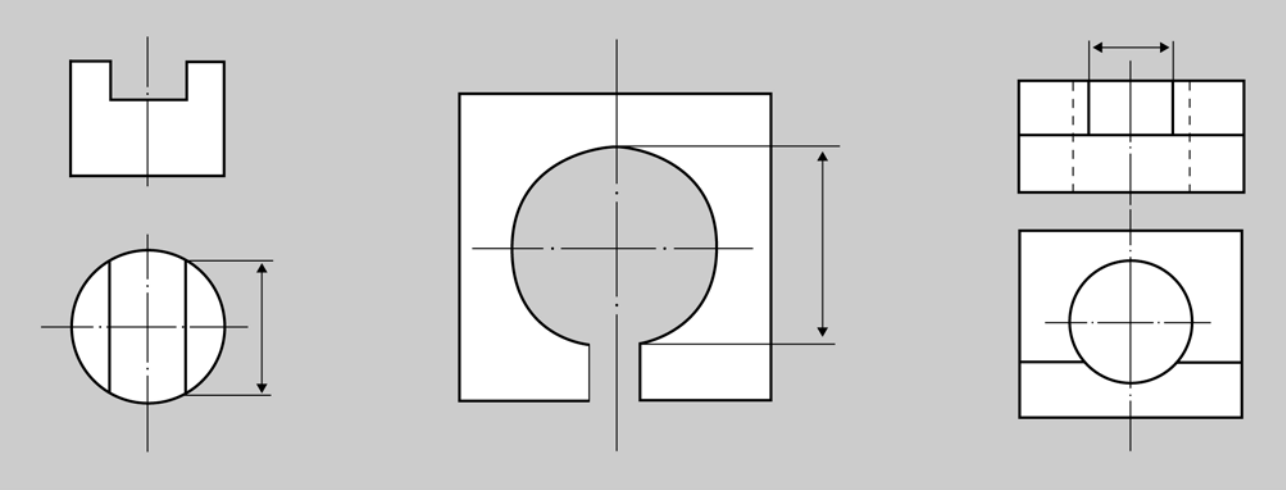
Hem d'evitar les cotes duplicades per la confusió que un excés de xifres pot originar en la lectura del dibuix. Anomenem *duplicades* les cotes col·locades en vistes diferents que indiquen la grandària d'una mateixa dimensió.

Figura 82



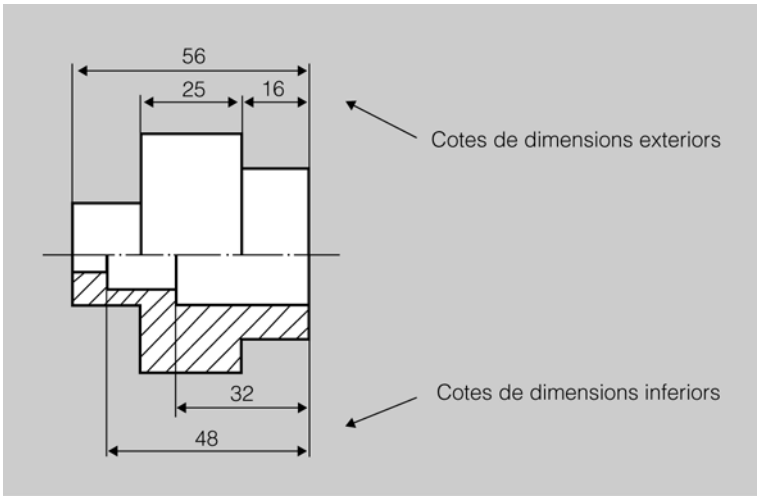
També hem d'evitar les cotes innecessàries, i ho són les que no són precises per a la construcció de la peça ni per a cap altra operació posterior de comprovació. No hem de fitar les dimensions de les formes que resultin de per si en el procés de fabricació.

Figura 83



En general, és preferible fitar les vistes per l'exterior. No obstant això, podem col·locar cotes per l'interior si amb això no perjudiquem la claredat del dibuix (figura 84). Quan en una peça hàgim de fitar dimensions exteriors i interiors procurarem disposar ambdós grups de cotes separats entre ells.

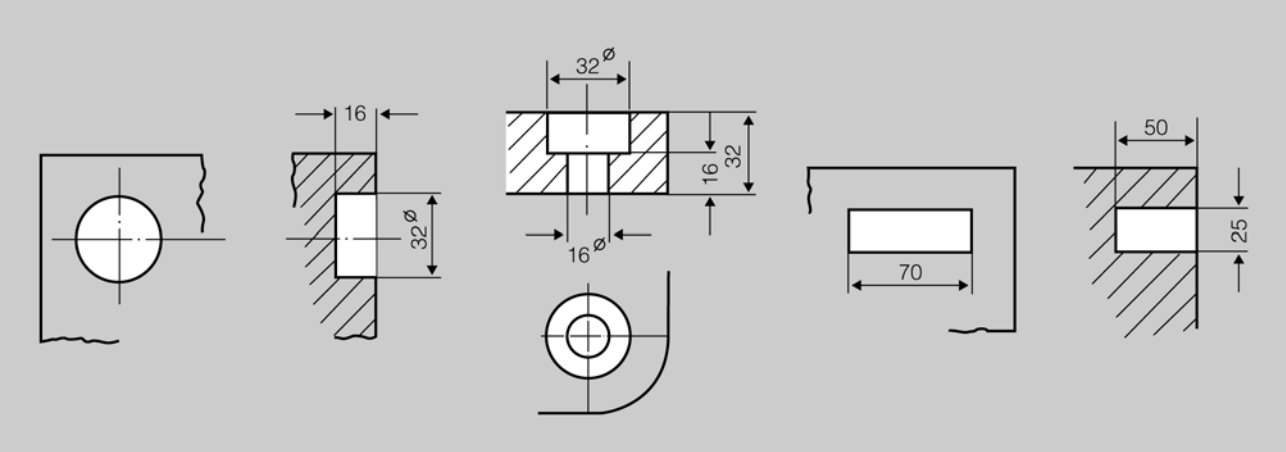
Figura 84



Farem la col·locació o repartiment de cotes pel dibuix sempre tenint en compte la claredat (figura 85). Les col·locarem de manera ordenada, repartides uniformement i mai amuntegades.

Hem d'aplicar l'acotació amb línies plenes, evitant sempre que sigui possible fer-ho a línies de traços.

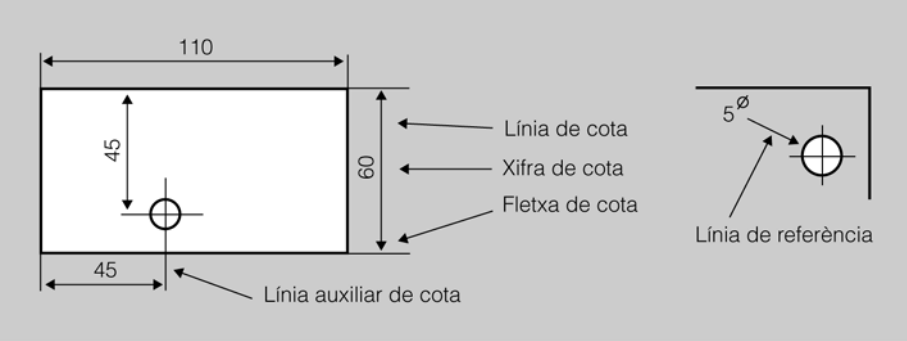
Figura 85



Per a l'acotació d'un dibuix fem servir els elements següents:

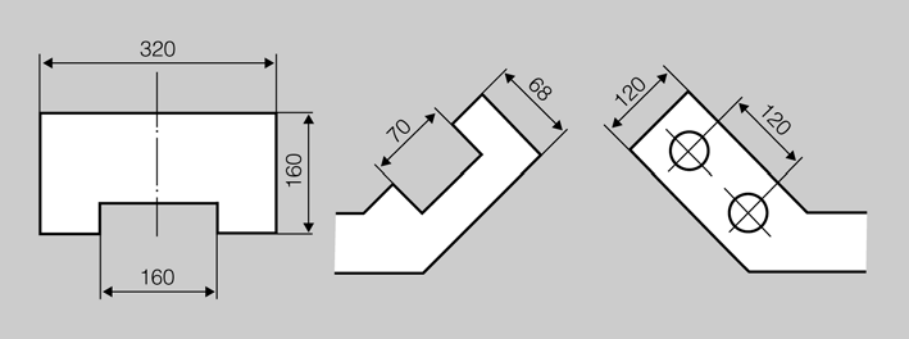
a) Línies de cota
b) Línies auxiliars de cota
c) Fletxes de cota
d) Xifres de cota
e) Línies de referència (figura 86)

Figura 86



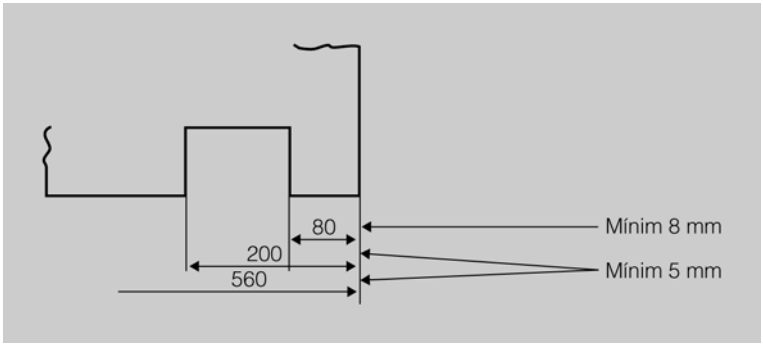
Disposem les línies de cota paral·leles a la dimensió a fitar (figura 87). Són de traç fi i continu i duen un buit al centre per a l'escriptura de la xifra de cota.

Figura 87



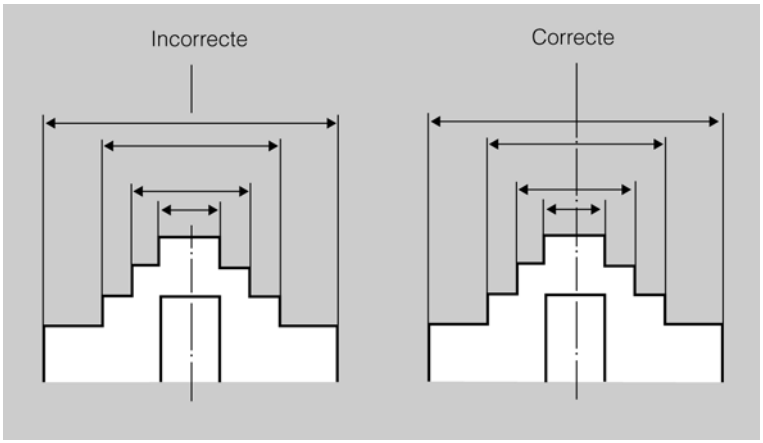
Les línies de cota han d'estar separades de les arestes del cos a una distància proporcional a la grandària del dibuix. En cap cas aquesta distància serà **menor de 8 mm** (figura 88). Entre dues línies de cota paral·leles hi haurà una separació també proporcional a la grandària del dibuix, però mai serà inferior a 5 mm.

Figura 88



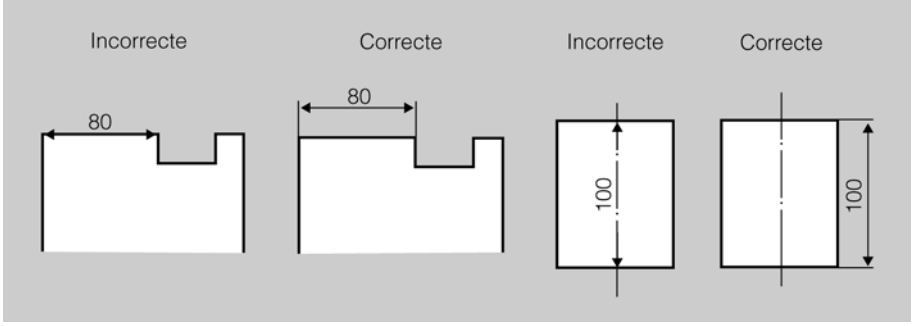
Les línies de cota paral·leles haurien de tenir una separació uniforme entre elles (figura 89).

Figura 89



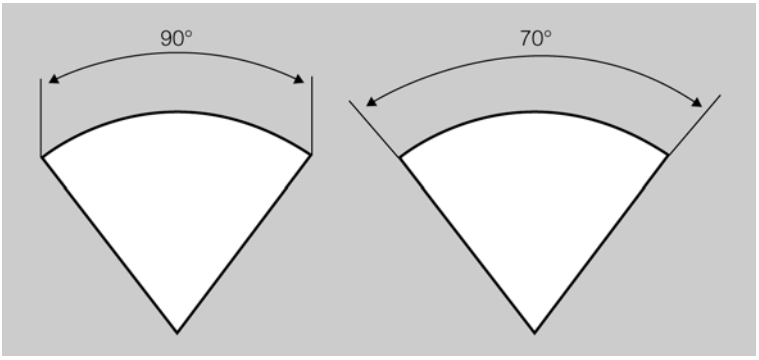
No podrem utilitzar les arestes i eixos en cap cas com a línies de cota vegem la figura 90).

Figura 90



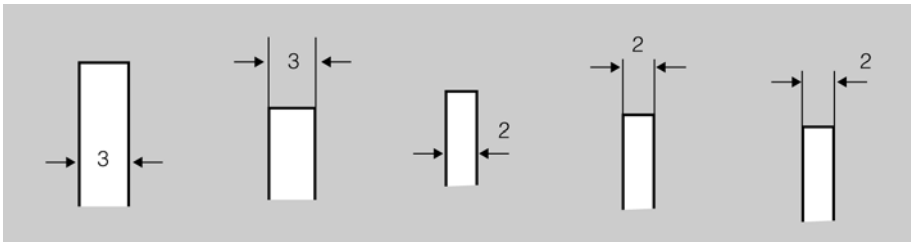
En arcs i angles les línies de cota són un arc concèntric (figura 91).

Figura 91. Exemples vàlids d'acotació d'angles



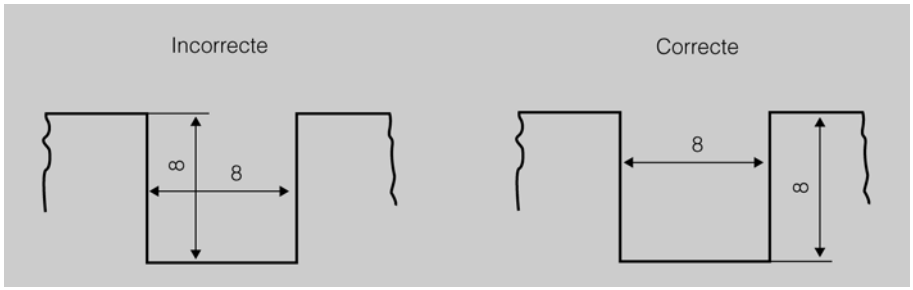
En cas de falta d'espai, podem col·locar les línies de cota tal com s'indica en la figura 92.

Figura 92. Exemples vàlids d'acotació



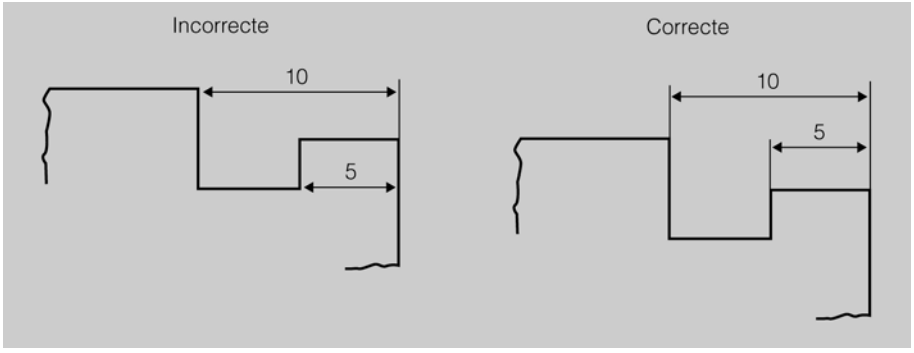
Procurarem, sempre que sigui possible, que les línies de cota no es tallin entre elles ni amb altres línies.

Figura 93



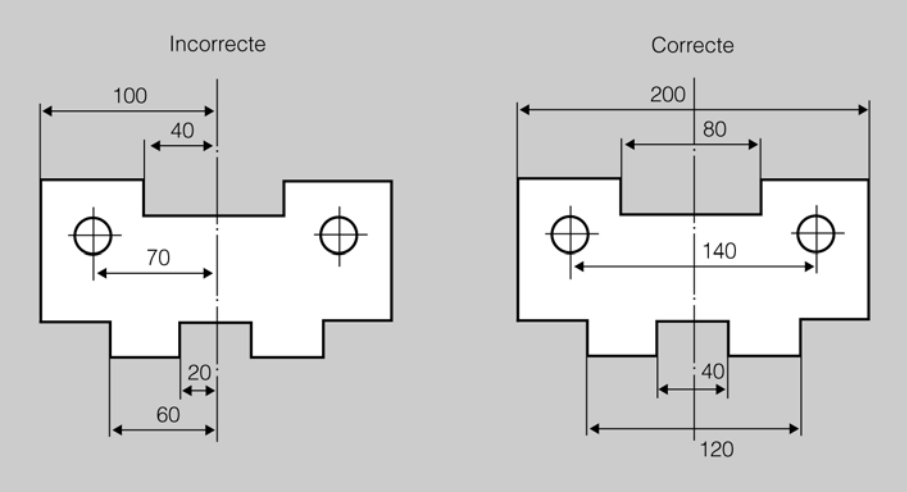
No podrem traçar línies de cota en prolongació de les arestes de la peça (figura 94).

Figura 94



En l'acotació de peces simètriques, dibuixades completes, les línies de cota indicaran dimensions entre punts i eixos d'elements simètrics i mai entre aquests i l'eix de simetria (figura 95).

Figura 95



Mecanització de quadres elèctrics

Joseba Zubiaurre Lusa

Automatismes industrials

Índex

Introducció 5

Resultats d'aprenentatge 6

1. Mecanització 7
1.1. Operacions de mecanització 7
1.1.1. Operacions de mesurar, marcar i traçar 7
1.1.2. Operacions de subjecció 8
1.1.3. Operacions de tall 11
1.1.4. Operacions de devastar i llimar 13
1.1.5. Operacions de doblegament i corbament 14
1.2. Unions 15
1.2.1. Unions roscades 15
1.2.2. Unions reblades 18
1.2.3. Unions soldades 19
1.3. Operacions amb màquines eina 21
1.3.1. Operacions de trepatge 21
1.3.2. Altres operacions 23

2. Quadres elèctrics 25
2.1. Tipus de quadres elèctrics 25
2.1.1. Envoltant d'un quadre elèctric 25
2.1.2. Material 26
2.1.3. Aplicació d'un quadre elèctric 28
2.2. Elements auxiliars 29
2.2.1. Elements auxiliars de muntatge 29
2.2.2. Elements auxiliars de connexió 31
2.3. Normativa per a quadres elèctrics 32
2.4. Elecció del quadre elèctric 32
2.4.1. Aspecte ambiental: condicionant del quadre elèctric 32
2.4.2. Aspecte elèctric: condicionant del quadre elèctric 34
2.4.3. Aspecte mecànic: condicionant del quadre elèctric 35
2.5. Comprovació d'un quadre elèctric 35
2.6. Engegada 36
2.7. Manteniment 36
2.8. Gestió tèrmica 37

Introducció

Abans de portar a terme la instal·lació d'un quadre elèctric s'ha de fer la mecanització i preparació del mateix. Aquesta mecanització consisteix en una sèrie d'operacions que ens ajudaran, mitjançant unes apropiades eines, a fer aquesta instal·lació més tard.

Aquesta unitat es compon de dos apartats i en l'apartat denominat "Mecanització" es dóna una pinzellada a les operacions bàsiques de mecanitzat, com poden ser les operacions de marcar, traçar, tallar i llimar, entre d'altres.

Altra funció bàsica en qualsevol mecanitzat és la unió de peces que es pot fer de diferents maneres, mitjançant unions roscades, mitjançant unions reblades o bé mitjançant unions soldades.

Per completar aquest apartat, es descriuen altres operacions com les de trepar o perforar.

En l'altre apartat d'aquesta unitat s'estudien els quadres elèctrics, els seus tipus i les seves característiques més importants. Cal tenir en compte que poden estar fabricats de diferents materials i que, depenent de la seva utilització i aplicació, caldrà triar bé quin és l'adequat.

Els elements auxiliars que intervenen en un quadre elèctric són realment importants tant pel que fa al seu muntatge com en el referit a la seva connexió, respectant sempre la normativa i fent les comprovacions oportunes una vegada acabat tot el procés d'instal·lació.

Per acabar, una qüestió que no hem d'oblidar és la del manteniment del quadre elèctric, manteniment que ha de fer-se seguint un protocol adequat i unes pautes concretes de revisió que ens duran a detectar les possibles avaries o millor encara, a evitar que aquestes es produeixin.

Resultats d'aprenentatge

En acabar la unitat, heu de ser capaços del següent:

1. Determinar el procés que cal seguir en les operacions de mecanització, interpretant plànols i utilitzant documentació tècnica.

2. Executar operacions de mecanització, aplicant tècniques de mesurament i marcat i utilitzant màquines i eines.

3. Complir les normes de prevenció de riscos laborals i de protecció ambiental en la mecanització de quadres elèctrics, identificant els riscos associats, les mesures i equips per prevenir-los.

1. Mecanització

El procés de **mecanització** és l'estudi de com cal mecanitzar o fabricar una peça o una sèrie de peces, establint-hi la prioritat de les operacions mecàniques de fabricació, i també l'elecció de les eines adequades al treball en qüestió, preparant-les i fent-ne la previsió al magatzem.

També és important calcular els temps de treball i les característiques i condicions de funcionalitat de les màquines emprades en cadascuna de les fases de treball, amb la finalitat de guiar l'operari i calcular els costos de fabricació. Aquests estudis es fan amb la finalitat d'optimitzar els recursos d'un taller, fàbrica o empresa tenint en compte tots els mitjans de què disposa, com ara: materials, eines, màquines, operatius, i estris de verificació i control.

Les fases de treball són cadascuna de les operacions mecàniques que s'han de dur a terme o que intervenen en la fabricació o muntatge d'una peça, des del material brut fins a l'obtenció final de la peça, la qual, una vegada acabada, ha de complir exactament les especificacions del plànol amb el qual s'ha fabricat.

1.1. Operacions de mecanització

Les operacions de mecanització són els processos que tenen la funció de transformar determinats materials en una peça funcional i útil. Solen ser operacions bàsiques de mecanització, segons les especificacions tècniques, com ara: mesurar, traçar, tallar, desbarbar, trossejar, trepar, roscar sobre xapes, tubs, perfils...

Així mateix, també hauríem de fer operacions pròpies del muntatge i desmuntatge mecànic (unions fixes, unions mòbils...), seguint les instruccions que figurin en plànols o que ja estiguin establertes.

1.1.1. Operacions de mesurar, marcar i traçar

Les operacions de mesurar, marcar i traçar per mecanitzar un quadre elèctric consisteixen a prendre mesures i senyalitzar el contorn, les línies, els eixos de simetria, els forats o les ranures que cal efectuar sobre la superfície exterior d'una peça.

Generalment, la mesura, el marcatge i el traçat són operacions prèvies a l'ajustament i la mecanització de la peça. Si no duem a terme correctament aquestes tres operacions, l'exactitud de les operacions posteriors en quedarà afectada.

Les eines i els estris que fem servir més en aquestes operacions són els següents:

- **Punxó o punta de marcar**. Eina que usem comunament per marcar els llocs on treparem algun material. És una vareta d'acer duríssim, de forma cilíndrica o prismàtica, que acaba en punta cònica temperada i molt esmolada. La punta de traçar s'ha de mantenir esmolada i no s'ha d'emprar per a altres usos.



Punxó o punta de marcar

- **Compàs de traçar**. L'utilitzem per traçar arcs de cercle, determinar perpendicularitats, transportar distàncies i marcar divisions equidistants. El més utilitzat és el compàs de puntes. N'hi ha de senzills o amb una molla.

- **Escaire**. Els escaires són instruments que tenen un angle fix de 90º entre dues superfícies planes. N'hi ha de diversos tipus, de diferents grandàries, poden tenir una escala gràfica i poden estar fets de diversos materials.



Escaire

- **Cinta mètrica** El metre, normalment fabricat de fleix metàl·lic o fibra tèxtil, té una escala gravada sobre la seva superfície, graduada i numerada, en el sistema mètric les divisions solen ser centímetres o mil·límetres. El fem servir per prendre mesures de les peces.



Cinta mètrica

1.1.2. Operacions de subjecció

Una altra de les operacions prèvies a la mecanització és la subjecció de la peça. Un cop subjectem el material i no es mou, el podem tallar, llimar, foradar, etc., amb les eines corresponents i amb màxima precisió.

Les operacions de subjecció serveixen per mantenir un material en una determinada posició. D'aquesta manera podem treballar amb unes altres eines.

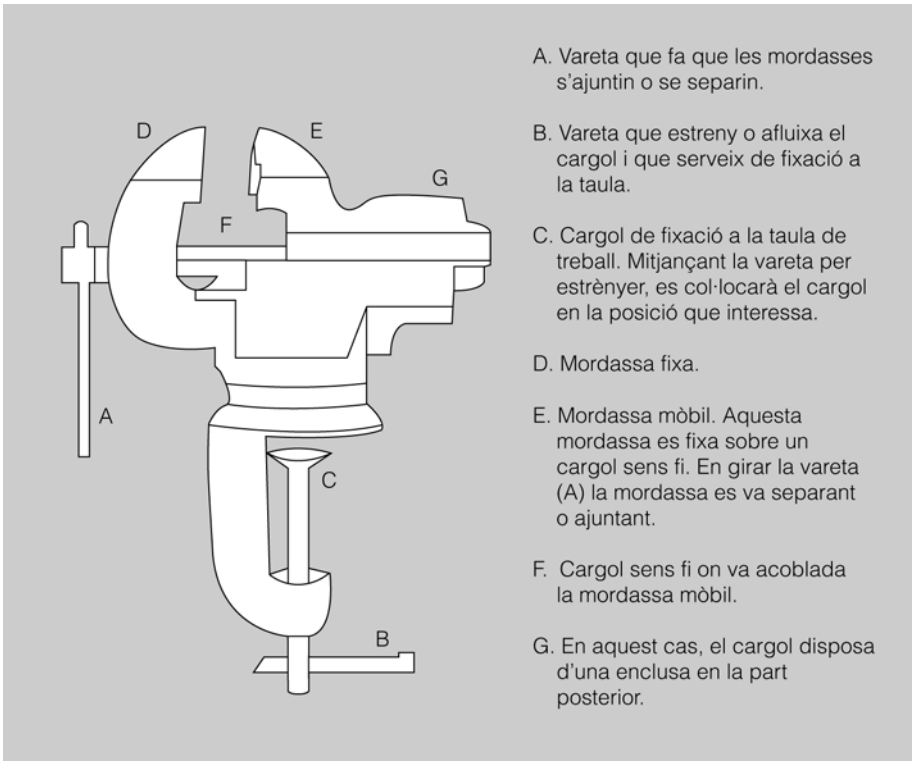
Les principals eines de subjecció són: alicates, cargol de banc, serjants, pinces i agafadors.

Cargol de banc. Com podem observar en la figura 1, consta d'una mandíbula fixa i d'una altra de mòbil. En la part superior de les mandíbules, duen unes peces anomenades *mordasses* amb estries perquè puguin subjectar les peces sense necessitat d'exercir sobre elles massa pressió.



Cargol de banc

Figura 1. Parts d'un cargol de banc

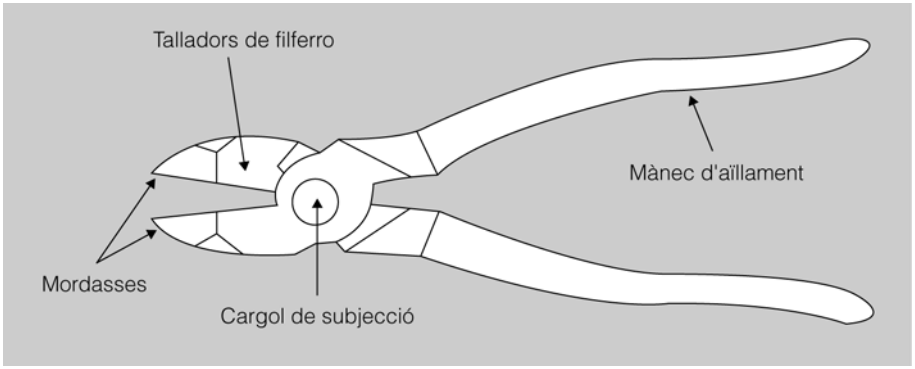


Alicates. Les alicates són eines manuals dissenyades per subjectar, doblegar o tallar. Les parts principals que les componen són les mordasses, tallador de filferro, cargol de subjecció i el mànec amb aïllament (figura 2). Es fabriquen de diferents formes, pesos i grandàries.



Alicate universal

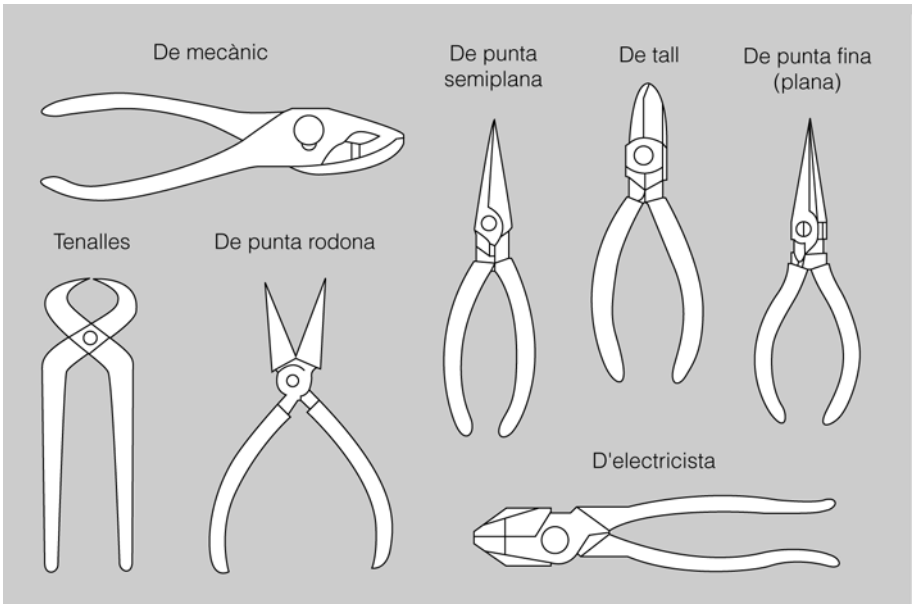
Figura 2. Parts de les alicates



Les alicates més utilitzades són les següents (figura 3):

- **Alicates de punta rodona**. Utilitzades per corbar fils i xapes i per a terminals de connexió.
- **De tenalles**.
- **De tall**
- **De mecànic.**
- **Alicates de punta plana o semiplana**. Utilitzades per doblegar conductors, filferros rígids i petits trossos de xapa.
- **D'electricista**.

Figura 3. Alicates més utilitzades



Serjants o gats. Eina manual d'ús comú en moltes professions i que es compon de dues mordasses, regulables amb un cargol de pressió. Utilitzem els serjants bàsicament per subjectar peces de metall que han de ser mecanitzades. Els serjants tenen grandàries i mesures diferents.



Serjant

Pinces. Una pinça o pinces és una eina els extrems de la qual s'aproximen per subjectar. Funciona amb el mecanisme de palanques simples, que podem accionar manualment o amb mecanismes hidràulics, pneumàtics o elèctrics. Hi ha pinces per a diferents usos (figura 4): tall, subjecció, premsa o de pressió.

Figura 4. Tipus de pinces



1.1.3. Operacions de tall

Les operacions de tall són totes les operacions en les quals dividim un material en dos o més trossos. Aquestes operacions les fem, segons l'eina que fem servir, per mitjà de diferents procediments:

- Cisallament.
- Serrada.
- Cisellada.
- Burinada.

També repassarem les operacions de tall i manipulació de cables que tenen gran importància a l'hora de mecanitzar i muntar quadres elèctrics.

Cisallament. Entenem per *cisallament* les operacions en les quals tallem el material sense que es desprenguin llimadures. Podem fer aquests talls tant amb màquines de tall manual com amb màquines accionades amb motors.

Les màquines de tall manual (figura 5) són les tisores de taula o les cisalles de peu. Les màquines accionades per un motor són les cisalles amb guillotina i les tisores i cisalles mecàniques o amb motor.

Figura 5. Diferents tipus de cisalles



Serrada. Entenem per *serrada* el tall d'un material en el qual es desprenen llimadures. La serrada ens permet tallar gruixos molt més grans que en el cisallament. La fem amb serra de mà o amb serres mecàniques (figura 6).

La serra de mà té dues parts: d'un costat l'arc de serra, que aguanta i tensa la fulla de la serra, i de l'altre la fulla, que és la part activa de l'operació.

Figura 6. Diferents tipus de serres



Per utilitzar de manera correcta la serra, aquesta ha de formar un angle de 20 o 30 graus amb la superfície de la peça que volem tallar.

Pel que fa a la serra mecànica (figura 7), gairebé només s'utilitzen en l'entorn industrial i n'hi ha de diferents tipus:

- **Circulars**. L'eina de tall és un disc metàl·lic.
- **De vaivé**. Consisteix en una fulla disposada en una màquina que realitza uns moviments similars als de la serrada manual.
- **De cinta**. El tall és fet per una cinta tancada que es mou sempre en el mateix sentit.

Figura 7. Tipus de serres mecàniques



Cisellada i burinada. La cisellada i la burinada tenen tres funcions:

1) Tallar o trossejar xapes o perfils prims sense que es desprenguin llimadures.

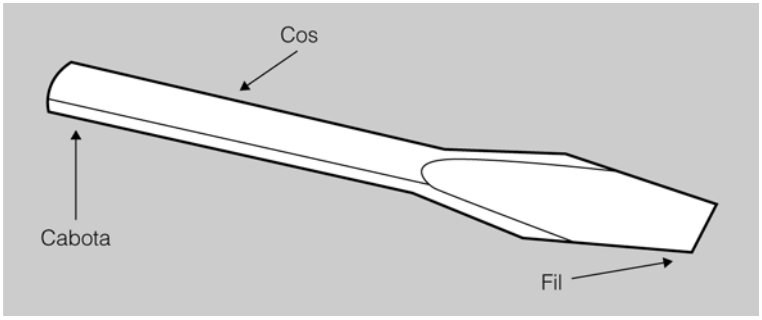
2) Rebaixar el material sobrant d'una part de la peça, la qual volem treballar, amb despreniment de llimadures (**cisellada exterior**).

3) Rasurar les superfícies interiors (**cisellada interior**).

Cisell. Els cisells o tallaferros són eines de mà dissenyades per tallar, ranurar o escalabornar material en fred, mitjançant la transmissió d'un impacte. Són d'acer amb forma de barres, de secció rectangular, hexagonal, quadrada o rodona, amb fil en un extrem i bisellat en l'extrem oposat. Poden ser de diferents mides segons el treball que hàgim de dur a terme i consten de tres parts (vegeu la figura 8):

- **Cabota**, la part sobre la qual colpegem.
- **Cos**, secció rectangular o ovalada, i fàcil i còmode d'agafar.
- **Fil o tallant**, tal com indica el nom, és la part que talla.

Figura 8. Parts d'un cisell



Burí i gúbies. Aquestes dues eines són variants del cisell i les fem servir en treballs més específics com ara l'obertura de canals, tant si són rectes com corbats.

El burí té l'aresta tallant en sentit transversal a la secció del cos, la qual cosa fa que la longitud del fil sigui molt més petita. La fem servir per obrir canals o ranures.



Buri

Les gúbies són eines molt similars al burí o a la cisell pla, però tenen una boca o fil corbat. Poden tenir diferents formes i així les podem adaptar al treball que han de fer en cada moment.

Tall i manipulació de cables

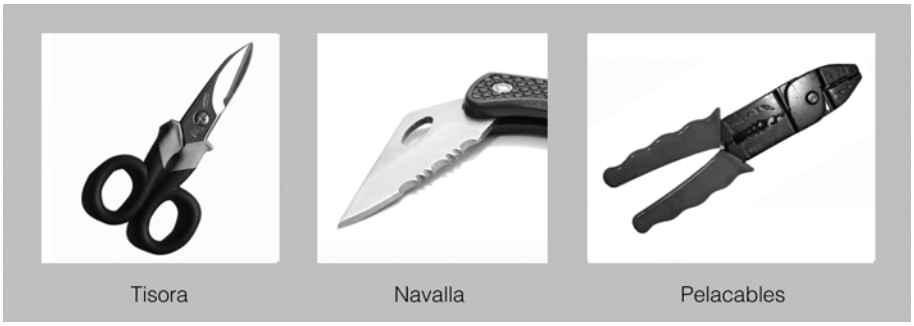
Ja sabem la gran utilitat que tenen les **alicates** en els treballs d'electricitat i sobretot en la manipulació i tall de cables, però hi ha unes altres eines molt més específiques que fem servir en aquestes tasques (figura 9):

- Tisores.
- Navalles d'electricista.
- Ganivet pelacables.



Gubies

Figura 9. Eines de tall i manipulació de cables



1.1.4. Operacions de devastar i llimar

Les operacions de devastar i llimar són aquelles en què rebaixem o polim una peça, a partir de la seva erosió o hi arranquem petits trossets

emprant una llima adequada. Fem aquesta operació de llimar mitjançant el fregament, passant suaument la llima per la superfície que volem rebaixar.

En el procés de llimada hi ha tres operacions bàsiques:

1) Devastar: fem servir una llima de picar grossa que arrenca grans quantitats de material. Aquesta llimada deixa ratlles profundes a la superfície de la peça.

2) Afinament: fem servir en primer lloc llimes de picar intermèdies i a continuació llimes fines. Amb l'afinament esborrem les marques que observem fàcilment en la superfície de la peça que estem treballant.

3) Poliment: polim amb una llima fina amb guix. El guix es passa entre les dents de la llima fins que queda reomplerta. En aquest procés hem de fer poca força sobre la llima i cal ser molt escrupolosos i evitar que hi hagi llimadures a la picada, ja que això podria ratllar les peces que volem polir.

Quan ens trobem amb materials molt durs com ara l'acer o el ferro cal que utilitzem llimes de picar fines. Per contra, si els materials són tous, com ara el coure, la llima de picar haurà de ser grossa. Per al plom i la fusta, les llimes han de ser especials: s'anomenen *raspes*.

1.1.5. Operacions de doblegament i corbament

El **doblegament** o plegatge és una operació mecànica que modela una xapa, un perfil, un tub o una peça mecànica en unes cares o seccions, entre les quals es forma un determinat angle.

Pel que fa al **corbament** de xapes, és una operació que consisteix a dominar la xapa sobre un suport cilíndric, de manera que adquireixi la mateixa curvatura.

L'exemple més clar de corbament és el de l'obtenció de tubs cilíndrics a partir d'una planxa completament plana.

Podem corbar i doblegar manualment i en fred si els materials són poc espessos. Per portar a terme aquestes operacions necessitarem, a més de les eines de subjecció, les eines de percussió.

Per a xapes o perfils gruixuts, és necessari l'ús de màquines de premsatge, mentre que altres vegades serà convenient un escalfament previ del material per poder efectuar el treball més fàcilment.

Eines de percussió

Entenem per *eines de percussió* les que ens serveixen per colpejar un material o una altra eina. Aquesta manera de fer és molt habitual en els processos de tall amb el cisell, de doblegament, d'aplatament, de clavament, etc.

El martell i la maça són, sens dubte, les eines de percussió més importants i per suposat també les més conegudes. Totes dues estan formades per dues parts: el mànec (que és la part per on l'agafem) i la cabota (que és la part amb la qual piquem).

Es poden trobar molts tipus de maces o martells segons l'ús que n'haguem de fer. Les principals diferències són els materials o formes de la cabota i les mides.

1.2. Unions

Una altra operació de mecanització són les unions de peces o elements. Podem diferenciar dos grans grups d'unions: les desmuntables i les fixes.

- **Unions desmuntables**. Són les que podem muntar i desmuntar diverses vegades sense necessitat de canviar el tipus d'unió i sense fer malbé les peces utilitzades. Les més importants, dintre d'aquest tipus, són les roscades. Tampoc convé oblidar les unions no roscades com ara els passadors, les clàvies, les llengüetes o els eixos estriats i les guies.

- **Unions fixes**. Les unions fixes són aquelles que una vegada muntades no podem tornar a desmuntar sense risc que trenquem les peces que hem fet servir. N'hi ha de diferents tipus: reblades, soldades, enganxades i clavades.

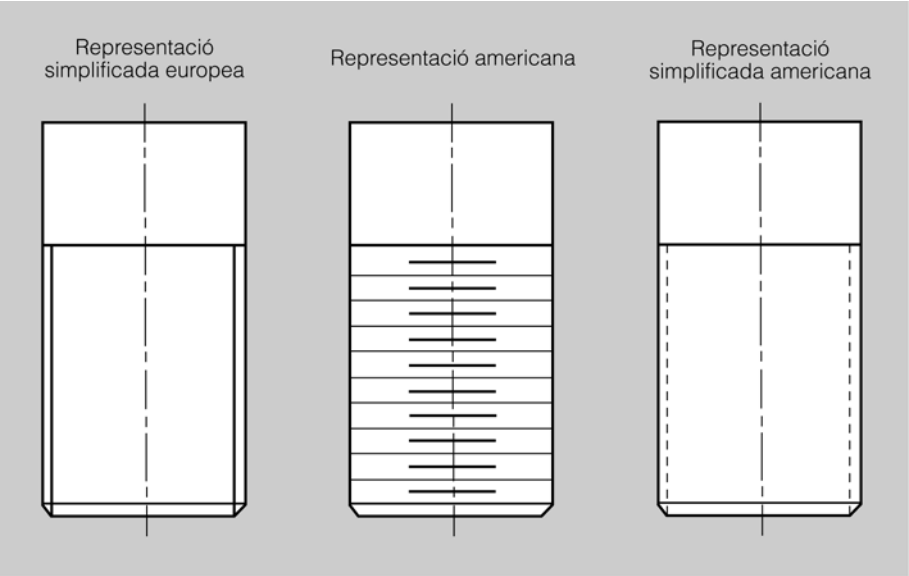
1.2.1. Unions roscades

En el grup d'unions roscades podem distingir les **rosques**, els **cargols** i les **femelles**. Dintre d'aquest grup l'element principal és la **rosca** (figura 10).

Una rosca és una hèlix construïda sobre un cilindre, amb un perfil determinat i d'una manera continua i uniforme. Si l'hèlix és exterior, es tractarà d'un **cargol**; si, per contra, l'hèlix és interior es tractarà d'una **femella**. Les magnituds han de coincidir perquè es puguin enroscar.

La part sortint de l'hèlix rep el nom de *filet*, mentre que el canal que queda entre ells s'anomena *entrada*.

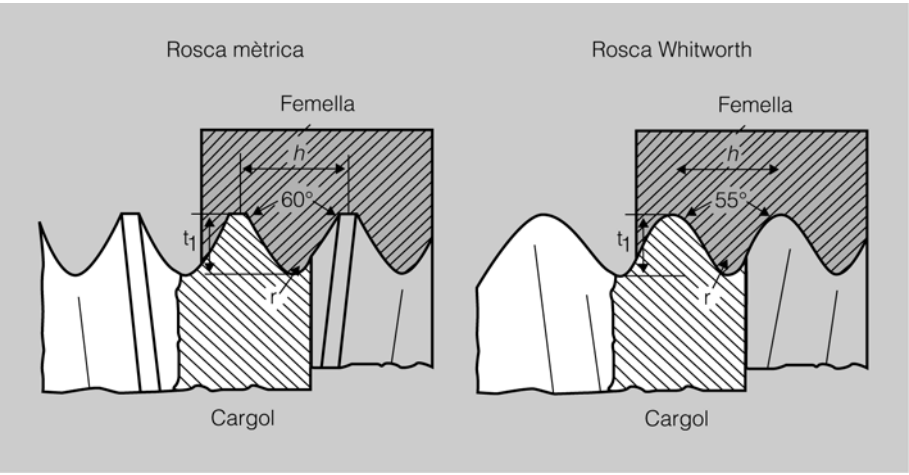
Figura 10. Representació de rosques



Per tal de poder estandarditzar de manera universal els cargols i les femelles, les rosques es normalitzen segons diferents sistemes internacionals. Al llarg del temps s'han creat diferents tipus de sistemes, però actualment els sistemes més utilitzats internacionalment són (figura 11):

- El sistema de roscatge ISO mètric (adaptat a Espanya per UNE).
- El sistema Whitworth (BSW).

Figura 11. Rosques mètrica i Withworth



Eines per cargolar i descargolar

Entre les eines apropiades per cargolar i descargolar cal destacar les següents:



Tornavisos

Tornavisos

Un tornavís és una eina que permet cargolar i descargolar cargols. Té tres parts: mànec, tija i boca o punta.

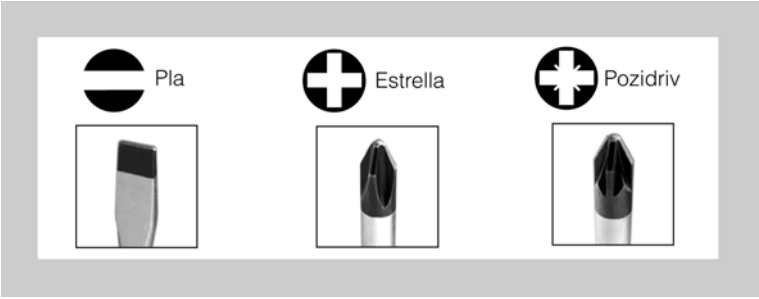
La punta té la forma més adient per fer la força necessària. Moltes vegades el tornavís està imantat, per evitar que caigui el cargol.

El mànec permet agafar-lo amb força sense que faci mal a la mà. Està fet amb material aïllant, per evitar descàrregues. Els tornavisos d'electricista duen la tija protegida amb un cilindre de plàstic per extremar les precaucions.

Podem classificar-los segons:

- la punta: plans, d'estrella i pozidriv (figura 18),
- la utilitat: d'ajust, cercapols, d'electricista, de rellotger...

Figura 12. Tipus de tornavisos segons la punta



Els fem servir principalment per subjectar, collar i afluixar cargols que tenen una ranura en el cap.

La mida del tornavís que triem s'haurà de correspondre amb la mida i tipus de cargol que haguem de collar o afluixar.

És important mantenir els tornavisos sempre esmolats i hem de limitar-los a les funcions per a les quals serveixen. A més, si estem treballant en un circuit sota tensió, mai hem de tocar la tija ni la boca.

Claus

Les claus són eines d'acer molt resistents que serveixen per collar i afluixar cargols i femelles. Quan fem muntatges d'automatismes i quadres elèctrics són imprescindibles. Les claus més conegudes són (figura 13):

- **Claus fixes planes**. Serveixen per treballar amb cargols i femelles de cap hexagonal o quadrat. Són el tipus de clau més utilitzat i poden tenir una o dues boques.
- **Clau anglesa o ajustable**. És una clau extensible molt utilitzada. La seva cabota s'ajusta a la mida de la femella o el cargol per mitjà d'un cargol sense fi.
- **Claus Allen.** Per a cargols amb cabota hexagonal interior.
- **Claus d'estrella**. Només les utilitzem quan és possible un petit desplaçament de la clau.

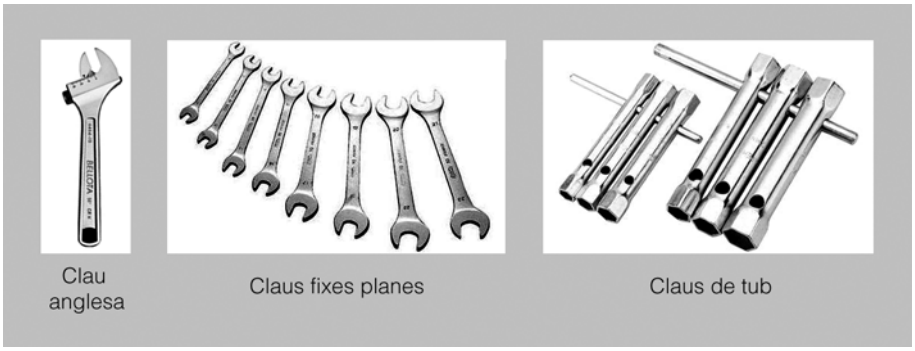


Claus Allen

- **Claus de tub**. Són claus que fem servir per a femelles hexagonals. Són de tipus fix i es fan servir en espais inaccessibles per altres tipus de claus.

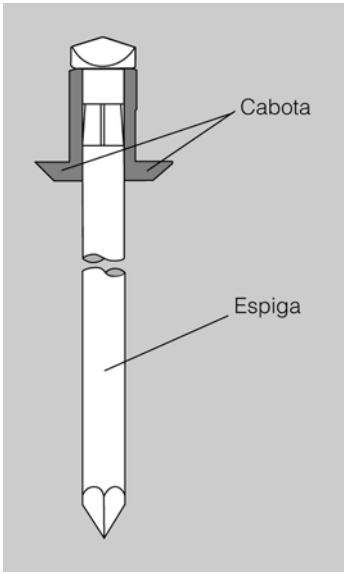
- **Descargoladorclau**. Descargolador especial, amb boca hexagonal i buida que permet col·locar femelles i cargols amb aquest tipus de cabota.

Figura 13. Tipus de claus



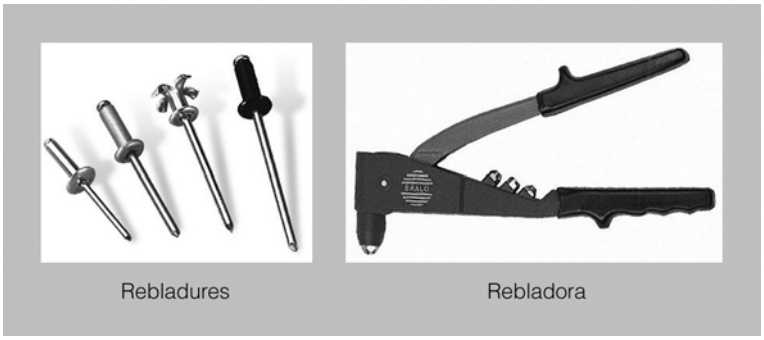
1.2.2. Unions reblades

L'acció de reblar és un procediment mitjançant el qual fem una unió fixa de dues o més peces, per mitjà de reblons.



Els reblons (vegeu figura 14) són varetes cilíndriques, generalment fetes d'acer dolç, coure, alumini o algun altre aliatge, amb una cabota en un dels dos extrems. Estan formats per un cos cilíndric anomenat *espiga* i per la *cabota*. Hem de col·locar-los amb material resistents al martelleig.

Figura 14. Elements de reblades



L'operació de reblar es pot fer de dues maneres:

1) Introduint l'espiga del rebló en els forats de les xapes que cal acoblar i martellejant la part sobrant de manera que quedi una nova cabota que en garanteixi la unió. Per a diàmetres superiors a 10 mm, aquesta operació se sol fer en calent.

2) Mitjançant rebladores automàtiques: introduïm la cabota del rebló en els forats de les xapes que cal acoblar. Llavors, per mitjà de la rebladora, comencem a extreure l'espiga de la cabota. Així, doncs, la cabota del rebló es deforma (esdevé més ample i curta) i consolidem la unió.

1.2.3. Unions soldades

La soldadura és un procés de fabricació en què unim dos materials, generalment metàl·lics, aplicant calor; les peces són soldades fonent-les i afegint-hi un altre material fos que té un punt de fusió inferior al de la peça a soldar.



Soldadura

Hi ha diferents tipus de soldadures, encara que les més importants són la soldadura blana, soldadura forta i soldadura oxiacetilènica.

Soldadura blana

És molt utilitzada per soldar fils, cables i components elèctrics, però també s'utilitza en la unió de xapes, peces de llautó, llauna, coure o bronze. També s'aplica en la soldadura de tubs.

Es basa en l'aprofitament de l'efecte Joule, juntament amb l'aportació, d'un altre material fàcil de fusionar, normalment l'estany o el plom.

Efecte Joule

Quan per un conductor circula corrent elèctric, part de l'energia dels electrons es transforma en calor, fent augmentar la temperatura d'aquest. És per això que se'l coneix amb el nom d'*Efecte Joule* en honor al seu descobridor, el físic britànic James Prescott Joule.

Utilitzem aquest tipus de soldadura generalment per soldar peces que requereixen temperatures inferiors als 200 graus aproximadament.

Per fondre l'estany o el plom, les eines típiques són la llàntia de butà i el soldador elèctric.

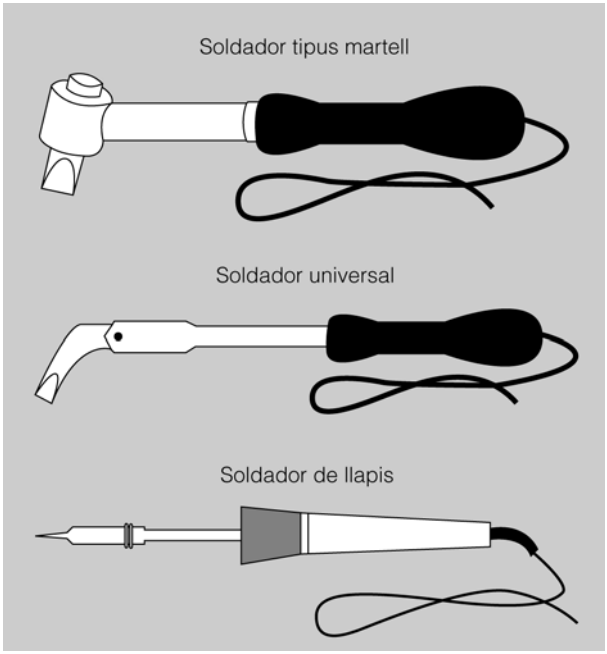


Rotlle d'estany

- Llàntia de butà. Pesa poc i és econòmica i fàcil d'emprar. Està formada per una petita bombona i un bec o cremador. El cremador duu incorporat una clau de pas per regular la sortida del gas i de la flama. El cremador s'encén aplicant una flama petita a la boca i anar obrint la clau de pas del gas fins que la boca s'inflami.

- Soldador elèctric: N'hi ha de diferents tipus i formes (figura 15) però tots es basen en el mateix funcionament: una resistència elèctrica allotjada en una peça tubular refractària. Una punta de coure enganxada en aquesta peça refractària s'escalfa quan hi connectem el soldador i ens proporciona prou temperatura per fondre l'estany. La resistència està recoberta per un mànec que ens permet agafar el soldador sense cap problema.

Figura 15. Eines de soldadura tova



Hi ha un tipus de soldador elèctric anomenat **soldador ràpid** que té un transformador amb el secundari connectat a una punta especial que, en passar-hi el corrent s'escalfa ràpidament i produeix la fusió de l'estany.

La forma del soldador és de pistola, amb un gallet que serveix per encendre'l. La mesura i la potència del soldador han de ser adequades a la peça que es vulgui soldar.

Transformador

Es denomina *transformador a* una màquina elèctrica que permet augmentar o disminuir la tensió en un circuit elèctric de corrent altern, mantenint-ne la freqüència. Té dues bobines, una *primària* o d'entrada i altra *secundària* o de sortida. Al secundari o a la sortida es connecta l'aparell elèctric que es vol alimentar a aquesta tensió que subministra el transformador.

Soldadura forta

La soldadura forta, igual que la blana, es basa en la producció de calor per mitjà de l'efecte Joule, però en aquest cas, el material que sol intervenir té forma de varetes metàl·liques i una composició semblant a la dels metalls que cal unir. Les soldadures elèctriques fortes poden ser:



Màquina de soldar

- **Per arc**: s'utilitza un transformador que proporcioni una gran quantitat de corrent en el seu secundari. A la sortida del transformador s'hi connecten dos cables flexibles. S'uneix un cable amb la peça metàl·lica que s'ha de soldar gràcies a una pinça que té un mànec aïllant, i l'altre cable s'uneix amb una altra pinça, a la qual fixem un elèctrode amb un revestiment especial.

  Quan se separa lleugerament aquest elèctrode de la peça, es forma un arc lluminós que genera prou calor per fondre el material de les peces en el punt d'unió i de la mateixa vareta. Les peces queden soldades i la vareta pateix un desgast progressiu.



Soldadura per arc

- **Per punts**: és un mètode molt utilitzat en la indústria automobilística i és força similar a la soldadura per arc. El principi de funciona-

ment està basat en la calor produïda pel corrent elèctric en els punts de contacte.

S'utilitza una màquina amb uns braços metàl·lics que tenen unes puntes de coure aliat amb cadmi, crom, etc. Els braços són articulats manualment per l'operari o bé automàticament per mitjà d'un ordinador programable. Aquesta articulació permet que s'obrin o es tanquin les puntes, entre les quals les peces que hem de soldar queden oprimides. Els corrents oscil·len entre 1.000 A i els 100 KA.



Soldadura autògena

Soldadura autògena o oxiacetilènica

Utilitza, com a font de calor per fondre els metalls que cal soldar, la flama d'un bufador alimentat per una barreja d'oxigen amb un combustible, generalment acetilè, que s'hi crema. L'acetilè s'inflama a 350 graus i genera una flama molt lluminosa quan crema en l'ambient.

Tant l'oxigen com l'acetilè se subministren independentment en bombones o ampolles equipades amb vàlvules d'obertures i manòmetres que indiquen la pressió. El dispositiu que utilitza l'operari per efectuar la soldadura, i pel qual surt la flama, és conegut amb el nom de *bufador*. Els gasos en combustió poden arribar fins a temperatures de l'ordre dels 3.160 graus.

1.3. Operacions amb màquines eina

Avui dia, moltes de les operacions de mecanització es poden fer per mitjà d'unes màquines eina. Les anomenades *màquines eina* duen incorporada una eina que és moguda per l'acció d'un motor.

Aquestes màquines tenen la funció de substituir la feina manual pel treball automàtic en la fabricació de peces. També duen a terme operacions que són pràcticament impossibles d'efectuar manualment (treballs perillosos, que requereixen molta precisió, etc.).

El foradament és l'acció que més habitualment fan els muntadors de quadres elèctrics amb màquines eina. Però també hi ha altres tipus d'operacions, més típiques d'entorns industrials com són el fresatge, la serrada, el tornejament i la rectificació.

1.3.1. Operacions de trepatge

El trepatge consisteix a fer forats per tall de llimadures sobre un determinat material.

Broques



Broques de metall

L'eina mitjançant la qual es fan els trepatges és la broca. Consisteix en una barra d'acer temperat amb una hèlix al llarg de la seva superfície, esmolada per un extrem de manera que, en girar, penetra en el cos que s'ha de foradar i en talla petites porcions o llimadures.

Avui dia, les broques més generalitzades són les anomenades **broques helicoïdals**. La resta poden considerar-se broques especials (broques helicoïdals de més de dues ranures, freses, broques per aixamfranar, broques amb ranures o broques de forats per a la lubricació, etc.).

El trepant

Per dur a terme l'operació del trepatge, cal que la broca faci dos moviments bàsics: un de principal i de rotació, per obtenir la velocitat de tall adequada, i un altre d'avanç o penetració, en la direcció de l'eix. Obtenim aquests dos moviments per mitjà d'una màquina eina anomenada *màquina de foradar* o, senzillament, *trepant*.

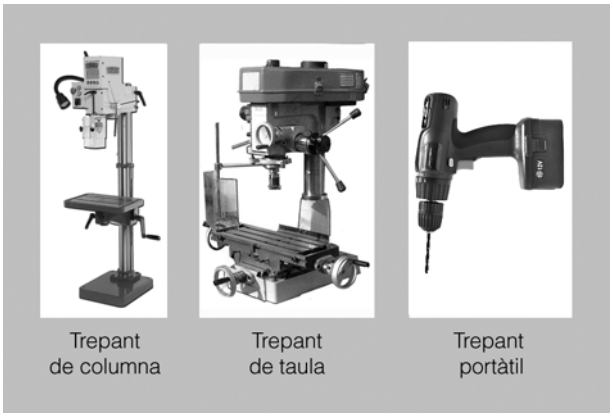
Hi ha diferents tipus de trepants, segons el tipus de constitució i complexitat. Els trepants més comuns són els següents (figura 16):

- **Trepant de columna**. La carcassa principal està constituïda per una columna rodona, en la qual es recolza un braç que pot lliscar verticalment i girar damunt seu.

- **Trepant de taula**. És semblant al trepant de columna, però més petit. Es caracteritza pel fet que podem col·locar-lo a sobre d'un banc o d'una taula.

- **Trepant portàtil**. És el tipus més estandarditzat, en part perquè té un preu baix. És una eina imprescindible, no només en un taller mecànic, sinó també a casa.

Figura 16. Tipus de trepants



Les broques s'acostumen a subjectar als trepants per mitjà d'una pinça anomenada *portabroca*.

Cal col·locar la broca de manera que no oscil·li ni rellisqui o patini durant l'operació de trepatge. Per tant, ha de quedar ben fixada i centrada. D'altra banda, el portabroques ha d'estar sempre net per evitar que una possible acumulació de brutícia o llimadures provoqui que la broca quedi en una posició incorrecta. Mai no s'ha de colpejar ni forçar el portabroques.

Durant el procés de trepatge, és molt important triar la broca adequada. El tipus de broca que decidim triar dependrà, principalment, del material que hem de foradar. També és important triar la velocitat de foradament correcta i, si és necessari, refrigerar la broca.

1.3.2. Altres operacions

Les operacions de mecanitzat com ara l'ús del trepant o d'una serra automàtica, són molt comuns, fins i tot entre els aficionats al bricolatge. A banda de les operacions presentades, n'hi ha d'altres que requereixen una gran habilitat per part de l'operari: el tornejament, el fresatge i la rectificació. També veurem l'operació de serrada amb una serra automàtica.



Fresadora de control numèric

Tot i que algunes d'aquestes operacions les podem realitzar amb màquines eina portàtils, avui dia hi ha màquines controlades per ordinadors, anomenades *màquines eina amb control numèric* o *màquines eina amb CNC* (*computerized numerical control*) per efectuar aquestes operacions.

El control numèric és un sistema de govern automàtic que consisteix bàsicament a transmetre a les màquines una sèrie d'ordres de treball (seqüència d'operacions) per mitjà d'un programa d'ordinador.

El tornejament

El tornejament és l'operació mecànica que consisteix a treballar o mecanitzar una àmplia varietat de cossos de revolució (cilindres, cons, esferes, etc.) i a practicar-hi rosques de diferents tipus i formes, utilitzant una màquina eina anomenada **torn**.

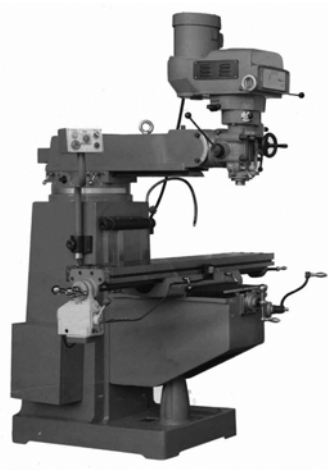
Les operacions principals del tornejament són les següents:

- **Cilindratge**. Obtenció de superfícies cilíndriques de revolució.
- **Roscatge**. Obtenció de rosques, cargols i espàrrecs, en el cas d'un roscatge extern i de femelles en el cas del roscatge intern.
- **Trepatge**. Operació de fer forats en algun material.

El fresatge

El fresatge és l'operació mecànica que consisteix a treballar o mecanitzar cossos prismàtics mitjançant l'acció d'arrencar llimadures. Alguns exemples són la mecanització de superfícies planes, la realització de ranures, les dents en peces i engranatges i, fins i tot, el treball sobre superfícies corbes i guerxades.

Aquestes operacions s'efectuen mitjançant eines de tall especials anomenades *freses*. Les freses estan muntades sobre una màquina eina que rep el nom de **fresadora**.



Fresadora

La rectificació

La rectificació és una operació de conformació de peces en què el material sobrant que resta al damunt de la superfície d'una peça és eliminat per uns grans abrasius d'una eina que rep el nom de *mola*.

Les màquines eina sobre les quals es munta la mola s'anomenen **rectificadores**.



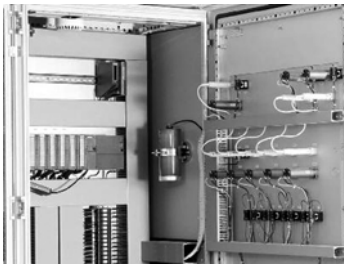
Rectificadora plana

2. Quadres elèctrics

Un dels components més importants d'una instal·lació elèctrica és el quadre elèctric.

El **quadre elèctric**, entès com a tal i en conjunt, es defineix segons la norma **UNE EN 60439-1** com: la "combinació d'un o més aparells de connexió sota tensió, amb els materials associats de comandament, mesura, senyalització, protecció, regulació, etc., completament muntats sota la responsabilitat del constructor, amb totes les connexions internes, mecàniques i elèctriques i els elements estructurals".

Un quadre elèctric és un armari protector on col·loquem i fixem tot l'aparellatge pertanyent a un circuit elèctric. Pràcticament, un quadre elèctric és tot l'envoltant que cobreix qualsevol tipus i grandària d'instal·lació elèctrica, el qual protegeix tots els elements de l'acció del temps i dels agents atmosfèrics.



Armari elèctric

En resum, és el conjunt que comprèn tots els aparells i accessoris necessaris per a la connexió i control dels circuits elèctrics.

La grandària i la forma d'un quadre elèctric poden variar notablement depenent del nombre d'aparells que hagi de tenir, de la distribució dels elements, del tipus de local on se situarà el quadre, etc.

2.1. Tipus de quadres elèctrics

Els diferents quadres que hi ha en el mercat cobreixen totes les necessitats que poden presentar-se per a la protecció dels equips i també compleixen les normes establertes per al tipus de circumstàncies a les quals es destinen. Podem fer una classificació en funció del següent:

- l'envoltant,
- el material i
- l'aplicació a utilitzar.

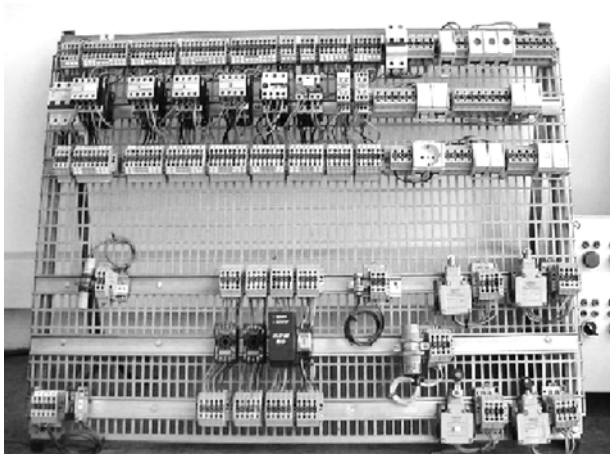
2.1.1. Envoltant d'un quadre elèctric

Segons l'envoltant utilitzat en l'elaboració del quadre, podem dividir-los en: **armaris**, **pupitres** i **caixes**. També hi ha equips que es munten sense

caixa protectora (figura 17), és a dir, quadres elèctrics instal·lats a l'aire, en els quals no s'impedeix el contacte amb els elements quan aquests es troben sota tensió. Han d'estar situats en llocs d'accés permès únicament al personal encarregat de la revisió i manteniment, amb la qual cosa evitem el risc de contactes accidentals.

En aquest tipus de quadres hi ha la possibilitat d'acumulació de brutícia, pols, aigua i qualsevol altre element que pogués espatllar-los, per la qual cosa han d'instal·lar-se en llocs i sota circumstàncies en què puguin evitar-se tots els efectes anteriorment esmentats.

Figura 17. Quadre elèctric sense caixa protectora



2.1.2. Material

Atenent el material emprat en la fabricació dels quadres elèctrics, aquests es poden dividir-los en tres tipus: **metàl·lics**, **termoplàstics** i **de polièster**.

Quadres metàl·lics

Normalment estan fabricats en xapa d'acer, amb elements que en reforcen l'estanquitat segons les necessitats que actualment exigeix la indústria i també estan pensats per resoldre els muntatges que requereixin la instal·lació d'aparellatge i dispositius pesats. N'hi ha dos models típics, ben diferenciats, depenent de si la seva instal·lació és **mural** (els quals se subjecten a la paret), que també es denominen **cofres** i s'instal·len **sobre el sòl**, que són més grans i més pesats que els anteriors.



Quadre metàl·lic mural o cofre

Els quadres d'**instal·lació mural** se subjecten a la paret mitjançant espàrrecs. Els armaris que s'instal·len sobre el sòl poden arribar a tenir dimensions tan grans que permetin l'accés a l'interior del personal que instal·la tots els elements, la revisió i verificació de tots els aparells que en formen part, i també de les tasques de reparació i manteniment que hagin de fer-se. Es fan servir generalment en instal·lacions industrials i solen dur una porta de vegades amb pany per impedir l'accés a tota persona aliena a les

tasques d'instal·lació o manteniment dels armaris elèctrics. Poden venir ja encaixats pel fabricant, encara que el tècnic electricista no tindrà cap problema a fer el muntatge mecànic si fos necessari. Un altre tipus d'armaris metàl·lics que també s'instal·len sobre el sòl són els denominats **pupitres de comandament**, que podem observar en la figura 18.

Figura 18. Pupitres de comandament





Armari metàl·lic d'instal·lació sobre sòl

En tots els models d'armaris metàl·lics és obligatòria la protecció dels operaris mitjançant el que es coneix com a **continuïtat de les masses** (figura 19). És a dir, la connexió, o millor seria dir interconnexió, de tots els elements metàl·lics a terra.

Figura 19. Protecció per continuïtat de les masses



D'aquesta manera s'aconsegueix una **connexió equipotencial**, és a dir tots els elements de la instal·lació estan al mateix potencial o tensió pel que fa a massa o terra. L'equipotència constitueix un mitjà molt important per reduir el risc d'incendi, d'explosió i els riscos de mort pel xoc elèctric produït en l'espai que es vol protegir.

Hi ha diferents tipus d'armaris metàl·lics depenent de l'estanquitat que presentin. N'hi ha de tancats, que estan fabricats en xapa d'acer i recoberts d'una xapa protectora antioxidant i de pintura o esmalt d'assecat al forn; n'hi ha d'estancs que a més de tot l'anterior, impedeixen del tot l'entrada de pols i d'aigua i n'hi ha de blindats que es construeixen en fosa i estan protegits amb pintura; utilitzem aquests últims quan hem d'ins-

Envoltant antideflagrant

Un envoltant antideflagrant ha de complir tres requisits:

- Contenir una explosió interna sense deformació permanent.
- Garantir que la inflamació no pugui transmetre's a l'atmosfera circumdant.
- Presentar en qualsevol punt exterior una temperatura inferior a la temperatura d'acte-inflamació dels gasos o vapors circumdants.

tal·lar-los en ambients oxidants o àcids, ja que estan fabricats amb materials als quals se'ls aplica un tractament anticorrosiu capaç de suportar l'acció d'aquestes atmosferes. Finalment, els quadres **antideflagrants** que protegeixen contra l'explosió, contra la pressió i contra gasos la temperatura d'inflamació dels quals sigui superior a 200 ºC .

Quadres termoplàstics

L'àmbit d'aplicació dels quadres termoplàstics cobreix des de la simple derivació de cables fins a la protecció de components electrònics. En el mercat hi ha una gran quantitat de models amb dimensions perfectament estudiades i diferents versions: amb tapes o ports transparents, fons amb semitroquelats i sense per al pas de cables, dispositius per a la fixació de material, etc.

Quadres de polièster

Igual que els metàl·lics, els quadres elèctrics fabricats amb polièster solen ser estancs en més o menys proporció, i estan fabricats amb materials plàstics com ara el polièster, i fins i tot alguns d'ells van reforçats amb fibres que els fan més resistents.

Són els quadres més indicats per a tipus d'ambients molt concrets, però sobretot, quan a l'atmosfera hi ha presents gasos, humitats o altres elements que podrien espatllar els dispositius de la instal·lació. La col·locació és similar a la dels quadres metàl·lics.

2.1.3. Aplicació d'un quadre elèctric

Depenent de com els apliquem i els fem servir, els quadres elèctrics existents en el mercat, estan pensats, per resoldre les funcions següents:

- Distribució elèctrica.
- Protecció i mesura.
- Enllumenat públic.
- Caixa general de protecció.
- Armaris per a comptadors d'aigua.
- Armaris per a comptadors de gas.
- Automatismes.
- Centralització de comptadors.
- Electrònica, veu i dades.
- Control i comandament.
- Accessoris per a la instal·lació.
- Climatització.
- Telecomunicacions.

Lògicament, de tots aquests quadres disponibles en el mercat són merament elèctrics, per exemple, els de la figura 20.

Figura 20. Diferents tipus de quadres elèctrics segons la seva aplicació



2.2. Elements auxiliars

Un quadre elèctric no solament està composat per l'envoltant, sinó que és un conjunt format per tots els elements i dispositius que el constitueixen (contactors, relés, temporitzadors, etc.), el funcionament dels quals està clarament indicat en l'esquema de la instal·lació. Abans de muntar l'equip haurem de triar cadascun dels components que el constituiran, cosa que implica la utilització d'uns elements denominats *auxiliars*, que es classifiquen en dos grups: **elements auxiliars de muntatge** i **elements auxiliars de connexió** (que faciliten el muntatge).

2.2.1. Elements auxiliars de muntatge

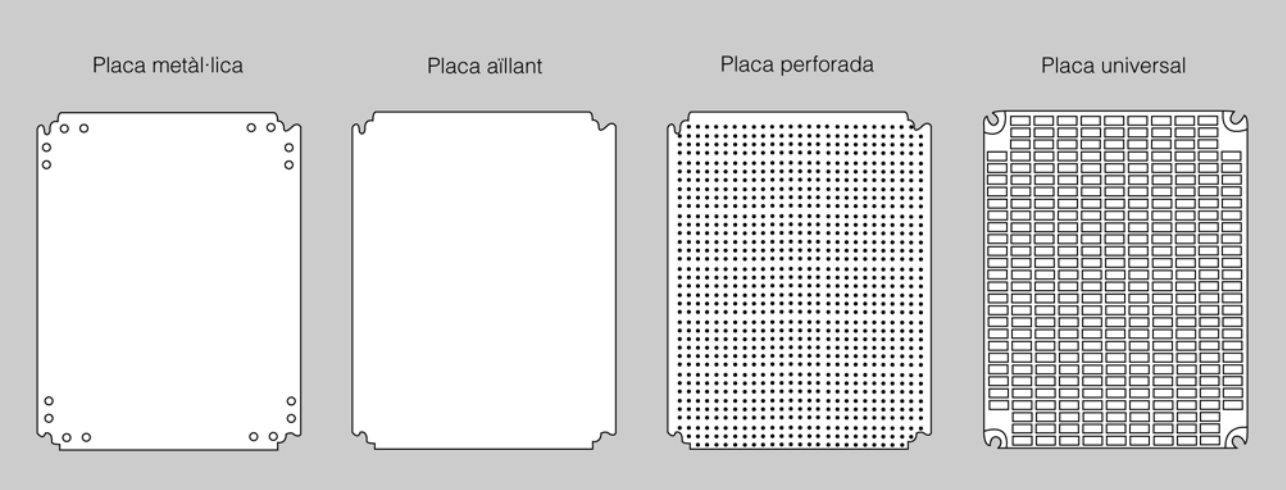
Els elements auxiliars de muntatge són els encarregats de facilitar el muntatge mecànic i el posterior cablatge elèctric d'un automatisme en l'interior d'un quadre o armari elèctric. Hi destaquen les plaques de muntatge i els carrils per suportar els dispositius.

Plaques de muntatge

En el mercat hi ha una gamma àmplia de plaques de muntatge (figura 21) que poden incorporar-se directament a les fixacions de l'armari o quadre elèctric; les més comunes són:

- Placa metàl·lica fabricada en acer.
- Placa aïllant en baquelita.
- Placa perforada de xapa d'acer galvanitzada i proveïda de trepants.
- Placa universal per a la fixació ràpida de l'aparellatge.

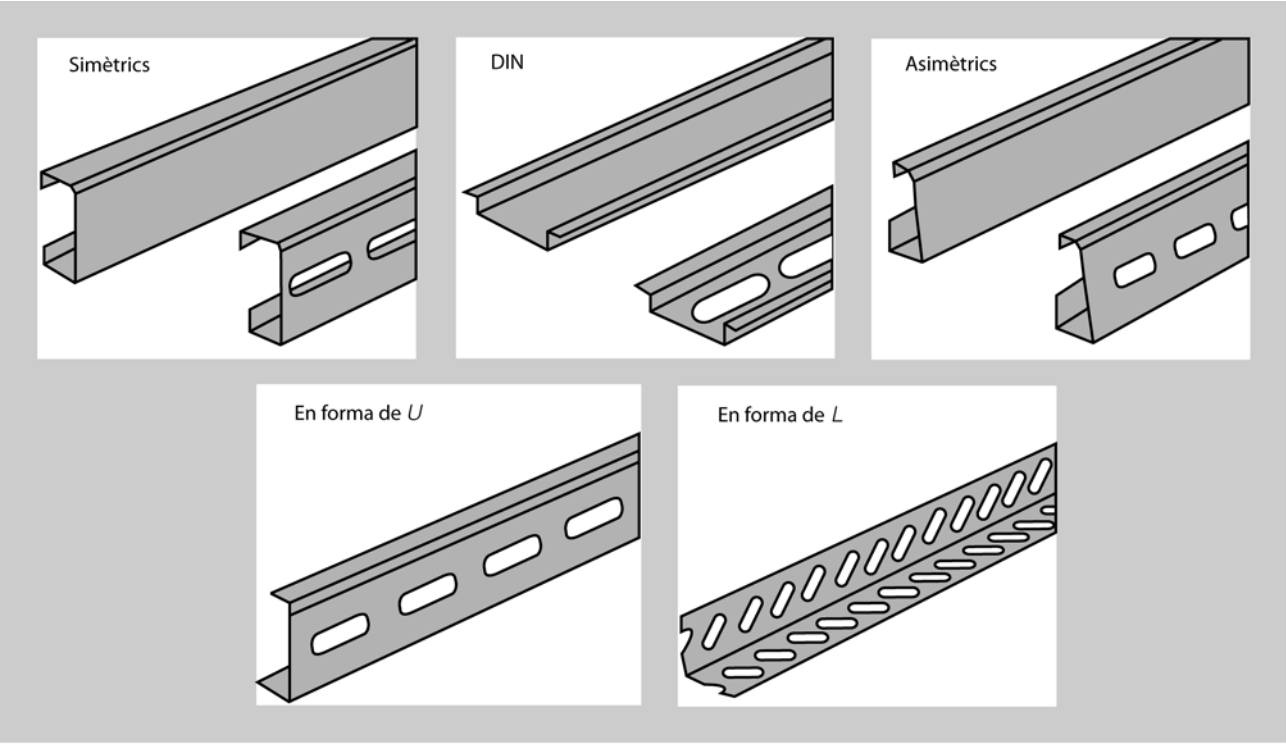
Figura 21. Diferents plaques de muntatge



Carrils per suportar dispositius

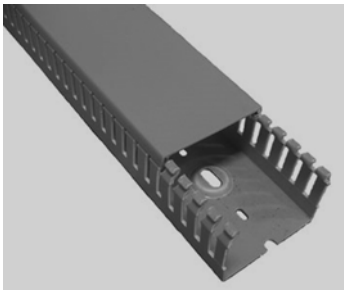
Els carrils per suportar de dispositius són elements auxiliars del quadre elèctric que, subjectats mitjançant cargols al panell o bastidor del quadre, s'utilitzen per al suport i fixació d'aparellatge en quadres i armaris elèctrics. Els elements tenen un sòcol de la mateixa mesura que el carril, i exercint una petita pressió de l'element sobre el carril, aquest s'enganxa per mitjà d'una pestanya, que es desplaça per l'acció que realitza un petit moll allotjat en la base del dispositiu. N'hi ha de diferents models (figura 22) depenent de les necessitats.

Figura 22. Diferents tipus de carrils



2.2.2. Elements auxiliars de connexió

Els elements auxiliars de connexió són els encarregats de facilitar el muntatge o cablatge elèctric d'un automatisme en l'interior d'un quadre elèctric. La seva funció consisteix a canalitzar tots els cables que es connectin als dispositius. Hi destaquen les canaletes perforades i els terminals i borns de connexió.



Canaleta perforada

Canaletes perforades

Fem servir les canaletes perforades per dur a terme el cablatge de la instal·lació dels equips, tant en forma vertical com en horitzontal. En el interior d'aquestes canaletes, s'introdueixen els diferents conductors que formen la instal·lació. Després de realitzar el connexionat dels equips, la canaleta es tapa, amagant els cables. Hi ha diferents grandàries de canaletes, depenent de la quantitat dels conductors a allotjar i de la secció d'aquests. Aquest sistema facilita la tasca de manteniment, ja que l'operari només ha de retirar la tapa de la canaleta per revisar la instal·lació.

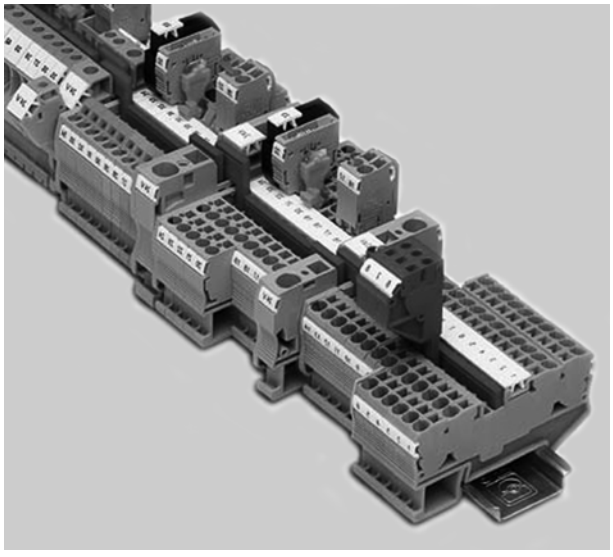


Terminals de connexió

Terminals i borns de connexió

Els terminals o punteres són elements de connexió que col·loquem al final del cable. Consisteixen en unes peces metàl·liques amb diferents formes en un extrem, i en l'altre duen un orifici que és per on s'introdueix el cable que subjectem al terminal mitjançant pressió o soldadura. Com el seu nom indica, els borns de connexió o regletes de connexió, serveixen per connectar els conductors del quadre als dispositius instal·lats. Els muntem sobre carrils metàl·lics (figura 23) i duen dos cargols de connexió per inserir el cable.

Figura 23. Borns o regletes de connexió per al carril



2.3. Normativa per a quadres elèctrics

La normativa existent a Espanya per als quadres elèctrics de baixa tensió, és la UNE-EN 60439-1 (Conjunts d'aparellatge de baixa tensió), part 1 (Requisits per als conjunts de sèrie (CS) i els conjunts derivats de sèrie (CDS)).

Disposar, per tant, de conjunts provats segons la norma implica poder treballar amb una base segura per al desenvolupament posterior de noves solucions.

Els denominats **conjunts CS i CDS** poden entendre's de la manera següent:

- **CS**: conjunt d'aparellatge de baixa tensió, construït conforme a un tipus assajat segons la norma.
- **CDS**: conjunt d'aparellatge de baixa tensió, que deriva d'un CS completament assajat encara que amb parts modificades dels assajos tipus (per extrapolació, per càlcul) encara que han de complir els assajos corresponents.

De fet, els armaris que realment es fan servir tant en distribucions generals com secundàries responen al tipus CDS.

Això significa que el constructor del quadre, adquirint els diferents components (envoltant, jocs d'equipament, interruptors de potència, de tall en càrrega o jocs d'embarrats), pot efectuar únicament les proves tipus més simples, podent realitzar aquelles més crítiques, de curtcircuit i de sobretemperatura, de manera indirecta, per extrapolació o càlcul.

2.4. Elecció del quadre elèctric

El quadre elèctric és un component bàsic en el conjunt de la instal·lació elèctrica. L'elecció de les característiques que ha de tenir requereix una anàlisi molt detallada de les condicions de servei i de la fiabilitat que ha d'assegurar-se. Per a això, han de tenir-se en compte les importants sol·licitacions mecàniques i elèctriques que tenen lloc en un espai tan limitat.

Els aspectes que hem de considerar i que condicionen de manera determinant la definició geomètrica del quadre són diversos: ambientals, elèctrics, tèrmics i mecànics.

2.4.1. Aspecte ambiental: condicionant del quadre elèctric

La norma UNE EN 60439-1 defineix les condicions normals de servei indicant valors ambientals límit dintre dels quals ha d'assegurar-se el

correcte funcionament. Hem de prendre en consideració: la temperatura ambient, la humitat relativa, l'altitud sobre el nivell del mar, i el grau de contaminació.

La part de l'aparellatge destinada a assegurar la protecció de l'equipament elèctric contra les influències externes i de l'entorn, realitza també la funció primària de protecció de les persones contra contactes directes (REBT ITC BT-24).

El grau de protecció que la norma UNE 20324 descriu per assegurar la protecció de les persones contra els contactes directes és similar a IP 2X. La primera xifra es refereix a la protecció contra la penetració de cossos estranys i contra l'accés per part de la persona a les parts actives contingudes a l'envoltant.



REBT

El significat de la **primera xifra** és assegurar la **protecció de les persones**. Durant el funcionament pot ser important controlar el valor de la magnitud elèctrica en joc (tensió, corrent) o realitzar el comandament manual d'un determinat aparell o dispositiu sense córrer el risc de tocar components en tensió.

La **segona xifra** es refereix a la **protecció contra l'entrada de líquids**. Si l'armari estigués instal·lat a l'exterior, el grau mínim de protecció requerit seria de 3 (IP X3).

Per a armaris instal·lats en interiors però sotmesos a variacions importants de temperatura (provocant condensació d'aigua...) la segona xifra no ha de ser inferior a 1 (IP X1).

En totes les instal·lacions previstes a cobert, que ja estan protegides de l'exterior gràcies a la construcció normal (parets, sostres...) és suficient, respectant la norma, un grau de protecció IP X0.

Així, els quadres de distribució utilitzats en centres residencials, escoles, biblioteques, sales de reunió o centres comercials, requereixen un nivell de protecció mínim de IP 20.

La **tercera xifra** es refereix a la **protecció contra cops o xocs** que es poguessin efectuar sobre l'envoltant; no se'n fa cap desenvolupament més perquè no es creu oportú per a aquest tema.

Resulta prou protegida un envoltant amb les dues primeres xifres que són les més habituals i normals en la pràctica. Podem observar una taula (taula 1), que identifica els graus de protecció d'un envoltant de material elèctric.

Taula 1. Graus de protecció d'un envoltant de material elèctric.

IP	Primera xifra	Segona xifra	Tercera xifra
	Protecció contra sòlids	Protecció contra líquids	Protecció mecànica
0	Sense protecció	Sense protecció	Sense protecció
1	Protegit contra cossos sòlids superiors a 50 mm (exemple: contactes involuntaris de la mà)	Protegit contra la caiguda de gotes verticals d'aigua	Energia de xoc 0,150 J
2	Protegit contra cossos sòlids superiors a 12 mm (exemple: dits de la mà)	Protegit contra caigudes d'aigua fins a 15° de la vertical	Energia de xoc 0,200 J
3	Protegit contra cossos sòlids superiors a 2,5 mm (exemple: eines, cables...)	Protegit contra l'aigua de pluja fins a 60° de la vertical	Energia de xoc 0,350 J
4	Protegit contra cossos sòlids superiors a 1 mm (exemple: eines fines, petits cables...)	Protegit contra les projeccions d'aigua en totes direccions	Energia de xoc 0,500 J
5	Protegit contra la pols (sense sediments perjudicials)	Protegit contra el llançament d'aigua en totes direccions	Energia de xoc 0,700 J
6	Totalment protegit contra la pols	Protegit contra el llançament d'aigua similar als cops de mar	Energia de xoc 1,00 J
7		Protegit contra la immersió	Energia de xoc 2,00 J
8			Energia de xoc 5,00 J
9			Energia de xoc 10,00 J
10			Energia de xoc 20,00 J

2.4.2. Aspecte elèctric: condicionant del quadre elèctric

L'esquema elèctric de la instal·lació és determinant en l'elecció de l'armari pel que fa a les dimensions. Limitant-nos estrictament al criteri dimensional, l'espai (dimensions de l'armari) a preveure, que ha de contenir l'embolcallat, es pot deduir molt fàcilment a partir de l'àmplia oferta disponible en el mercat i de les dimensions de l'aparellat, modular i no modular, que ha de contenir l'embolcallat.

Altres aspectes que poden determinar l'estructura de l'armari són els següents:

- L'entrada de l'alimentació (per la part superior o inferior, mitjançant cables o platines).

- Els espais suficients per assegurar la facilitat d'inspecció, verificació i manteniment.

L'elecció completa de l'armari contempla òbviament les característiques elèctriques relatives a la secció de la instal·lació en la qual s'instal·larà.

Uns valors característics que poden servir com exemple d'una instal·lació són els següents:

- Tensió nominal d'aïllament: 1.000 V
- Corrent nominal màxima d'ocupació: 3.200 A
- Corrent de curtcircuit: 70 CA, 1 s
- Corrent de cresta: 154 CA

2.4.3. Aspecte mecànic: condicionant del quadre elèctric

L'armari ha de ser adequat per plantar cara a les sol·licitacions mecàniques producte del corrent de curtcircuit.

Prenent com a exemple una xapa d'un gruix de 2 mm, aquesta assegura les prestacions elèctriques fins als valors màxims d'un quadre elèctric estàndard. També els elements d'unió de les peces estan a l'altura de la situació, les unions de les peces i de les cel·les asseguren la perpendicularitat de les cel·les així com la rigidesa mecànica.

Si prenem com a exemple que utilitzem el fons com estructura base, sobre aquest aniran incorporats els muntants de fixació dels jocs d'equipament així com els blocs de fixació de la resta de l'estructura externa: laterals i tapes (superior i inferior) o sòcol.

2.5. Comprovació d'un quadre elèctric

Per començar la comprovació d'un quadre elèctric comprovarem totes les connexions sobre tots i cadascun dels elements del quadre i ajustarem els aparells de protecció existents; després començarem a realitzar la verificació per l'ordre següent:

1) Prova del circuit de comandament. Farem aquesta prova amb el circuit de potència desconnectat, és a dir sense càrrega. Els elements de comandament com actuadors, sensors, etc., se simularan mitjançant l'obertura o tancament d'un contacte (un cable que uneixi els borns corresponents). Si les proves resulten vàlides, passaríem a la comprovació del circuit de potència.

2) Prova del circuit de potència. Farem aquesta prova sense tensió, per la qual cosa caldrà desconnectar el circuit de potència de l'alimentació. Utilitzem un mesurador de continuïtat per comprovar cadascun dels

dispositius (contactors, relés, temporitzadors, etc.) que anirem accionant manualment per verificar-ne el bon funcionament.

3) Prova del circuit de protecció. Consisteix a comprovar cadascun dels elements de protecció que hi ha al quadre. Verificarem els diferencials amb la tecla de test que disposen, comprovarem els magnetotèrmics revisant el calibre i la corba de tir de cadascun d'ells, per corroborar que els hem triat apropiadament i revisarem els fusibles per verificar-ne el calibre i la classe de servei. Quant al conductor de protecció (presa de terra), en comprovarem la continuïtat en tots els elements metàl·lics del quadre, així com a la porta d'aquest, si és que l'armari en disposa.

Una vegada comprovats tots i cadascuns dels punts anteriors, procedirem a la verificació final del quadre, aquesta vegada amb tensió, i simulant el funcionament de tots els elements del quadre.

Un cop concloses aquestes proves donarem per acabada la comprovació i verificació del quadre i passarem a l'engegada de la instal·lació.

2.6. Engegada

Un cop feta la comprovació i verificació del quadre, cal engegar-lo en el lloc d'emplaçament, seguint els passos que se citen a continuació:

1) Col·locar i fixar l'equip en el lloc d'emplaçament.
2) Alimentar el quadre amb els cables i connectors elèctrics adequats.
3) Comprovar les connexions d'alimentació dels receptors.
4) Verificar la prova en buit del circuit de comandament.
5) Verificar la prova en càrrega del circuit de potència.

Un cop hem arribat a aquest punt donem per acabada l'engegada del quadre, controlarem el bon funcionament de la instal·lació a través de les tasques de manteniment.

2.7. Manteniment

Per portar a terme el manteniment del quadre, hem de confeccionar una plantilla o llibre de manteniment en el qual figuri la data en què vam fer el manteniment i les parts específiques de cada element a verificar, com són, contactors, relés tèrmics, temporitzadors, elements auxiliars de comandament, aparells de mesura, etc.

Resulta fonamental una bona neteja, comprovar la temperatura interna que arriba a l'armari a ple rendiment, vigilar que tingui bona ventilació i

que tots els filtres estiguin nets, comprovar que tots els terminals de components i elements estiguin bé atapeïts i recordar que tots els components deurien estar identificats i marcats en el quadre elèctric així com els cables que els interconnecten.

2.8. Gestió tèrmica

L'aparició de nous elements i dispositius basats en l'electrònica de potència fan de la gestió de la temperatura una necessitat que cal tenir en consideració, cada vegada amb més freqüència, per a la concepció dels quadres elèctrics.

El temps de vida dels components, en funció de les condicions de temperatura i d'humitat a l'armari, fa que els valors ideals siguin de 10 a 40 ºC per a la temperatura i de 30% a 90% per al d'humitat relativa (HR).

Hi ha diferents solucions per eliminar els problemes de temperatura en els quadres elèctrics, de les quals podem destacar les següents:

- Dispositius de ventilació forçada i natural.
- Grups de climatització.
- Intercanviadors aire-aigua / aire-aire.
- Resistències calefactores.
- Dispositius de control: termòstat, higròmetre, higròstat.

Comandament, regulació i maniobres

Pedro Sánchez Vallejo

Automatismes industrials

Índex

Introducció 5

Resultats d'aprenentatge 6

1. Components dels sistemes de comandament i regulació 7
1.1. Dispositius per al tractament d'automatismes cablats 8
1.1.1. El contactor 9
1.1.2. Relés de comandament 15
1.1.3. Relés temporitzadors 17
1.2. Dispositius d'accionament i detecció 19
1.2.1. Elements d'accionament manual 19
1.2.2. Elements de detecció 22
1.3. Elements de senyalització 27
1.4. Borns i regletes de connexió 28

2. Circuits de comandament i regulació 30
2.1. Esquemes d'automatismes 30
2.1.1. Esquema del circuit de potència. Esquemes bàsics 32
2.1.2. Esquema del circuit de maniobra. Esquemes bàsics 33
2.1.3. Esquemes bàsics d'automatismes 35
2.2. Muntatge i cablatge 44
2.2.1. Connexions dels components de l'automatisme 44
2.2.2. Consideracions per al muntatge dels conductors elèctrics 49

3. Sistemes d'arrencada de motors elèctrics de CA i CC 51
3.1. Esquemes de circuits d'arrencada de motors de CA 51
3.1.1. Esquemes d'arrencada directa de motor de CA 51
3.1.2. Esquemes d'arrencada de motors de CA amb dos sentits de gir 52
3.1.3. Esquemes d'arrencada de motors de CA de potència elevada 54
3.1.4. Esquemes per a la regulació de velocitat de motors de CA 64
3.2. Arrencada de motors de CC 69
3.2.1. Esquemes d'arrencada de motors de CC 69
3.2.2. Esquemes de regulació de velocitat dels motors de CC 74

Introducció

El control automàtic de màquines i sistemes ha estat des de fa molt de temps una necessitat, propiciada per diferents causes: més seguretat, una millor fiabilitat, i l'alliberament de determinades feines a l'operador humà.

Les màquines i les instal·lacions són diferents segons la seva utilitat o aplicació, però la manera de controlar-les ha d'estar supeditada a components i circuits estandarditzats útils per a qualsevol d'aquestes. Aquesta estandardització es basa en la utilització de circuits, maneres de representació, i components que es veuran en la unitat "Comandament, regulació i maniobres", que es poden fer servir per automatitzar de manera genèrica qualsevol necessitat o aplicació industrial.

En l'apartat "Components dels sistemes de comandament i regulació", es fa un repàs dels components hàbils per ser emprats en els automatismes elèctrics, amb les seves característiques, els diferents tipus i la utilitat real dins de l'automatisme. Components que, en ser cablats segons unes normes, s'aconsegueixen automatitzar, o els necessaris per determinar un canvi de les accions en el funcionament, fins i tot els que ens donen informació sobre la màquina o instal·lació.

En l'apartat "Circuits de comandament i regulació" es tractarà el sistema de representació amb una simbologia normalitzada, i la manera de desenvolupar els automatismes elèctrics. Amb una part dedicada precisament a la representació, i una altra de dedicada al sistema de muntatge i cablatge dins de quadres elèctrics, en què es treballarà de manera pautada aquesta transició entre l'esquema i el muntatge.

Finalment, en l'apartat "Sistemes d'arrencada de motors elèctrics de CA i CC", es fa referència als diferents sistemes de control i arrencada de màquines elèctriques, amb els seus circuits i esquemes, i es detallen els elements necessaris i les característiques pròpies de cada sistema, segons l'aplicació i el tipus de màquina.

Resultats d'aprenentatge

En acabar la unitat, heu de ser capaços del següent:

1. Relacionar els diferents elements que configuren els automatismes elèctrics amb les funcions que fan.

2. Identificar els components i dispositius utilitzats en automatismes cablats i programables, a partir d'esquemes i documentació tècnica.

3. Diferenciar entre la part de comandament i la part de potència en automatismes cablats i programables, a partir d'esquemes i documentació tècnica.

4. Elaborar la documentació tècnica de projectes d'automatismes cablats o programables, a partir del quadern de càrregues.

5. Dimensionar elèctricament els components i parts d'un equip automàtic, a partir de les especificacions de projecte.

6. Seleccionar dispositius i materials en catàlegs tecnicocomercials, a partir de les especificacions de projecte.

7. Identificar els efectes de disfuncions i avaries en instal·lacions automàtiques.

8. Relacionar cada part de les instal·lacions automàtiques amb les funcions que fan i els efectes observables en cas de mal funcionament.

9. Localitzar components o dispositius que són causa d'avaria.

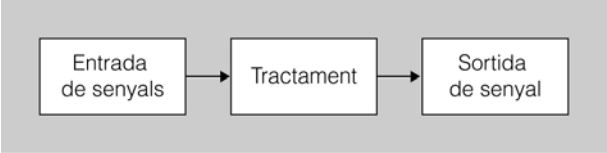
1. Components dels sistemes de comandament i regulació

Un **automatisme** és un sistema capaç d'efectuar una sèrie de funcions, controlar-les i dirigir-les prescindint d'una intervenció humana continuada. Un **automatisme elèctric** consisteix en la incorporació d'un dispositiu tecnològic amb components elèctrics, que s'encarrega de controlar el funcionament d'un procés o una màquina, amb una sèrie d'objectius: substitució de l'operador humà i aconseguir eficàcia i exactitud en les accions.

En el moment de dissenyar qualsevol tipus d'automatisme s'han de tenir en compte sempre tres parts diferenciades d'actuació (figura 1):

- Entrada de senyals.
- Tractament.
- Sortida de senyals.

Figura 1. Estructura d'un automatisme



L'entrada de senyals està constituïda per tots els components que generen un senyal elèctric o la seva supressió. Genèricament denominarem **captadors** aquests elements que recolliran la informació de l'estat general del sistema. Aquesta informació pot estar definida per l'operari o de manera automàtica generada pel funcionament mateix de la màquina o instal·lació.

Elements captadors

Els elements captadors són els que transformen una magnitud física (pressió, nivell, temperatura...) en una magnitud elèctrica.

El nivell de tractament dirigeix els senyals tramesos pel nivell d'entrada i n'assegura la connexió, d'acord amb un programa o un cablatge específic de diferents elements. Precisament l'elecció dels elements d'aquest nivell i del cablatge o de les connexions elèctriques entre aquests, té com a resultat una determinada automatització.

La sortida de senyal està encaminada a l'activació o desactivació del que anomenarem **actuadors** o receptors elèctrics, que actuen de manera directa sobre la feina, acció, força o moviment de la màquina o procés.

Element actuador

L'element actuador és el dispositiu que converteix una magnitud elèctrica en un senyal generalment mecànic, que pot provocar un efecte sobre el procés d'automatització.

Si es fa referència als quadres elèctrics, les diferents parts d'un automatisme es completarien tal com indica la taula 1.

Taula 1. Estructura d'un automatisme elèctric

Captadors	Nivell d'entrada	Nivell de tractament	Nivell de sortida	Actuadors
Polsadors	Borns	Contactors	Borns	Motors
Interruptors	Contactes	Relés de comandament	Contactes	Electrovàlvules
Finals de cursa	Relés	Relés temporitzadors		
Detectors		Comptadors d'impulsos		

1.1. Dispositius per al tractament d'automatismes cablats

Els diferents dispositius que intervenen directament en el tractament d'un automatisme, amb el seu cablatge o les seves connexions, conjuntament amb els captadors, borns, contactes de connexió i actuadors, formen l'**automatisme elèctric**. Precisament el resultat del funcionament final de la instal·lació dependrà de quins elements es facin servir i de la manera en què es facin les connexions entre ells.

Abans de fer referència als components típics del nivell de tractament, hem de tenir en compte que, en un sistema de representació desenvolupat d'un automatisme elèctric s'efectuarà sempre un *circuit de potència* i un *circuit de comandament o maniobra*. La representació dels dos circuits serviran de guia al tècnic per fer el muntatge i la connexió dels components. (!!)

El **circuit de potència** és l'encarregat de controlar de manera directa el funcionament d'un receptor o receptors, segons l'acció feta pel circuit de comandament o maniobra. El dispositiu fonamental en qualsevol circuit de potència és el contactor, quan tractem un automatisme purament elèctric, o les electrovàlvules, quan tractem un automatisme electropneumàtic.

Automatisme electropneumàtic

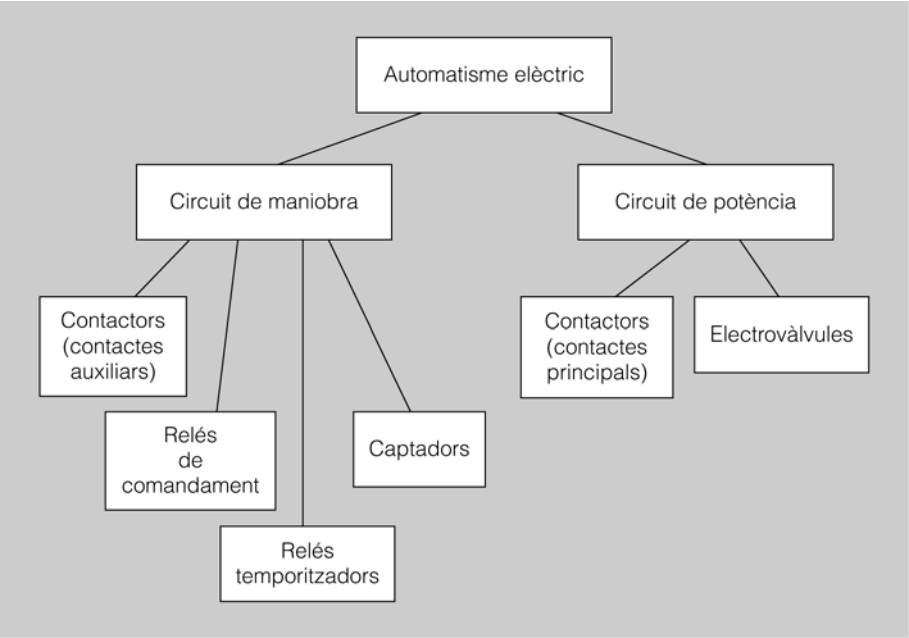
Un automatisme es considera electropneumàtic quan es fan servir elements de control o tractament elèctric per controlar actuadors pneumàtics (cilindres) amb les corresponents electrovàlvules.

El **circuit de maniobra** és l'encarregat d'activar, desactivar i temporitzar el funcionament o l'aturada del circuit de potència actuant directament sobre el contactor o els contactors. Els elements fonamentals d'un circuit de maniobra, conjuntament amb els captadors, són: els relés, els relés temporitzadors i elements auxiliars associats als contactors (contactes auxiliars).

Els elements més freqüents per al tractament de l'automatisme elèctric i que es destaquen en la figura 2 són:

- Els contactors.
- Els relés de comandament.
- Els relés temporitzadors.

Figura 2. Estructura d'un automatisme en relació amb els circuits de maniobra i potència



1.1.1. El contactor

L'energia elèctrica no pot estar permanentment connectada a un receptor o conjunt de receptors; cal fer uns sistemes de commutació de potència que facilitin el pas o la interrupció de l'energia elèctrica procedent de la xarxa cap als receptors. En la majoria dels casos, per comoditat i seguretat en la feina de l'operari, en el control de màquines, cal un comandament a distància. Els contactors són els elements que fan possible aquesta funció.

El **contactor** és un element de connexió i desconnexió, amb una posició de repòs i una posició d'activació. La posició d'activació és comandada a distància amb una força que el manté en aquesta posició; quan aquesta força deixa d'actuar, l'element torna a la posició de repòs. Aquest tipus de funcionament s'anomena *tot o res*.

En definitiva, el contactor és un aparell governat a distància que permet connectar la línia elèctrica amb receptors, com motors elèctrics, per a la posada en marxa, control d'aturada o canvis de velocitat. Intervé en el circuit de potència mitjançant uns contactes principals i en el circuit de maniobra (en muntatges cablats) amb uns contactes auxiliars.

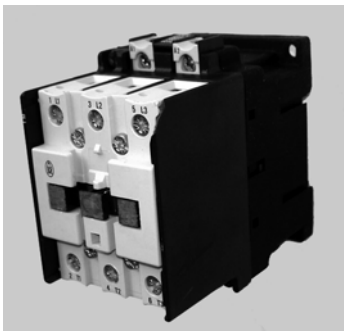
Segons el sistema d'accionament els contactors es poden classificar en:

- Electromagnètics: quan l'accionament es fa amb un electroimant, alimentant elèctricament la seva bobina.

- Electromecànics: quan l'accionament es fa mitjançant procediments mecànics (maneta, palanca, etc.).
- Pneumàtics: quan l'accionament es fa amb pressió d'aire.
- Hidràulics: quan l'accionament es fa amb la pressió d'un líquid (oli o aigua).

Els contactors electromagnètics (figura 3) són els que més es fan servir en la pràctica per les seves característiques i avantatges:

Figura 3. Contactor electromagnètic



L'entorn sempre influencia el subjecte d'alguna manera. En el cas que l'entorn no fos estimulatiu, també condicionaria el subjecte.

- Es fabrica en qualsevol gamma de potències: petita, mitjana o gran.
- Hi ha contactors per a corrent continu o corrent altern.
- Té diferents valors de tensió de funcionament (tant en baixa com en alta tensió).
- Té un manteniment reduït.
- Té robustesa.
- Alta fiabilitat.
- Gran nombre de maniobres assegurades.
- Volum reduït.
- Construcció senzilla.

Parts d'un contactor electromagnètic

Les parts bàsiques (figura 4) constitutives de qualsevol contactor electromagnètic són:

- L'electroimant.
- Els contactes principals.
- Els contactes auxiliars.
- Els ressorts.

1) L'electroimant

L'*electroimant* o *circuit magnètic* és l'element accionador del contactor. La seva forma varia en funció del tipus de contactor i segons el tipus de corrent que fa servir: continu o altern. Bàsicament està constituït per:

a) La bobina És l'element encarregat de produir un flux magnètic, necessari per fer una força d'atracció quan hi circula un corrent elèctric. És bàsicament un rotlle de fil de coure amb un esmalt reforçat.

Cal dir que, de manera generalitzada, les bobines que porten els contactors són molt resistents a les sobretensions i es munten sobre un amortidor per reduir els xocs mecànics. La gamma de tensions d'alimentació de la bobina és 12, 24, 48, 230 i 400 V, però la més emprada és la de 230 V.

Flux magnètic

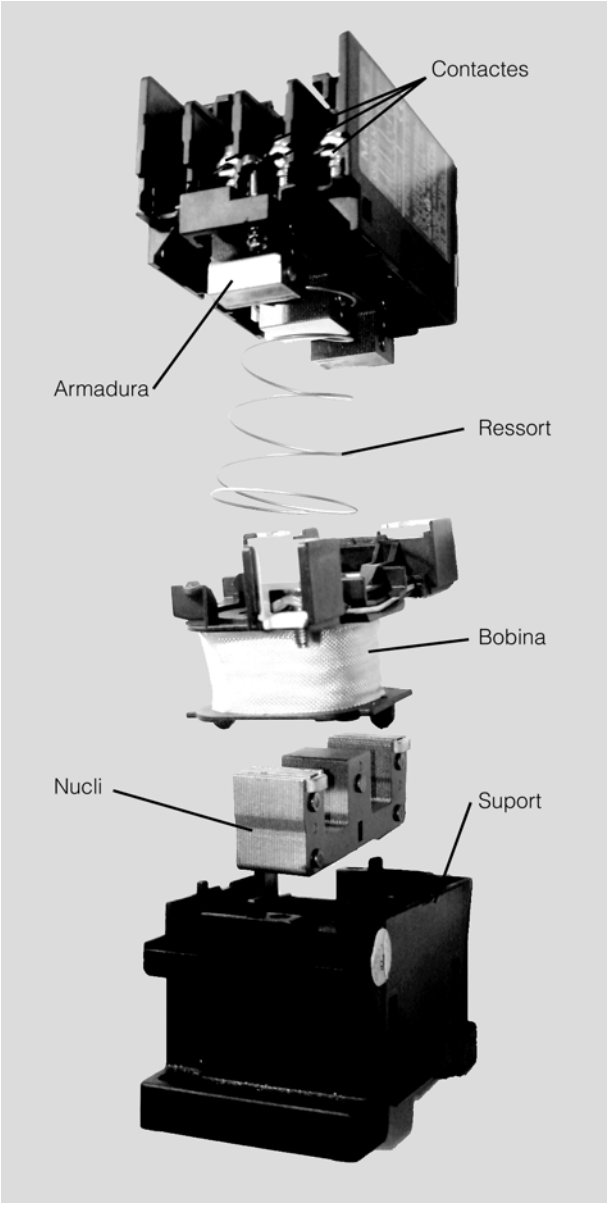
El flux magnètic té la magnitud física que es produeix en l'interior d'una bobina quan s'hi aplica un corrent entre els seus extrems.

b) El nucli És la part fixa per la qual es tanca el flux magnètic creat per la bobina. És bàsicament una peça formada per xapes magnètiques for-

mada per un conjunt, si el contactor és de corrent altern. Si és de corrent continu la peça és de ferro dolç massís amb una construcció robusta.

c) L'armadura Està constituïda del mateix material que el nucli. És la part mòbil del conjunt de l'electroimant i és l'encarregada de desplaçar o arrossegar els contactes elèctrics principals i auxiliars per l'atracció que es produeix cap al nucli per l'acció de la bobina.

Figura 4. Parts d'un contactor



2) Els contactes principals

També anomenats *contactes de potència*, són els encarregats d'establir o interrompre el corrent en el circuit de potència. Són dimensionats per permetre el pas del corrent de servei o corrent nominal del contactor en servei continu (valor en amperes) sense escalfament anormal. Són con-

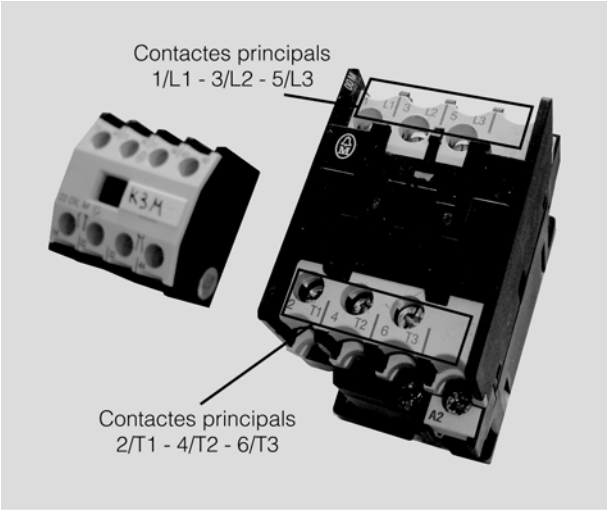
tactes normalment oberts en repòs (NO). Es componen d'una part fixa i una altra mòbil, aquesta última proveïda de molles o ressorts per garantir una bona pressió en el moment del tancament.

La part de contacte pot arribar a ser de plata - òxid de cadmi, material d'una gran resistència mecànica i resistència a l'acció de l'arc elèctric. Sovint estan equipats amb dispositius que faciliten l'extinció de l'arc elèctric que es produeix entre la part fixa i la mòbil quan el contacte obre en càrrega.

Arc elèctric

L'arc elèctric és la descàrrega elèctrica que es forma amb els electrons lliures i ions arrencats dels contactes d'un contactor, per efecte tèrmic en els gasos o buit que hi ha entre els contactes.

Figura 5. Contactes principals d'un contactor electromagnètic



3) Els contactes auxiliars

També anomenats *contactes de maniobra*, els contactes auxiliars són els que asseguren els comandaments, les autoalimentacions, els enclavaments o les senyalitzacions, i intervenen directament en el circuit de maniobra d'un automatisme.

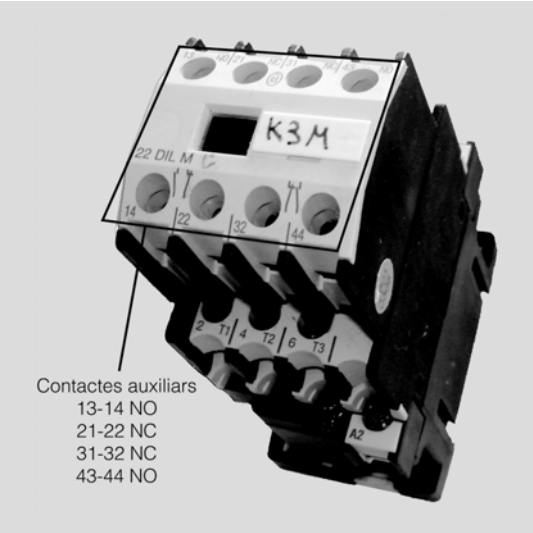
Hi ha diverses versions de contactes auxiliars:

- **Contacte normalment obert (NO)**, també denominat *instantani de tancament*: obert quan el contactor està en repòs i tancat quan l'electroimant està en tensió.

- **Contacte normalment tancat (NC)**, també denominat *instantani d'obertura*: tancat quan el contactor està en repòs i obert quan l'electroimant està en tensió.

- **Contacte instantani (NONC)**: quan el contactor està en repòs un dels contactes elèctrics està tancat, mentre que l'altre roman obert. En tancar el circuit magnètic els contactes canvien d'estat o posició. Té un born comú per als dos contactes, i per tant tindrà tres borns de connexió.

Figura 6. Contactes auxiliars d'un contactor electromagnètic



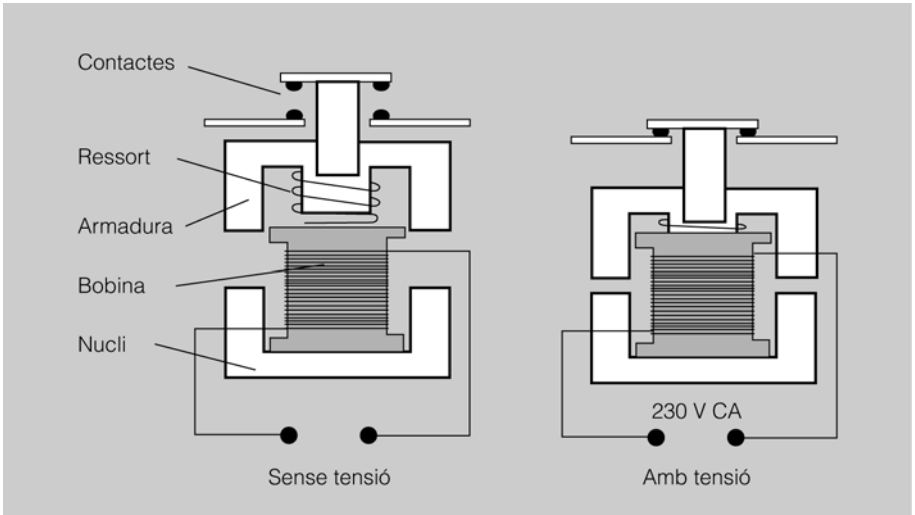
4) El ressort

Els ressorts dels contactors estan constituïts per molles de pressió. El seu objectiu és regular la pressió entre contactes i molles antagonistes, que són els encarregats de separar bruscament els contactes en la desconnexió. Un altre ressort situat en l'electroimant és l'encarregat de separar el nucli de l'armadura mentre no hi hagi tensió en la bobina.

Principi de funcionament d'un contactor electromagnètic

Al donar tensió a la bobina del contactor, es crea un flux magnètic que es tanca per mitjà del nucli i produeix una força d'atracció sobre l'armadura, que supera l'acció del ressort; aquesta arrossega els contactes principals de potència i els tanca, i produeix també un moviment en els contactes auxiliars, de manera que commuta el seu estat de repòs, tanca els que estan normalment oberts i obre els que estan normalment tancats. Quan desapareix el corrent que circula per la bobina, desapareix la força d'atracció sobre l'armadura i el contactor recupera l'estat inicial de repòs per la força del ressort.

Figura 7. Funcionament d'un contactor electromagnètic



En la primera figura es troba la bobina del contactor sense tensió, armadura a dalt; en la segona figura hi ha la bobina amb tensió, amb l'armadura a sota, amb la representació d'un contacte elèctric tancat.



Vegeu el funcionament d'un contactor electromagnètic en la secció "Recursos de contingut" del web d'aquest crèdit.

Elecció d'un contactor

Per poder fer una elecció correcta del contactor s'han de tenir presents com a mínim els aspectes següents:

- La tensió de la bobina.
- La categoria de servei.
- El corrent de servei del contactor (*Is*).
- El corrent de tall del contactor (*Ic*).
- El calibre del contactor.

1) La tensió de la bobina dependrà del valor de la tensió i també si és de corrent continu o corrent altern. Les tensions normalitzades de les bobines dels contactors estan definides en la taula 2.

Taula 2. Tensions de funcionament de les bobines dels contactors

Tensions normalitzades de les bobines
12 V
24 V
48 V
230 V
400 V

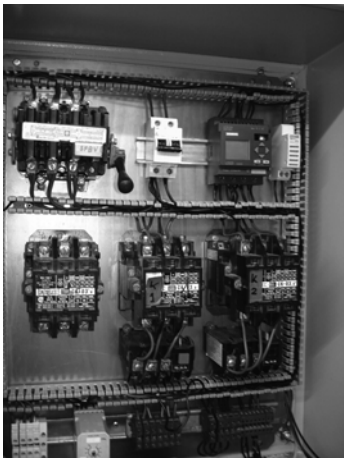
2) La categoria de servei és un tipus de designació definida pel tipus d'aplicació prevista pel contactor i en funció del tipus de corrent: corrent altern i corrent continu, segons les taules 3 i 4.

Taula 3. Categories dels contactors segons les aplicacions en corrent altern

Categories de CA	Aplicacions
AC1	Calefacció, forns elèctrics
AC2	Arrencada o inversió de motors d'anells
AC3	Arrencada de motors en curtcircuit, per a compressors, ventiladors, o motors sense càrrega
AC4	Arrencada de motors en curtcircuit, per a grues, ascensors o motors amb càrrega

Taula 4. Categories dels contactors segons les aplicacions en corrent continu

Categories de CC	Aplicacions
DC1	Cargues purament resistives
DC2	Arrencada de motors Shunt sense càrrega
DC3	Arrencada de motors Shunt amb càrrega, o marxa a impulsos
DC4	Arrencada de motors en sèrie sense càrrega
DC5	Arrencada de motors en sèrie amb càrrega, o marxa a impulsos



Quadre d'automatismes amb tres contactors.

3) El corrent de servei (*Is*) serà la intensitat que circula pels contactes principals amb el receptor funcionant de manera permanent, i depèn de la potència que s'ha de controlar.

El corrent de servei d'un contactor en un circuit trifàsic serà:

$$Is = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi}$$

Is: corrent de servei del contactor.
P: potència total en W del receptor o receptors en W.
V: tensió d'alimentació en V.
cos φ: factor de potència.

4) El corrent de tall (*Ic*) és el corrent màxim que pot tallar un contactor sense que s'escalfin els contactes principals. Depèn del corrent de servei i del tipus d'aplicació, segons la taula 5.

Taula 5. Corrent de tall (*Ic*) del contactor en relació amb el corrent de servei (*Ie*) i segons la categoria

Categoria del contactor	Valor del corrent de tall (*Ic*)
AC1	$Ic = Is$
AC2	$Ic = 2{,}5 \times Is$
AC3	$Ic = Is$
AC4	$Ic = 6 \times Is$

5) El calibre del contactor és la intensitat que poden suportar els contactes del contactor durant vuit hores de manera contínua, sense produir escalfament. És un valor normalitzat que dóna el fabricant de contactors i que estarà en funció del corrent de tall (*Ic*).

1.1.2. Relés de comandament

El concepte de relé s'associa a diferents elements segons la seva aplicació, i pot ser un *relé de protecció* amb una finalitat clara de protegir un circuit contra anomalies com curtcircuits, sobrecàrregues, o sobretensions. Pot ser un *relé de regulació*, amb un funcionament que dependria de la variació de valors com la tensió, la resistència, etc. Tots van sorgir per donar resposta a diferents necessitats. Però l'element més bàsic i que es fa servir en la maniobra d'automatismes elèctrics és el *relé industrial* o *relé de comandament*.

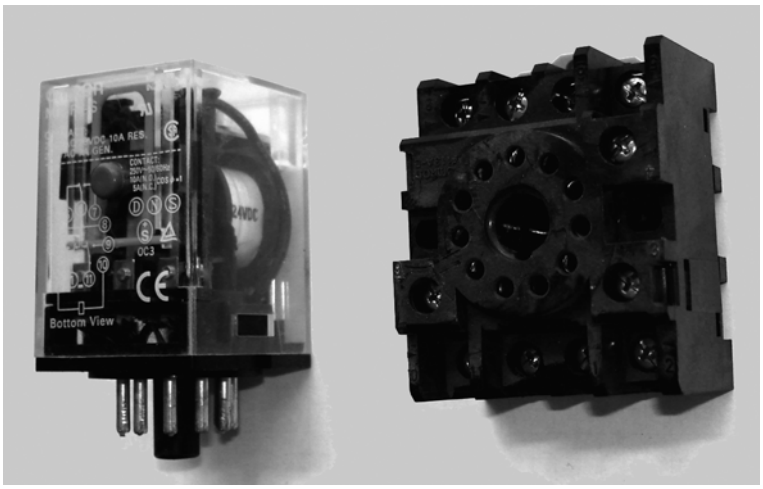
Els **relés de comandament** són dispositius que intervenen directament en el circuit de maniobra, formats per un electroimant i un nombre de contactes elèctrics que commutaran la seva posició de repòs en funció de la tensió aplicada a la bobina.

En la realització d'un automatisme, per garantir un funcionament correcte, molt sovint s'han de fer servir els contactes auxiliars dels contactors per a diferents serveis. Però de vegades, quan no és necessària l'aplicació directa del contactor o quan és insuficient, es fan servir el relés de comandament. Aquests asseguren funcions com les següents:

- Seleccionar circuits.
- Confirmar o registrar ordres rebudes d'elements com detectors o sensors.
- Enclavament de circuits.
- Comandament d'electrovàlvules.
- Comandament de senyalitzacions lluminoses o acústiques.
- Multiplicar el nombre de contactes auxiliars dels contactors.

- Adaptar senyals de sortida de la part de comandament a les necessitats dels elements controlats fora d'aquesta part.

Figura 8. Relé de comandament amb base de connexió



És freqüent trobar relés de comandament que es fixen a bases estàndard per facilitar el muntatge o el canvi d'elements en treballs de manteniment.

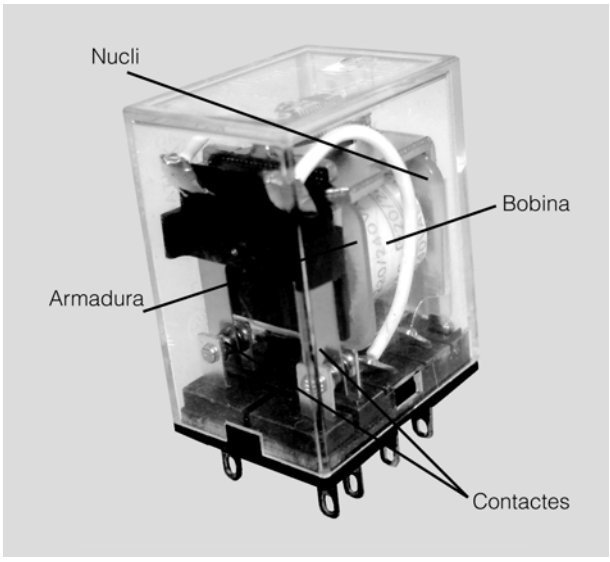
Constitució d'un relé de comandament

Es poden trobar dissenys diferents de relés segons els diferents fabricants i segons la necessitat del nombre de contactes, condicions de treball, etc.; però les parts d'un relé de comandament són pràcticament les mateixes que les d'un contactor (figura 9), però sense contactes principals de potència; precisament per això la seva grandària i constitució es redueix considerablement:

1) L'electroimant

Amb un circuit magnètic més petit que el del contactor, està constituït per les mateixes parts: bobina, nucli i armadura. Les bobines es fabriquen per funcionar amb les mateixes tensions que els contactors. La resta del circuit magnètic té una constitució similar amb un disseny més petit i concebuts per dur a terme un gran nombre de maniobres.

Figura 9. Parts d'un relé de comandament



2) Els contactes

Els contactes es consideren només de maniobra, i estan dissenyats per suportar una intensitat de corrent petita o molt petita, amb una vida útil de funcionament superior als contactes dels contactors. I segons el model del relé poden tenir un nombre variable de contactes normalment oberts (NO) o normalment tancats (NC). En la majoria dels casos la commutació dels contactes és instantània; hi ha també relés amb contactes temporitzats.

3) Els ressorts

El ressort té la mateixa funció que el contactor.

Funcionament d'un relé de comandament

El funcionament d'un relé de comandament és pràcticament el mateix que el d'un contactor: en el moment de donar tensió a la bobina, es produeix l'atracció de l'armadura cap al nucli, i els contactes auxiliars normalment oberts es tanquen i els normalment tancats s'obren. Aquesta situació es manté mentre tingui tensió la bobina; quan desapareix l'alimentació de tensió d'aquesta els contactes recuperen la posició de repòs.



Podeu veure el funcionament d'un contactor en el subapartat "Principi de funcionament d'un contactor electromagnètic".

1.1.3. Relés temporitzadors

Molt sovint, en els automatismes és necessari controlar el temps per determinar algun tipus d'acció directa o indirecta (posar en marxa, aturar, frenar, etc.) sobre els motors o màquines a controlar. Es fa necessària la participació d'elements que s'encarreguin d'aquesta feina: són els *relés temporitzadors*.

Els **relés temporitzadors** són elements que en funció del temps i en relació amb l'alimentació de tensió o senyal de comandament, commuten uns contactes elèctrics, sempre en el circuit de maniobra.

La majoria dels relés temporitzadors disposen d'un contacte commutat amb un born comú a un born normalment obert i a un altre born normalment tancat (NONC), encara que es poden trobar relés temporitzadors amb un sol contacte NO o doble contacte NO+NC.

En funció del sistema que fan servir per funcionar de manera interna, els relés temporitzadors poden ser:

- **Pneumàtics**, fan servir una càmera d'aire amb una membrana que actua sobre uns contactes. El temps es controla quan entra o surt l'aire

de la càmera després d'activar-se un circuit magnètic amb la seva bobina (semblant a un relé).

- **Mecànics**, funcionen amb un petit motor elèctric o un mecanisme de rellotgeria.

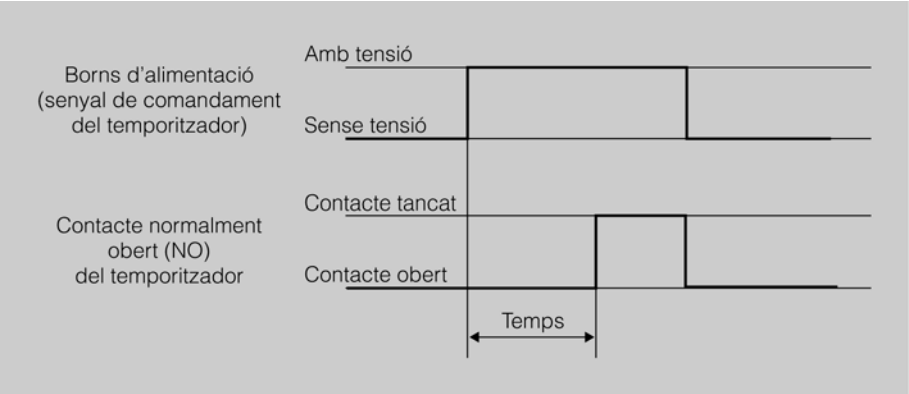
- **Electrònics**, els que més es fan servir actualment, i disposen d'un circuit electrònic per retardar la commutació dels contactes del temporitzador.

Funcionament d'un relé temporitzador

Bàsicament hi ha tres tipus diferents de funcionament dels relés temporitzadors, en relació amb la commutació dels contactes i en funció de l'alimentació de l'element:

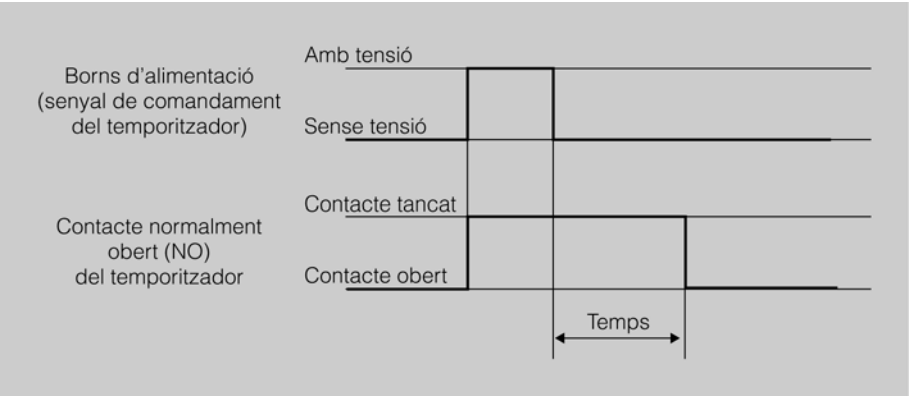
- **Temporitzador a la connexió** (figura 10), també denominat *temporitzador a l'activació* o *de treball*. El funcionament es basa a retardar la commutació dels contactes (tancar el contacte obert i obrir el tancat) després de donar tensió als borns d'alimentació (senyal de comandament) del temporitzador.

Figura 10. Diagrama de funcionament del temporitzador a la connexió



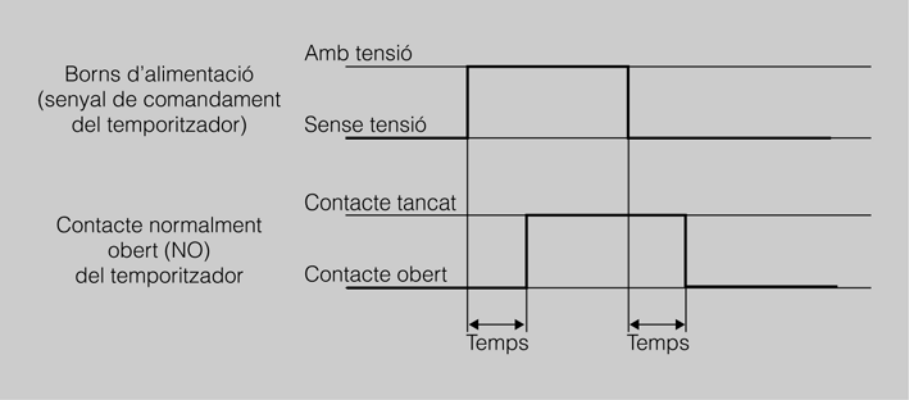
- **Temporitzador a la desconnexió** (figura 11), també denominat *a la desactivació* o *temporitzador al repòs*. Els contactes canvien de posició o commuten de manera immediata quan es dóna tensió als borns d'alimentació i es retarda la tornada a la posició de repòs dels contactes, una vegada desapareix l'alimentació.

Figura 11. Diagrama de funcionament del temporitzador a la desconnexió



- **Temporitzador a la connexió-desconnexió** (figura 12), denominat també *activació-desactivació*. Es retarda la commutació dels contactes després de l'alimentació del temporitzador i es retarda també la commutació a la posició de repòs quan desapareix l'alimentació.

Figura 12. Diagrama de funcionament del temporitzador a la connexió-desconnexió



1.2. Dispositius d'accionament i detecció

Qualsevol automatisme elèctric, perquè funcioni normalment ha d'establir un *diàleg home-màquina*. L'operari ha de poder prendre decisions sobre la instal·lació, i la instal·lació ha de poder mostrar la seva situació amb les corresponents senyalitzacions. Aquest diàleg home-màquina estaria, doncs, assegurat amb elements d'accionament manual com polsadors i interruptors i elements de senyalització òptics o acústics adients.

De la mateixa manera, amb el funcionament continuat d'una instal·lació comandada per un automatisme elèctric, es fa sovint una adquisició de dades, que consisteix en la captació de situacions exteriors lligades directament a aquest funcionament. Elements com finals de curses o detectors fan possible aquesta adquisició de senyals cap a l'automatisme.

Tant els elements que fan possible el diàleg com l'adquisició de dades donarien *senyals d'entrada* necessaris per poder tractar l'automatisme de manera convenient.

1.2.1. Elements d'accionament manual

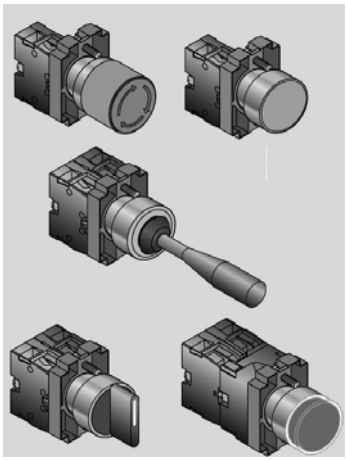
Els **elements d'accionament manual** són els elements als quals l'operari de la instal·lació té accés i decisió directa per actuar-hi. Es poden trobar elements com polsadors, interruptors o commutadors.

La gran gamma de models i tipus d'elements d'accionament manual facilita la possibilitat de muntar-los directament sobre quadres elèctrics, o pupitres de comandament; també, i segons necessitats, sobre caixes

o botoneres fixades a prop de la màquina o amb caixes o botoneres mòbils o penjades.

Polsadors

Els **polsadors** són elements de tancament (amb contactes normalment oberts, NO) o obertura (amb contactes normalment tancats, NC). Per activar-los s'hi ha de pressionar manualment a sobre; el retorn a la posició original és automàtic en eliminar la pressió.



Diferents tipus d'accionament manual.

També hi ha polsadors amb la doble característica de tancament i obertura amb doble contacte NO+NC amb borns independents, però que actuen al mateix temps, denominats *polsadors de doble cambra*.

Bàsicament els polsadors consten d'un dispositiu de comandament en què es fa la pressió, uns contactes elèctrics i una molla o dispositiu de retorn. Actualment es comercialitzen una gran gamma de polsadors amb característiques pròpies segons les necessitats. Fonamentalment es poden classificar en:

- Polsadors rasants: per evitar errors en l'accionament de maniobres.
- Polsadors sortints: la zona d'activació surt sobre el pla de muntatge.
- Polsador de cap de bolet: polsador per a aturades d'emergència; faciliten una actuació ràpida.
- Polsador de vareta: facilita l'actuació en qualsevol direcció de la pressió sobre el polsador.
- Posadors amb protecció de goma: per a ambients amb pols o amb partícules que poden introduir-se en l'interior de l'element.

Una característica important és el color del polsador, que ha d'estar relacionat de manera normalitzada amb l'aplicació o tipus de maniobra, segons la taula 6.

Taula 6. Assignació de colors als polsadors segons l'aplicació

Color	Significat	Aplicació
Verd	Engegada de tensió	Connexió de tota la instal·lació Engegada d'una part de la instal·lació Engegada de motors Connexió d'un circuit
Vermell	Accionament en cas de perill *Stop* o desconnexió	Aturada d'emergència Desconnexió total Aturada d'un o diversos motors Polsador de rearmament amb aturada combinada
Groc	Intervenció	Intervenció per interrompre condicions anòmales

Color	Significat	Aplicació
Blau	Qualsevol significat no cobert pels colors verd, vermell o groc	Aplicacions no relacionades directament amb les aplicacions cobertes pels colors verd, vermell o groc
Negre Gris Blanc	Sense cap significat especial	Per a qualsevol funció excepte les d'aturada o desconnexió

És d'importància significativa el **polsador d'aturada d'emergència,** que hauria de ser sempre del tipus cap de bolet i de color vermell amb un cercle groc en la superfície inferior. Sempre amb contacte d'obertura, normalment tancat, NC. Aquest polsador queda enclavat en ser polsat, i per desenclavar-lo s'ha de fer amb una acció giratòria de la part d'accionament, i de vegades es fa necessària una clau de seguretat.

Els dispositius d'aturada d'emergència han de ser instal·lats en totes aquelles màquines en les quals existeixi perill de tipus mecànic durant les condicions normals de treball. De vegades fins i tot pot ser necessària la instal·lació de més d'un polsador d'aturada d'emergència, com màquines amb més d'un lloc de control, o amb diversos punts que puguin ocasionar algun tipus de perill.

Interruptors i commutadors

En combinació amb els polsadors és freqüent la utilització d'interruptors o commutadors per fer una connexió, desconnexió o una selecció de circuits.

L'**interruptor** bàsicament és un contacte normalment obert (NO) La diferència amb els polsadors és que l'accionament manual implica un canvi en la posició dels contactes i que és necessària una nova acció manual per retornar els contactes elèctrics al lloc inicial.

Hi ha interruptors amb la possibilitat de portar un contacte de doble cambra igual que els polsadors.

Els **commutadors** són elements semblants als interruptors però amb la possibilitat d'accionar l'element en diferents posicions mantingudes. Normalment estaria constituït per un contacte NONC o un nombre determinat de contactes oberts associats a un contacte comú.

Amb un sol commutador es poden seleccionar diferents maniobres, o seleccionar diferents aplicacions de manera manual.

Els tipus i formes poden variar en funció de la necessitat, fabricant, model, etc., però en podem trobar diferents tipus en funció de la manera d'accionar-los manualment:

- Botó giratori: l'accionament es fa girant una maneta.
- Botó amb enclavament mecànic: l'accionament es fa directament pressionant el botó.
- Accionament amb clau: sistema que incorpora una maneta de seguretat accionada per una clau.

De manera normalitzada, tant els interruptors com els selectors commutadors tenen assignat el color negre.

1.2.2. Elements de detecció

El funcionament d'una instal·lació controlada per un automatisme elèctric obliga molt sovint a la detecció de diferents paràmetres físics, o posicionals, de dispositius que intervenen directament sobre el control de la instal·lació. Els elements més representatius són els següents:

- Finals de cursa.
- Detectors de proximitat.
- Detectors fotoelèctrics.
- Pressòstats.
- Termòstats.

Finals de cursa

Els elements de detecció *finals de cursa*, també anomenats *interruptors de posició*, són elements per controlar la posició d'un mòbil.

El **final de cursa** és bàsicament un polsador accionat mecànicament. Disposa de contactes elèctrics semblants al polsador de doble cambra: normalment obert + normalment tancat (NO+NC). Aquests contactes canvien la seva posició de repòs quan el seu dispositiu d'accionament contacta físicament un objecte mòbil.



Una aplicació comuna dels finals de cursa és la detecció de la posició dels cilindres pneumàtics.

Els finals de cursa disposen, a més, d'un *cos*, en què hi ha els contactes elèctrics, un *capçal*, amb un dispositiu de detecció que en ser pressionat commuta els contactes, i un *ressort*, que fa retornar el contactes a la posició de repòs quan desapareix la pressió sobre el capçal.

Per seleccionar correctament un final de cursa s'han de tenir presents factors com els següents:

- El lloc per fixar l'element.
- La freqüència de maniobres.
- La precisió exigida en la detecció.
- Els contactes elèctrics necessaris.
- La necessitat de protecció d'un determinat ambient.

A l'hora de fer l'elecció d'un final de cursa s'ha de considerar una gran varietat de dissenys en relació amb el dispositiu d'accionament i detecció que porta el final de cursa, alguns dels quals es representen en la figura 13. Aquest dispositiu pot ser:

- Capçal amb polsador.
- Capçal amb polsador i corró.
- Palanca amb corró.
- Palanca giratòria amb corró.
- Palanca de vareta.

Figura 13. Finals de cursa amb diferents sistemes d'accionament i detecció



Detectors de proximitat

De vegades la utilització de finals de cursa no és l'apropiada per al lloc en què s'ha de fixar, o per al material que s'ha de detectar, o fins i tot en l'ambient en què ha de treballar l'interruptor de posició. Es fa necessària, doncs, la utilització de detectors de proximitat estàtics.

Els **detectors de proximitat** són dispositius electrònics que detecten la posició o presència d'un objecte o material sense contacte físic. No hi ha contacte elèctric; aquest és substituït per un dispositiu estàtic com un transistor o un tiristor.

Transistor

Dispositiu electrònic semiconductor amb la capacitat de controlar el corrent elèctric, amb la funció d'amplificador o commutador.

Tiristor

Component electrònic que es fa servir per controlar el pas de corrent en un determinat sentit amb l'aplicació d'un impuls elèctric

Per les seves característiques els detectors de proximitat ofereixen uns avantatges significatius amb relació als finals de cursa:

- Es poden instal·lar en llocs en què no hi ha espai per als finals de cursa.
- Tenen una vida útil més elevada; no tenen parts mòbils, i per això tenen menys desgast.
- Poden detectar una gran gamma de materials, fins i tot els més complicats de detectar per a un final de cursa.
- Poden treballar en ambients perillosos; normalment són estancs.

Hi ha detectors que poden funcionar en corrent continu, en una gamma de tensions de 12 a 24 V i en corrent altern en una gamma de tensions de 24 a 48 i 110 a 240 V.

Hi ha dos tipus de **detectors de proximitat** en funció de la seva tecnologia i del tipus de material a detectar (figura 14):

a) Detectors inductius

El seu funcionament es basa en la variació d'un camp electromagnètic en aproximar-se a un objecte metàl·lic. Internament es destaca una bobina i un condensador (circuit oscil·lant). La bobina forma part de la cara sensible del detector.

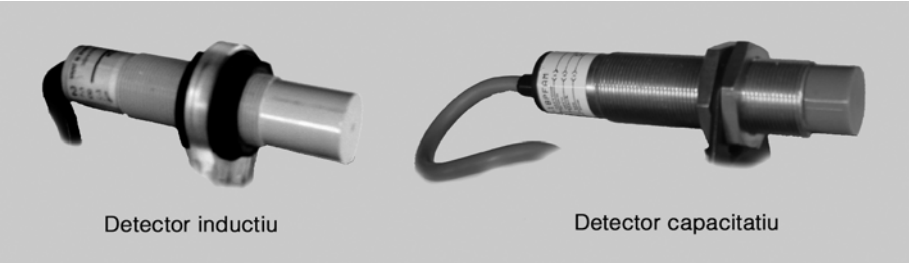
Aquest tipus de detector només pot detectar objectes metàl·lics.

b) Detectors capacitatius

El seu funcionament es basa en la variació que es produeix en un camp elèctric en aproximar-se a qualsevol objecte. Internament destaquen un condensador i una resistència (circuit oscil·lador). La cara sensible del detector està constituïda pel condensador mateix, que variarà la seva capacitat precisament amb l'aproximació d'un objecte, i provocarà l'accionament del circuit de commutació.

Precisament per la qualitat de detectar qualsevol objecte i tenint en compte la gran varietat de densitats i masses dels materials, aquests detectors porten un element regulador en la part de darrere per regular la distància de detecció.

Figura 14. Detector inductiu i capacitatiu



Físicament els detectors inductius i capacitatius són molt semblants. Una manera de diferenciar-los és que els capacitatius tenen un sistema de regulació a la part de darrere del detector.

A l'hora de fer la instal·lació o **muntatge de detectors** de proximitat s'haurien de tenir presents una sèrie de consideracions com les següents:

- En el cas d'haver de controlar material en pols o granulat cal muntar els detectors en posició vertical o inclinada per evitar que es pugui dipositar la substància en la zona activa.

- La comprovació del funcionament del detector no ha de fer-se mai amb un brunzidor o bombeta d'incandescència. S'ha de connectar a un relé de comandament.

- En l'aplicació de detectors capacitatius és recomanable treballar amb molt poca sensibilitat, per minimitzar problemes de falses deteccions. Com més sensibilitat, menys velocitat de detecció, i com menys sensibilitat, més velocitat de detecció.

- Cal evitar que en la superfície de detecció es pugin produir cops o rascades.

- Els cables de connexió del detector no han d'estar en la mateixa canalització que altres cables de receptors que puguin induir pertorbacions.

- S'ha de tenir present que la base o superfície de muntatge no sigui detectada en cas de muntatge encastat del detector.



Els detectors de proximitat poden detectar la posició d'un motor pneumàtic.

En la utilització de detectors de proximitat, és freqüent la instal·lació de mòduls amplificadors específics. Aquests fan una doble funció:

- Subministrar el valor de tensió i tipus de corrent adient al detector.

- Servir com a dispositiu d'accionament en el moment de la detecció, de manera que ofereixen un contacte d'un relé intern com a element accionador dins d'un circuit de maniobra.

Detectors fotoelèctrics

Una altra manera de detectar la presència o posició d'un objecte o material sense contacte físic és amb la utilització de detectors fotoelèctrics.

Els **detectors fotoelèctrics** són elements que basen el seu funcionament en l'emissió i recepció d'un senyal lluminós. Aprofiten l'efecte produït per una radiació lluminosa (emissor: díode electroluminiscent), en incidir sobre un element fotosensible (receptor: fototransistor), i provoca una circulació de corrent, o la commutació d'un contacte.

L'emissió de llum és invisible i modulada per garantir una alta immunitat a altres fonts lluminoses.

En funció de l'aplicació o utilitat podem trobar tres sistemes diferents de detectors fotoelèctrics:

a) Detector fotoelèctric de barrera

Està format per dues estructures separades, una per l'emissor de llum i una altra pel receptor (figura 15). L'activació del detector es produeix en la part del receptor en el moment que s'interromp el feix de llum. S'ha de tenir present que les dues parts del detector s'hauran d'alimentar amb tensió per separat. Aquest sistema es fa servir per a abastaments llargs o per detectar objectes reflectants.

Figura 15. Sistema de barrera

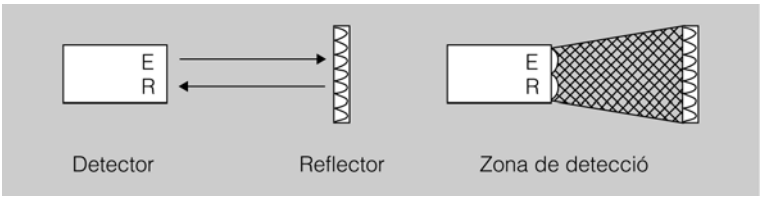


a) Detector fotoelèctric de reflexió (*reflex*)

En aquest sistema l'emissor i el receptor formen part de la mateixa estructura o suport. La recepció del feix de llum emès s'aconsegueix amb un reflector muntat davant del detector (figura 16). Es fa servir per detectar objectes que són a una distància curta o mitjana, o quan és impossible la utilització de detectors de barrera.

Existeix la variant de ***reflex* polaritzat,** que serveix per detectar objectes reflectants, que amb uns sistemes de *reflex* normal donarien errors d'activació.

Figura 16. Sistema *reflex*

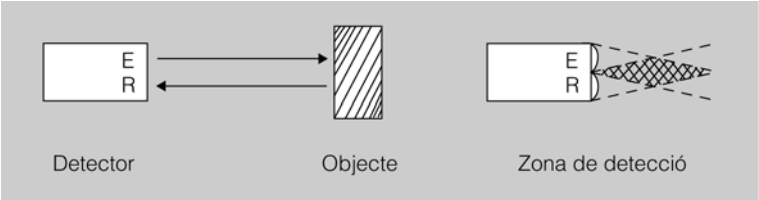


b) Detector fotoelèctric de proximitat

L'emissor i el receptor formen part de la mateixa estructura o suport (figura 17). La reflexió del feix de llum es produeix en qualsevol objecte proper al detector, i aprofita el nivell de reflexió que té la superfície de qualsevol material.

El sistema de proximitat només es pot fer servir per detectar objectes molt propers a distàncies curtes. Normalment aquests detectors porten un sistema de regulació de la sensibilitat per limitar la influència de la reflexió de materials o objectes que són darrere de l'element a detectar.

Figura 17. Sistema de proximitat





La informació sobre el tipus de detector la podem trobar en la carcassa mateixa. En la imatge, un detector *reflex*.

Pressòstats

En instal·lacions d'automatismes electropneumàtics s'ha de controlar i regular de manera freqüent la pressió o depressió. Els elements encarregats d'això són els *pressòstats*. Aquesta pressió pot estar provocada per aire, oli o aigua, i hi haurà, doncs, diferents tipus de pressòstats.

Un **pressòstat** és un dispositiu amb un contacte d'obertura-tancament que es commuta quan la pressió que detecta arriba a un nivell regulat. Per sota d'aquest nivell de pressió el contacte elèctric està en posició de repòs.

Termòstats

En automatismes de control de compressions, grups de climatització, instal·lacions de calefacció o controls de refrigeració de màquines, són necessaris components que detectin les diferències de temperatura i que actuïn en relació amb un nivell regulat. Aquests components són els *termòstats*.

Els **termòstats** són elements que disposen d'un contacte elèctric que canvia d'estat en el moment que la temperatura arriba a un punt de consigna reglat.

1.3. Elements de senyalització

En el diàleg persona-màquina és imprescindible la utilització d'elements de senyalització per indicar l'estat actual del sistema. Es pot indicar la marxa, aturada, inversió en el sentit de gir, avaria, etc.

Generalment la senyalització en un automatisme elèctric és bàsicament lluminosa, mitjançant pilots amb làmpades de neó o incandescents. Tam-

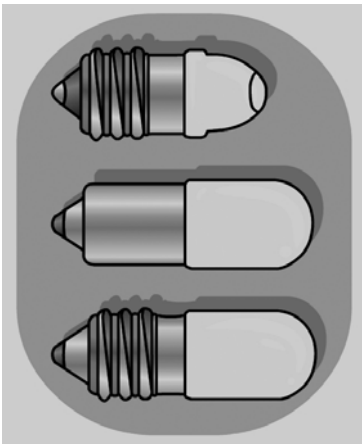
bé podem trobar senyalitzacions acústiques mitjançant brunzidors, timbres o sirenes.

Les làmpades dels pilots poden ser alimentades directament o mitjançant transformadors reductors de tensió. En el mercat se'n poden trobar una gran varietat segons les necessitats. Existeix una variant de polsadors amb pilots de senyalització en un mateix conjunt, per senyalitzar amb un llum la maniobra feta pel polsador.

És important destacar la utilització de colors de les diferents senyalitzacions lluminoses per identificar el tipus de maniobra o funcionament d'un automatisme (vegeu la taula 7).

Taula 7. Codificació de color de les senyalitzacions lluminoses

Color	Significat	Ús tipic
Vermell	Perill o alarma: advertència d'un perill possible.	• Fallada del sistema d'engranatge. • Temperatura que excedeix els límits de seguretat prescrits. • Aturada d'una part essencial de l'equip a causa de l'actuació d'una protecció. • Ordre d'aturar la màquina (per exemple, una sobrecàrrega). • Perill provocat per parts actives accessibles o en moviment.
Groc	Precaució: modificació o canvi de condicions.	• Temperatura o pressió que difereix del valor nominal. • Sobrecàrrega admissible per temps limitat. • Cicle automàtic en curs.
Verd	Seguretat: senyalització de les condicions de servei segures.	• Circulació del refrigerant. • Connexió automàtica de la maniobra. • Maquinària preparada per a l'engegada. • Cicle completat.
Blau	Informació específica: qualsevol significat diferent dels colors verd i groc.	• Selector col·locat en posició de preparació. • Indicador de comandament a distància.
Blanc	Informació general: pot usar-se per a la confirmació de qualsevol significat sobre l'ús dels colors groc i verd.	• Interruptor general connectat i tensió al circuit. • Velocitat o sentit de rotació triat.



En el mercat podem trobar una gran varietat de làmpades de senyalització.

1.4. Borns i regletes de connexió

Les connexions amb conductors elèctrics d'elements d'un quadre d'automatismes amb elements o dispositius que són fora de quadre, s'han de fer necessàriament amb regletes o borns de connexió adients (figura 18).

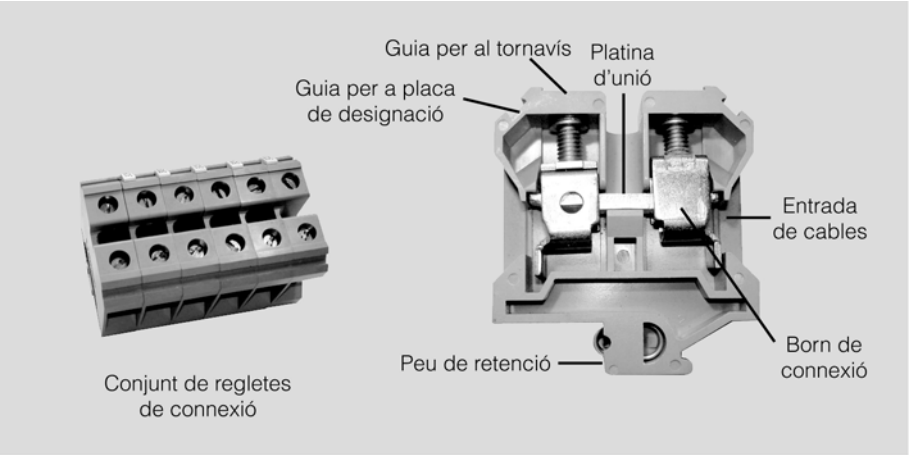
Els **borns** o **regletes** de connexió són elements amb un dispositiu de contacte protegits amb un material aïllant que uneix elèctricament els elements d'interior amb elements exteriors d'un quadre d'automatismes.

El sistema més comú és el de **brida-cargol**. Aquest sistema aprofita el reforçament clàssic d'estrènyer el cargol. La rosca de pas del cargol aconsegueix, amb un mínim desplaçament, la força de contacte necessària. Precisament, una força de contacte és efectiva quan reacciona constantment sobre el conductor. Això s'obté amb aquest sistema de brida, ja que en exercir pressió en cargolar, tendeixen a separar-se les solapes roscades superiors, i exerceix un efecte de frenada sobre el cargol d'estrènyer. Això assegura la connexió contra les vibracions.

El comportament elàstic de la brida equilibra completament les modificacions de diàmetre que es puguin produir per les fluctuacions de temperatura. Un desajustament automàtic del cargol no és possible.

Les regletes haurien de ser identificades amb un sistema de retolació o marcació, amb vista a una verificació correcta de les connexions.

Figura 18. Regletes o borns de connexió



2. Circuits de comandament i regulació

Els components o identificacions que formen part d'un esquema elèctric han d'estar representats per un símbol normalitzat. A Espanya es fa servir la norma UNE ('una norma espanyola'), controlada i certificada per l'Associació Espanyola de Normalització (AENOR).

Cada país té la seva norma particular però a escala internacional es fa servir la norma CEI (Comissió Electrotècnica Internacional) i en un àmbit més proper la norma europea EN, elaborada per la CEN (Comitè Europeu de Normalització). La norma EN ha estat propiciada, d'alguna manera, per la llibertat de mercat entre empreses de material elèctric de la Unió Europea.

2.1. Esquemes d'automatismes

Un **esquema** és la representació gràfica d'un circuit, en aquest cas d'automatismes, en la qual es poden interpretar les connexions dels diferents components amb els seus símbols i les seves referències, i fins i tot se'n pot deduir el funcionament.

Els esquemes que es fan servir en automatismes poden tenir diferents finalitats:

- Donar informació per prendre decisions sobre l'elecció de components o equips més adequats, en el moment de fer el muntatge inicial.
- Donar informació per poder cablar o connectar amb cables elèctrics els components entre ells, encara que no se sàpiga comprendre el funcionament del circuit.
- Facilitar la posada en marxa i les verificacions de funcionament correcte.
- Donar informació als tècnics de manteniment per a la revisió de la instal·lació.
- Donar informació necessària en el cas de possibles avaries, per reparar-les.

Els esquemes es poden desenvolupar de diferents maneres:

- Segons el nombre de conductors o elements:
  - Esquema multifilar: amb una representació detallada de tots els elements i tots els conductors que formen el circuit.

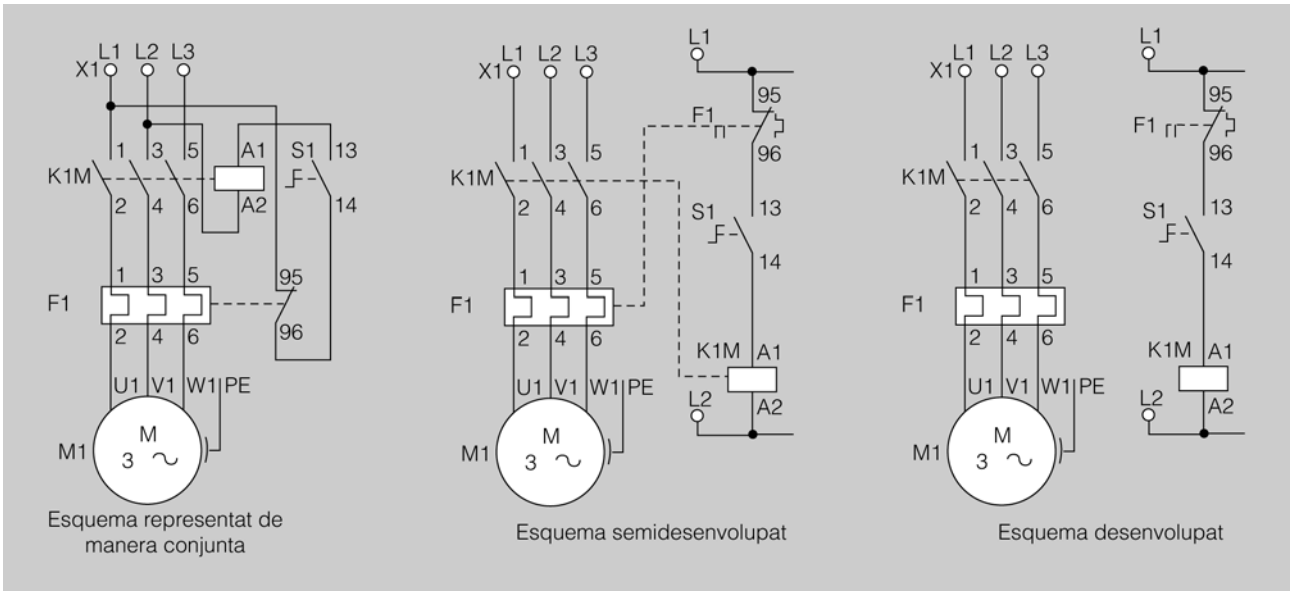
  - Esquema unifilar: amb una representació simplificada del circuit amb un sol traç per a tots els conductors. Es pot fer servir en circuits amb diferents fases identificades en una mateixa línia.

- Segons l'emplaçament:
  - Esquema representat de manera conjunta: amb els símbols dels diferents elements d'un mateix aparell, pròxims entre si per identificar les diferents funcions dins del circuit.
  - Esquema representat de manera semidesenvolupada: amb els símbols dels diferents elements d'un mateix aparell, separats uns d'altres però amb traços que identifiquen unions mecàniques.
  - Esquemes representats de manera desenvolupada: amb els símbols separats però sense les unions mecàniques, i identificant les relacions de les parts d'un mateix aparell amb la referenciació dels símbols.

- Segons la posició topogràfica:
  - Esquema amb la representació de la disposició o distribució real dels aparells sobre el quadre d'automatismes amb totes les connexions.

En els esquemes de l'exemple de la figura 19 es mostra el control d'un motor M1 amb un interruptor rotatiu S1 que accionaria de manera directa un contactor K1M; el motor estaria protegit contra sobrecàrregues amb un relé tèrmic F1.

Figura 19. Exemple d'esquemes segons l'emplaçament



En la representació d'esquemes d'automatismes el sistema més comú és normalment l'esquema desenvolupat, del qual resultaran realment dos esquemes:

- L'esquema del circuit de potència o circuit principal.
- L'esquema del circuit de comandament o maniobra.

Hi ha una sèrie de consideracions comunes que s'han de tenir en compte a l'hora de fer els esquemes:

- Tots els elements han d'estar perfectament identificats i relacionats en l'esquema del circuit de potència i maniobra.

- L'encreuament de conductors sense connexió es dibuixarà sempre sense cercle, i si hi ha connexió, es dibuixarà amb un cercle de color negre.

- Els aparells es dibuixaran sempre en posició de repòs.

- Les línies de connexió en els circuits de comandament o maniobra es dibuixaran de la manera més curta possible, de manera que s'evitin les confusions amb línies llargues.

- La línia que identifica una unió mecànica serà sempre discontínua per diferenciar-la d'una connexió elèctrica, que serà amb línia contínua.

- Només se simplificarà un esquema en forma unifilar en els casos en què no hi hagi possibilitat de confusió.

- No es representaran els borns dels contactors, relés, motors, etc., com si fossin borns o regletes de connexió; només amb el nombre o lletra corresponent.

- Els esquemes de comandament no han de mostrar una correspondència literal en relació amb els emplaçaments o dimensions dels seus elements en el quadre d'automatismes.

2.1.1. Esquema del circuit de potència. Esquemes bàsics

L'esquema del circuit de potència o principal també es denomina *esquema de potència*. Es dibuixa generalment a l'esquerra de l'esquema del circuit de comandament o maniobra quan estigui en un mateix plànol.

En l'**esquema de potència** es representen els dispositius de protecció amb els seus contactes principals, els contactes principals dels contactors i els motors o actuadors, des del punt de vista de l'alimentació d'una xarxa elèctrica, que pot ser monofàsica, trifàsica o trifàsica amb neutre.

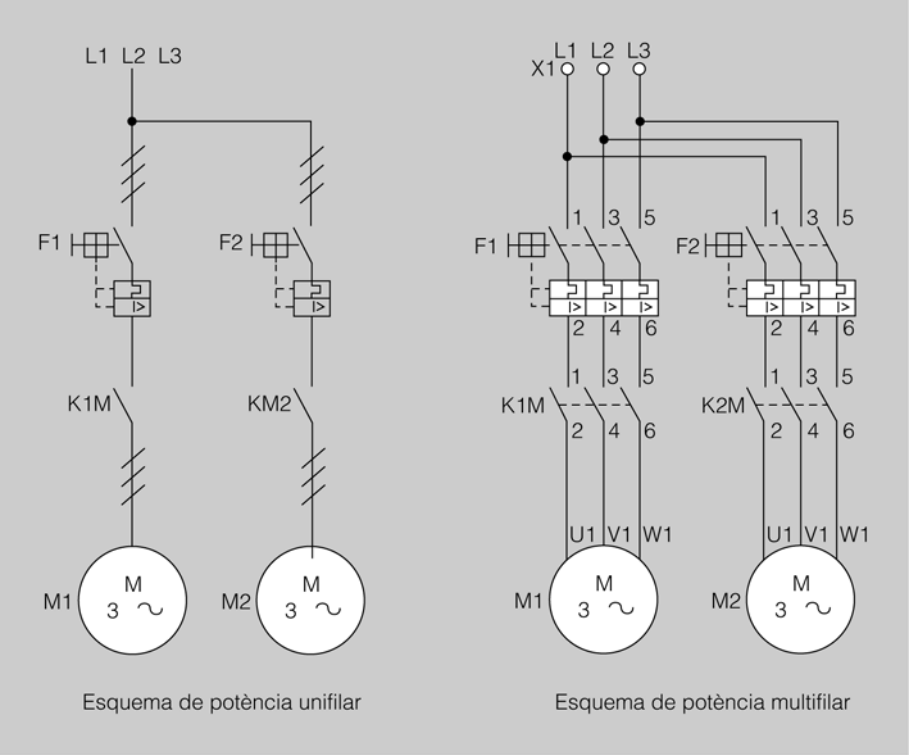
En la part superior de l'esquema es representa la xarxa d'alimentació, i en la part inferior els motors o receptors finals. Tots els elements han d'estar marcats amb les lletres que identifiquen l'aparell i la funció, amb el nom-

bre corresponent, i amb els borns de connexió referenciats de manera normalitzada.

Es pot representar de manera unifilar, en instal·lacions simples, o multifilar, de manera més freqüent. El traç de les línies i símbols ha de ser de més gruix que en l'esquema del circuit de maniobra.

En l'exemple de la figura 20 es mostren els esquemes de potència unifilar i multifilar, de dos motors connectats a la mateixa xarxa trifàsica, amb un disjuntor protector de motor, i controlats de manera independent amb dos contactors, K1M per al motor M1 i K2M per al motor M2.

Figura 20. Exemple d'esquema de potència



2.1.2. Esquema del circuit de maniobra. Esquemes bàsics

L'esquema del circuit de comandament o maniobra també es denomina *esquema de maniobra*. Es dibuixa generalment a la dreta de l'esquema de potència quan estiguin en un mateix plànol.

En l'**esquema de maniobra** es representen els òrgans de comandament (bobines) dels contactors, relés de comandament i la resta d'aparells comandats elèctricament, amb els seus contactes auxiliars. També es representen els elements d'accionament i detecció, i els dispositius de senyalització.

Es dibuixarà l'esquema de maniobra a partir de dues línies horitzontals que representaran l'alimentació del circuit de maniobra; en la línia superior la fase 1 (L1) i en la línia inferior la fase 2 (L2) o el conductor de neutre (N). S'ha de tenir present que la xarxa d'alimentació pot ser la mateixa que alimenta el circuit de potència o una xarxa d'alimentació independent amb valor de tensió diferent. Així doncs, la identificació de les fases podria ser la mateixa en els dos circuits: en el cas de xarxa única o diferent i en el cas de dues xarxes d'alimentació independents.

Les bobines o òrgans de comandament es dibuixaran d'esquerra a dreta, i si és possible, en l'ordre de l'alimentació o activació en un funcionament normal; sempre a la part inferior de l'esquema i connectats directament per la part de baix al conductor L2 o N. La resta de receptors com bombetes o dispositius acústics seguiran el mateix criteri. A la part més superior es dibuixaran els contactes auxiliars dels dispositius de protecció, seguits sempre que sigui possible dels dispositius d'accionament o detecció destinats a l'aturada total o parcial dels motors o receptors del circuit de potència. La resta d'elements es distribuiran per l'esquema, segons les connexions elèctriques necessàries per al funcionament de l'automatisme.

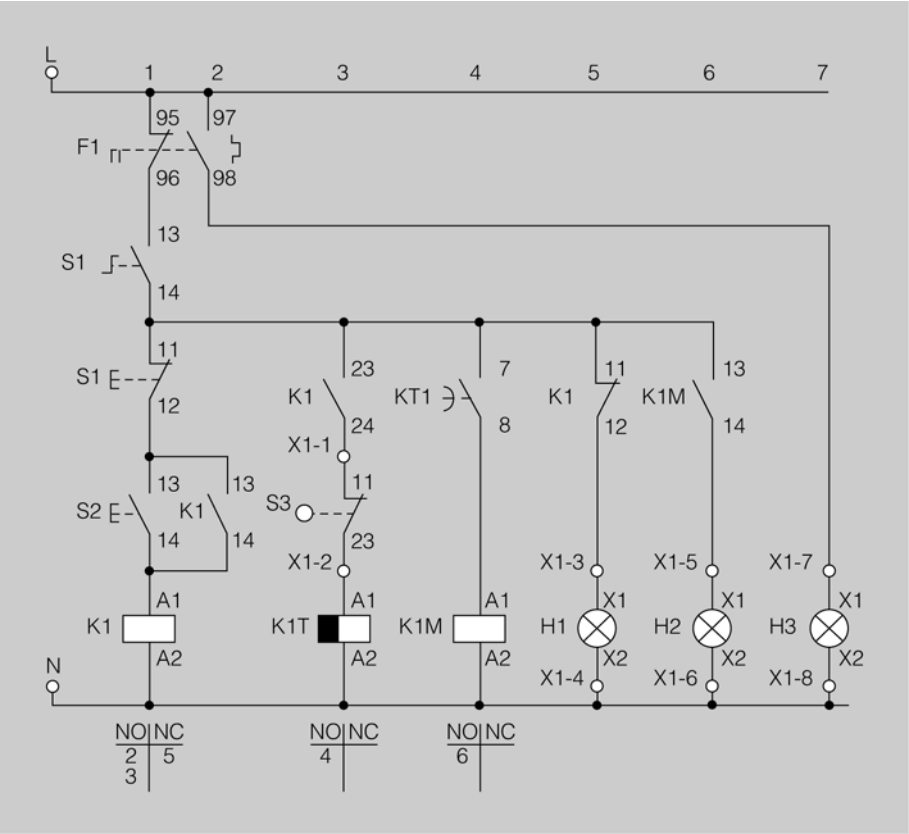
Tots els elements i contactes han d'estar referenciats amb les lletres i nombres normalitzats. La referència que identifica els elements es col·locarà a l'esquerra, i la numeració que identifica els borns dels diferents contactes a la dreta. Per facilitar la localització dels dispositius en esquemes complexos o amb un gran nombre d'elements, es pot completar l'esquema amb una referència numèrica a cada una de les línies verticals; aquesta referència s'indicarà a sota de cada bobina, i cal identificar en quina línia es troben els contactes auxiliars de l'element.

El traçat de les línies i símbols serà generalment amb un gruix més fi que el traçat de l'esquema de potència. De totes maneres, si es fan servir eines informàtiques aquesta opció estarà condicionada per la disponibilitat del programa de disseny que es fa servir.

En l'exemple de la figura 21 es mostra l'esquema de maniobra per al control d'un motor amb aturada temporitzada i protecció contra sobrecàrregues amb relé tèrmic. Amb tres elements principals: un relé de comandament K1, un temporitzador a la desconnexió K1T i un contactor K1M, que actuaria sobre el circuit de potència.

En l'exemple de la figura 21 també s'aprecia el sistema de referències per a la localització de contactes auxiliars (el relé de comandament K1 tindria dos contactes normalment oberts: un a la línia 2 i un altre a la línia 3, a més d'un contacte normalment tancat a la línia 5).

Figura 21. Exemple d'un esquema de maniobra



2.1.3. Esquemes bàsics d'automatismes

El control dels contactors, relés de comandament, relés temporitzadors, i la resta d'elements necessaris per fer un automatisme s'ha de representar en un esquema de manera que es pugui interpretar amb coherència el funcionament del circuit.

Els esquemes dels circuits bàsics, que ens en permetran dissenyar d'altres segons les necessitats, són els que figuren a continuació:

- Esquemes de comandament manual d'un contactor.
- Esquema de circuit de realimentació.
- Esquemes de circuits de comandament d'un contactor amb més d'un polsador de marxa o més d'un polsador d'aturada.
- Esquemes de circuits de comandament de més d'un contactor.
- Esquemes de circuits amb funcions de temporització.
- Esquemes de circuits amb senyalitzacions.

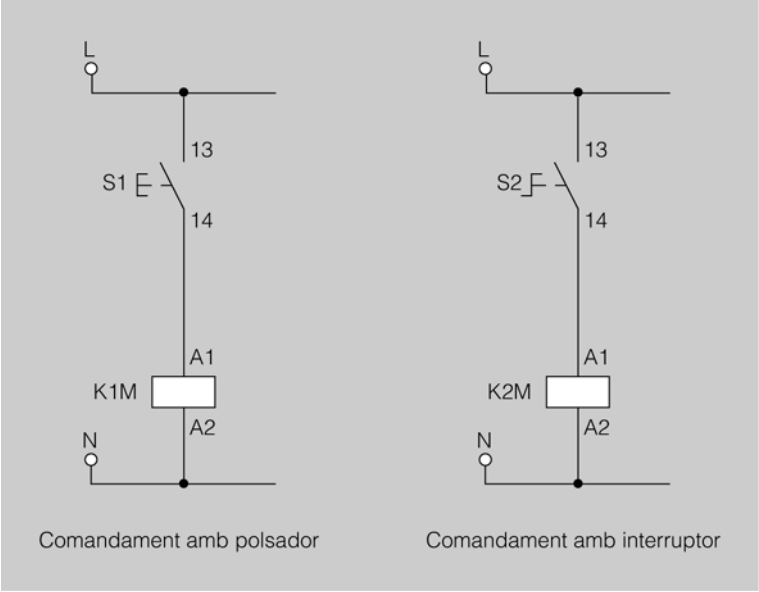
Esquemes de comandament manual d'un contactor

El circuit més basic d'un automatisme podria ser el control manual d'un contactor, com a dispositiu més característic, amb polsador o interruptor.

En el comandament per polsador, segons la figura 22, el contactor K1M és accionat únicament durant l'impuls sobre el polsador S1.

El contactor K2M es controlaria de manera permanent mentre estigui l'interruptor rotatiu S2 tancat; això implica que si hi ha una tallada de corrent elèctric amb l'interruptor tancat, en el moment de restablir el corrent el contactor es posaria en marxa sense la intervenció de l'operari. Aquesta característica s'hauria de tenir present a l'efecte de seguretat, si el contactor controla una màquina.

Figura 22. Comandament d'un contactor amb polsador o interruptor



Vegeu el vídeo *Comandament d'un contactor amb polsador o interruptor* en la secció "Recursos de contingut" del web d'aquest crèdit.

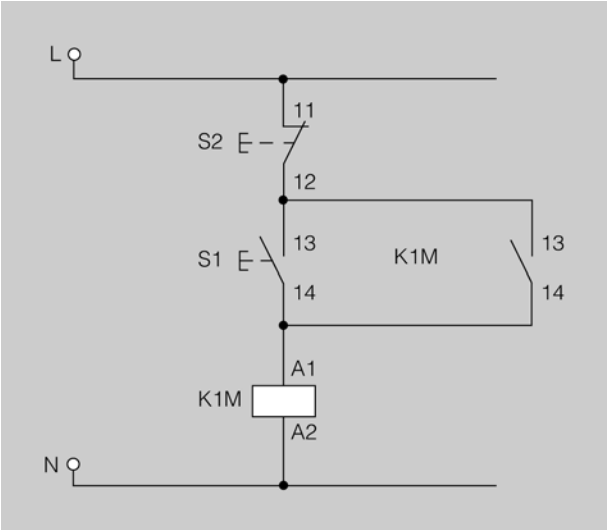
Esquema de circuit de realimentació

Un control a distància molt habitual d'un contactor que ha de controlar el funcionament d'una màquina és el circuit de realimentació, també denominat *circuit d'enclavament*.

La **realimentació** consisteix a controlar el funcionament d'un contactor amb l'impuls d'un polsador de marxa NO, que l'activarà de manera permanent fins al moment de donar un altre impuls a un altre polsador, en aquest cas d'aturada NC. El funcionament s'aconsegueix connectant un contacte auxiliar del contactor en paral·lel o derivació amb el polsador de marxa.

Segons la figura 23 en donar un impuls del posador NO *S1* s'activa la bobina del contactor K1M, que a causa d'això tancarà el contacte auxiliar NO 13-14. En deixar de polsar S1 la bobina continuarà alimentada mitjançant el seu contacte auxiliar. Un impuls al posador NC **S2** tallarà l'alimentació de la bobina i el contacte 13-14 tornarà a l'estat de repòs, fins a una altra activació.

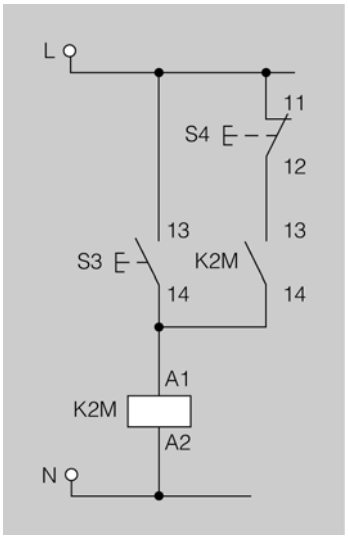
Figura 23. Realimentació d'un contactor



Vegeu el vídeo *Realimentació d'un contactor* en la secció "Recursos de contingut" del web d'aquest crèdit.

Aquest sistema soluciona el problema del comandament manual amb interruptor, en el moment d'un tall i restabliment accidental del corrent elèctric. Si hi ha un tall accidental i el contactor es desconnecta, en el moment de restablir el corrent, estaríem obligats a un nou impuls del polsador NO per activar la bobina.

S'ha de tenir en compte que un accionament del polsador NO i el polsador NC, al mateix temps, no implicaria l'activació de la bobina del contactor, i seria, doncs, un circuit de realimentació amb predomini en l'aturada.



Es podria fer un circuit de realimentació amb predomini a l'activació connectant el polsador NC en sèrie amb el contacte auxiliar d'enclavament.

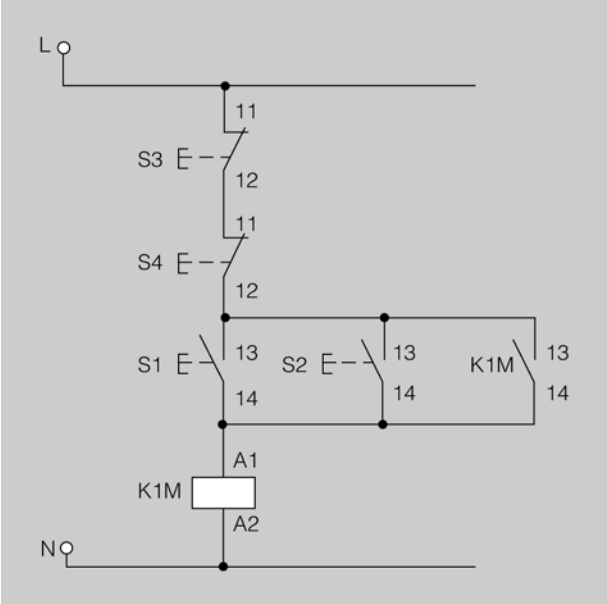
Esquemes de circuits de comandament d'un contactor amb més d'un polsador de marxa o més d'un polsador d'aturada

És freqüent el control manual a distància d'una màquina des de més d'un lloc de posada en marxa, o des de més d'un lloc d'aturada.

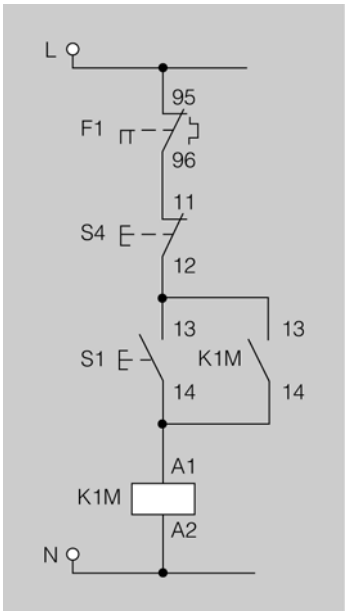
En la figura 24 es representa un circuit de maniobra amb la possibilitat d'aturada d'un contactor K1M des de dos polsadors NC S3 i S4, i la possibilitat de posada en marxa des de dos polsadors NO S1 i S2. L'accionament de qualsevol posador NO activaria la bobina i el contacte auxiliar de K1M, que facilita la realimentació. L'accionament de qualsevol polsador NC tallaria el corrent de la bobina i provocaria l'aturada.

Es pot deduir de l'esquema de la figura 24 que per possibilitar l'aturada des de múltiples llocs, s'hauria d'associar en sèrie el nombre de polsadors NC necessaris segons el nombre de llocs de desactivació. També podrien associar-se altres dispositius com el contacte normalment tancat d'un final de cursa, per exemple. Per possibilitar la posada en marxa des de múltiples llocs, s'hauria d'associar en derivació o paral·lel el nombre de polsadors NO necessaris segons el nombre de llocs d'activació. També es podrien afegir altres elements com el contacte normalment obert de qualsevol detector per provocar una activació.

Figura 24. Comandament a distància amb més d'un polsador d'aturada i més d'un polsador de marxa



De la mateixa manera, un contacte auxiliar de qualsevol dispositiu de protecció que ha de provocar la desactivació del contactor s'associaria en sèrie amb la resta de polsadors NC o dispositius d'aturada.



Un relé tèrmic que ha de desconnectar un contactor ho faria amb el seu contacte NC en sèrie amb un polsador NC.

Esquemes de circuits de comandament de més d'un contactor

El disseny dels esquemes de comandament de més d'un contactor dependrà de si és necessari un funcionament independent dels contactors dins de la mateixa instal·lació o d'un funcionament condicional.

En la figura 25 es mostra l'esquema de dos contactors en funcionament autònom, però amb un únic interruptor de connexió-desconnexió S5. El contactor K1M es controla amb un circuit de realimentació amb el polsador NO S1 i el polsador NC S2, i el contactor K2M amb un altre circuit de realimentació amb el polsador NO S3 i el polsador NC S4. La desconnexió dels contactors podria ser independent (cada contactor amb el polsador de desconnexió corresponent) o al mateix temps (obrint l'interruptor en el moment en què estan connectats els dos contactors).

Un esquema per representar el funcionament condicional dels diferents contactors d'una instal·lació es farà segons la condició per a l'activació o desactivació de les bobines dels contactors, que moltes vegades dependrà de la lògica de funcionament dels contactes auxiliars dels mateixos contactors, o elements com relés de comandament o temporitzadors.

En la figura 26 es mostra l'esquema que representa el funcionament de dos contactors que mai no poden ser activats al mateix temps. Quan el contactor K1M està activat, el contacte auxiliar NC 11-12 estarà obert, i impedirà la possibilitat d'activació del contactor K2M. Aquesta mateixa condició afectaria la

bobina del contactor K1M quan estigués funcionant el contactor K2M, ja que estaria obert el contacte NC de K2M 11-12. Aquest seria un funcionament típic per controlar la inversió de gir d'un motor.

Figura 25. Exemple de comandament independent de dos contactors

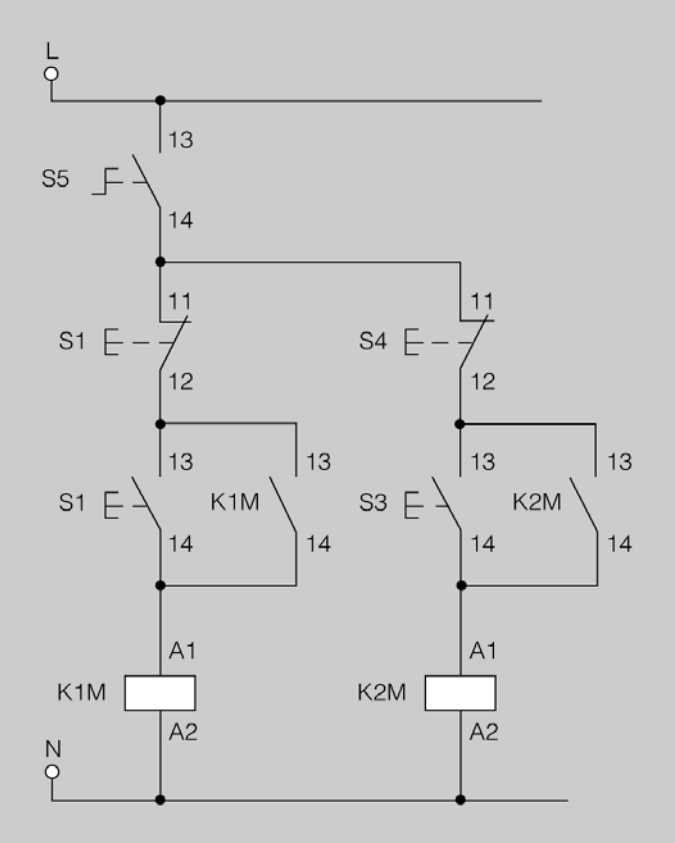
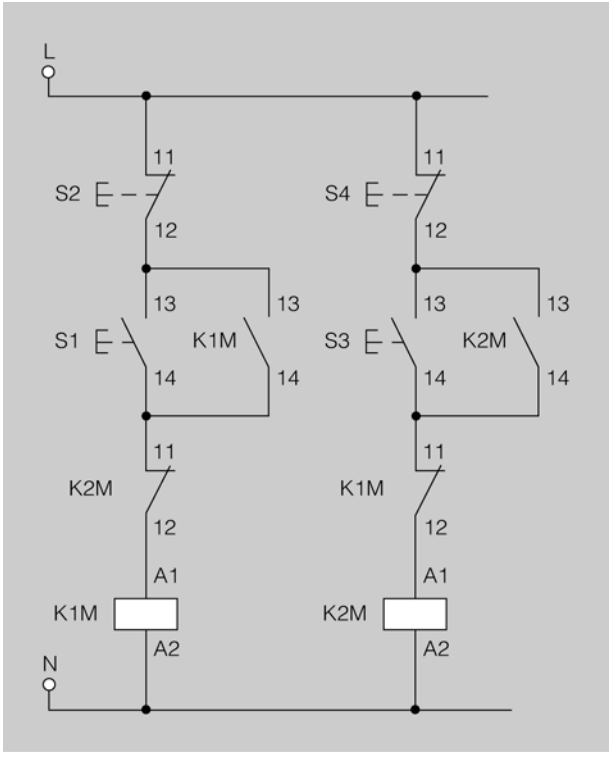


Figura 26. Exemple de comandament condicional de dos contactors



Vegeu el vídeo *Comandament condicional de contactors* en la secció "Recursos de contingut" del web d'aquest crèdit.

Esquemes de circuits amb funcions de temporització

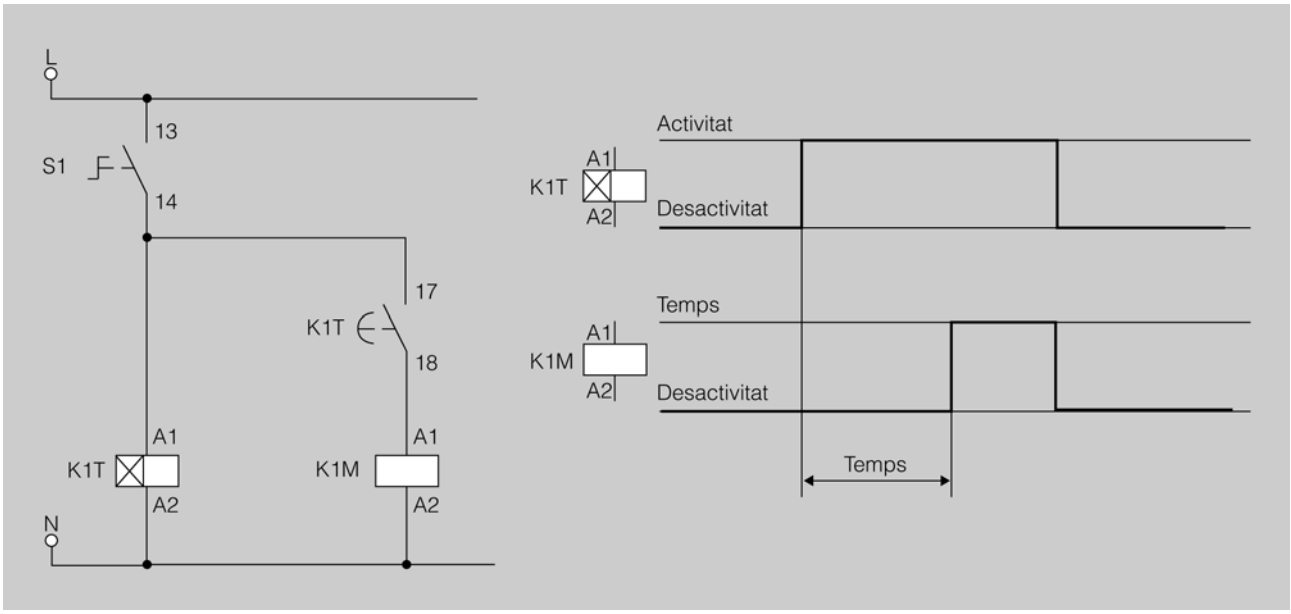
En instal·lacions automàtiques és molt freqüent la maniobra d'actuadors en funció del temps. Es fan servir relés temporitzadors per retardar l'activació o desactivació de màquines o motors per mitjà dels seus contactors d'accionament.



Vegeu en el subapartat "Relés temporitzadors" l'explicació sobre el funcionament d'un relé temporitzador.

Una maniobra simple d'activació retardada és la que es mostra en l'esquema de la figura 27. Amb l'interruptor S1 es dóna tensió al comandament del temporitzador a la connexió K1T, en el qual s'ha ajustat un temps d'activació. Al final del temps ajustat es tanca el contacte auxiliar NO 17-18 del relé temporitzador, que donarà tensió a la bobina del contactor K1M. En el moment d'obrir l'interruptor S1 es deixa de donar tensió al relé temporitzador K1T, el seu contacte 17-18 recupera la posició de repòs (obert) i el contactor K1M es desconnecta.

Figura 27. Exemple d'esquema amb activació temporitzada d'un contactor

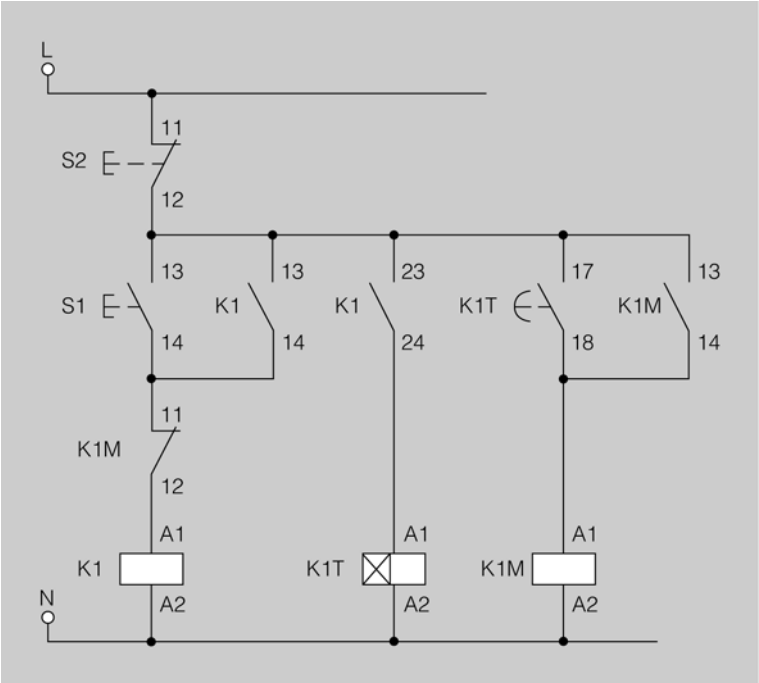


Si és necessari un control de posada en marxa i aturada mitjançant polsadors per a l'activació retardada d'un contactor, es farà servir un relé de comandament amb un circuit de realimentació com en la figura 28. El relé de comandament K1 s'activarà i desactivarà amb els polsadors NO S1 i NC S2, i té la funció d'activar el temporitzador K1T amb el contacte de K1 NO 23-24. El temporitzador activarà al final del temps ajustat el contactor K1M. En l'esquema es pot apreciar que tant el relé de comandament K1 com el temporitzador K1T es desconnectarien automàticament en activar-se el contactor, ja que s'obre el contacte NC de K1M 11-12, i deixa fora de servei els elements quan no són necessaris. El contactor K1M quedarà realimentat amb el contacte auxiliar NO de K1M 13-14, i es desconnectaria amb el polsador NC S2.



Vegeu el vídeo *Activació temporitzada d'un contactor* en la secció "Recursos de contingut" del web d'aquest crèdit.

Figura 28. Esquema amb activació retardada amb control per polsadors



Vegeu el vídeo *Activació retardada amb polsadors* en la secció "Recursos de contingut" del web d'aquest crèdit.

Esquemes de circuits amb senyalitzacions

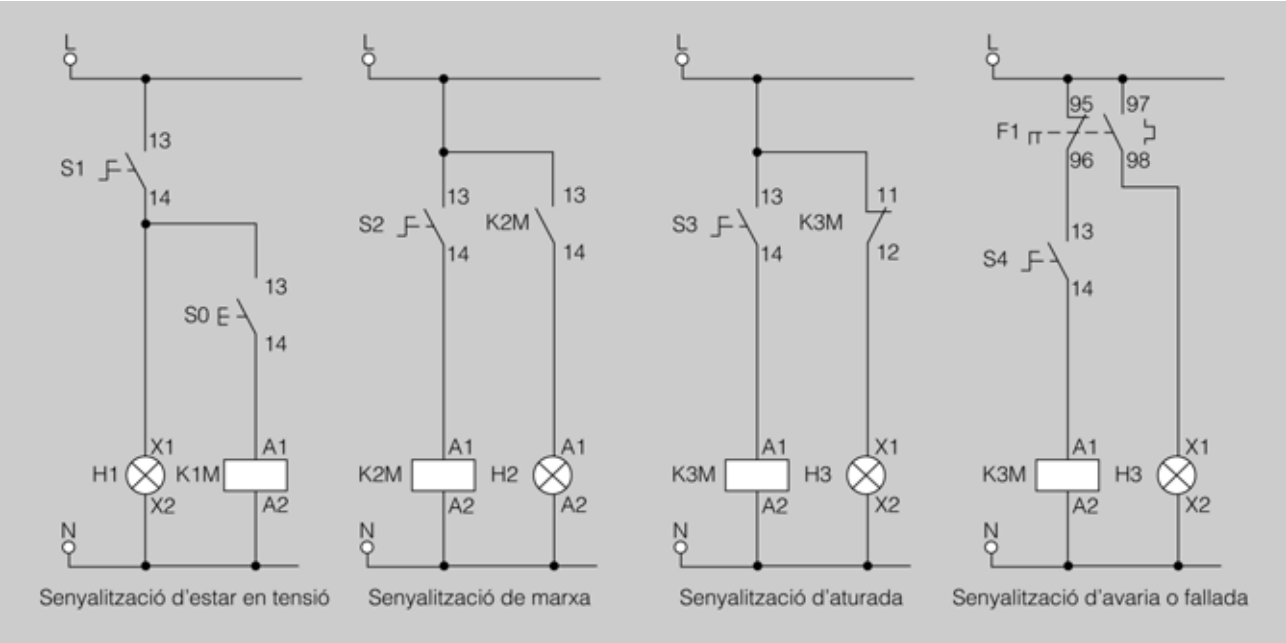
La informació sobre els estats de funcionament de les màquines controlades per contactors, o simplement de la posada en tensió d'una instal·lació, es fa generalment mitjançant pilots lluminosos o elements acústics, que formaria part del diàleg home-màquina necessari en qualsevol automatisme.

En la figura 29 es mostren els sistemes de senyalitzacions lluminoses més freqüents:

- Senyalització lluminosa que indica en tensió: informa sobre la "posada en tensió" de tota una instal·lació. Segons l'esquema amb l'interruptor S1 tancat es donaria tensió directament en el pilot H1.
- Senyalització lluminosa que indica en marxa: informa sobre l'activació d'un contactor. Amb un contacte auxiliar NO del contactor K2M (13-14) es connectaria el pilot H2 amb el contactor activat.
- Senyalització lluminosa que indica que està aturat: informa sobre la desconnexió o aturada d'un contactor. Amb un contacte NC del K3M (11-12) es connectaria el pilot H3 amb el contactor desconnectat.
- Senyalització lluminosa que indica avaria, fallada, sobrecàrrega o curtcircuit: informa sobre l'activació d'un element de protecció que ha d'aturar la màquina i al mateix temps senyalitzar l'anomalia (per exemple, l'activació d'un relé tèrmic).

Per fer la senyalització lluminosa que ha d'indicar activació d'un contactor o senyalització d'estar en marxa, com indica la figura 30, es pot fer també

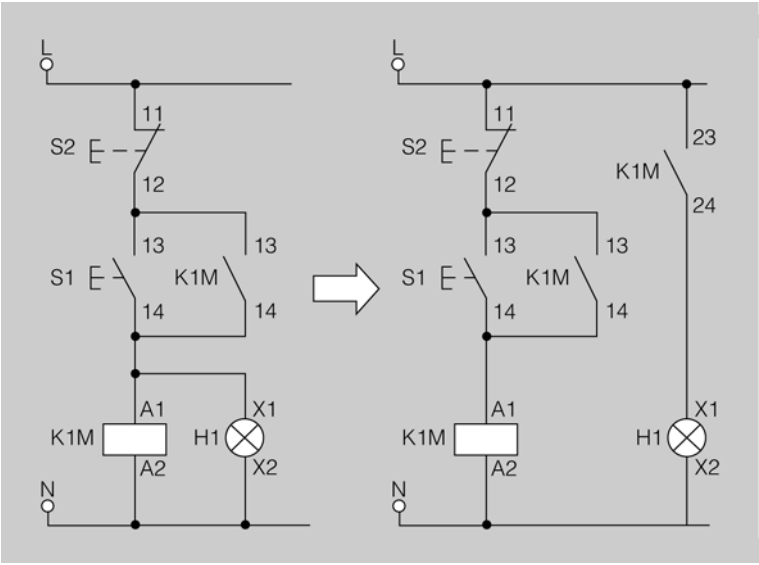
Figura 29. Senyalització lluminosa



amb la bombeta connectada directament als borns de la bobina A1-A2, però s'han de tenir en compte dos inconvenients:

- En el moment del tall o desactivació del contactor, en ser un receptor inductiu es pot produir una sobretensió suficient per deteriorar la bombeta.
- Si el contactor no s'activa per un defecte del mecanisme mateix, la bombeta indicaria una senyalització d'activació en accionar l'element de comandament manual que ha d'activar el contactor.

Figura 30. Possibilitats de senyalitzar "marxa"



Si es decideix connectar el pilot de senyalització de marxa en els borns del contactor A1-A2, s'hauria de preveure un pilot de neó, per evitar el deteriorament de la bombeta.

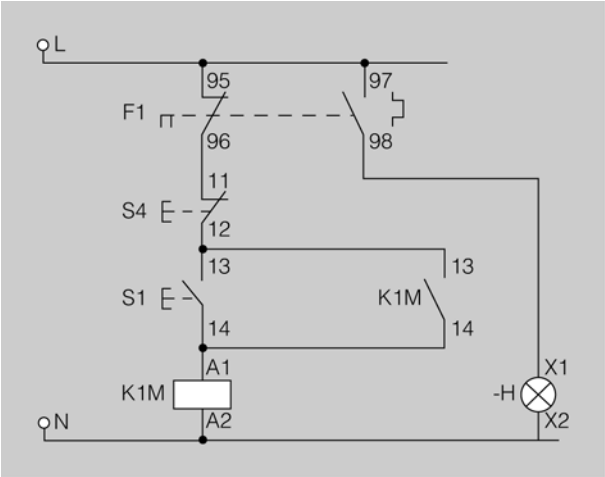
La senyalització d'indicació d'averia d'un relé tèrmic, per detectar sobrecàrregues, es fa mitjançant el seu contacte normalment obert NO 97-98,

tal com s'indica en la figura 31. És important destacar que el color del pilot d'aquesta senyalització ha de ser vermell de manera normalitzada.

Pilot de neó

Els pilots de neó són bombetes de descàrrega amb gas neó a baixa pressió en l'interior. En el moment d'aplicar corrent elèctric als borns de la bombeta, el gas s'ionitza i comença a brillar, i produeix una llum de color taronja vermellós.

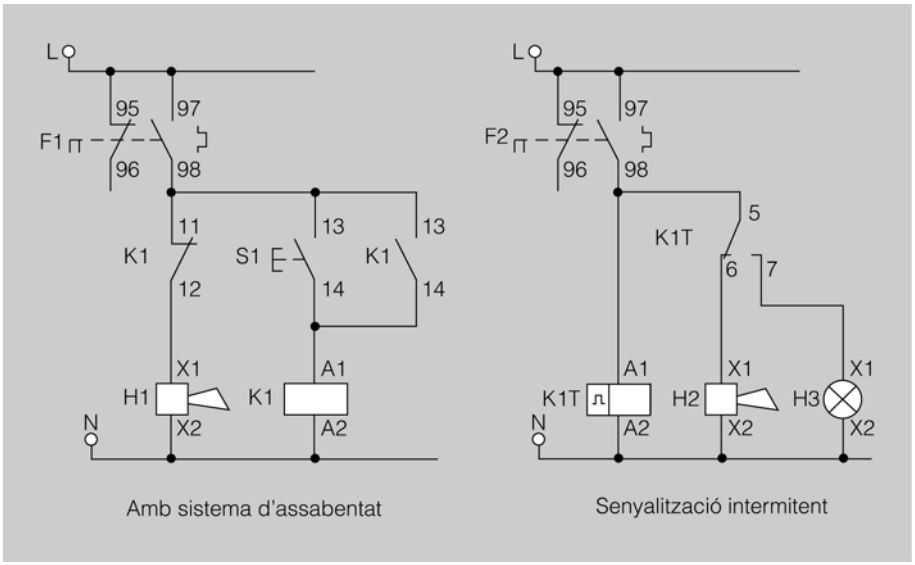
Figura 31. Senyalització de disparament d'un relé tèrmic de protecció



Els esquemes de senyalitzacions acústiques poden ser similars als de les senyalitzacions lluminoses, però hi ha dos circuits molt freqüents per a aquest tipus de senyalització:

- **Senyalització acústica d'avaria amb sistema per assabentar-se.** Segons es mostra en la figura 41, un cop s'ha produït l'avaria commuten els contactes associats al relé tèrmic F1, i la senyalització H1 quedaria fixa, fins que no s'acciona un polsador S1. L'acció del polsador queda memoritzada mitjançant un relé K1 amb el seu circuit de realimentació.
- **Senyalització acústica i lluminosa d'avaria intermitent** Un cop s'ha produït l'avaria commuten els contactes associats al relé tèrmic F2 i amb un relé temporitzador d'intermitència K1T es determina una cadència en un senyal acústic H2 i lluminós H3, segons es mostra en la figura 32.

Figura 32. Sistemes de senyalitzacions acústiques d'avaria



Vegeu el vídeo *Sistemes de senyalització d'avaria* en la secció "Recursos de contingut" del web d'aquest crèdit.

2.2. Muntatge i cablatge

Abans de començar el muntatge de l'automatisme en un quadre elèctric, s'ha de tenir en compte la descripció de la instal·lació per dissenyar els esquemes que definiran els materials necessaris. Les fases de treball següents seran:

- **Elecció del quadre** Determinar les dimensions, tipus de quadre (metàl·lic o aïllant), el tipus de placa per a la fixació dels elements (placa llisa, placa perforada), i els elements que constitueixen el conjunt del quadre (perfils, lires portacables, canals perforats, borns de connexió, etc.).

- **Muntatge mecànic del quadre**
  - Dels elements auxiliars de muntatge: panel o placa, canals, perfils, borns de connexió, etc.
  - Muntatge dels elements de l'automatisme dins del quadre: dispositius de protecció, contactors, relés, bases per a relés, etc.
  - Muntatge mecànic dels elements de comandament i senyalització a la porta.

- **Cablatge o muntatge elèctric**, connectant els aparells i distribuint els conductors pels canals perforats.

- **Comprovació del quadre d'automatisme**, en l'ordre següent:
  - Comprovació del circuit de comandament o maniobra.
  - Comprovació del circuit de potència.
  - Comprovació de l'automatisme en conjunt.

2.2.1. Connexions dels components de l'automatisme

Un dels objectius principals dels esquemes d'automatismes és el de facilitar les connexions i el cablatge del circuit. El tècnic encarregat del cablatge no necessàriament ha de saber quin és el funcionament de la instal·lació, però sí que ha d'interpretar correctament l'esquema per fer les connexions entre components.

El sistema de cablatge mitjançant esquemes de circuit, en **representació desenvolupada**, és el més recomanat. El mètode està basat en l'edició d'una llista de cables o connexions segons el seguiment de la referència dels borns de connexió dels aparells, marcats als esquemes de potència i maniobra.



Segons el model de contactor i relé tèrmic de protecció, les connexions per cable entre els elements se substitueixen per un acoblament directe.

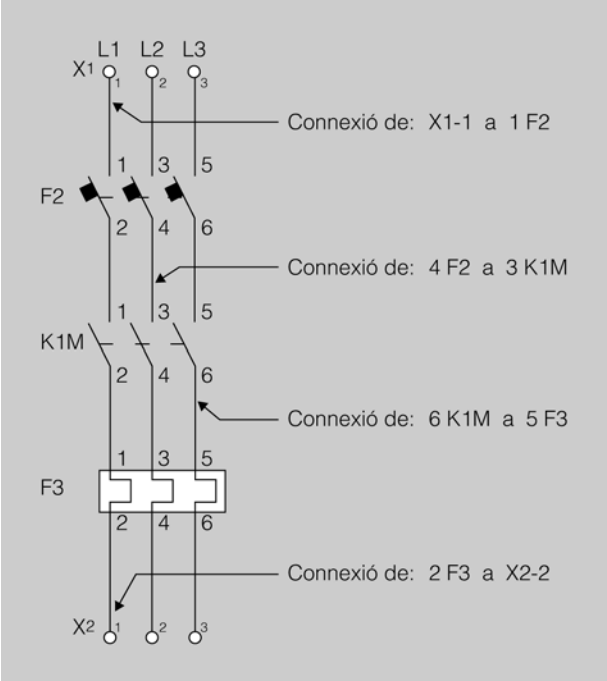
Aquest és un sistema ràpid, que permet una representació clara de les connexions elèctriques i de fàcil interpretació per a qualsevol tècnic.

Connexions del circuit de potència

Per fer les connexions del circuit de potència el tècnic ha de llegir les referències dels borns dels elements sobre l'esquema del circuit, amb una referència d'inici i una de final per a cada connexió que s'ha d'executar.

En l'exemple de la figura 33 es mostra la llista de les connexions que s'han de fer, segons l'esquema de potència.

Figura 33. Exemple de llista de connexions d'un circuit de potència



Així doncs, la llista total de cables i connexions que ha de fer el tècnic en el quadre és el que figura a continuació:

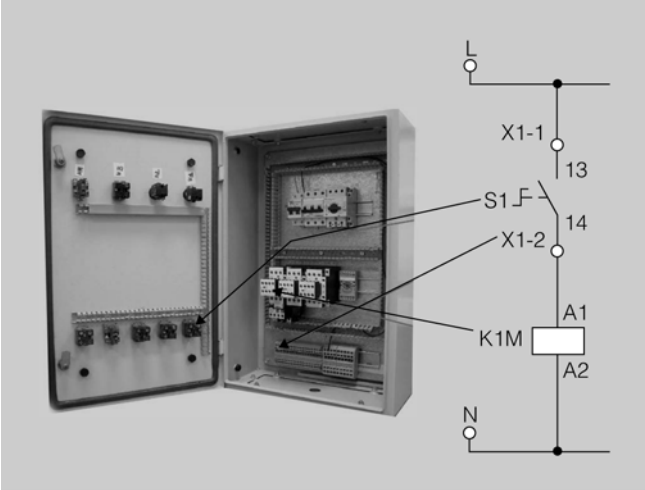
- 1 X1 _____ 1 F1
- 2 X1 _____ 3 F2
- 3 X1 _____ 5 F2
- 2 F2 _____ 1 K1M
- 4 F2 _____ 3 K1M
- 6 F2 _____ 5 K1M
- 2 K1M _____ 1 F3
- 4 K1M _____ 3 F3
- 6 K1M _____ 5 F3
- 2 F3 _____ 1 X2
- 4 F3 _____ 2 X2
- 6 F3 _____ 3 X2

Una vegada el tècnic té la llista editada, pot començar les connexions dels elements que formen part del circuit de potència.

Connexions del circuit de comandament o maniobra

El procediment per editar la llista de cables en un circuit de maniobra és el mateix que per a un circuit de potència. La llista s'editarà prenent com a referència les línies verticals numerades de l'esquema i amb la particularitat que hi haurà elements fixats a la placa interior del quadre, que hauran d'estar connectats amb elements muntats a la porta, les connexions dels quals hauran de passar per una regleta o born determinat, segons la figura 34.

Figura 34. Connexions d'elements de la placa interior i la porta d'un quadre



També s'ha de tenir present que hi haurà connexions amb més d'una possibilitat; en aquest cas s'ha de considerar sempre l'opció que representi el cable de menys longitud, connectant un element amb el qual està més proper físicament al quadre. Es pot comprovar en l'exemple de la figura 35, que correspon a l'esquema de maniobra d'un circuit de realimentació d'un contactor K1M amb un polsador d'aturada, normalment tancat, S2, i un de marxa, normalment obert, S1.

La llista de cables que surt d'aquest esquema és la que figura en la taula 8; cal tenir en compte les connexions entre aparells que passen pel conjunt de borns o regletes X1.

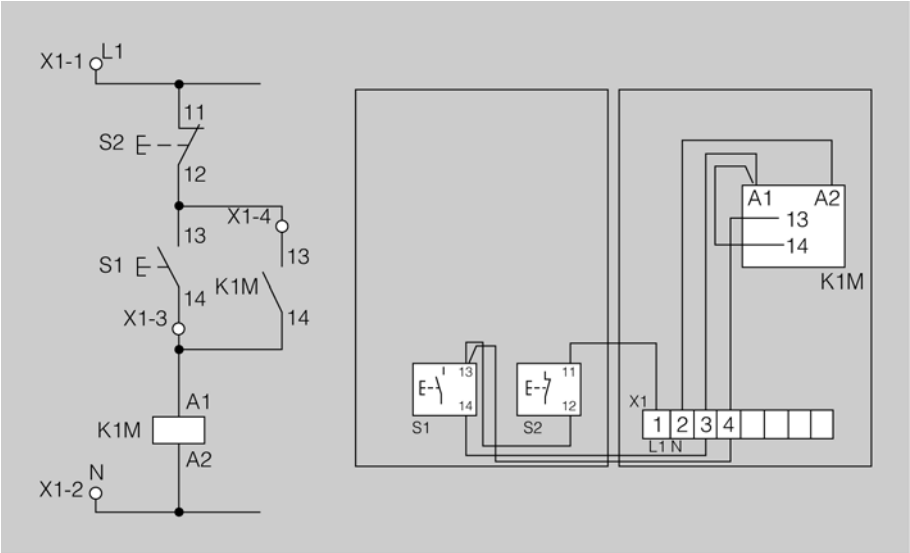
Taula 8. Llista de cables del circuit de realimentació

De	Born de connexió	Fins a
L1	X1-1	11 S2
12 S2		13 S1
14 S1	X1-3	A1 K1M
A2 K1M	X1-2	N
13 K1M	X1-4	13 S1
14 K1M		A1 K1M

Es pot apreciar que l'última connexió editada té una altra possibilitat, que seria de 14 K1M a 14 S1, possibilitat del tot correcta amb vista al funciona-

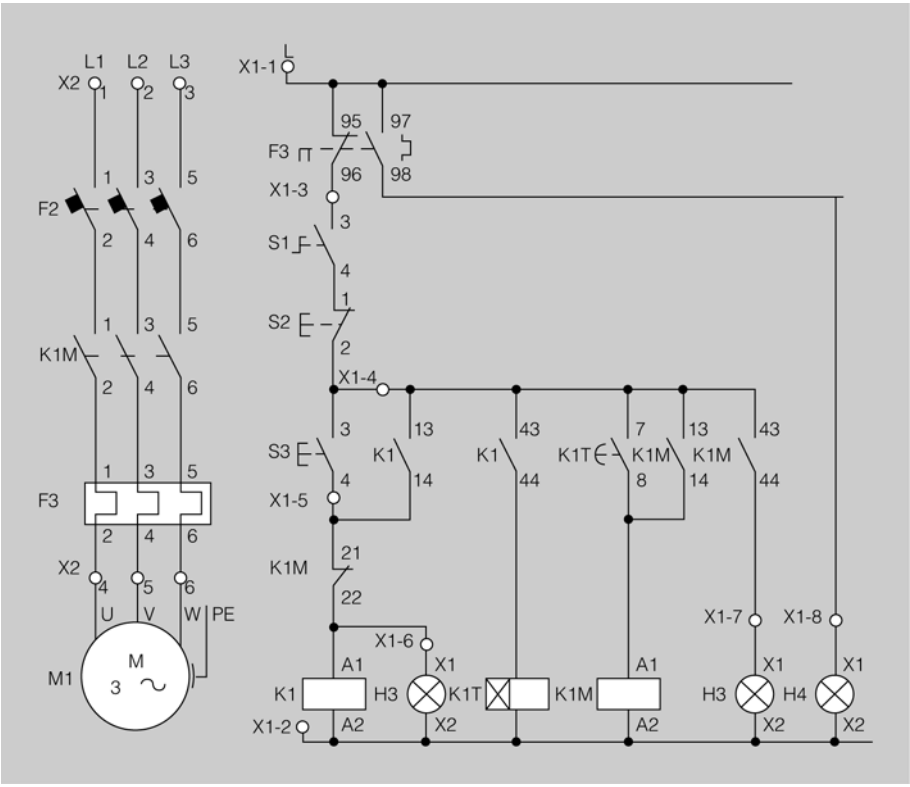
ment del circuit, però que implicaria més longitud de cable i la utilització d'un born de connexió més en el conjunt X1.

Figura 35. Exemple de cablatge d'un circuit de realimentació



En l'exemple de la figura 36 es detalla quina seria l'edició completa de la llista de cables, tant per al circuit de potència com per al circuit de maniobra, d'un automatisme per a la posada en marxa retardada d'un motor trifàsic, amb la consideració que els dispositius de comandament manual S1, S2 i S3, i també les bombetes de senyalització H1 H2 i H3, estarien instal·lats a la porta del quadre elèctric i la resta d'elements a l'interior. Veureu la llista de cables del circuit de potència en la taula 9 i els de maniobra en la taula 10.

Figura 36. Exemple per editar la llista de cables del circuit de potència i maniobra



Taula 9. Llista de cables del circuit de potència

De	Fins a
X2-1	1 F1
X2-2	3 F2
X2-3	5 F2
2 F2	1 K1M
4 F2	3 K1M
6 F2	5 K1M
2 K1M	X2-4
4 K1M	X2-5
6 K1M	X2-6

Taula 10. Llista de cables del circuit de maniobra

De	Born de connexió	Fins a
L	X1-1	95 F3
96 F3	X1-2	3 S1
4 S1		1 S2
2 S2		3 S3
4 S3	X1-5	21 K1M
22 K1M		A1 K1
A2 K1	X1-2	N
13 K1	X1-4	3 S3 o 2 S2
14 K1		21 K1M
X1 H1	X1-6	A1 K1
13 K1		43 K1
44 K1		A1 KiT
A2 K1T		A2 K1
43 K1		7 K1T
8 K1T		A1 K1M
A2 K1M		A2 KiT
7 K1T		13 K1M
14 K1M		A1 K1M
13 K1M		43 K1M
44 K1M	X1-7	X1 H3
X2 H3		X2 H1
97 F3		95 F3
98 F3	X1-8	X1 H4
X2 H4		X2 H3

2.2.2. Consideracions per al muntatge dels conductors elèctrics

Per garantir un funcionament correcte de l'automatisme, s'ha de tenir cura, no tan sols d'una correcta connexió dels aparells, sinó també d'un bon muntatge del cablatge sobre el quadre, que a part del component estètic assegura un bon manteniment i minimitza les avaries. Els elements auxiliars de connexió com canals, terminals per als cables, borns de connexió, espiral per recollir cables, brides, etc., faciliten el muntatge dels cables a l'interior del quadre.



Un bon muntatge dels conductors minimitza la possibilitat d'avaries.

S'han de destacar una sèrie de normes bàsiques per a un bon muntatge dels conductors elèctrics als quadres:

- Es començarà la disposició dels conductors només quan tots els aparells estiguin muntats en el seu lloc definitiu.

- Els cables es col·locaran dins de les canals sense que estiguin forçats o tensos, i sense encreuaments que puguin dificultar modificacions o tasques de manteniment.

- La sortida dels cables per les canals obertes o perforades es farà per la part de dalt o la part de baix dels aparells. Aquestes sortides de cable seran perpendiculars al born de l'aparell, és a dir, verticals; cal evitar les sortides horitzontals o en diagonal.

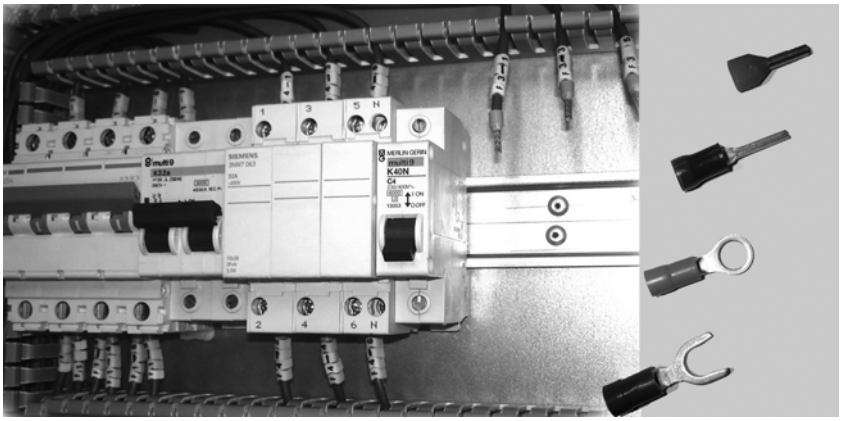
- Si un quadre no té canals de fixació, es faran agrupacions de cables amb brides o cintes espirals, separades per afinitats.

- En un mateix born de connexió o regleta, no es connectarà mai més d'un conductor de potència. Si és necessari es faran servir utensilis adients com repartidors de cables o pintes metàl·liques que connecten diversos borns entre si.

Pintes de connexió

Les pintes són elements formats per peces de coure longitudinals, que es fan servir per connectar diferents elements com magnetotèrmics, o els contactes de potència de contactors entre si.

Figura 37. Exemple d'identificació de cables i diferents tipus de terminals



- Si els conductors de potència suporten un corrent elevat se'n facilitarà la ventilació amb una separació adient de la resta de conductors, evitant-ne l'escalfament.

- Els conductors no passaran mai per la part superior dels aparells; aquests han de tenir tota la superfície superior lliure de cables.

- Cada conductor estarà identificat, en els seus extrems, amb anelles alfanumèriques segons l'esquema de muntatge.

- Tots els conductors portaran punteres o terminals adients a la seva secció. La finalitat dels terminals és reforçar el cable en l'extrem de connexió, i evitar així la dispersió dels fils del cable, que pot repercutir en pèrdua de secció o falsos contactes. Els terminals poden ser del tipus de forqueta, de forat, de puntera, etc., tal com es veu en l'exemple de la figura 37.

3. Sistemes d'arrencada de motors elèctrics de CA i CC

Les aplicacions dels automatismes poden ser moltes i variades, però a escala industrial una aplicació típica és el control de motors rotatius, que poden formar part d'una màquina eina, d'una grua, d'un elevador d'una cadena de muntatge o producció, etc. És important conèixer els diferents tipus d'arrencada i control dels motors elèctrics en CA i CC més significatius, en relació amb els esquemes que permetrien el muntatge del circuit.

3.1. Esquemes de circuits d'arrencada de motors de CA

El control i l'arrencada de motors de CA dependrà d'alguna manera del tipus de funció que faci la màquina, i la seva aplicació final. Així doncs, no és el mateix el disseny de l'automatisme per al control de motors de petita potència, en què no cal utilitzar cap dispositiu per regular l'arrencament, que per a motors de potència elevada. També s'ha de tenir present si han de funcionar sempre en el mateix sentit de girada o si es preveu el funcionament en els dos sentits de rotació.

3.1.1. Esquemes d'arrencada directa de motor de CA

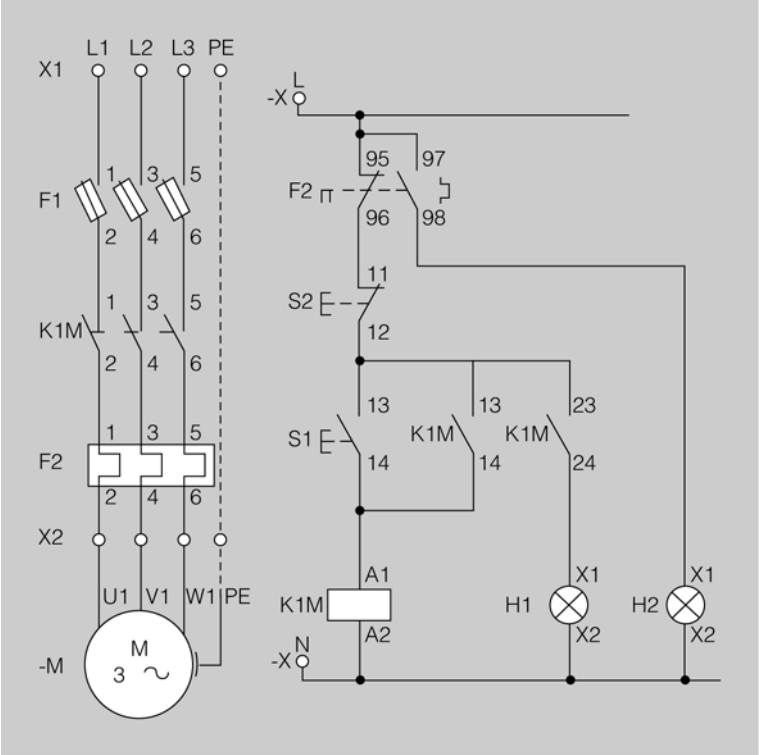
L'arrencada directa s'ha de fer servir només en motors de petita potència, quan el valor d'intensitat, en el moment de l'arrencada, no representa cap inconvenient per a la màquina o instal·lació.

L'**arrencada directa** és quan es connecta el motor, inicialment aturat, directament a la xarxa d'alimentació elèctrica, sense fer servir cap dispositiu per limitar la intensitat

En la figura 38 és representa l'esquema de potència i maniobra d'un motor en arrencament directe amb relé tèrmic de protecció contra sobrecàrregues, i seccionador portafusibles per a la protecció contra curtcircuits.

Els elements necessaris per a un motor en arrencada directa amb relé tèrmic són: un seccionador portafusibles trifàsic (F1), un relé tèrmic de protecció (F2), un polsador NC (S2), un polsador NO (S1), un contactor amb dos contactes auxiliars (K1M) i dues bombetes de senyalització (H1 i H2).

Figura 38. Arrencada directa amb relé tèrmic

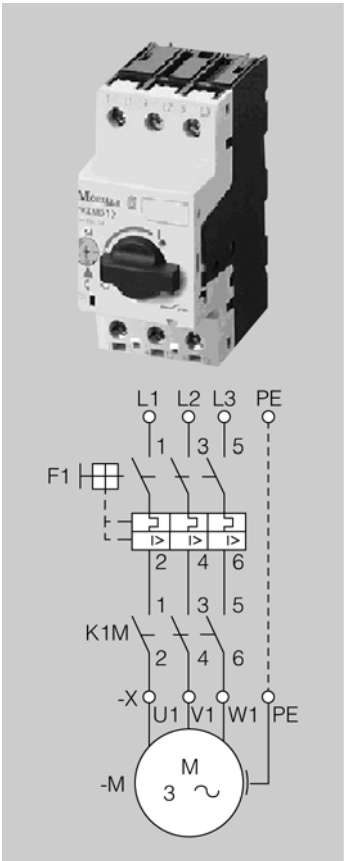


Funcionament

En accionar el polsador S1 es connecta el contactor K1M, i el contacte de realimentació 13-14 de K1M assegura l'alimentació al contactor mateix en deixar de polsar el polsador S1; el motor M1 es posa en marxa i se senyalitza la maniobra amb la bombeta H1. Amb el polsador S2 es desconnecta el contactor i s'atura el motor. Una sobrecàrrega en el circuit de potència seria detectada pel relé tèrmic, que actuaria en el circuit de maniobra desconnectant el contactor (aturaria el motor) i senyalitzant l'anomalia amb la bombeta H2.

Arrencada directa amb disjuntor protector de motor

També es pot fer l'arrencada directa protegint el motor contra curtcircuits i sobrecàrregues, substituint el relé tèrmic i el seccionador fusible amb un únic aparell: un disjuntor protector de motor. S'instal·laria abans dels contactes principals del contactor K1M en el circuit de potència, i amb els contactes auxiliars en el lloc dels contactes del relé tèrmic en el circuit de maniobra.



El disjuntor protector de motor substituiria els fusibles i el relé tèrmic.

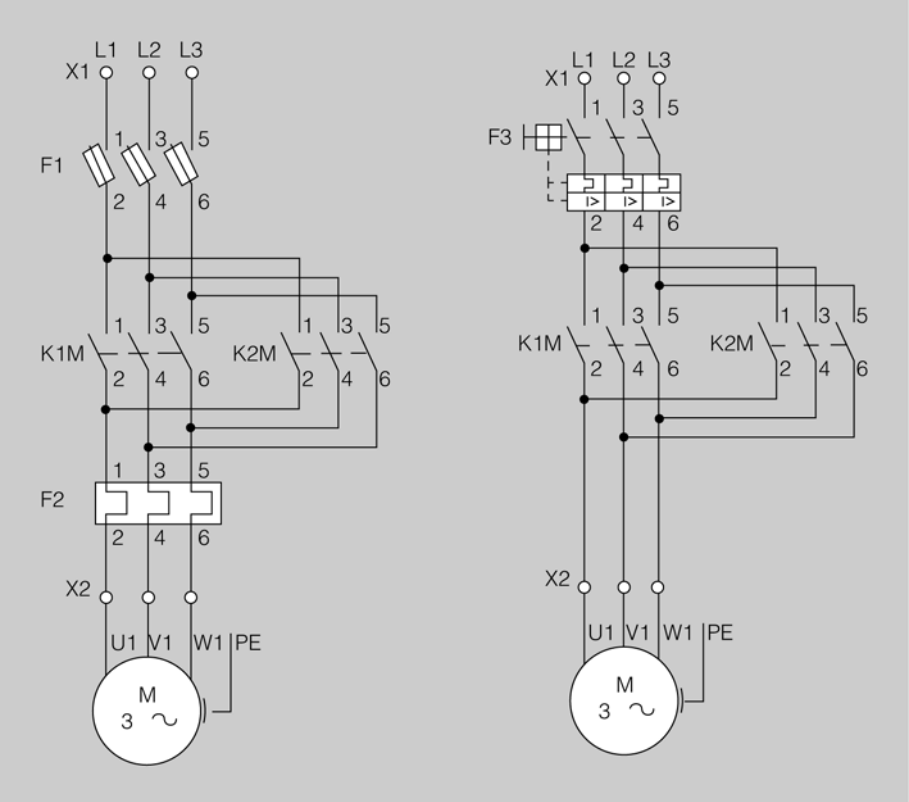
3.1.2. Esquemes d'arrencada de motors de CA amb dos sentits de gir

L'arrencada directa de motors de petita potència amb la possibilitat de funcionar en els dos sentits de gir pot ser molt freqüent en segons quines aplicacions.

Per invertir el sentit de gir d'un motor és necessari canviar l'ordre o la disposició de dues fases de l'alimentació en el circuit de potència.

L'esquema del circuit de potència per invertir el sentit de gir d'un motor seria el de la figura 39, amb la possibilitat de fer servir diferents dispositius de protecció: fusibles (F1) i relé tèrmic (F2) o disjuntor protector de motor (F3).

Figura 39. Circuits de potència per a la inversió del sentit de gir d'un motor



Es pot comprovar en la figura 48 que amb el contactor K1M activat l'ordre de les fases al motor serà: L1 a U, L2 a V i L3 a W. Amb el contactor K2M activat, l'ordre de les fases serà: L1 a U, L2 a W i L3 a V; així doncs, la permuta de fases es produeix entre la L2 i la L3. És molt important assegurar que els dos contactors mai no estiguin en funcionament al mateix temps; analitzant el circuit de potència es pot comprovar que un funcionament alhora dels contactors produiria un curtcircuit entre les fases L2 i L3.

Necessitarem, a més dels dispositius de protecció, dos contactors (K1M i K2M) amb un contacte auxiliar NO 13-14 i un NC 21-22, un polsador NC (S3) i dos polsadors NO (S1 i S2) amb un únic contacte o dos polsadors de doble cambra (dos contactes NO+NC), segons el tipus de control.

Funcionament

Per al control d'aquest tipus de maniobra es pot fer servir un circuit amb l'obligació d'aturar el motor amb el polsador NC (S3) abans d'invertir el gir, o una inversió sense accionar el polsador NC (S3), segons la figura 40.

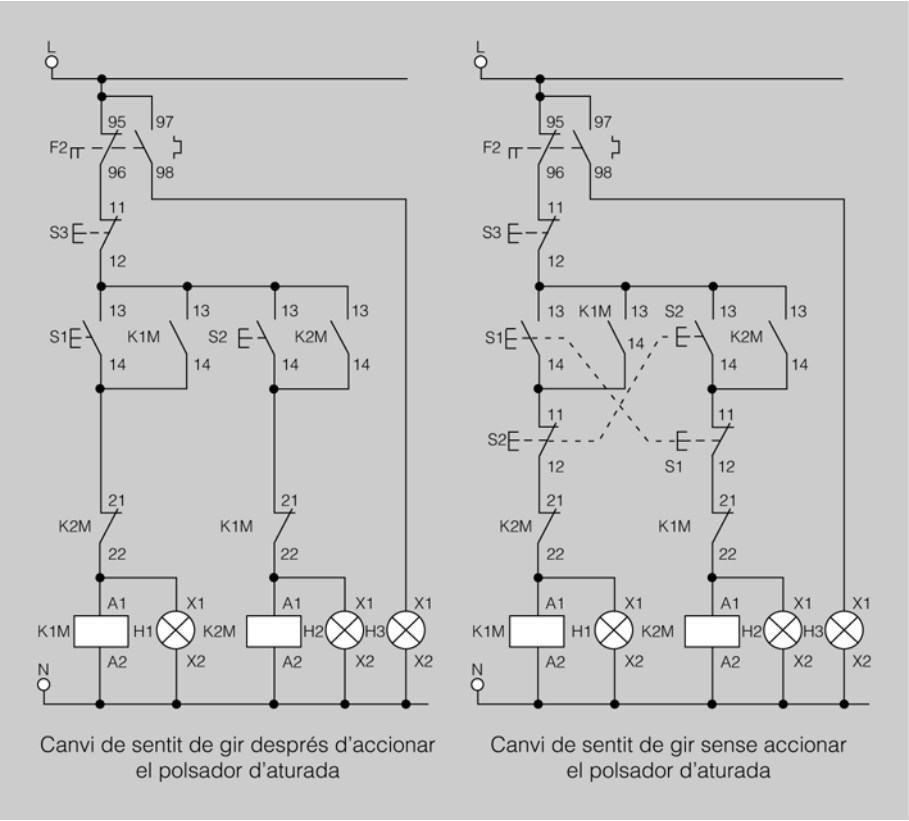
En el primer cas el polsador de marxa S1 acciona el contactor K1M, que es realimenta amb el seu contacte 13-14, i el motor gira en un sentit. El contacte NC 21-22 s'obre per impedir la marxa del contactor K2M. Polsant el polsador d'aturada S3 es desconnecta K1M i el contacte NC 21-22 recu-

pera la posició de tancat. Amb el polsador de marxa S2 es connecta K2M, amb realimentació mitjançant el seu contacte NC 21-22, i el motor gira en sentit contrari. De la mateixa manera un contacte NC de K2M impedeix la posada en marxa de K1M sense aturar el motor.

En el segon cas la maniobra d'aturada i posada en marxa del sentit contrari es fa amb una sola pulsació. Amb el contactor K1M funcionant i el motor girant, es pot accionar el polsador S2 desconnectant K1M, amb el contacte NC 11-12 i connectant el K2M amb el contacte NO 13-14 del mateix polsador, i el motor gira en sentit contrari. Una pulsació en l'S1 actuaria de la mateixa manera, connectaria K1M i desconnectaria K2M.

La senyalització dels esquemes de la figura 40 està representada amb un pilot de neó de color verd (H1) per senyalitzar un sentit de gir, un altre pilot de color verd (H2) per a l'altre sentit de gir, i un de color vermell (H3) per a la senyalització del relé tèrmic de protecció.

Figura 40. Esquemes de comandament per a la inversió del sentit de gir d'un motor



3.1.3. Esquemes d'arrencada de motors de CA de potència elevada

La instrucció ITC-BT 47 del Reglament electrotècnic de baixa tensió, tracta la instal·lació de receptors, concretament dels motors. L'apartat 6 d'aquesta instrucció diu textualment: "Sobreintensitat d'arrencada: els motors han de tenir limitada la intensitat absorbida en l'engegada quan es poguessin produir efectes que perjudiquessin la instal·lació o ocasionessin pertorbacions inacceptables al funcionament d'altres receptors o instal·lacions."

La mateixa instrucció deixa ben clar que en els motors de potència superior a 0,75 kW s'han de preveure dispositius o mecanismes per limitar la intensitat en el moment de l'arrencada. Concretament fa referència al fet que no s'han de superar els valors que indica la taula 1 de la mateixa instrucció ITC-BT 47. Aquests valors corresponen a la relació entre la intensitat en el moment d'engegada i la intensitat a marxa normal a plena càrrega. Aquests valors són els que figuren en la taula 11. Aquesta instrucció és, doncs, de consulta obligada en el moment de decidir la forma d'arrencament d'un motor.

Taula 11. Valors màxims de relació entre la intensitat d'arrencada i la intensitat nominal a plena càrrega

Motors de corrent continu		**Motors de corrent altern**	
Potència nominal del motor	**Constant màxima de proporcionalitat entre *Ia* i *In***	**Potència nominal del motor**	**Constant màxima de proporcionalitat entre *Ia* i *In***
De 0,75 a 1,5 kW	2,5	De 0,75 a 1,5 kW	4,5
De 1,5 a 5 kW	2	De 1,5 a 5 kW	3
Més de 5 kW	1,5	De 5 a 15 kW	2
		Més de 15 kW	1,5

Així doncs, si un motor de CA de 7,5 kW connectat a una xarxa trifàsica de 380 V té una intensitat en el moment de l'arrencada de 26 A i una intensitat nominal a plena càrrega d'11,5 A, la relació seria:

$$\text{Relació } \frac{Ia}{In} = \frac{26}{11,5} = 2,26$$

En què:

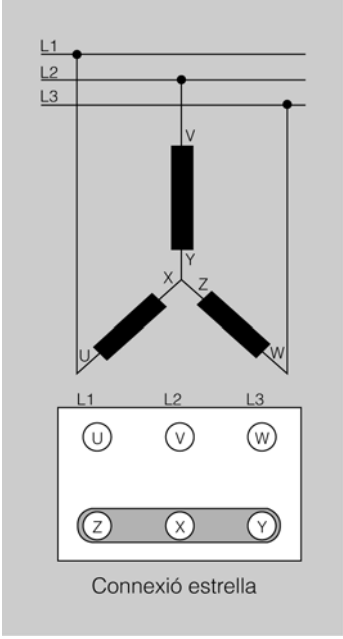
Relació: constant entre la intensitat d'arrencada i la intensitat nominal a plena càrrega.
Ia: intensitat en el moment de l'engegada en una arrencada directa.
In: intensitat nominal del motor a plena càrrega.

En aquest exemple, complint les prescripcions del Reglament electrotècnic de baixa tensió, segons la ITC-BT47 s'hauria de fer servir algun sistema de limitació de corrent d'engegada.

Els sistemes per limitar la intensitat d'arrencada dependran del tipus de motor i de la seva aplicació. Els sistemes que normalment es fan servir són els següents:

- Arrencada estrella-triangle per a motors de gàbia d'esquirol.
- Arrencada per resistències estatòriques per a motors de gàbia d'esquirol.
- Arrencada per autotransformador per a motors de gàbia d'esquirol.
- Arrencada per resistències rotòriques per a motors de rotor bobinat.

Arrencada estrella-triangle



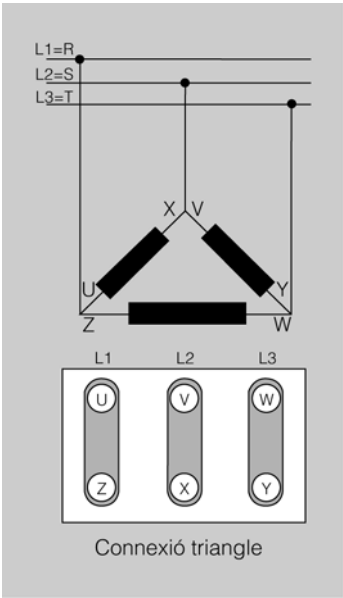
Representació de connexió estrella en els debanats i en la placa del motor.

L'arrencada estrella-triangle és un dels sistemes que més es fa servir en motors de gàbia d'esquirol, bàsicament perquè no és necessària la inclusió de cap dispositiu addicional, encara que només és útil en motors que compleixen les condicions següents:

- Han de ser motors que puguin treballar a dues tensions.
- La tensió de la xarxa ha de coincidir amb la més petita de les dues a les qual pot funcionar el motor.
- Els borns de la placa de connexions del motor han de ser accessibles.
- Els motors han d'arrencar en buit o amb càrrega dèbil.

En condicions normals de funcionament la connexió de triangle es faria servir en una arrencada directa, quan la tensió de la xarxa elèctrica coincideix amb la tensió més petita de les dues a les quals pot funcionar un motor. La connexió estrella es faria servir quan la tensió de xarxa coincideix amb la més gran, ja que els debanats del motor rebrien una tensió √3 menor que la tensió de la xarxa

L'**arrencada estrella-triangle** consisteix a connectar mitjançant contactors un motor que en una arrencada directa ho faria en triangle, i en estrella durant el període d'engegada; una vegada estabilitzat el motor es connectaria en triangle.



Representació de connexió en triangle en els debanats i en la placa del motor.

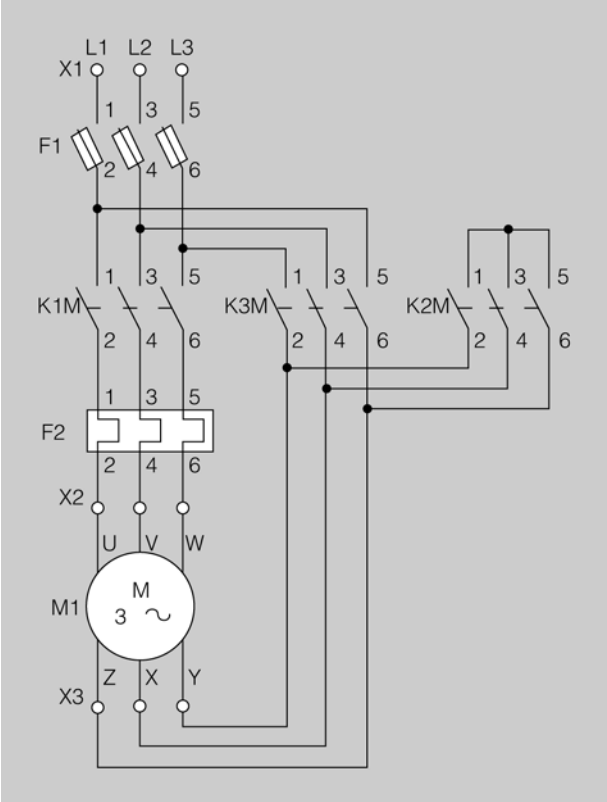
La tensió en els debanats del motor en el moment d'arrencada és √3 menor que quan ja ha arrencat o, el que és el mateix, el 58 % de la tensió nominal; així, la intensitat durant aquest període també és redueix. El temps d'engegada varia segons la potència del motor entre 3 i 7 s.

La figura 41 correspon a l'esquema del circuit de potència d'una arrencada estrella-triangle, amb proteccions mitjançant fusibles i relé tèrmic, que es pot substituir per un disjuntor protector de motor.

A més dels dispositius de protecció seran necessaris, per al control d'una arrencada estrella-triangle, tres contactors: K1M amb dos contactes auxiliars NO 13-14 i 23-24, K2M (estrella) amb un contacte NC 21-22 i K3M amb un NO 13-14 i dos NC 21-22 i 31-32. També seria necessari, si es vol fer la maniobra automàtica, un temporitzador a la connexió K1T amb un

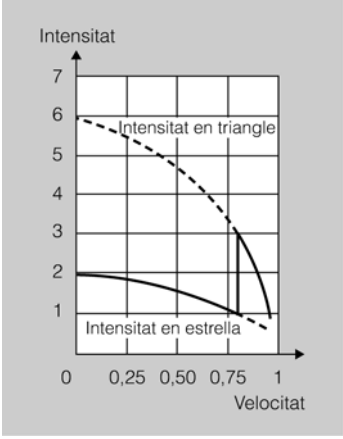
contacte commutat 15-16-17. Els elements d'actuació serien un polsador de marxa NO S1 i un d'aturada NC S2.

Figura 41. Esquema de potència d'una arrencada estrella-triangle



Funcionament

Amb l'accionament del polsador S1 s'activa amb realimentació del contactor K1M, que en tancar els contactes auxiliars NO activa al mateix temps el K2M, encarregat de la connexió en triangle. En el mateix instant quedarà activat el temporitzador K1M, que amb un determinat retard, desconnecta K2M i connecta K3M encarregat de la connexió en triangle. El contactor K3M és realimentat amb el seu contacte 13-14, i a més impedeix l'activació de K2M i desconnecta el K1T amb els seus contactes auxiliars NC. El funcionament en triangle amb el K1M i K3M seria continu fins a la desconnexió amb el polsador d'aturada S2.

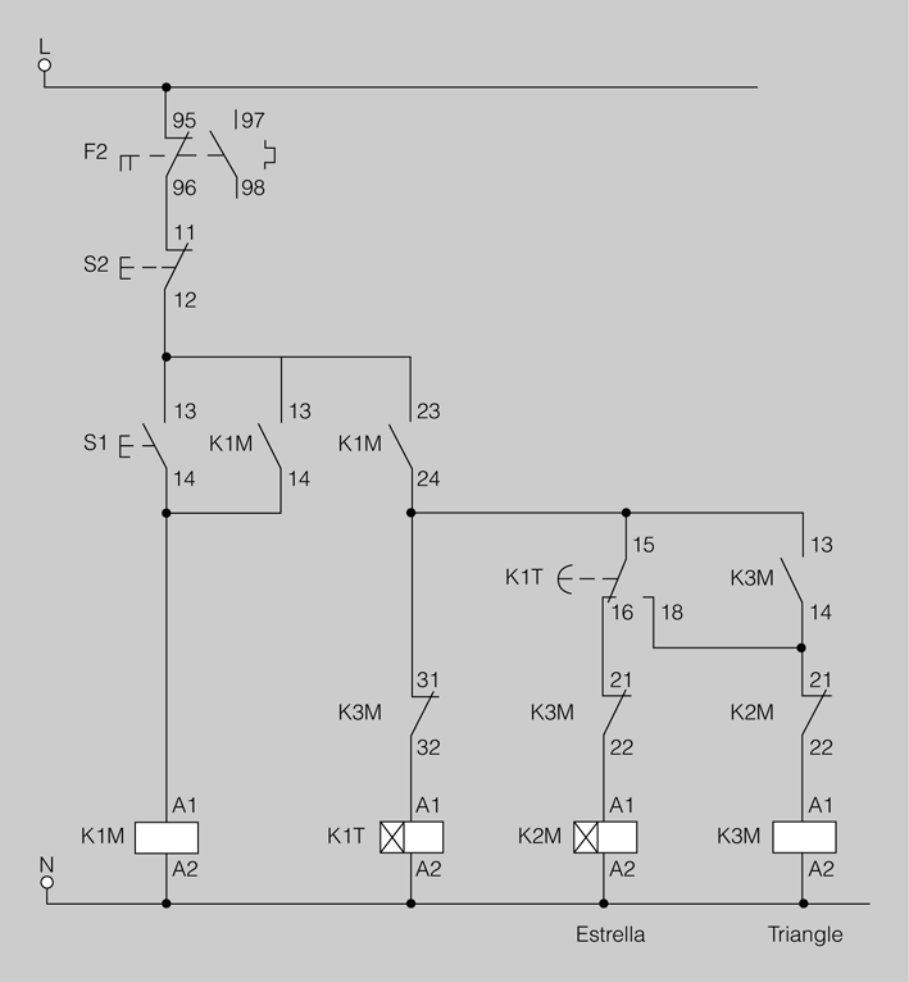


En la corba característica d'una arrencada estrella-triangle es pot comparar la relació entre intensitat en triangle i en estrella.

La figura 42 mostra l'esquema del circuit de maniobra amb aquest funcionament.

L'acció d'una arrencada estrella-triangle es representa amb l'anomenada *corba característica*, en què es representa el valor de la intensitat en un funcionament amb estrella-triangle; en relació amb un arrencament directe sense cap sistema de limitació de corrent en aquest període d'arrencada, amb aquesta representació es visualitza aquesta relació dels diferents valors d'intensitat.

Figura 42. Esquema del circuit de maniobra d'una arrencada estrella-triangle



Vegeu el vídeo *Arrencada estrella-triangle* en la secció "Recursos de contingut" del web d'aquest crèdit.

Arrencada per resistències estatòriques

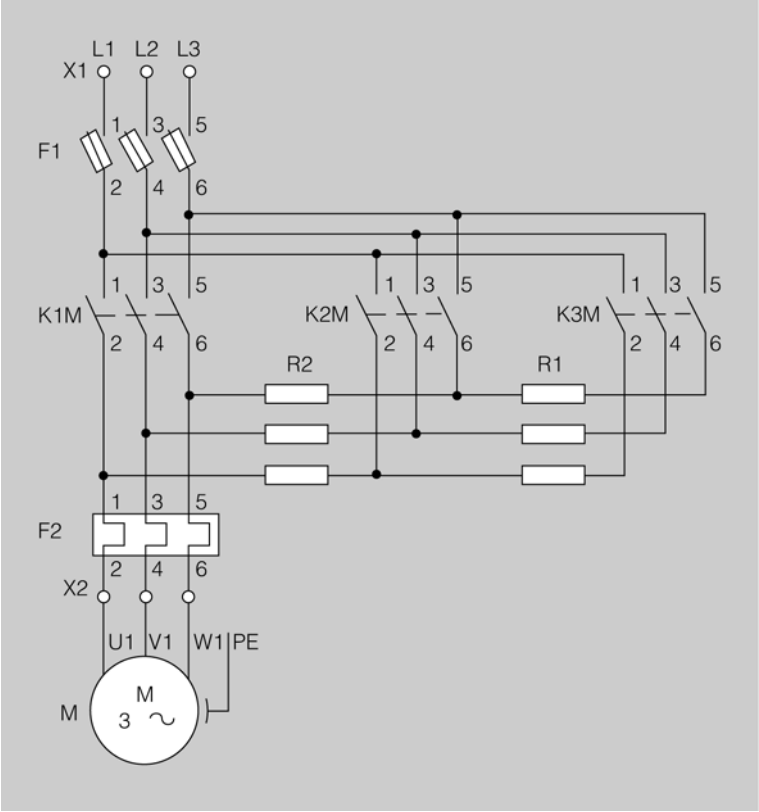
L'arrencada per resistències estatòriques és un sistema menys utilitzat que l'arrencada estrella-triangle i es fa servir en motors de gàbia d'esquirol amb una forta inèrcia i sense càrrega en el moment de l'arrencada, i amb la necessitat de reduir la intensitat en l'engegada.

L'**arrencada per resistències estatòriques** consisteix a connectar resistències en sèrie amb les bobines de l'estator, de manera que la tensió d'alimentació en el moment d'engegada sigui menor, i disminueixi també la intensitat. Amb l'estabilització del motor es van eliminant les resistències.

La intensitat d'arrencada pot ser amb un sol grup de resistències aproximadament tres vegades la intensitat nominal del motor. Amb la utilització i eliminació escalonada de diferents grups de resistències es pot aconseguir una intensitat d'arrencada variable. El temps d'arrencada varia entre 7 i 12 s.

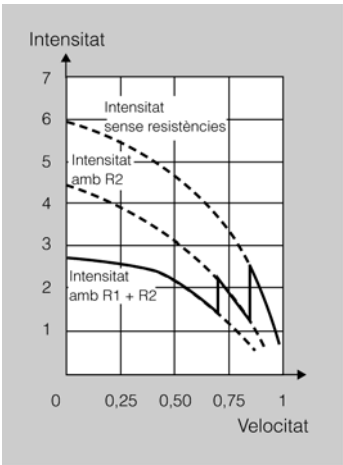
La figura 43 representa l'esquema de potència d'una arrencada per resistències estatòriques amb dos grups de resistències que s'eliminarien un a continuació de l'altre en el procés d'engegada.

Figura 43. Exemple d'esquema de potència d'una arrencada per resistències estatòriques



A més dels dispositius de protecció seran necessaris, per al control d'una arrencada per resistències estatòriques, dos o tres contactors segons el nombre de grups de resistències. Segons l'esquema de potència la figura 43 i el seu circuit de maniobra de la figura 44, que correspon a dos grups de resistències, s'han de fer servir:

- Tres contactors: K1M, K2M i K3M.
- Dos relés temporitzadors a la connexió: K1t i K2T.
- Un polsador de marxa S1 i un d'aturada S2.



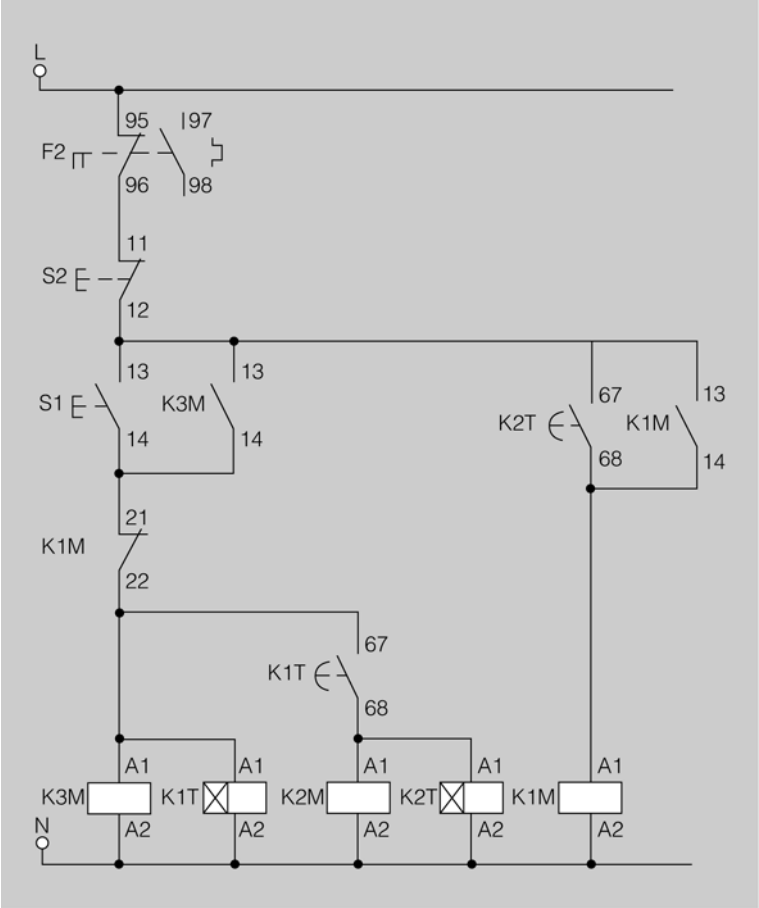
En la corba característica d'una arrencada per resistències estatòriques es pot comparar la relació entre intensitat amb tensió directa i amb la connexió de resistències.

Funcionament

Segons l'esquema de potència i el seu circuit de maniobra, la posada en marxa es fa amb l'accionament del polsador S1, i es connecten K3M i el relé temporitzador K1T; el motor quedarà en sèrie amb R1+R2. Després d'un temps ajustat, es tanca el contacte del temporitzador K1T 67-68 connectant K2M amb el relé temporitzador K2T; el motor queda en sèrie amb R2. Després d'un segon temps ajustat, es tanca el contacte del temporitzador K2T 67-68, i es connecta K1M, que, amb el seu contacte auxiliar NC 21-22, desconnecta K3M+K1T+K2M+K2T. El motor queda connectat direc-

tament a xarxa. El motor arrenca, doncs, amb tres punts de tensió, sense interrupció en cap moment de l'alimentació.

Figura 44. Esquema de maniobra d'una arrencada per resistències estatòriques de dos grups de resistències



Arrencada per autotransformador

L'arrencada per autotransformador és un sistema que es pot fer servir en motors de rotor en curtcircuit, amb gran potència o forta inèrcia, amb una necessitat de reduir la intensitat en l'engegada i que han d'accionar màquines amb un parell resistent baix en el moment de l'arrencada.

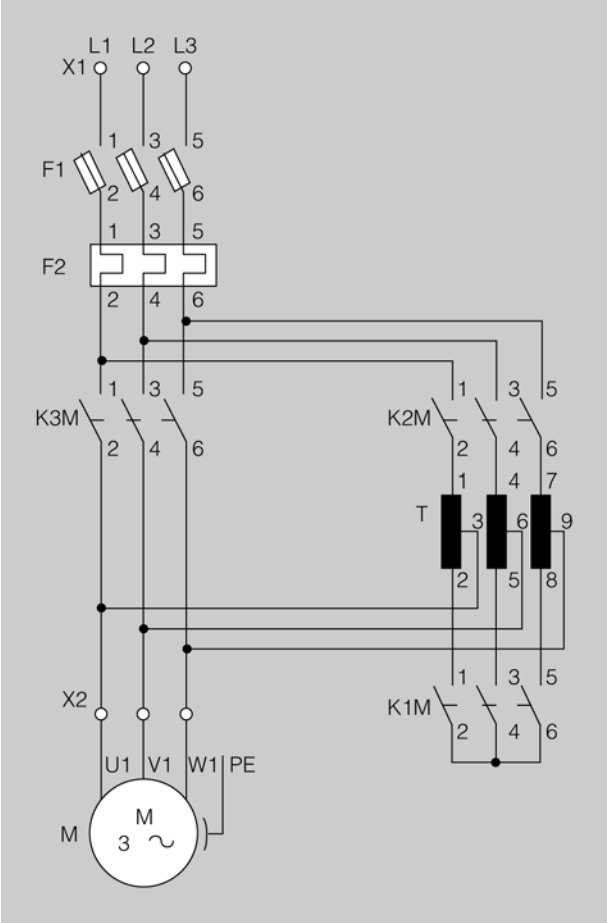
El **sistema d'arrencada per autotransformador** consisteix a reduir la tensió d'alimentació (aproximadament un 70%) en el moment de l'engegada, amb un autotransformador connectat als borns del motor, i després s'elimina i es connecta la tensió directa quan el motor arriba a un règim de funcionament nominal.

No hi ha tall de tensió durant l'arrencada. El temps d'engegada en aquest sistema pot variar entre 7 i 12 s.

La figura 45 representa l'esquema de potència d'una arrencada per autotransformador. Un contactor K1M posa en estrella l'autotransformador i

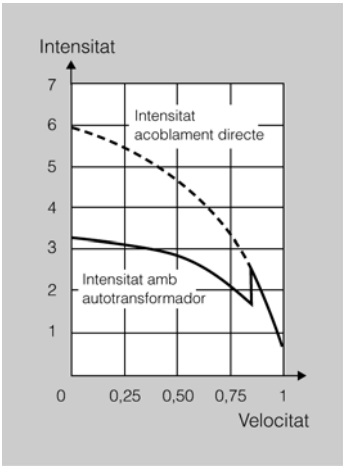
a continuació un altre contactor alimenta el motor amb una tensió més baixa que la de la línia. Un contactor K3M serà el que connectarà el motor de manera directa.

Figura 45. Esquema de potència d'una arrencada per autotransformador



A més dels dispositius de protecció seran necessaris, per al control d'una arrencada per autotransformador, com a mínim:

- Tres contactors de potència: K1M, K2M i K3M.
- Un relé temporitzador a la connexió K1T.
- Un polsador de marxa S1 i un d'aturada S3.



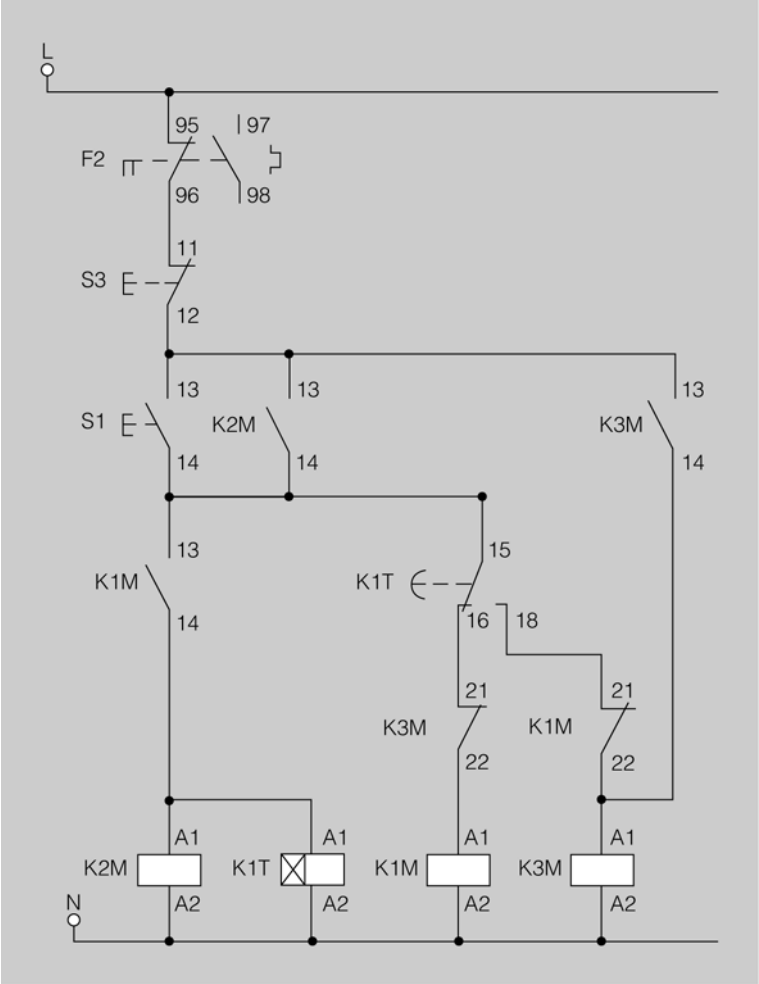
En la corba característica d'una arrencada per auto-transformador es pot comparar la relació entre intensitat amb autotransformador i una arrencada directa

Funcionament

Segons l'esquema de la figura 46, en accionar el polsador de marxa S1 es connecta el contactor K1M, encarregat de posar l'autotransformador en estrella, i amb el contacte auxiliar NO 13-14 connecta el contactor K2M, que, realimentat amb el seu contacte auxiliar 13-14, farà arribar la tensió al motor per mitjà de l'autotransformador. El relé temporitzador K1T es connecta al mateix temps que K2M. Després d'un temps ajustat el contacte auxiliar de K1T 15-16-18 commuta de posició, desconnecta K1M i connecta K3M, encarregat de donar tensió directa al motor. El contactor K2M es desconnectarà en tornar a l'estat de repòs el contacte auxiliar de K1M 13-14.

S'ha de destacar la necessitat d'impedir que K1M i K3M puguin funcionar al mateix temps; es garanteix aquesta premissa amb els contactes auxiliars NC 21-22 de cada contactor.

Figura 46. Esquema de maniobra de l'arrencada d'un motor per autotransformador



Arrencada per resistències rotòriques per a motors de rotor bobinat

L'arrencada per resistències rotòriques es fa servir en motors de rotor bobinat amb la necessitat de reduir la intensitat d'arrencada. Per fer possible la maniobra d'engegada els bobinats del rotor han de ser accessibles amb les connexions a la placa de borns. El parell d'arrencada del motor amb aquest sistema és més elevat que amb els sistemes d'arrencada de motors de gàbia d'esquirol, i és per això ideal per arrencar màquines a plena càrrega

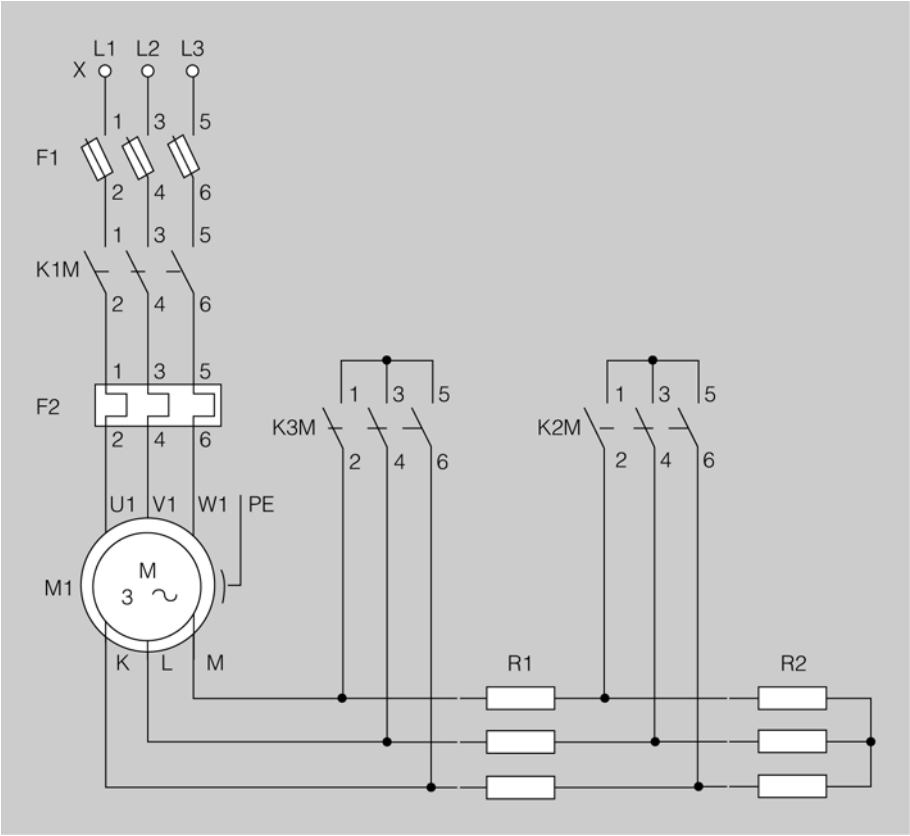
L'**arrencada per resistències rotòriques** consisteix a connectar resistències en sèrie amb les bobines del rotor, de manera que es redueix la intensitat en el moment de l'engegada i disminueix el valor del corrent al rotor. Les resistències es van eliminant progressivament, a mesura que s'arriba al règim nominal de funcionament del motor.

Un dels avantatges d'aquest sistema és que no hi ha en cap moment tall de l'alimentació al motor. I com a inconvenient s'ha de destacar l'aspecte

econòmic. El nombre de punts d'arrencada pot variar entre dos i cinc en relació amb el nombre de grups de resistències que es fan servir. El temps d'arrencada pot variar entre 2 i 5 s.

En l'esquema de potència de la figura 47 es mostra una arrencada amb dos grups de resistències que es va eliminant amb els contactors K2M i K3M.

Figura 47. Esquema de potència d'una arrencada per resistències rotòriques

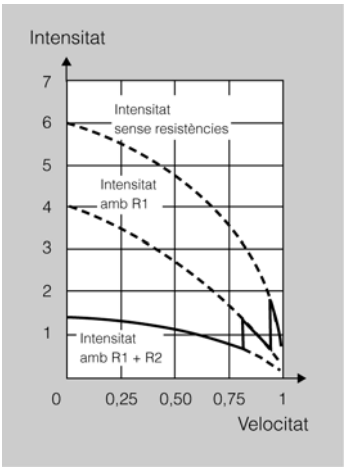


A més dels dispositius de protecció seran necessaris, per al control d'una arrencada per resistències rotòriques, com a mínim:

- Tres contactors de potència: K1M, K2M i K3M.
- Dos relés temporitzador a la connexió K1T i K2T.
- Un polsador de marxa S1 i un d'aturada S3.

Funcionament

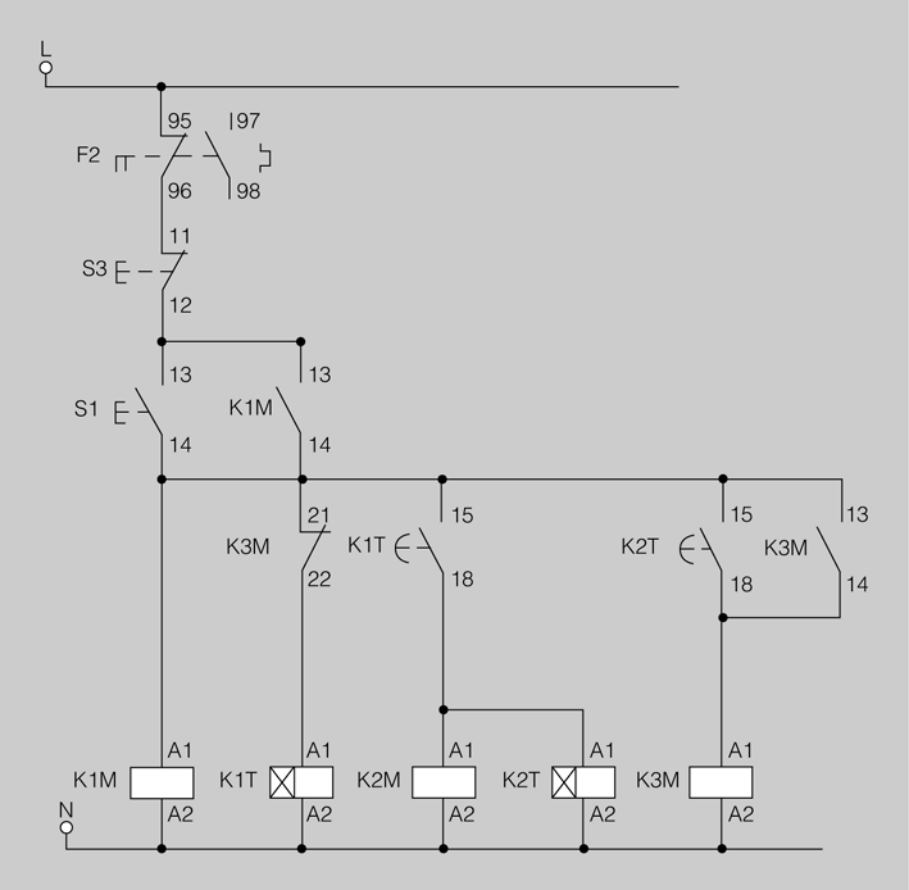
La figura 48 mostra l'esquema del circuit de maniobra en què es pot deduir el funcionament: en accionar el polsador S1 es connecta el contactor K1M, que es realimenta amb el seu contacte auxiliar 13-14. Al mateix temps s'alimenta el relé temporitzador K1M, que amb el seu contacte obert 15-18, i amb un retard ajustat, connecta K2M i elimina el grup de resistències R1. Amb la connexió de K2M es connecta el relé temporitzador K2T, que després d'un temps connectarà K3M amb el seu contacte 15-19. El contactor K3M quedarà realimentat amb el seu contacte 13-14 i desconnecta K1T amb el contacte 21-22. Aquesta darrera acció desconnectarà també K2T, de manera que quedaran



En la corba característica d'una arrencada per resistències rotòriques es pot comparar la relació entre intensitat amb resistències i amb una arrencada directa.

activats K1M, que dóna tensió al motor, i K2M, que curtcircuita el rotor del motor de manera directa i fins a l'aturada.

Figura 48. Esquema de maniobra d'una arrencada de resistències rotòriques



3.1.4. Esquemes per a la regulació de velocitat de motors de CA

Són moltes les aplicacions de caràcter industrial que obliguen els motors d'inducció a tenir la possibilitat de regular la seva velocitat. S'imposen, doncs, diferents tècniques que permetran reduir o augmentar el nombre de revolucions que un motor ha de desenvolupar en un moment donat.

Els **motors asíncrons de corrent alterna** basen el seu funcionament en la producció d'un camp magnètic giratori, produït per tres bobinats fixos amb un decalatge de 120º i recorreguts per corrents alterns amb el mateix desfasament elèctric. La velocitat del motor no dependrà del valor de la tensió, sinó del valor de la freqüència del corrent altern d'alimentació i del nombre de parells de pols magnètics de la màquina.

$$N = \frac{60 \times f}{P}$$

N: velocitat en revolucions per minut (rpm).
F: freqüència en Hz.
P: nombre de parells de pols.

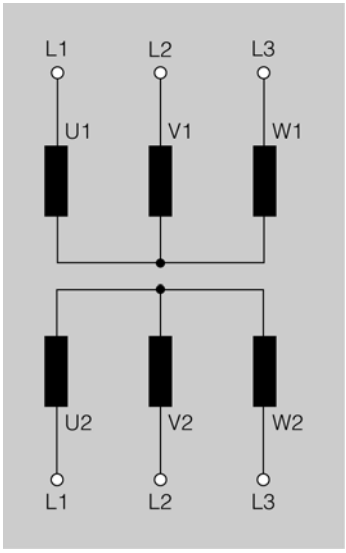
Es pot deduir, doncs, que les tècniques més significatives per poder variar la velocitat d'un motor d'inducció impliquen modificar en un moment donat el nombre de pols que té la màquina o modificar el valor de la freqüència. Quant als sistemes per variar la velocitat actuant sobre el nombre de pols del motor, destaquen:

- El motor de debanats independents.
- El motor de connexió Dahlander.

En relació amb els sistemes de variació de velocitat amb modificació del valor de la resistència, destaca la utilització de variadors de freqüència.

Esquemes de connexions per al motor de debanats independents

Constructivament està format per dos enrotllaments estatòrics elèctricament independents, i generalment estan connectats en estrella, amb cap connexió comuna amb els dos enrotllaments.

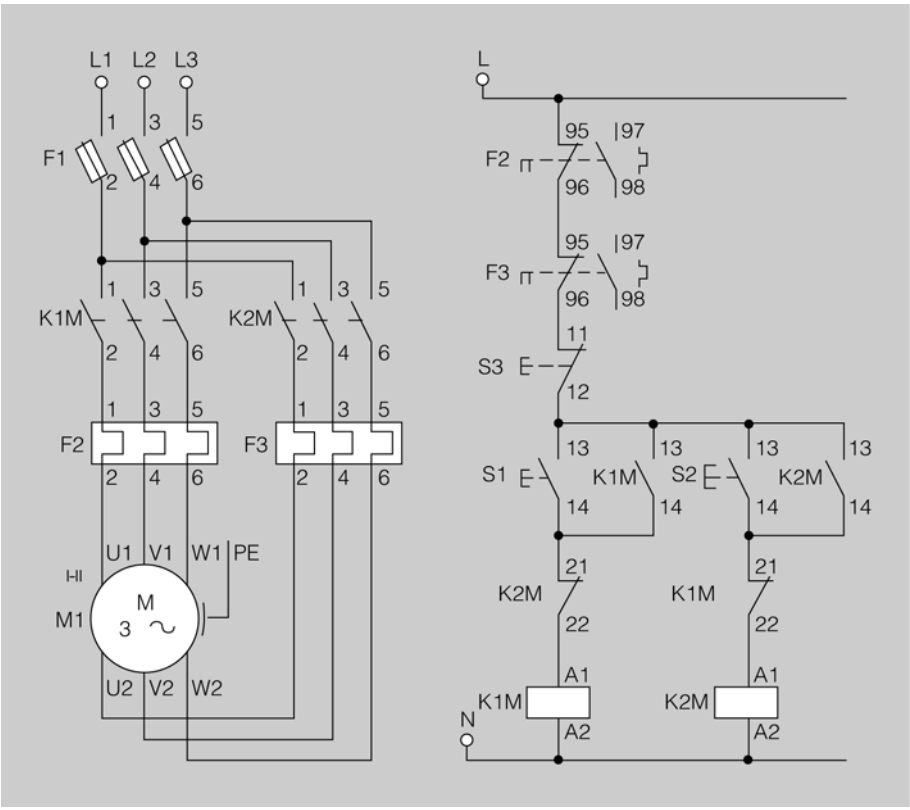


En un motor de debanats independents, cada debanat es pot alimentar per separat per obtenir-ne una velocitat lenta i una de ràpida.

En el **motor de debanats independents**, cada debanat que porta internament el motor està dissenyat per a una velocitat determinada, i de manera separada es podrà fer servir segons les necessitats.

En la figura 49 es representa l'esquema del circuit de potència i del circuit de maniobra per al control manual de les dues velocitats d'un motor de debanats independents.

Figura 49. Esquema de potència i maniobra d'un motor de debanats independents

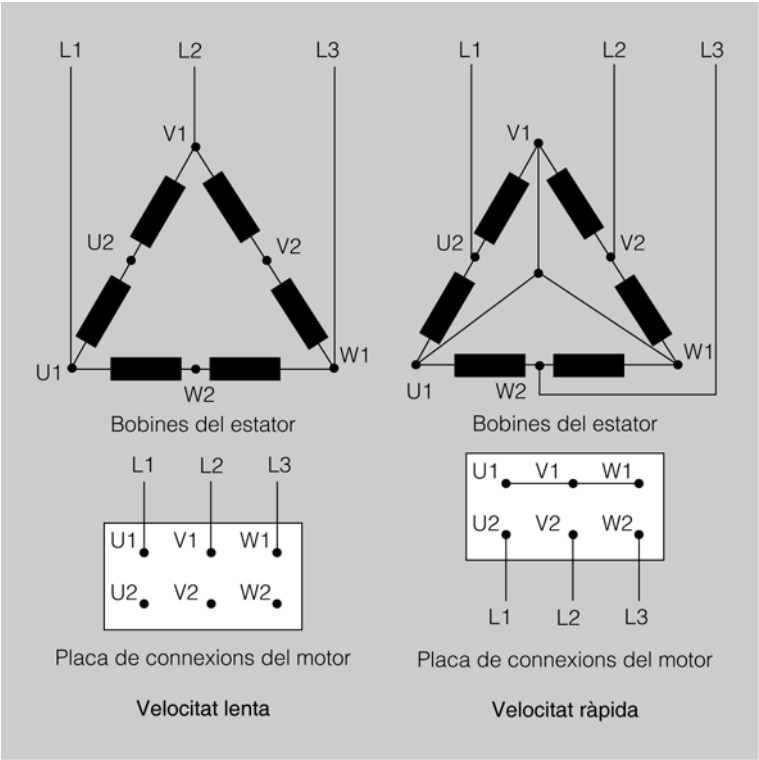


Segons els esquemes de la figura 49 cada debanat estarà alimentat per un contactor. Amb el polsador S1 es connecta K1M (velocitat lenta), que es realimenta amb el seu contacte auxiliar 13-14; el seu contacte d'enclavament NC 21-22 impedeix la connexió de l'altra velocitat sense abans desconnectar K1M. Amb el polsador S3 es connecta K2M (velocitat ràpida), realimentat amb el seu contacte auxiliar 13-14, i impossibilita la connexió de l'altra velocitat amb el contacte NC 21-22. Hi haurà una protecció independent amb F2 i F3 per a cada debanat.

Esquemes de connexions per al motor de connexió Dahlander

Un sistema relativament freqüent per obtenir dues velocitats és la utilització d'un motor amb connexions Dahlander. La placa de borns d'aquest motor té sis borns accessibles que corresponen a tres debanats, cada un dels quals està dividit en dues parts, segons la figura 50.

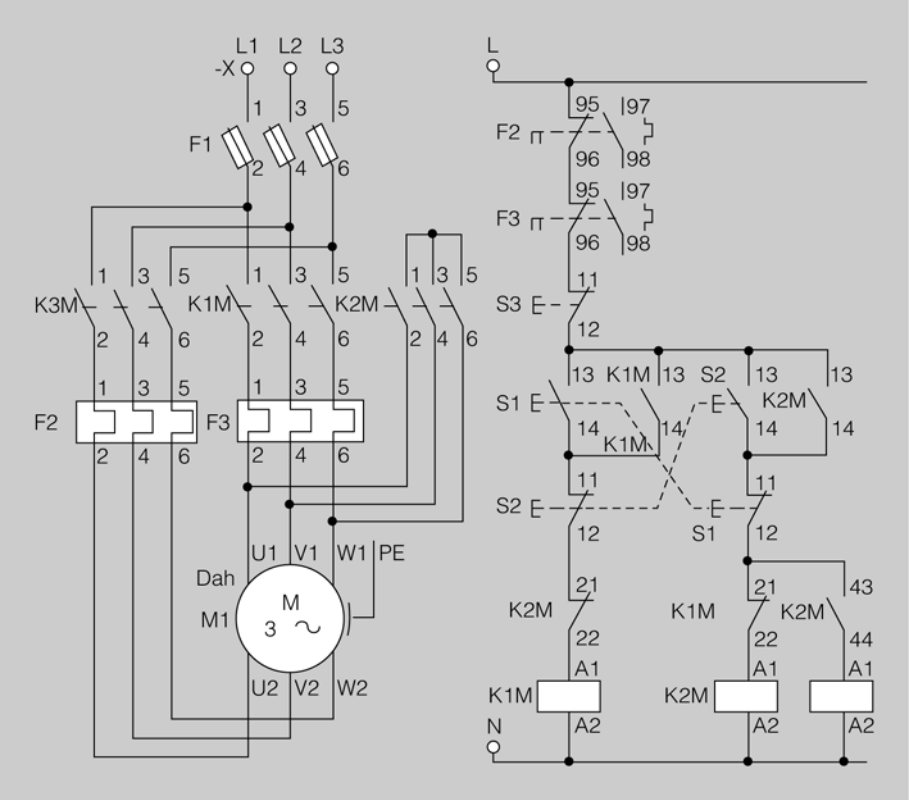
Figura 50. Connexió de la placa d'un motor Dahlander



La **connexió Dahlander** consisteix a donar tensió als borns U1, V1 i W1 de la placa de connexions del motor, connectant en triangle els tres debanats, per obtenir una velocitat lenta. O donar tensió als borns U2, V2 i W2 curtcircuitant els borns U1, V1 i W1 per obtenir la velocitat ràpida. A cada connexió correspon en la pràctica l'obtenció d'un nombre diferent de pols, major en la velocitat lenta i menor en la velocitat ràpida, amb una relació 2:1.

Per poder controlar les dues velocitats de manera independent seran necessaris tres contactors de potència: K1M, K2M i K3M, segons els esquemes de la figura 51. S'ha de tenir present que els contactors K1M i K3M no han de funcionar mai al mateix temps, ja que quedarien curtcircuitades les tres fases de manera directa. L'esquema de maniobra és un exemple de control manual de les dues velocitats, sense la necessitat d'aturar el motor, amb la utilització de dos polsadors de doble contacte NO+NC. Amb el polsador S1 es posaria en marxa el contactor K1M (velocitat lenta), i al mateix temps desconnectaria els contactors K2M i K3M si estiguessin connectats. Amb el polsador S2 es connecten els contactors K2M i K3M (velocitat ràpida), i es desconnectaria el contactor K1M si estigués connectat. El polsador NC S3 desconnecta qualsevol maniobra. Els contactes NC 21-22 dels contactors K1M i K2M asseguren la impossibilitat de connexió a la vegada dels dos contactors.

Figura 51. Esquemes dels circuits de potència i maniobra per al control d'un motor amb connexió Dahlander



Esquemes de connexió de variadors de freqüència

Són moltes les aplicacions en què es fa necessari un control continu i regular de la velocitat d'un motor d'inducció, sense l'obligatorietat d'establir un nombre de revolucions estàndard, com és el cas de la utilització de motors amb commutació de pols.

Els **convertidors de freqüència** són dispositius de regulació industrial amb possibilitat de modificar tant la freqüència com la tensió per variar la velocitat de motors d'inducció.

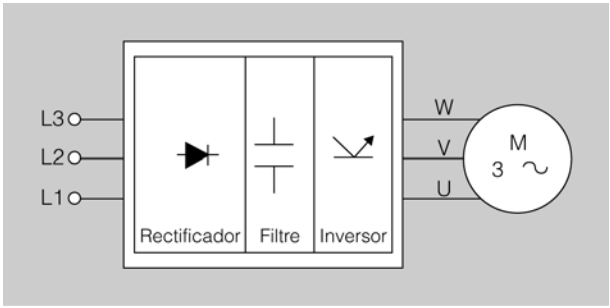


Les connexions d'un variador de freqüència s'han de concretar sempre segons la documentació tècnica del fabricant.

Per mantenir un parell motor constant és necessari que el valor de la tensió sigui sensiblement proporcional al valor de la freqüència, i per això en realitat en la majoria dels variadors el control de velocitat es fa modificant les dues magnituds. Bàsicament un variador de freqüència estarà format internament, tal com indica la figura 52, per:

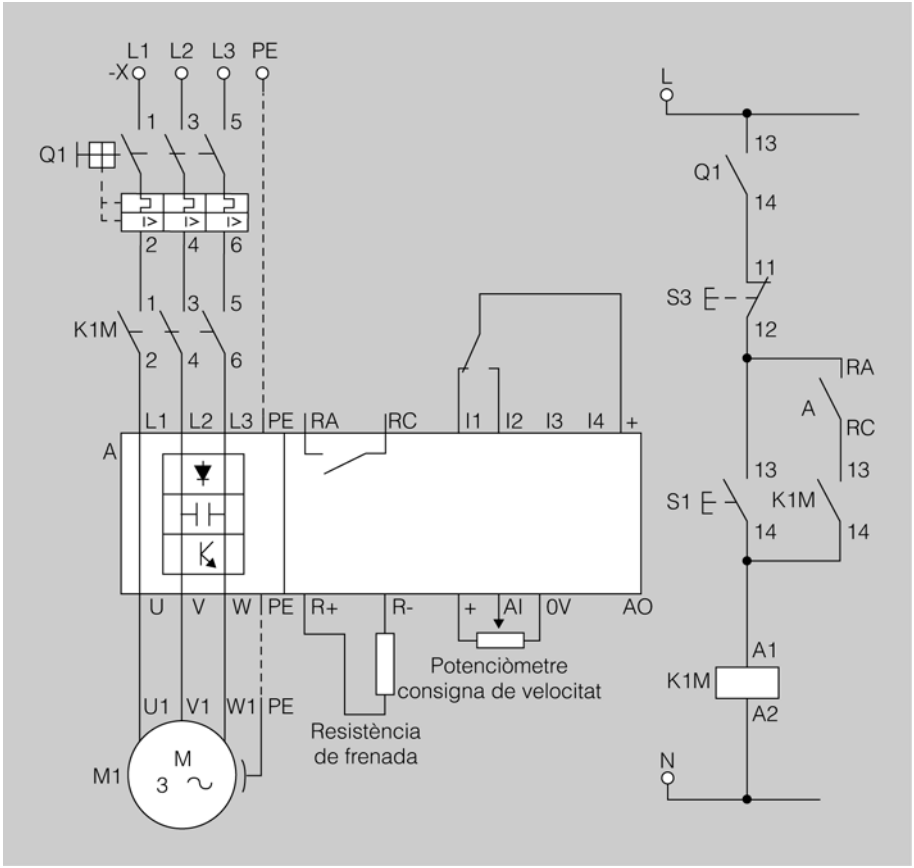
- Un rectificador, que és un element que transforma el corrent altern en corrent continu.
- Un filtre per garantir un corrent continu estable.
- Un inversor que transforma el corrent continu resultant en altern però amb diferent valor de freqüència que en l'entrada del dispositiu.

Figura 52. Composició d'un variador de freqüència



L'esquema final de connexions d'un variador de freqüència estarà determinat per la documentació tècnica que adjunta cada fabricant. La figura 53 mostra un esquema genèric de connexions d'un variador de freqüència amb el seu element de control.

Figura 53. Esquema de connexions d'un variador de freqüència



Vegeu el vídeo *Variador de freqüència* en la secció "Recursos de contingut" del web d'aquest crèdit.

En l'esquema de connexions destaquen per un costat les connexions pròpies de potència L1, L2 i L3 per a l'alimentació, amb la protecció d'un disjuntor protector de motor, i també la sortida al motor U, V, W. Per altra banda, es troben les connexions de l'element controlador del dispositiu; algunes d'aquestes últimes serien opcionals:

- Contactes RA-RC: contacte NO, tancat amb funcionament correcte del variador.
- Contacte I1 amb +: funcionament del motor en un sentit de gir.
- Contacte I2 amb +: funcionament del motor en sentit contrari a la connexió I1.
- Contactes I3 i I3: possibilitat de seleccionar diferents velocitats prèviament programades.
- Contacte R+ i R–: possibilitat de connectar una resistència per dissipar l'energia de frenada, en el cas de fer ús d'aquesta funció.
- Contactes +, A1 i 0V: possibilitat de connectar un potenciòmetre extern per variar la velocitat.

L'esquema del circuit de maniobra controla el contactor K1M que dóna tensió al variador, amb un circuit de realimentació amb el contacte RA-RC en sèrie amb el contacte auxiliar de K1M 13-14, que desconnectaria l'alimentació al variador en cas de fallada del dispositiu.

3.2. Arrencada de motors de CC

Amb el control electrònic dels motor d'inducció de CA, com pot ser el cas de variadors de freqüència, els motors de CC han perdut una certa posició en aplicacions que fins al moment estaven reservades a aquest tipus de màquina. Però la utilització de les màquines de CC en la indústria està justificada per la seva versatilitat i per la seva flexibilitat a l'hora de controlar velocitats, parells motors o controls de posició, i reforçada per alguns avantatges dels motors de CC que es fabriquen avui dia, com l'alta eficàcia, el baix nivell de soroll o la baixa relació pes/potència.

Les aplicacions més comunes són: màquines eina, elevadors, premses, màquines bobinadores, màquines de la indústria tèxtil o del paper, o motors per a aplicacions en la indústria química.

3.2.1. Esquemes d'arrencada de motors de CC

Abans de conèixer els esquemes típics per a l'arrencada de motors de CC, s'ha de tenir present que hi ha diferents tipus de motors de CC en relació amb la connexió entre el bobinat induït i l'inductor.

Induït

El bobinat induït és on es crearà el corrent en el moment que els conductors d'aquest bobinat travessen el camp magnètic que produeix el bobinat inductor.

- Motor d'excitació independent.

- Motor d'excitació en sèrie.
- Motor d'excitació en derivació.

S'ha de considerar que en el moment de l'arrencada dels motors de CC, el valor de la intensitat d'arrencada pot ser molt elevat en motors de gran potència. Aquests valors poden ocasionar efectes perjudicials com:

Inductor

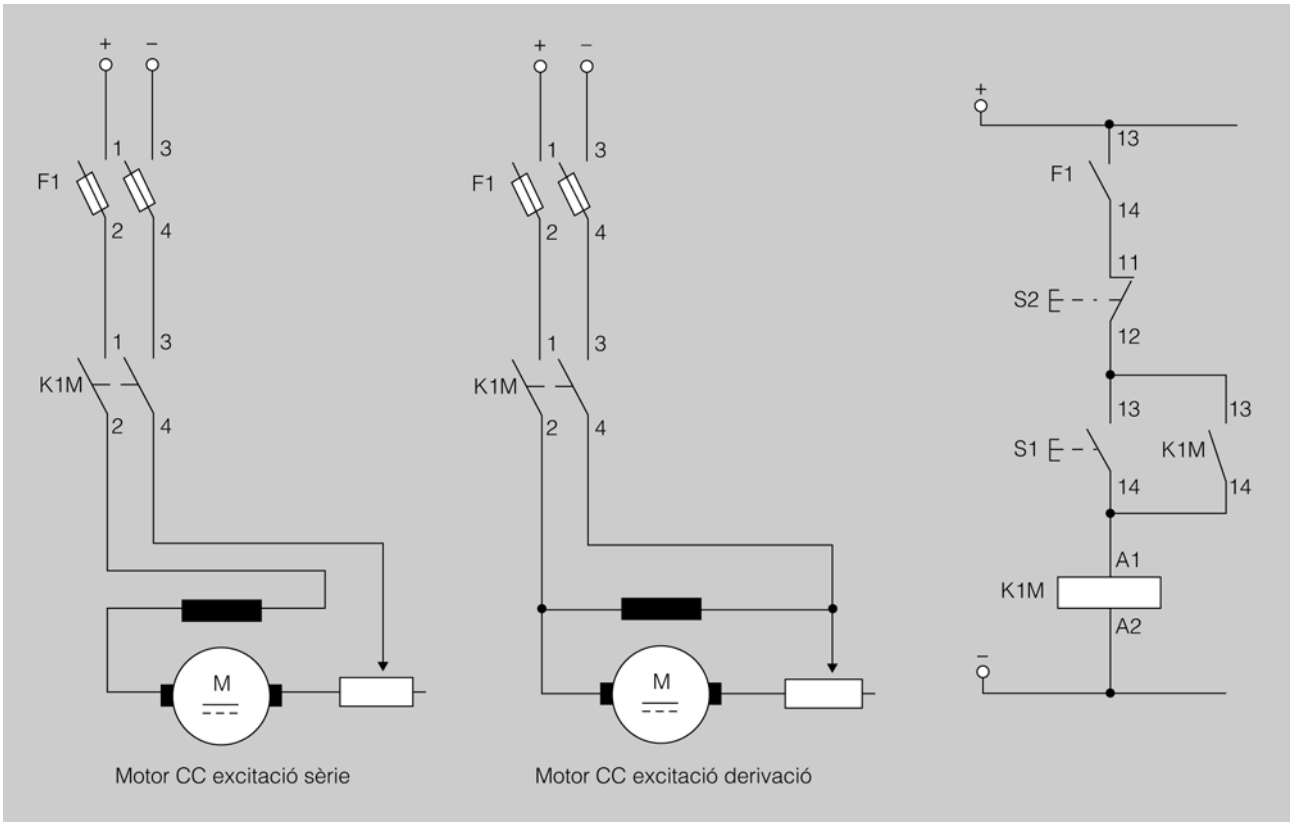
El bobinat inductor és on es crearà el camp magnètic necessari per al funcionament del motor.

- Escalfament excessiu dels conductors de les bobines del motor, que podrien arribar a cremar-se.
- Escalfaments i caigudes de tensió en les línies d'alimentació.
- Deteriorament de diferents part mecàniques constructives del motor.

Per limitar el valor de la intensitat en el moment de l'engegada, en motors de gran potència es fa necessària la utilització de **reòstats d'arrencada.** Aquesta resistència s'ha d'anar eliminant de manera progressiva a mesura que el motor arriba a la velocitat nominal.

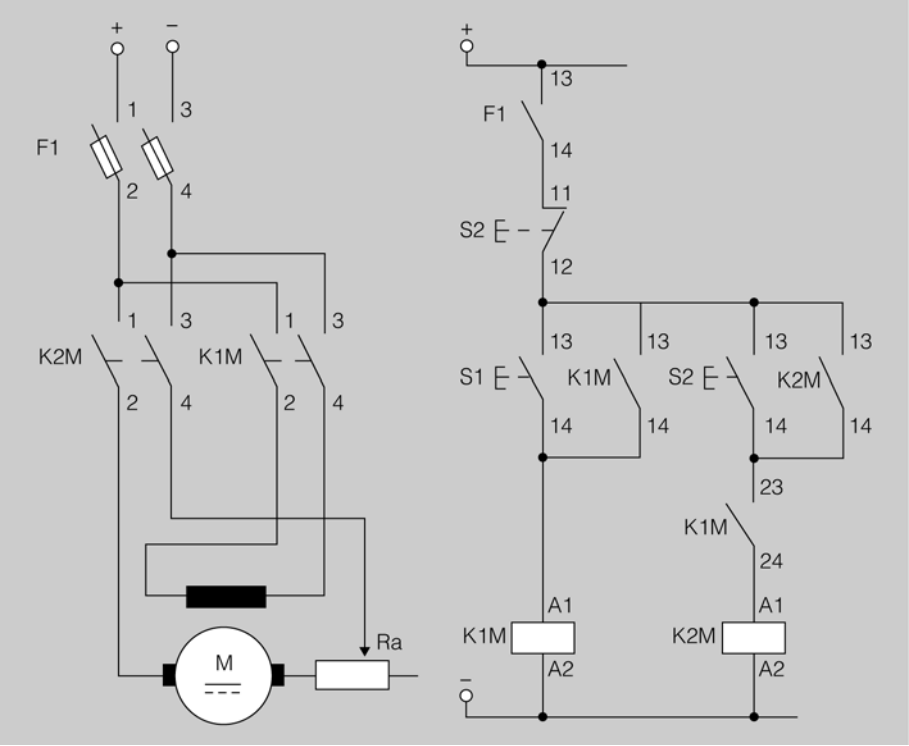
Els esquemes simplificats per a la posada en marxa de motors de CC, són, en el cas d'excitació en sèrie i derivació, els de la figura 54. En l'exemple de l'esquema del circuit de maniobra podria ser el mateix per als dos sistemes d'excitació. Els contactors haurien de ser de categoria DC4 i DC2 per a l'acoblament en derivació i en sèrie, respectivament, en el cas d'una arrencada sense càrrega.

Figura 54. Esquemes simplificats de motors de CC d'excitació en sèrie i en derivació



La figura 55 mostra els esquemes simplificats per al control d'un motor CC amb excitació independent i reòstat d'arrencada. Per posar en marxa aquest motor, la primera actuació seria posar el reòstat d'arrencada al màxim; a continuació, amb el polsador S1 es connecta el contactor K1M i es dóna tensió a l'excitació per crear el flux magnètic del motor. Amb l'S2 i una vegada tancat el contacte NO 23-24 de K1M es posa en marxa K2M i es dóna tensió al motor. El reòstat d'arrencada es pot curtcircuitar en arribar el motor a la velocitat nominal.

Figura 55. Esquema simplificat de motor de CC d'excitació independent



Arrencada automàtica de motors de CC d'elevada potència

L'arrencada de motor de CC, amb una relació *Ia/In* superior a la indicada en la taula 1 de la ITC-BT47, obliga a un accionament manual o automàtic sobre una resistència que s'hauria de connectar en sèrie amb l'induït del motor, per limitar el valor de la intensitat en el moment de l'arrencada. Si es fa servir un reòstat, l'accionament és manual i dóna un valor de resistència màxim al començament de l'engegada, i es redueix fins a l'eliminació total la resistència al final de l'arrencada. Es podria substituir, amb un circuit de maniobra adient, el control manual per un control automàtic, amb la utilització de trams de resistència que se curtcircuiten en progressió a l'engegada.



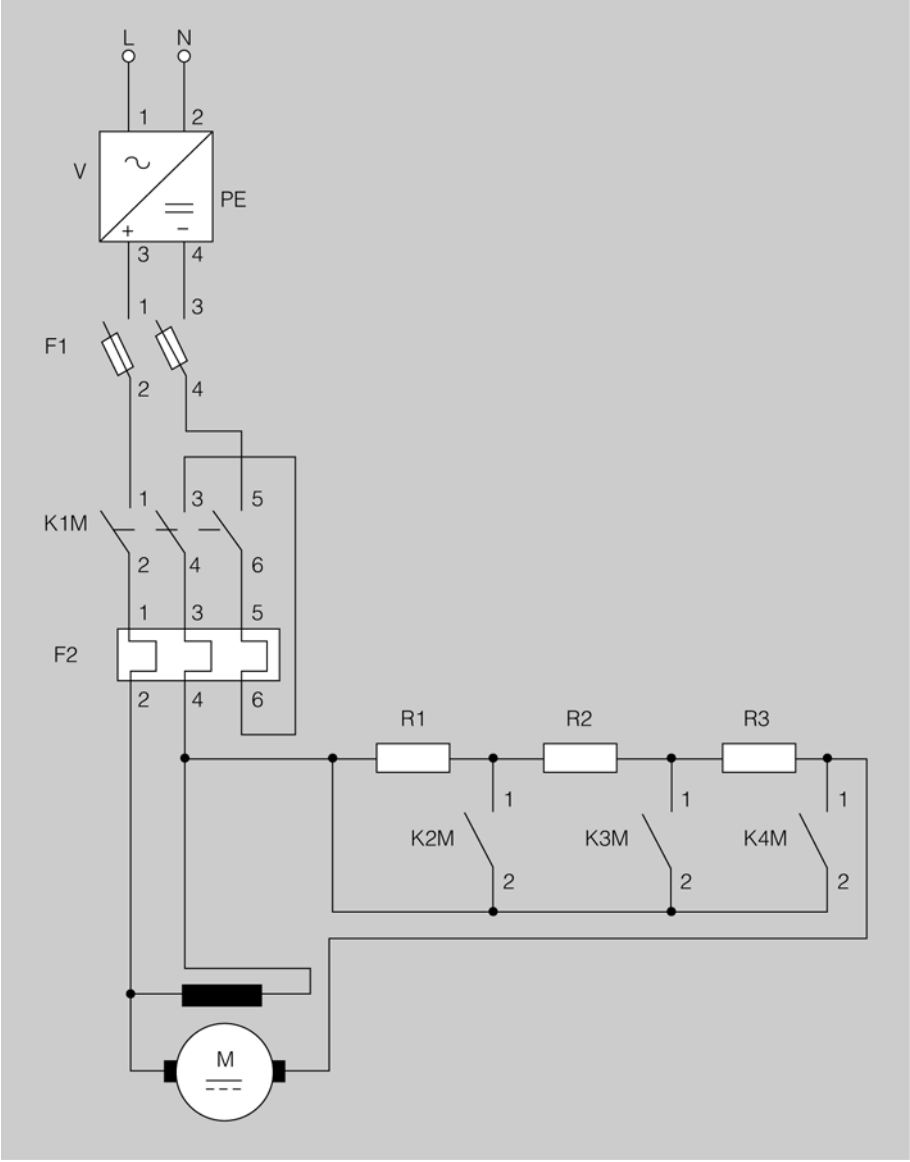
Vegeu en el subapartat "Esquemes d'arrencada de motors de CA de potència elevada" el que fa referència a la ITC-BT 47.

En les figures 56 i 57 es mostren, com a exemples, els esquemes per a una arrencada automàtica per a un motor CC d'excitació en derivació, amb els elements següents:

- Seccionador fusible per a la protecció contra curtcircuits.
- Relé tèrmic per a la protecció contra sobrecàrregues.

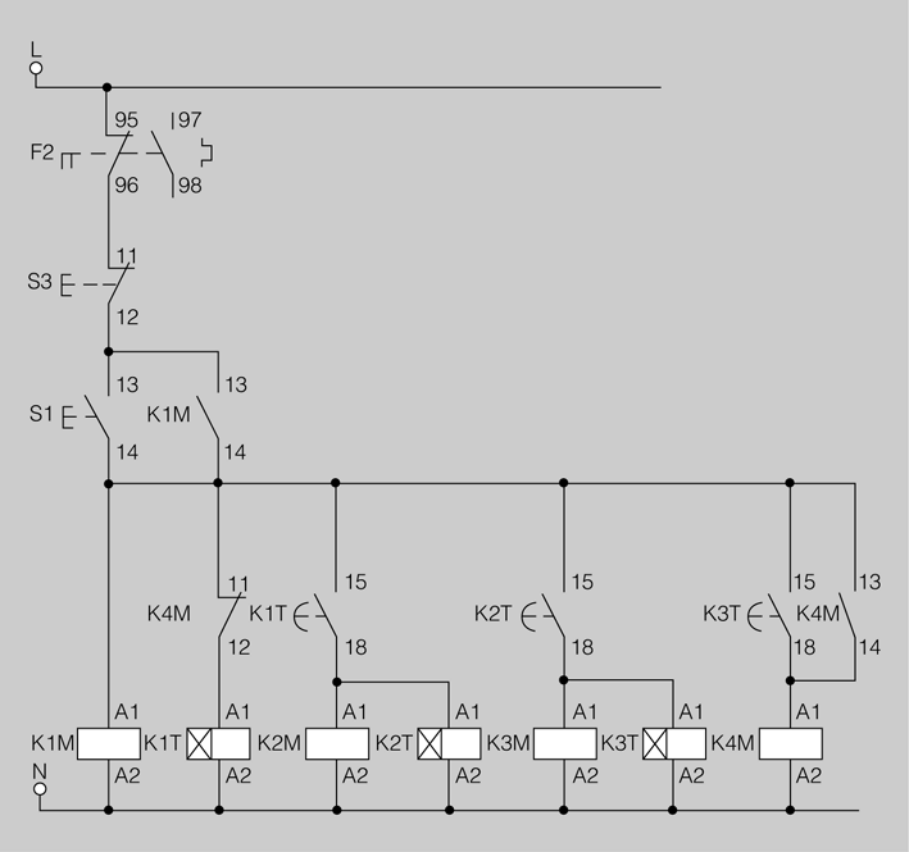
- Una font d'alimentació per obtenir CC a partir d'una alimentació en CA.
- Quatre contactors de CA: K1M, K2M, K3M i K4M, amb un corrent de tall (*Ic*) adient.
- Tres relés temporitzadors a la connexió de CA.
- Un polsador d'aturada NC S3.
- Un polsador de marxa NO S1.
- Tres resistències adients al motor.

Figura 56. Esquema de potència per a l'arrencada automàtica d'un motor de CC



Segons l'esquema de maniobra de la figura 57, en accionar el polsador S1 es posa en marxa el contactor K1M realimentat amb el seus contactes 13-14, i també es posa en marxa el temporitzador K1T; es donaria tensió al motor amb tota la resistència. Després d'un temps el contacte 15-18 de K1T es tanca i acciona el K2M, que elimina el primer tram de resistències R1, i posa en marxa el K2T que, després del temps ajustat, acciona K3M i elimina el segon tram de resistències R2, i acciona K3T, que controla K4M i elimina amb un retard tota la resistència R3.

Figura 57. Esquema del circuit de maniobra per a l'arrencada automàtica d'un motor de CC



Inversió del sentit de gir de motors de CC

Hi ha moltes aplicacions industrials en què sovint cal un canvi del sentit de gir. Tant les màquines amb motors de CA com les màquines controlades per motors de CC han de permetre la possibilitat d'invertir el sentit de gir.

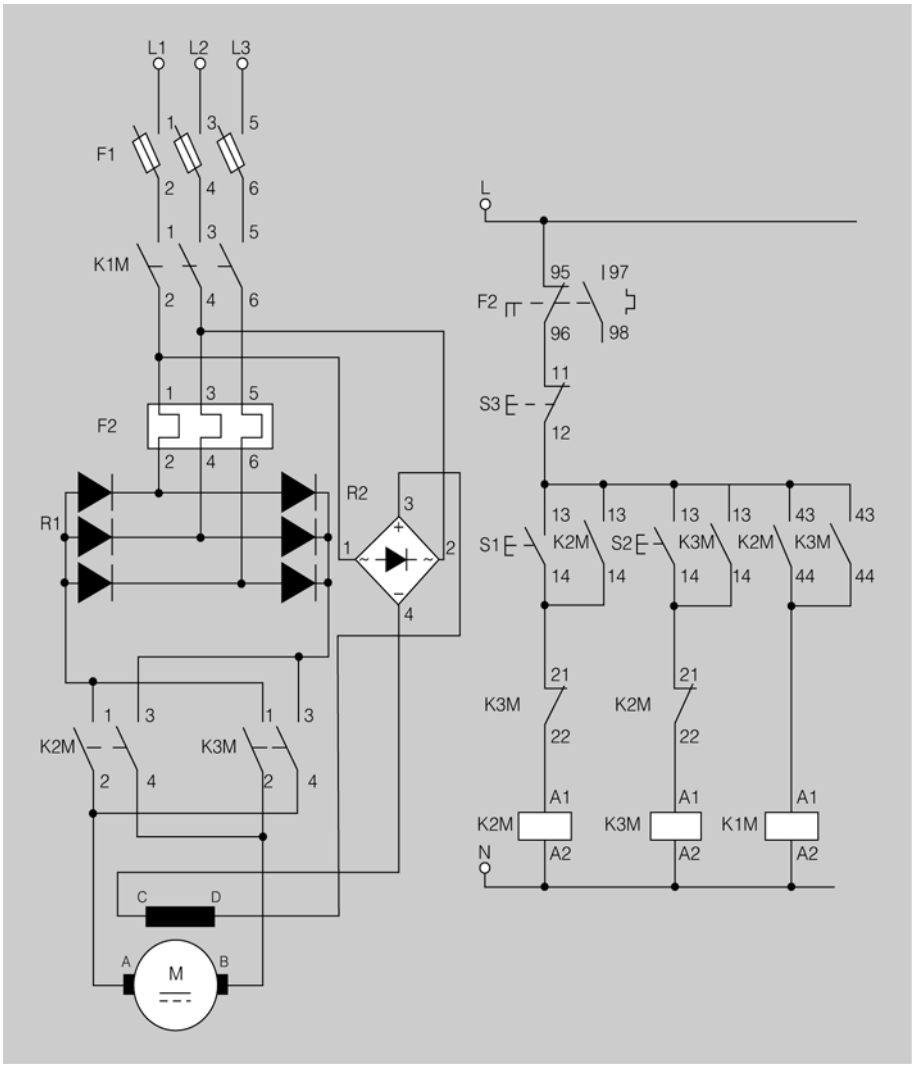
En la pràctica, en els motors de CC la inversió del sentit de gir es fa generalment canviant la polaritat en les bobines de l'induït, ja sigui amb la utilització de contactors o mitjançant rectificadors controlats electrònicament.

També és possible invertir el sentit de gir del motor invertint la polaritat en el bobinat inductor, però és un sistema amb algun inconvenient com seria el possible embalament de la màquina, i això fa pràcticament obligatòria l'aturada de la màquina abans d'invertir el sentit. Mai no s'han d'invertir les polaritats al mateix temps en el bobinat induït i inductor.

En la figura 58 es mostren els esquemes per invertir el sentit de gir d'un motor CC d'excitació independent amb contactors, a partir d'un pont rectificador trifàsic R1 per obtenir CC d'una xarxa d'alimentació trifàsica en CA, per l'induït i un pont rectificador R2 amb la mateixa

funció de l'inductor. Els elements que es fan servir són: un seccionador fusible trifàsic F1, un relé tèrmic de protecció F2, tres contactors K1M, K2M i K3M, un polsador d'aturada S3 i dos polsadors de marxa, S1 i S2, un per cada sentit de gir.

Figura 58. Inversió del sentit de gir d'un motor CC



Els contactors K2M i K3M seran accionats per S1 i S2, respectivament, de manera que el motor girarà en un sentit o un altre. S'ha de destacar que els dos contactors de cada sentit no funcionaran mai al mateix temps, mitjançant els contactes d'enclavament NC 21-22 de cada contactor. En accionar S1 es connecta K2M i seguidament K1M. Un accionament en l'S2 connecta primer K3M i després K1M. Cada canvi del sentit de gir obliga a una aturada amb S3.

3.2.2. Esquemes de regulació de velocitat dels motors de CC

La velocitat dels motors de CC depèn bàsicament del valor de la tensió aplicada a l'induït, i també del valor del corrent d'excitació. Igualant el valor de

la força electromotriu i la tensió en borns de l'induït, la velocitat d'una màquina de CC es pot expressar de manera simplificada de la manera següent.

$$N = Kn\frac{V}{Ie}$$

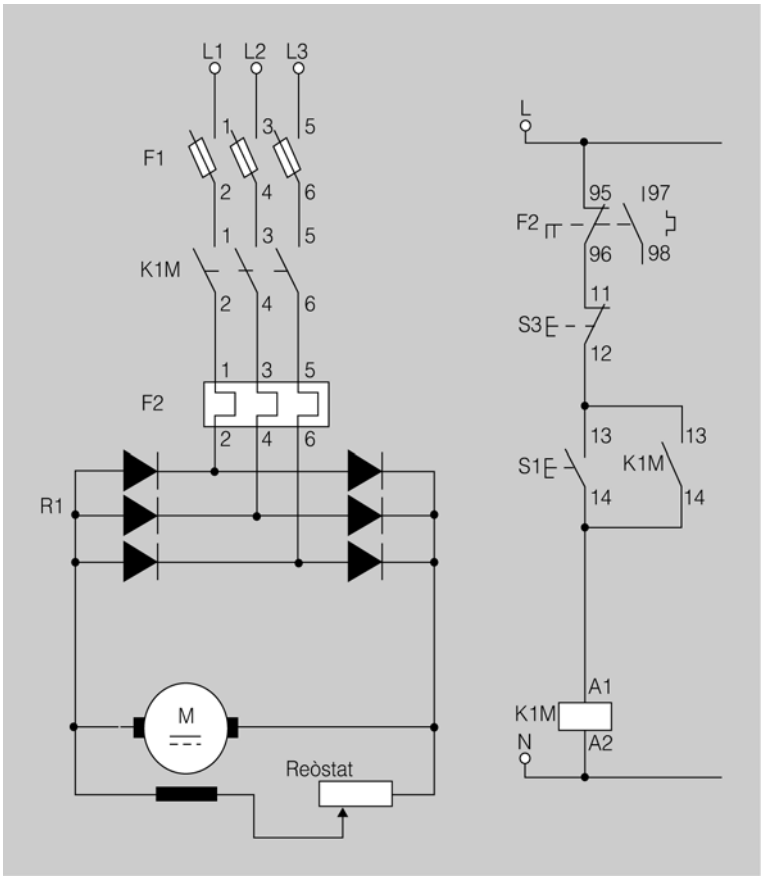
En què:

N: velocitat en revolucions per minut (rpm).
V: tensió en borns de l'induït en volts (V).
Ie: corrent d'excitació en l'inductor en amperes (A).
Kn: constant característica de cada màquina.

Per variar la velocitat d'un motor de CC, teòricament es pot fer de dues maneres diferents: variant el valor de la resistència de l'inductor o variant la tensió aplicada a l'induït.

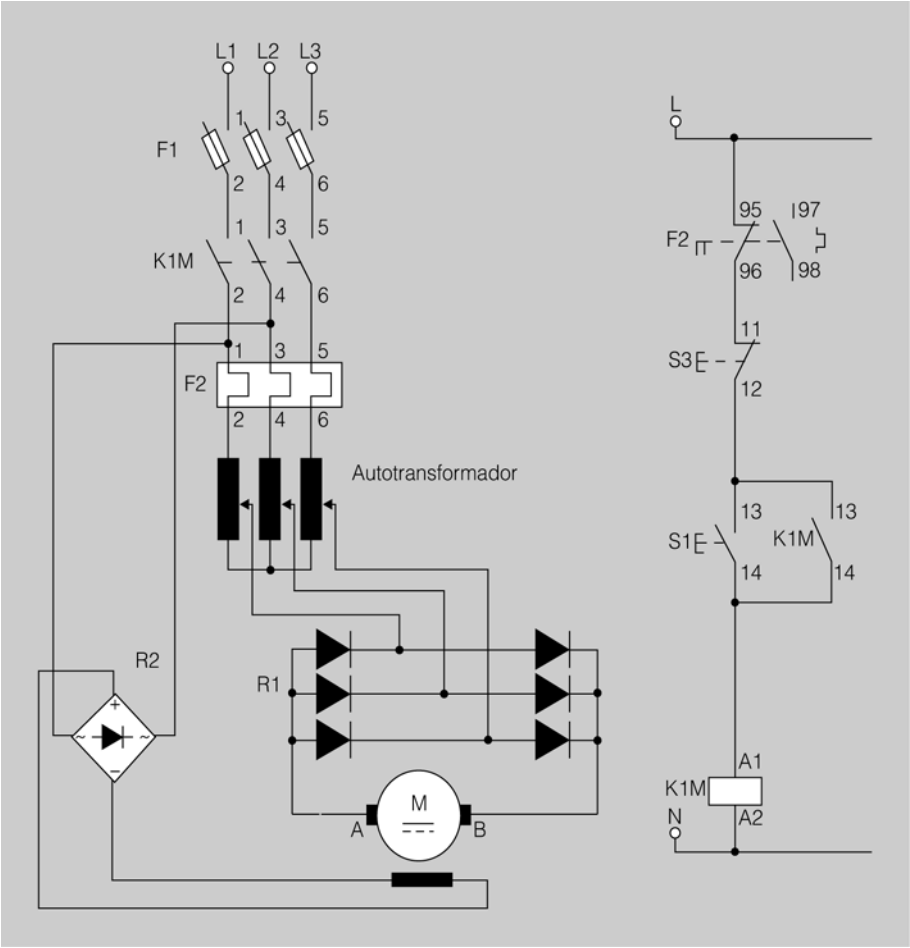
Es pot **variar la resistència de l'inductor** per modificar el valor del corrent d'excitació, generalment amb un reòstat. Amb aquest mètode s'aconseguiria augmentar la velocitat nominal del motor. La figura 59 correspon a un esquema de connexió amb aquest sistema.

Figura 59. Esquema de connexió per a la regulació de la velocitat d'un motor de CC acoblant un reòstat a l'inductor



Variant la tensió de l'induït es poden connectar en sèrie reòstats o ponts rectificadors amb autotransformadors. Amb aquest mètode la velocitat es pot regular per sota de la velocitat nominal del motor. La figura 60 mostra un exemple amb autotransformador i pont rectificador.

Figura 60. Esquema de connexió per a la regulació de la velocitat d'un motor de CC modificant la tensió a l'induït



Variadors de velocitat per a motors de CC

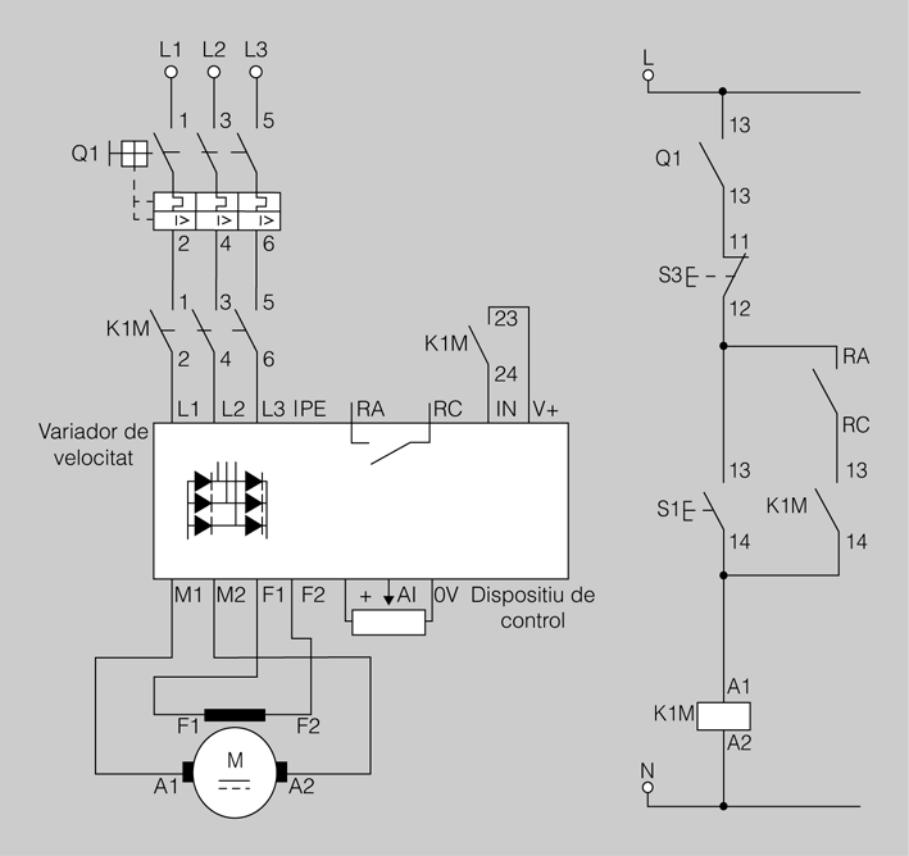
El sistema més pràctic per variar la velocitat dels motors de CC en aplicacions industrials és la utilització de variadors amb control sobre la potència i control electrònic. Aquests fan diferents funcions en relació amb el model o fabricant; els principals serien:

- Rectificar l'alimentació del corrent altern en corrent continu.
- Possibilitat de variar la tensió aplicada a l'induït.
- Possibilitat de variar el corrent d'excitació a l'inductor.
- Possibilitat de programació d'arrencades.
- Control sobre la inversió del sentit de gir.
- Control de la frenada del motor de CC.

La figura 61 mostra els esquemes per connectar un variador de velocitat per a un motor de CC, amb el seu dispositiu electrònic de control. La pro-

tecció es fa amb un disjuntor protector de motor contra les sobrecàrregues i curtcircuits Q1, i l'alimentació de potència es farà amb un contactor K1M. El circuit de maniobra del contactor estarà controlat per un polsador d'aturada S3 i un de marxa S1. El funcionament serà possible amb la connexió en la potència del disjuntor, que tancarà el seu contacte auxiliar NO 13-14.

Figura 61. Esquemes d'un variador de velocitat d'un motor de CC



Vegeu els vídeos *Variador de velocitat de motors CC* i *Variador de freqüència* en la secció "Recursos de contingut" del web d'aquest crèdit.

Les connexions de l'element de control més significatives serien:

- Contactes RA-RC: contacte NO, tancat amb funcionament correcte del variador.
- Contacte In i V+: per a la posada en marxa del motor.
- Contactes +, Al, 0V: possibilitat de connectar un potenciòmetre extern.

En tot cas l'esquema de connexions definitiu estarà determinat per la documentació tècnica de cada fabricant.

Tècniques de disseny i de seguretat d'automatismes

Pedro Sánchez Vallejo

Automatismes industrials

Índex

Introducció 5

Resultats d'aprenentatge 6

1. Tècniques de disseny d'esquemes 7
1.1. Eines informàtiques per al disseny d'esquemes d'automatismes 7
1.2. Programari de disseny d'esquemes d'automatismes CADe_SIMU 8
1.2.1. Baixada i execució del CADe_SIMU 8
1.2.2. Menú *principal* 10
1.2.3. Descripció de les barres de menús de símbols 12
1.2.4. Configuració inicial 14
1.3. Pràctiques d'elaboració d'esquemes d'automatismes amb CADe_SIMU 15
1.3.1. Elaboració d'un esquema de potència 15
1.3.2. Elaboració d'un esquema de maniobra 20
1.3.3. Simulació d'una instal·lació d'automatismes amb CADe_SIMU 24
1.3.4. Simulació d'un esquema de maniobra i potència 25
1.3.5. Simulació d'elements amb característiques especials 27

2. Tècniques per a la seguretat, prevenció de riscos laborals i detecció d'avaries 31
2.1. Prevenció de riscos i proteccions 31
2.1.1. Els riscos elèctrics 31
2.1.2. Els riscos mecànics 33
2.1.3. Graus de protecció IP i IK 34
2.1.4. Protecció contra contactes directes o indirectes 37
2.2. Avaries d'instal·lacions d'automatismes 40
2.2.1. Elements de protecció 41
2.2.2. Localització i reparació d'avaries 49
2.3. Manteniment d'instal·lacions d'automatismes cablats 53
2.3.1. Manteniment preventiu 53
2.3.2. Manteniment correctiu 55

Introducció

En l'elaboració i posada en funcionament d'un automatisme elèctric cablat sempre hi ha una sèrie d'accions prèvies i una sèrie d'accions posteriors.

Amb un determinat plantejament i segons una determinada necessitat es farà un projecte segons unes previsions. No és el tècnic el responsable directe d'aquest primer plantejament, però sí de la seva interpretació i muntatge. En l'elaboració d'aquest projecte, té vital importància el disseny dels esquemes que després es faran servir; un tècnic ben format hauria d'estar capacitat per manejar les eines que pot tenir a l'abast per al disseny d'esquemes.

Al final de l'execució de tota la instal·lació de l'automatisme, s'haurà de tenir present quins treballs de manteniment, i en el seu cas, de reparació de possibles d'avaries, pot arribar a necessitar la instal·lació. Aquesta sí que és responsabilitat directa del tècnic en instal·lacions elèctriques i automàtiques.

Per completar una bona formació en automatismes industrials, és necessari adquirir continguts tant de disseny d'automatismes, com de la seva adequació pel que fa a seguretat i manteniment.

En l'apartat "Tècniques de disseny d'esquemes" es veuen diferents eines informàtiques per al disseny assistit per ordinador amb les quals es poden elaborar esquemes de potència i maniobra d'automatismes elèctrics cablats. A més, es detalla d'una manera concreta la utilització d'una d'aquestes eines, començant per una descripció del programari, i continuant per una explicació detallada per elaborar un esquema de potència i maniobra per a una aplicació real. Per acabar, i dins d'aquesta primera part, s'explica el sistema de simulació de funcionament que té aquest mateix programari.

En l'apartat "Tècniques per a la seguretat, prevenció de riscos laborals i detecció d'avaries" de la unitat es veuen els diferents criteris de seguretat i prevenció de riscos que s'han de tenir en compte per a un automatisme cablat ja muntat. També es fa referència a les possibles avaries, amb les conseqüències que poden tenir, la reparació, i també al manteniment mínim necessari d'aquest tipus d'instal·lacions.

Resultats d'aprenentatge

En acabar la unitat, heu de ser capaços del següent:

1. Identificar els components i dispositius utilitzats en automatismes cablats i programables, a partir d'esquemes i documentació tècnica.

2. Elaborar la documentació tècnica de projectes d'automatismes cablats, a partir del quadern de càrregues.

3. Identificar els efectes de disfuncions i avaries en instal·lacions automàtiques.

4. Relacionar cada part de les instal·lacions automàtiques amb les funcions que duen a terme i els efectes observables en cas de mal funcionament.

5. Localitzar components o dispositius que són causa d'avaria.

6. Contrastar en instal·lacions automàtiques observacions o mesures fetes amb els paràmetres de bon funcionament.

1. Tècniques de disseny d'esquemes

L'elaboració d'un projecte elèctric per a la realització d'un muntatge d'automatismes cablats té diferents fases d'execució: un estudi preliminar, el disseny d'esquemes, l'elecció de materials, pressupostos, etc.

El tècnic instal·lador no és el responsable directe de l'elaboració del projecte però sí d'interpretar-lo. Un coneixement íntegre sobre el disseny d'esquemes elèctrics d'automatismes implica el coneixement de tècniques pròpies d'aquest tipus de tasca.

Les tècniques mitjançant el disseny assistit per ordinador avantatgen el sistema tradicional d'elaboració d'esquemes sobre paper en molts aspectes: la rapidesa en l'elaboració, l'enregistrament digital d'esquemes, la impressió personalitzada de plànols, la facilitat en la realització de modificacions, etc.

1.1. Eines informàtiques per al disseny d'esquemes d'automatismes

Es poden trobar diferents eines informàtiques aplicades al disseny elèctric i electrònic, però en podem destacar algunes directament relacionades amb el disseny d'instal·lacions d'automatismes:

- **EcadPlus**. Eina informàtica per al disseny electrotècnic, que permet la realització d'esquemes d'automatismes elèctrics, pneumàtics i electropneumàtics. Permet l'elaboració de símbols a més dels de la seva biblioteca, la numeració automàtica de cables, la referenciació automàtica de contactes i bobines, de conjunts de borns de connexió, etc.



Podeu anar a la secció "Adreces d'interès" per accedir als lloc web de les eines informàtiques.

- **CirCAD 4**. Aplicació informàtica que es fa servir amb AutoCAD. Permet el disseny d'esquemes d'automatismes, esquemes unifilars per a instal·lacions elèctriques, disseny d'armaris i quadres d'automatismes, etc. Disposa d'una aplicació de simulació de funcionament dels esquemes d'automatismes.

AutoCAD és un programari de dibuix tècnic en 2D i 3D de l'empresa Autodesk.

- **Elcad**. Programari de disseny elèctric i de documentació, amb símbols, macros, plantilles de plànols i la possibilitat d'exportar llistes per a les aplicacions Excel i Access.

- **See Electrical**. Eina informàtica dedicada als automatismes industrials, amb diferents prestacions com: la llista automàtica de materials, biblioteca completa de símbols i creació de símbols nous, referenciació i numeració automàtica de components, gestió de diferents projectes al mateix temps, etc.

- **CADe_SIMU**. Aplicació informàtica que permet crear ràpidament esquemes d'automatismes a partir de diferents biblioteques de símbols. Destaca la funció de simulació, en què es visualitza l'estat dels components i el pas del corrent elèctric pels conductors que formen part dels esquemes.

1.2. Programari de disseny d'esquemes d'automatismes CADe_SIMU

El programari **CADe_SIMU** és una aplicació informàtica de disseny assistit per ordinador (CAD) destinada a l'elaboració i simulació d'esquemes d'automatismes elèctrics en l'entorn Windows.

CADe_SIMU és una aplicació fàcil i intuïtiva amb un menú contextual típic de Windows, una barra d'eines d'accés ràpid, i una sèrie de barres de menús de símbols classificats per categories, amb els quals es poden dibuixar esquemes de maniobra i potència de manera ràpida.

1.2.1. Baixada i execució del CADe_SIMU

El programari CADe_SIMU ha estat creat per Juan Luis Villanueva Montoto, i es pot descarregar de manera gratuïta des de la web del mateix autor (http://personales.ya.com/canalPLC) i, concretament, des de la pàgina de descàrrega (http://personales.ya.com/canalPLC/descarga.htm).

La descàrrega correspon a un arxiu comprimit amb el nom *CADe_SIMU.zip*. No s'ha de fer cap tipus d'instal·lació al PC: una vegada descomprimit s'ha d'executar directament l'arxiu *CADe_SIMU.exe*. El programa demanarà una clau d'accés, que es proporciona per correu electrònic, i es demana per mitjà de la mateixa web.

Per començar a treballar s'ha de fer un clic a la finestra central per poder escriure la clau, com es mostra en la figura 1.

Una vegada s'ha fet un clic a la finestra central amb el botó esquerre del ratolí, sortirà una finestra emergent, tal com es mostra en la figura 2. S'ha de tenir molta cura de situar el ratolí sobre aquesta finestra per poder-hi

escriure la clau. A partir d'aquest moment el programari està en condicions de funcionar. Sense la clau d'accés, no seria possible guardar els esquemes fets.

Figura 1. Pantalla inicial del CADe_SIMU amb la finestra central

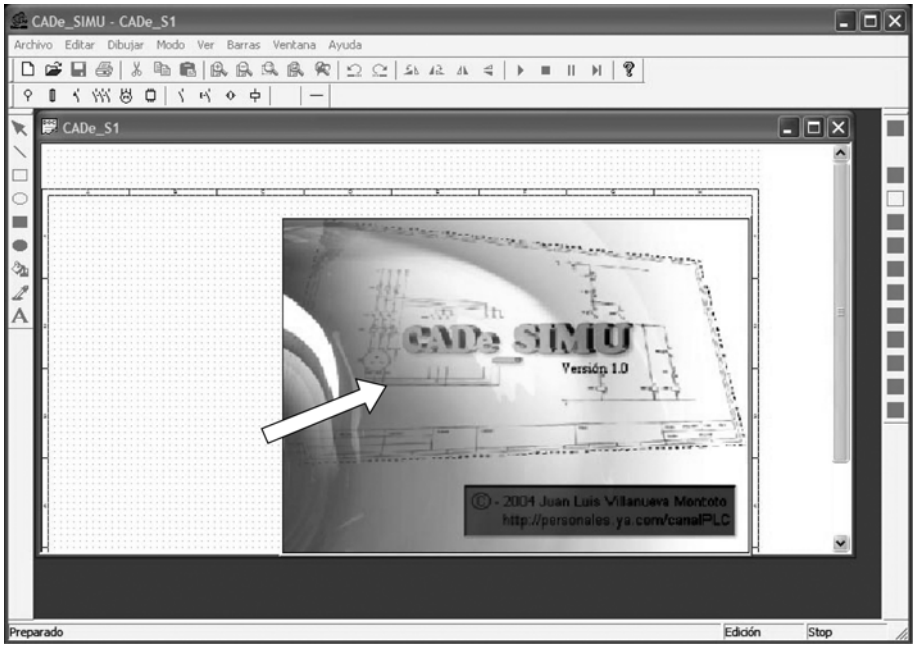
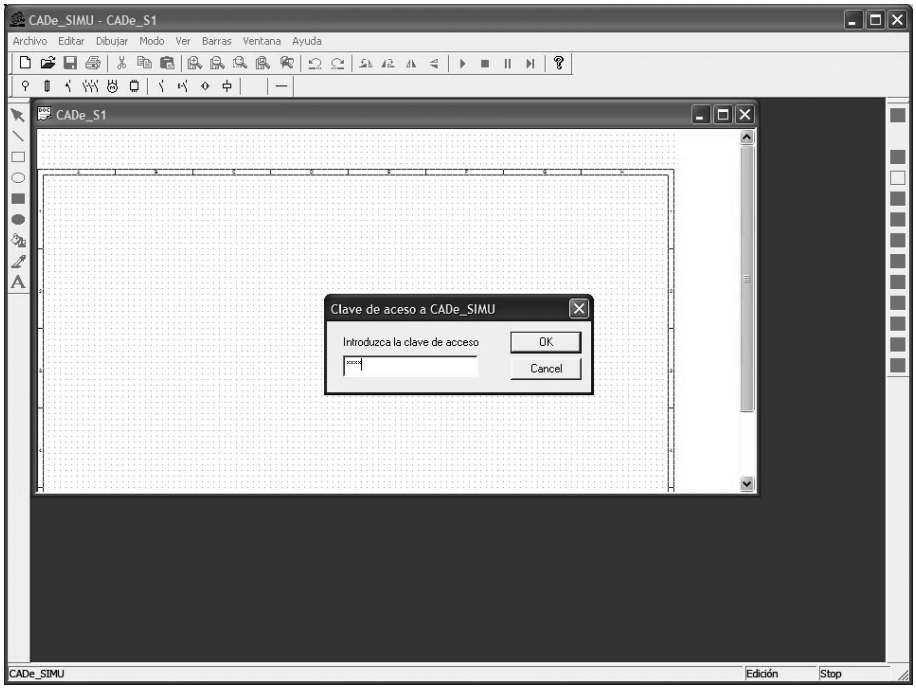


Figura 2. Clau d'accés

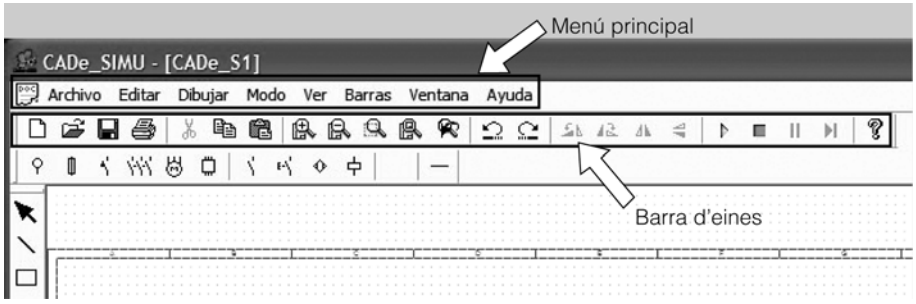


La finestra oberta té configurat per defecte un menú textual amb una barra d'eines i un menú de selecció de símbols a la part de dalt; a la part esquerra una barra d'accés directa a les funcions de dibuix i una barra de selecció de colors a la part dreta. A la part de baix, hi ha la barra d'estat per definir les coordenades, i també per identificar si s'està editant o simulant un esquema.

1.2.2. Menú *principal*

Una vegada oberta la finestra principal del CADe_SIMU, es pot comprovar que té un menú textual típic de Windows i una barra d'eines d'accés directe a algunes de les funcions del menú principal, tal com s'indica en la figura 3.

Figura 3. Menú principal i barra d'eines



Menú *Archivo*

Amb el menú *Archivo* es poden fer diferents accions:

- *Nuevo*: crear un nou projecte.
- *Abrir*: obrir un projecte ja creat i guardat amb l'extensió *.cad.
- *Cerrar*: tancar un projecte.
- *Guardar*: guardar un projecte. S'ha de fer servir aquesta funció quan ja s'ha determinat prèviament un nom per al projecte.
- *Guardar como*: guardar un projecte amb un nom específic. S'ha de tenir cura d'escriure l'extensió (per exemple *.cad*).
- *Importar imagen*: es pot inserir sobre el plànol una imatge amb extensió *.bmp. S'ha de tenir cura que la grandària de la imatge dependrà de la grandària del plànol que s'hagi seleccionat amb el zoom. Amb un zoom més gran la imatge inserida quedarà més petita, i amb un zoom més petit la imatge inserida quedarà més gran.
- *Exportar imagen*: té la mateixa funció que una impressió de pantalla. Es guardarà la imatge amb l'extensió *.bmp.
- *Imprimir*: imprimeix el projecte que s'està editant.
- *Presentación preliminar*: representa el projecte tal com quedarà en format de paper.
- *Configurar impresora*: per configurar els paràmetres de la impressora.

- *Configuración*: es determinen paràmetres de format del plànol, velocitat de simulació, orientació de les referències dels elements i opcions de visualització.

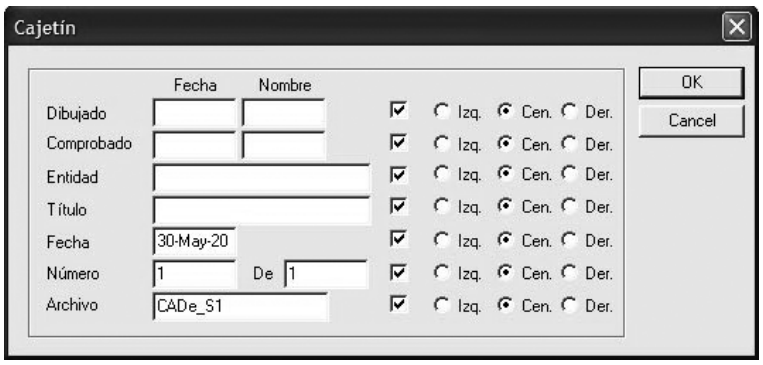
- *Archivo reciente*: obre un arxiu que ha estat creat recentment.

- *Salir*: per sortir de l'aplicació.

Menú *Editar*

Des del menú *Editar* és pot desfer o refer una acció, tallar, copiar o enganxar, fer una selecció de tot el que estigui editat, i editar el caixetí en una finestra emergent com la de la la figura 4.

Figura 4. Finestra d'edició del caixetí



Menú *Dibujar*

Amb el menú *Dibujar* es poden dibuixar sobre el plànol: línies, rectangles, el·lipses, rectangles acolorits i el·lipses acolorides; es pot emplenar amb un color determinat, i es pot editar un text amb un màxim de trenta caràcters en cada línia editada.

Podem trobar un accés directe a les diferents opcions de dibuix en la barra que es troba a la part esquerra.

Menú *Modo*

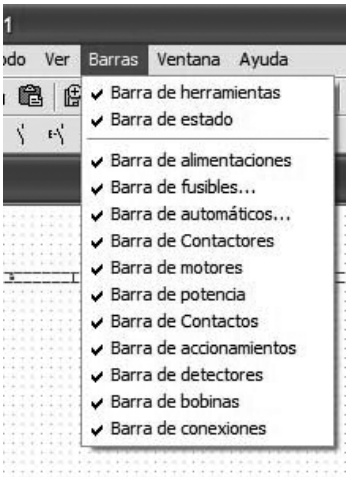
Des del menú *Modo* es pot canviar de mode: edició o simulació.

Menú *Ver*

Des del menú *Ver* és pot definir un determinat zoom, ampliar-lo o disminuir-lo. També des d'aquest menú es pot posar o treure la reixeta, que té la finalitat de facilitar l'alineació de components.

Menú *Barras*

Des del menú *Barras* es pot decidir la visualització de les barres d'eines i d'estat. També es pot decidir la visualització de diferents barres de sím-



En el menú *Barras* es pot decidir la visualització de les diferents barres.

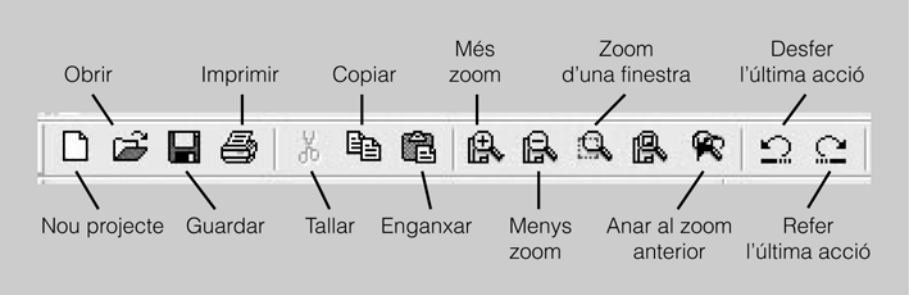
bols de components classificats per afinitats. Aquestes barres de símbols per afinitats també es visualitzaran seleccionant la icona corresponent en cada grup de components.

Menú *Ventana*

El CADe_SIMU permet tenir oberts diferents plànols de diferents projectes. Amb el menú *Ventana* es decideix el tipus de visualització dels diferents plànols, i també serveix per incorporar una finestra amb un plànol nou.

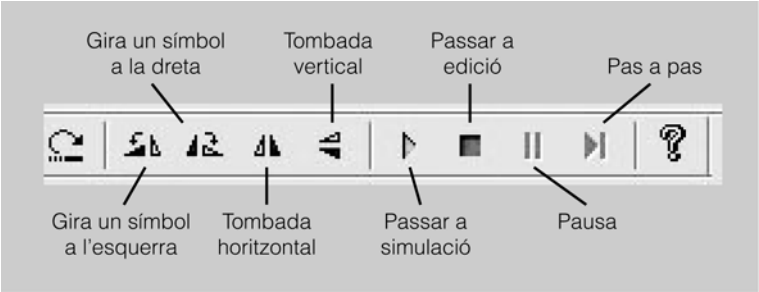
Per sota del menú principal es troba la barra d'eines, en què figuren, en un primer grup, les icones d'algunes funcions del menú principal segons es mostra en la figura 5. En passar el cursor per damunt de cada icona es mostra la descripció de la funció.

Figura 5. Accés directe a funcions del menú principal



En un segon grup d'icones es poden trobar unes funcions destinades a fer girar o invertir els símbols seleccionats en el plànol; per fer servir aquesta funció s'ha de seleccionar el símbol amb el botó esquerre del ratolí, i es torna de color vermell. Un tercer grup d'icones està destinat exclusivament a la simulació dels esquemes. En la figura 6 es mostra aquesta agrupació d'icones.

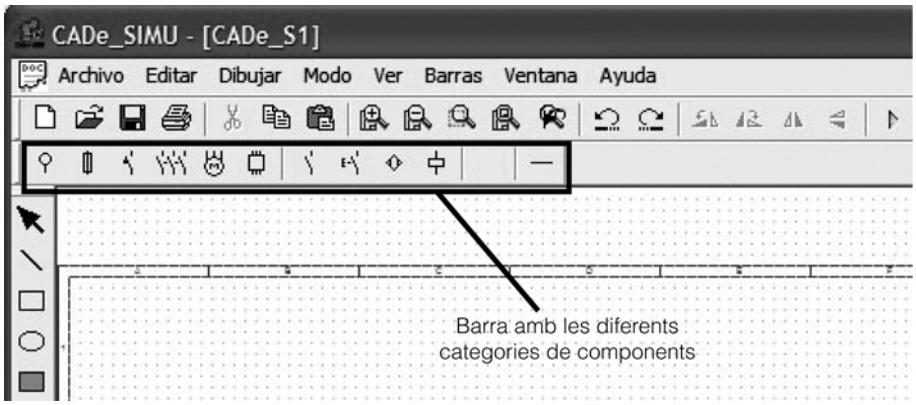
Figura 6. Accés directe a girar símbols i simulació



1.2.3. Descripció de les barres de menús de símbols

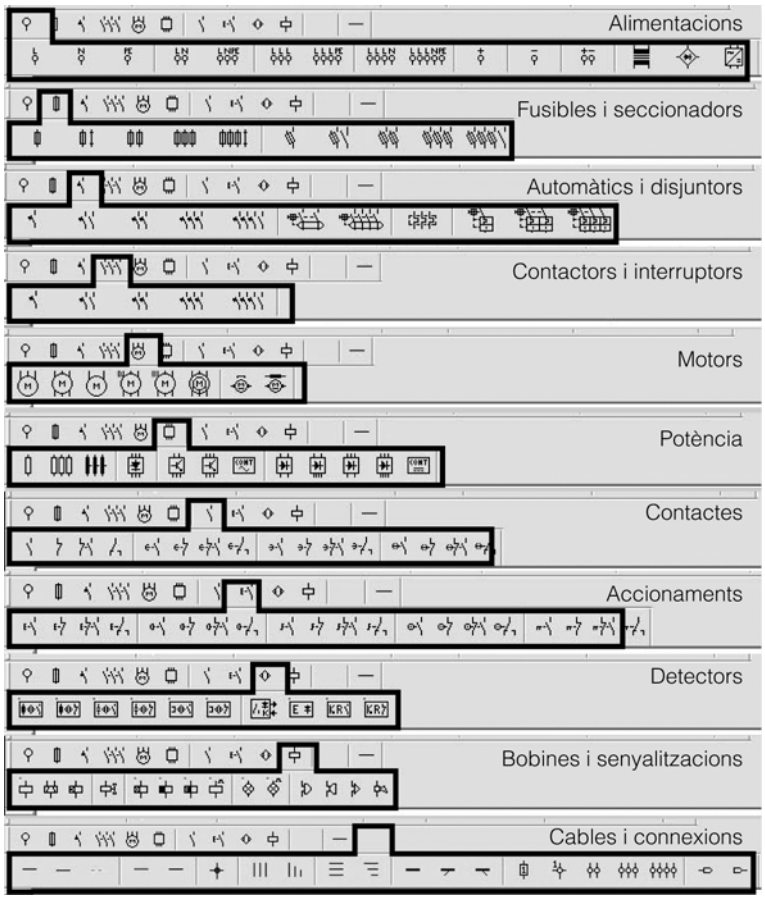
Tots els programaris de disseny d'esquemes porten una biblioteca de símbols amb els quals es fan els diferents esquemes d'un projecte. En el CADe_SIMU sota la barra d'eines es troba una barra genèrica de les diferents categories de símbols d'elements, tal com mostra la figura 7.

Figura 7. Barra de categories de símbols



Quan es passa el ratolí damunt de cada icona de la barra sortirà el nom de cada categoria d'elements: alimentacions, fusibles i seccionadors, automàtics i disjuntors, contactors i interruptors, motors, potència, contactes, accionaments, detectors, bobines i senyalitzacions i cables i connexions. En fer clic sobre cada una de les categories es desplegarà una altra barra de símbols d'elements agrupats per afinitat, tal com es veu en la figura 8.

Figura 8. Barres de símbols d'elements segons les categories



En passar el cursor per damunt de cada component apareix la descripció. Si es vol inserir sobre el plànol, s'ha de polsar a sobre i arrossegar-lo fins a l'àrea on s'ha de fer l'esquema, i després cal deixar-lo anar.

1.2.4. Configuració inicial

Abans de començar a editar qualsevol esquema és convenient establir una configuració inicial per determinar els paràmetres següents:

- Format: és on es decideix el format del plànol, que pot ser A4, A3 o amb una mida personalitzada. També es decideix si es volen marges i el tipus de caixetí.

- Velocitat de simulació: per defecte la velocitat de simulació és lenta; és aconsellable augmentar la velocitat, sobretot si es vol ser més realista amb l'actuació de relés temporitzadors.

- Referenciació: es pot decidir una referenciació del borns dels diferents element en horitzontal o vertical.

- Opcions de visualització: es pot decidir si es volen fer visibles o no aspectes com la referenciació, les connexions dels símbols o la numeració dels cables.

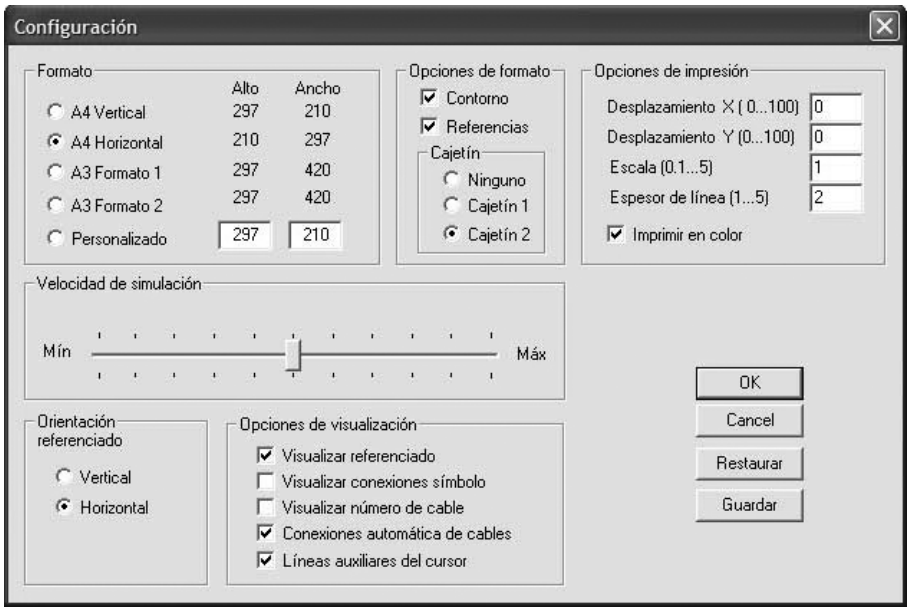
- Opcions d'impressió: es pot determinar el desplaçament del plànol sobre el full en què s'ha d'imprimir. També es decideix l'escala (és aconsellable fer servir l'escala 2 per imprimir en A4 horitzontal). Es determina, de la mateixa manera, una impressió de color o en blanc i negre.

Formats de paper A4 i A3

Les mides d'aquests formats estan definides por la norma DIN 476 de l'Institut Alemany de Normalització. 210 × 297 mm per a l'A4 i 297 × 420 mm per a l'A3.

Per definir la configuració inicial s'ha de prémer el menú *Archivo* i seleccionar l'opció *Configuración*. En la finestra emergent, com es mostra en la figura 9, es determinen les diferents opcions a partir d'una configuració per defecte.

Figura 9. Configuració per defecte



1.3. Pràctiques d'elaboració d'esquemes d'automatismes amb CADe_SIMU

Tenint present els avantatges que ofereix l'elaboració d'esquemes d'automatismes amb eines informàtiques en relació amb el mètode de dibuix en paper, un segon pas seria afrontar la realització d'un supòsit pràctic real, amb l'aplicació informàtica que es coneix.

Si s'utilitza el programari CADe_SIMU el primer que s'ha de fer és obrir el programa i decidir en el menú *Archivo* una configuració personalitzada, encara que es recomana deixar la configuració per defecte en els projectes que es facin inicialment.

1.3.1. Elaboració d'un esquema de potència

Una vegada obert el programa i configurades les preferències adequades, abans de començar a editar qualsevol esquema és aconsellable ajustar el zoom del plànol a la grandària més còmoda per dibuixar.

El procediment per editar qualsevol esquema té tres fases:

1) Selecció i distribució dels elements en el plànol.
2) Connexió dels elements.
3) Identificació i referenciació dels components.

En l'exemple que es farà a continuació, s'editarà l'esquema de potència per a una inversió del sentit de gir d'un motor de CA, alimentat d'una xarxa trifàsica, amb la protecció d'un disjuntor F1, i controlat per dos contactors de potència K1M i K2M.

1) Selecció i distribució dels elements en el plànol

Se seleccionaran els diferents elements i s'inseriran sobre el plànol en la part esquerra, amb la previsió que més endavant s'editarà l'esquema de maniobra a la part dreta. Una vegada identificat cada element en el seu menú, es polsarà a sobre i s'arrossegarà sobre la zona, i fent clic es fixarà l'element.

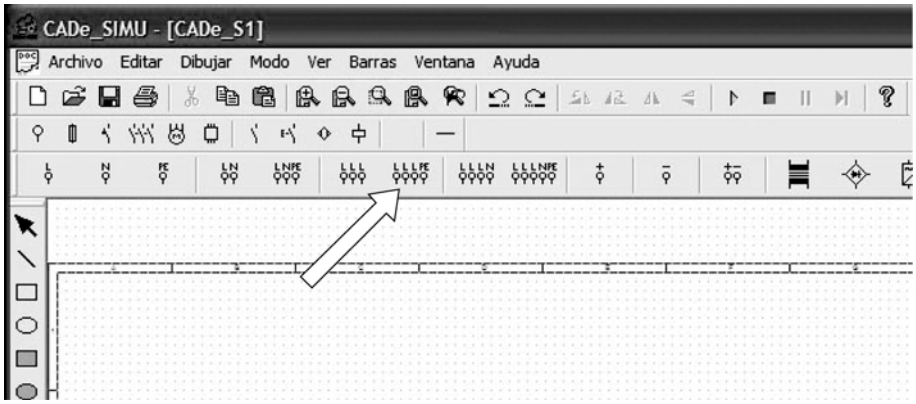
En l'exemple se seleccionarà en la barra de les diferents categories *Alimentaciones* segons la figura 10.

A continuació se selecciona *Alimentación L1+L2+L3+PE*, que correspon al símbol que identifica l'alimentació trifàsica amb presa de terra, com en la figura 11.

Figura 10. Selecció en el menú general de símbols

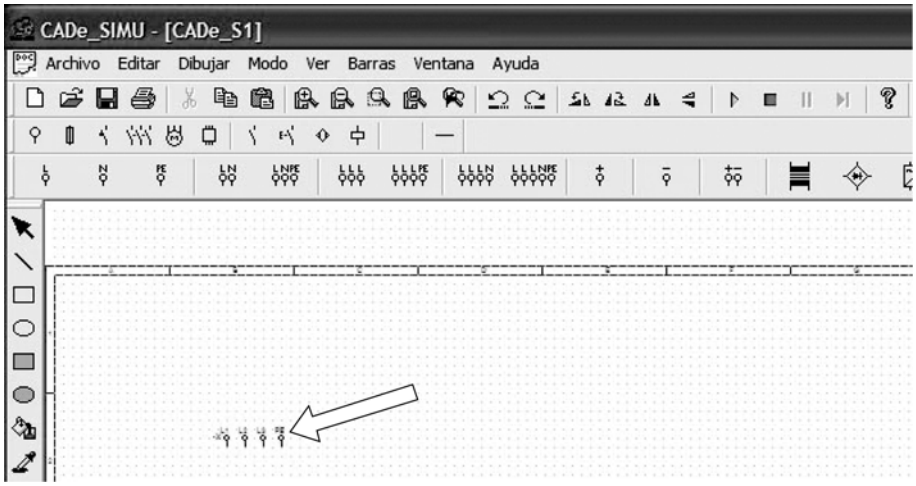


Figura 11. Selecció *Alimentación L1+L2+L3+PE*



Una vegada seleccionat, es desplaça el símbol fins a la zona en què es vol deixar dins del plànol, i es preveu la inserció i situació de la resta de símbols, tal com es mostra en la figura 12. S'ha de confirmar la inserció del símbol amb un clic amb el botó esquerre del ratolí. Es podria repetir una nova inserció del mateix element, ja que encara tenim seleccionat el mateix símbol. Per desfer la selecció i triar un símbol o element nou, podem fer un clic amb el botó dret del ratolí o amb la tecla *Esc* del teclat.

Figura 12. Símbol deixat sobre el plànol



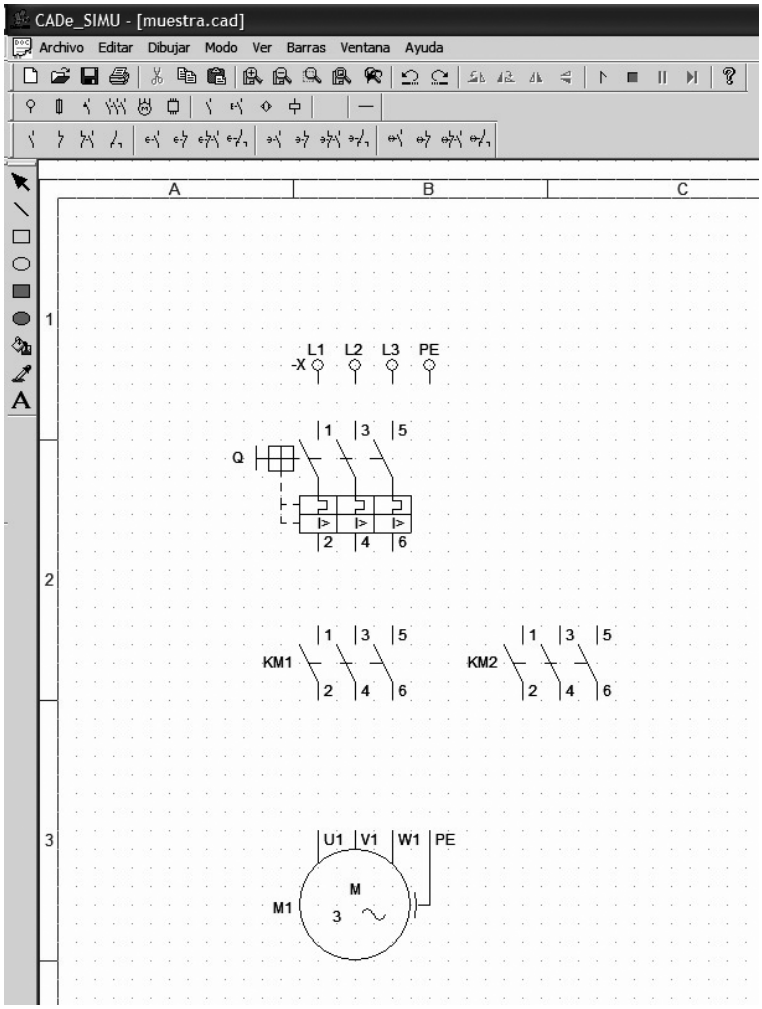
La resta de símbols per completar l'esquema tindran el mateix procediment per seleccionar-los cadascun en la seva categoria. Pot ser de gran utilitat el contorn del plànol, amb quadrants numerats en l'escala vertical i amb lletres en l'escala horitzontal, per fer la distribució. Així, la disposició dels elements seria la que mostra la figura 13.



Vegeu els diferents símbols segons les categories en la figura 8 del subapartat "Descripció de barres de menús de símbols".

Una vegada situats els elements, qualsevol símbol es pot seleccionar de nou amb el botó esquerre del ratolí, i es tornaria d'un color vermell per poder-lo desplaçar. Per eliminar-lo feu servir la tecla Suprimir o Delete del teclat.

Figura 13. Disposició dels elements sobre el plànol



2) Connexió dels elements

A continuació se seleccionarà en la barra de categories de símbols *Cables y conexiones*. I en la barra de símbols que surt se selecciona *Cable III*, segons la figura 14.

Amb aquesta aplicació es poden connectar els elements en vertical amb més facilitat. Per fer-ho correctament s'ha de fer un clic des de la part inferior esquerra del símbol i, sense deixar anar el botó del ratolí, desplaçar la connexió fins a la part superior esquerra del símbol que és a sota, deixant el botó just en el punt exacte, tal com es mostra en la figura 15. S'ha de tenir cura de fer la connexió amb exactitud de punt a punt per garantir després una simulació sense problemes.

Figura 14. Selecció de connexions trifàsiques

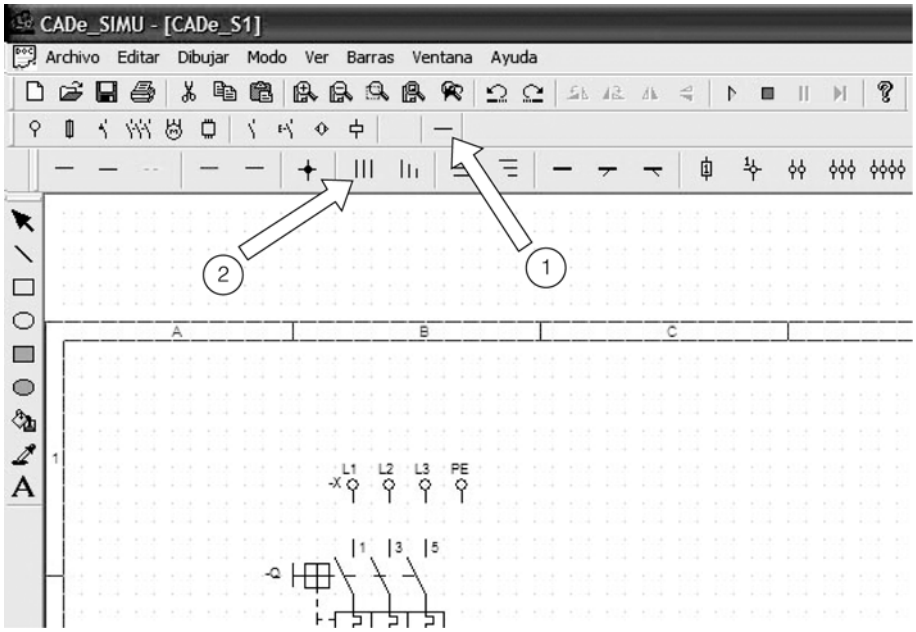
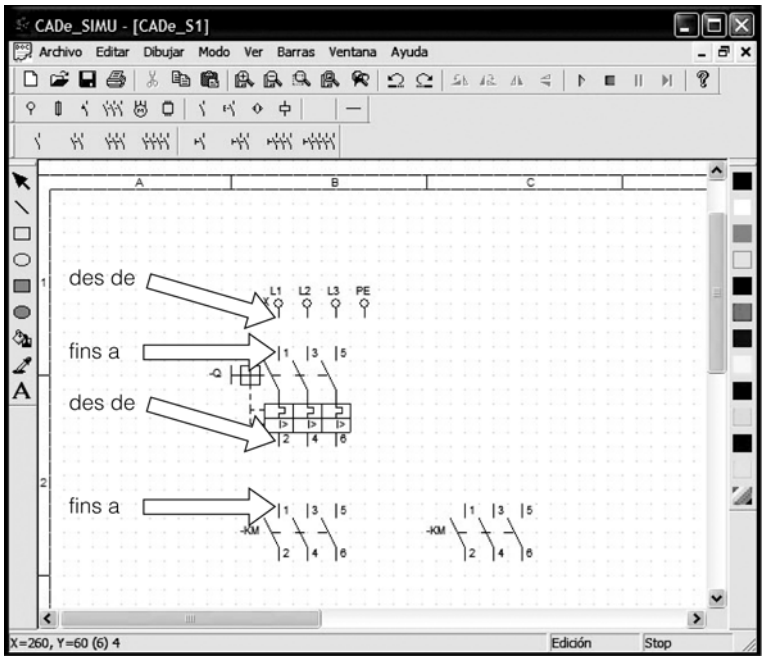


Figura 15. Realització de connexions trifàsiques



Per fer les connexions fins al contactor de la dreta és recomanable fer servir el *Cable de fase* de la mateixa barra de símbols. El procediment serà semblant, tenint en compte que el principi serà des del cable en vertical i el final el born del contactor, sabent que en el canvi de sentit s'ha de deixar anar el botó i tornar-lo a pressionar per continuar la connexió (figura 16). L'operació es repetirà per la part de sota del contactor amb el mateix procediment.

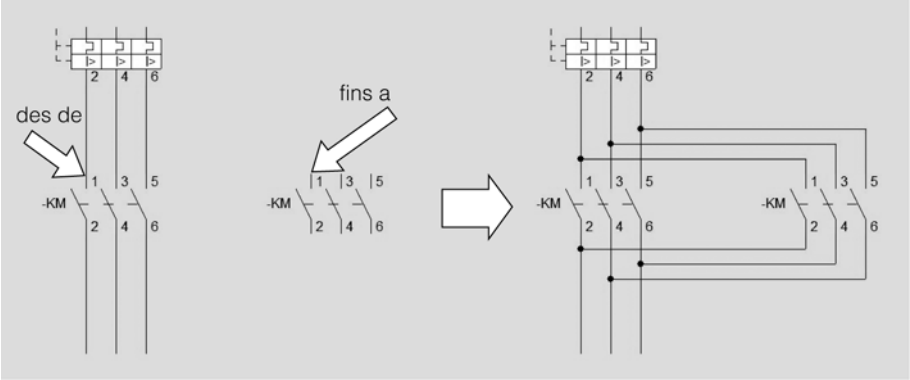


Selecció del cable de fase per fer la resta de connexions de l'esquema.

L'apartat de connexions acabaria amb el conductor de protecció amb la selecció de *Cable de protección* a la mateixa barra de símbols. La connexió anirà des del símbol *Alimentación L1+L2+L3+PE* de la part inferior dreta

(PE) fins a la connexió PE del motor. Així el resultat final seria el que es mostra en la figura 17.

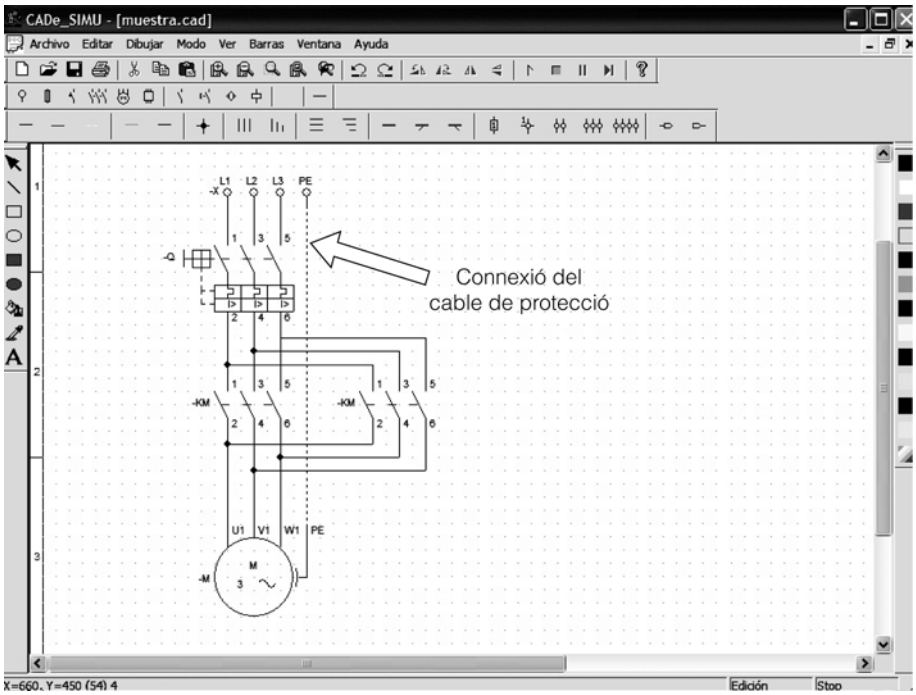
Figura 16. Connexions des de la línia trifàsica fins al contactor de la dreta amb conductor de fase



Inversió del sentit de gir

S'ha de recordar, en fer les connexions en l'esquema de potència d'una inversió del sentit de gir d'un motor trifàsic, que s'han de permutar dues fases.

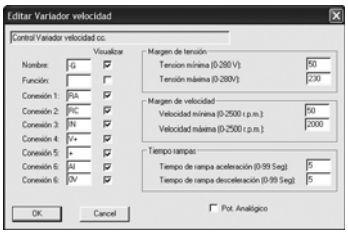
Figura 17. Esquema de potència amb totes les connexions



No és correcta la connexió directa de diferents símbols sense un cable de fase o neutre entre tots, ja que això implicaria una fallada en el moment de simulació, encara que des del punt de vista representatiu figuri una unió entre dos components.

3) Identificació i referenciació dels components

Qualsevol esquema ha de tenir els components identificats amb els seus borns o contactes referenciats. Aquesta aplicació es pot fer amb el CADe_SIMU en qualsevol moment des que es deixa el símbol del component en el plànol. Per accedir a les diferents opcions d'identificació i de referenciació s'ha de fer doble clic amb el botó esquerre del ratolí sobre el component; aquest es tornarà de color vermell i s'obrirà una finestra emergent amb una determinada referenciació per defecte, amb la possibi-



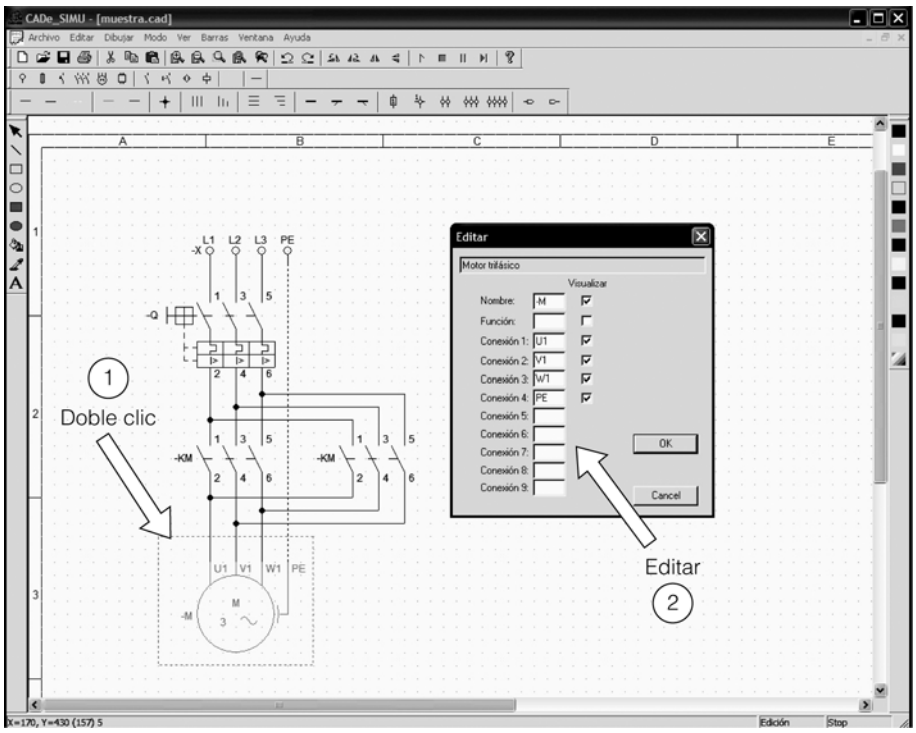
En algunes finestres emergents de la referenciació s'han de configurar diferents paràmetres, com el cas dels variadors de velocitat.

litat de poder-la modificar; també es pot decidir la visualització o no de cada apartat dins de la finestra.

S'haurà de tenir present que la identificació haurà de coincidir segons els elements amb l'esquema de maniobra que s'editarà posteriorment. (!!)

En l'exemple de la figura 18 es mostra la finestra emergent del motor. La mateixa operació s'hauria de repetir en tots els elements.

Figura 18. Procediment per referenciar els elements



1.3.2. Elaboració d'un esquema de maniobra

L'esquema del circuit de comandament o maniobra es dibuixarà a la dreta de l'esquema de potència.

Esquema de maniobra

Un esquema de maniobra és aquell en què es representen els elements encarregats d'activar, desactivar i temporitzar el funcionament del circuit de potència, actuant directament sobre els contactors.

En l'esquema de maniobra s'han de representar els òrgans de comandament (bobines) dels contactors, amb els seus contactes auxiliars. També es representen els elements d'accionament, contactes auxiliars dels elements de protecció i els dispositius de senyalització. El procediment serà semblant al de l'edició de l'esquema de potència, és a dir, primer la distribució dels diferents elements, després les connexions i a continuació la identificació i la referenciació.

(!!)

Per tenir presents els criteris per editar esquemes vegeu el subapartat "Esquema del circuit de maniobra. Esquemes bàsics" de la unitat "Comandament, regulació i maniobres".

1) Selecció i distribució dels elements en el plànol

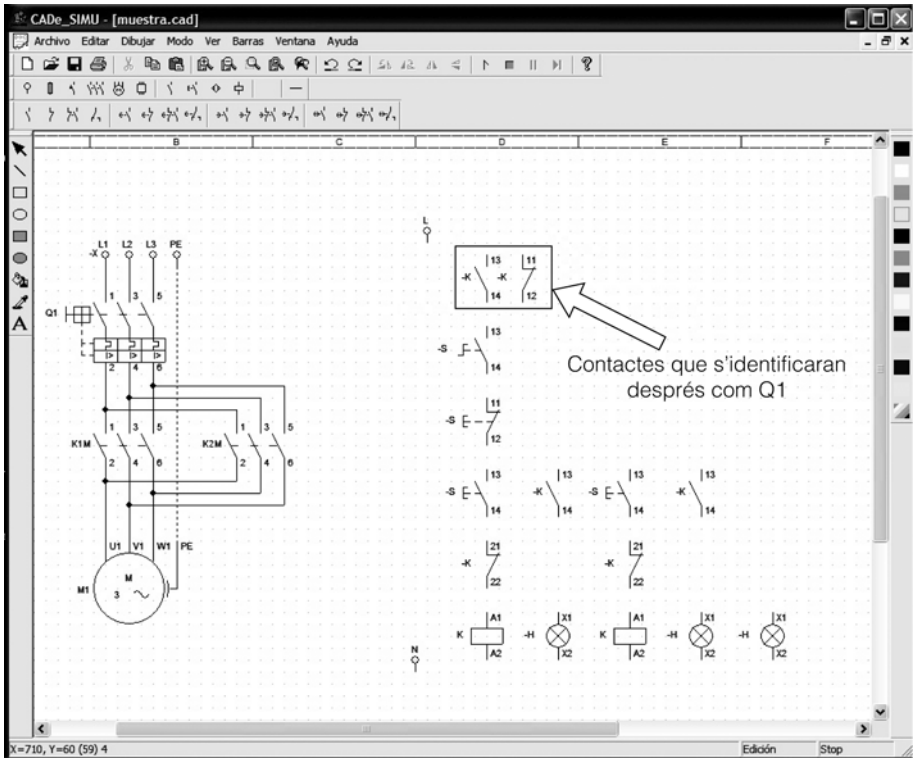
Per fer l'esquema de maniobra seguint l'exemple anterior, d'una inversió del sentit de gir d'un motor de CA, serà necessari seleccionar i distribuir en el plà-

nol els símbols corresponents a l'alimentació del circuit, un per a la fase L1, que serà sempre a la part de dalt, i un altre per al neutre, que serà sempre a la part de baix. A més, seran necessaris els contactes auxiliars del disjuntor, un selector, els polsadors de marxa i aturada, dues bobines i tres bombetes de senyalització. També se seleccionaran els contactes auxiliars del contactors. Cada element s'ha de buscar primer en la seva categoria i després s'ha de polsar amb el ratolí en el símbol correcte. Pot ser de molta utilitat fer un esquema a mà en un paper, que servirà de guia per distribuir amb coherència els elements.

Cal esmentar especialment la selecció dels contactes auxiliars del disjuntor Q1; es triarà un contacte NA i un contacte NC de la barra de categories de símbols en *Contactos*. Per defecte estan identificats com a –K i posteriorment s'hauran d'identificar com a Q1.

En la figura 19 es mostra una possible distribució dels símbols per a l'esquema de maniobra, sobre el plànol, al costat de l'esquema de potència.

Figura 19. Distribució d'elements de maniobra sobre el plànol



És important deixar sempre un espai vertical suficient per fer després la connexió vertical. Per fer una connexió en horitzontal és necessari deixar sempre com a mínim un punt de la reixeta entre un símbol i el següent.

2) Connexió dels elements

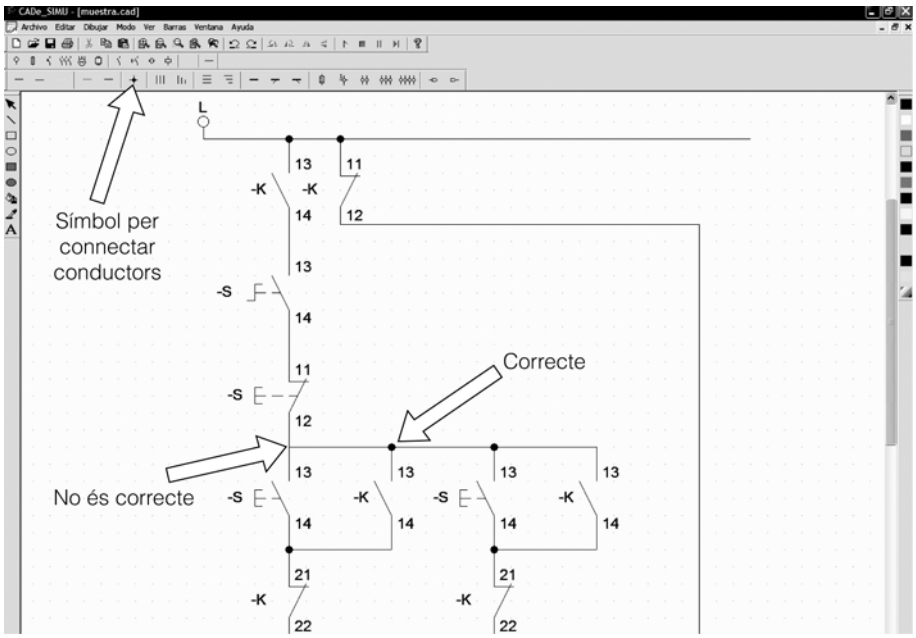
Per fer les connexions entre elements, és aconsellable establir primer la línia representativa de la fase L1 en la part de dalt, i la línia representativa

de neutre en la part de baix. A continuació es fan la resta de connexions. Encara que no hi ha una norma específica quant a l'ordre, és aconsellable fer primer les connexions verticals de la línia o línies principals, i després la resta de connexions en horitzontal.

Per **garantir una simulació** sense problemes de connexió, totes les connexions, excepte la unió de les bobines i bombetes al neutre, es faran seleccionant el conductor de fase de la barra de símbols corresponent.

En el moment de connectar un conductor amb un altre, ha de sortir el símbol de connexió (un cercle negre): això garanteix una simulació correcta. Si no hi és el símbol de connexió es pot afegir manualment seleccionant-lo a la barra de símbols dins de la categoria de símbols de *Cables y conexiones*. Aquesta apreciació es pot comprovar en la figura 90.

Figura 20. Connexions entre conductors



3) Identificació i referenciació dels components

Una vegada estan fetes totes les connexions es poden referenciar els diferents elements amb un procediment idèntic al que es fa servir en l'esquema de potència, és a dir, polsant amb el ratolí sobre el símbol i editant la finestra emergent. En l'edició de les bombetes de senyalització es pot definir el color de la bombeta; aquesta definició només serà valida per a la simulació posterior.

A l'hora de fer la identificació dels elements i la referenciació dels contactes s'han de tenir en compte els criteris següents:

- La lletra i el nombre dels dispositius del circuit de maniobra que fan referència a elements del circuit de potència han de coincidir.

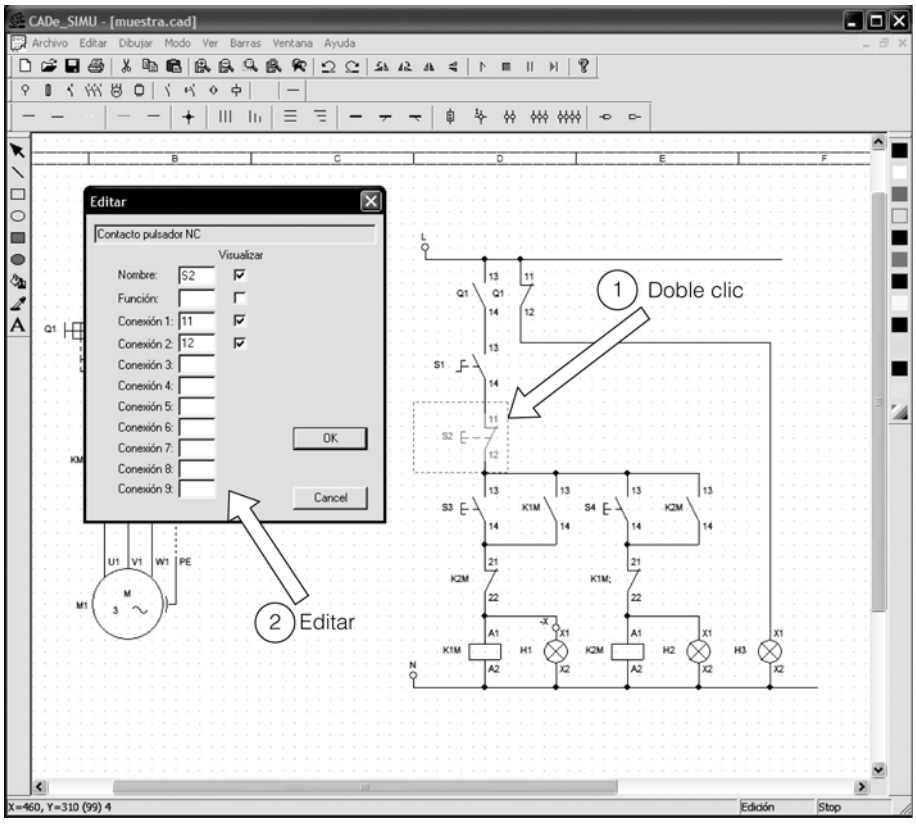
- No hi hauria d'haver mai dos elements identificats amb la mateixa lletra, nombre i numeració de borns en el circuit de maniobra.
- S'ha de respectar sempre la numeració establerta per als contactes NA (sempre acaben en 3-4) i NC (sempre acaben en 1-2).
- La numeració dels contactes auxiliars dels contactors i el disjuntor haurien de definir-se segons una determinada realitat, és a dir, no seria lògic tenir dos contactes del mateix contactor amb la mateixa numeració. La numeració s'hauria de fer segons la informació tècnica real de cada element.

Així doncs, els elements del circuit de maniobra es podrien identificar de la manera següent:

- Contactes del disjuntor: Q1 amb la numeració de l'NA 13-14 i l'NC 11-12.
- Selector: S1 contacte 13-14.
- Polsador d'aturada: S2 contacte 11-12.
- Polsador de marxa d'un sentit de gir: S3 contacte 13-14.
- Polsador de marxa d'un altre sentit de gir: S4 contacte 13-14.
- Contactor K1M amb contactes NA 13-14 i NC 21-22.
- Contactor K2M amb contactes NA 13-14 i NC 21-22.
- Bombetes de senyalització H1, H2 i H3.

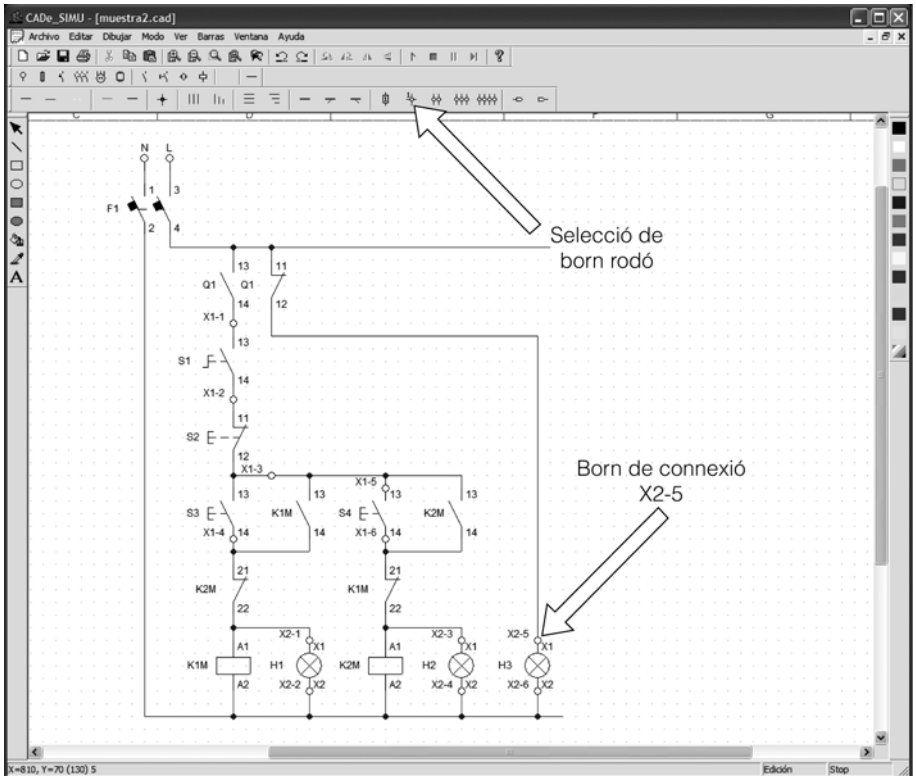
L'esquema de maniobra definitiu amb les connexions i identificació final és el de la figura 21.

Figura 21. Esquema de maniobra amb les connexions i la referenciació



L'esquema de maniobra es podria completar amb la definició dels borns de connexió, si se sap prèviament la distribució real del muntatge en un quadre d'automatismes. També es podria fer referència a l'element de protecció del circuit de maniobra, com un interruptor automàtic contra els curtcircuits. Aquestes opcions poden donar com a resultat l'edició d'un esquema de maniobra com el que es mostra en la figura 22.

Figura 22. Esquema de maniobra editat amb borns de connexió i protecció amb interruptor automàtic



1.3.3. Simulació d'una instal·lació d'automatismes amb CADe_SIMU

El programari de disseny CADe_SIMU disposa d'una aplicació que no és comuna a la resta d'eines informàtiques de disseny que hi ha en el mercat, que és la de simulació del funcionament dels esquemes d'automatismes editats.

Per accedir a la simulació des d'un projecte ja editat s'ha de prémer la icona de *Simulación* de la barra d'eines. Prèviament és aconsellable determinar la velocitat de simulació en el menú *Archivo* en l'apartat de *Configuración*.

En aplicar la simulació, les línies que representen els cables sense tensió es difuminen lleugerament, i dins les línies amb tensió destaquen amb un to vermellós els cables de fase i amb un to blau els cables amb el neutre. Els receptors quan es connecten ressalten el seu aspecte. Per activar un element d'accionament com pot ser un polsador, s'ha de polsar amb el botó esquerre del ratolí damunt del símbol. En els elements que formen

part del circuit de potència amb contactes auxiliars al circuit de maniobra, per simular l'activació s'ha de polsar sobre el símbol en l'esquema de potència; els auxiliars amb el mateix nom en la maniobra s'activaran al mateix temps.

1.3.4. Simulació d'un esquema de maniobra i potència

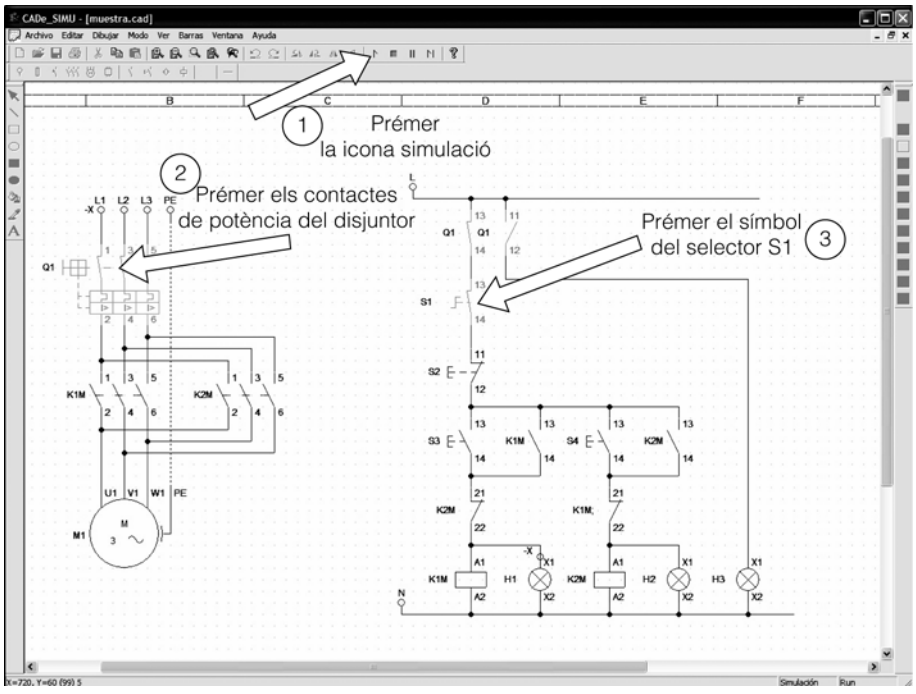
Per simular correctament els esquemes desenvolupats amb el CADe_SIMU s'hauria de procedir tal com s'indica en les figures 23, 24, 25 i 26, en què es mostra la simulació sobre el disseny de la inversió del sentit de girada d'un motor trifàsic.

1) Prémer amb el botó esquerre del ratolí la icona de simulació de la barra d'eines.

2) Prémer amb el botó esquerre del ratolí els contactes de potència del disjuntor Q1. Això implicarà que els seus contactes auxiliars amb el mateix nom en el circuit de maniobra commutin la seva posició.

3) Polsar sobre el símbol del selector S1.

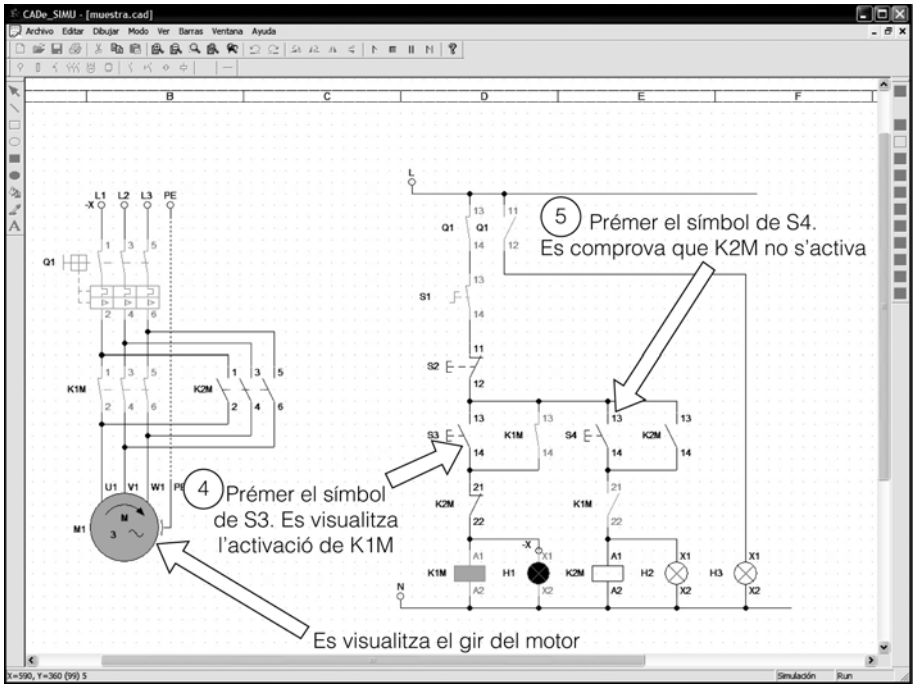
Figura 23. Accions per simular el funcionament del circuit de maniobra i potència d'una inversió del sentit de gir d'un motor trifàsic



4) Polsar amb el botó esquerre del ratolí sobre el símbol del polsador S3: s'activarà el contactor K1M i el contacte NO 13-14 es tancarà per fer la realimentació del mateix contactor. També s'obrirà el contacte NC 21-22. En l'esquema de potència el motor es tornarà de color gris i indicarà amb una fletxa el sentit de rotació. Al mateix temps la bombeta H1 es tornarà de color verd.

5) Polsant amb el botó esquerre del ratolí sobre el símbol del polsador S4, es comprovarà que el contactor K2M no es pot activar.

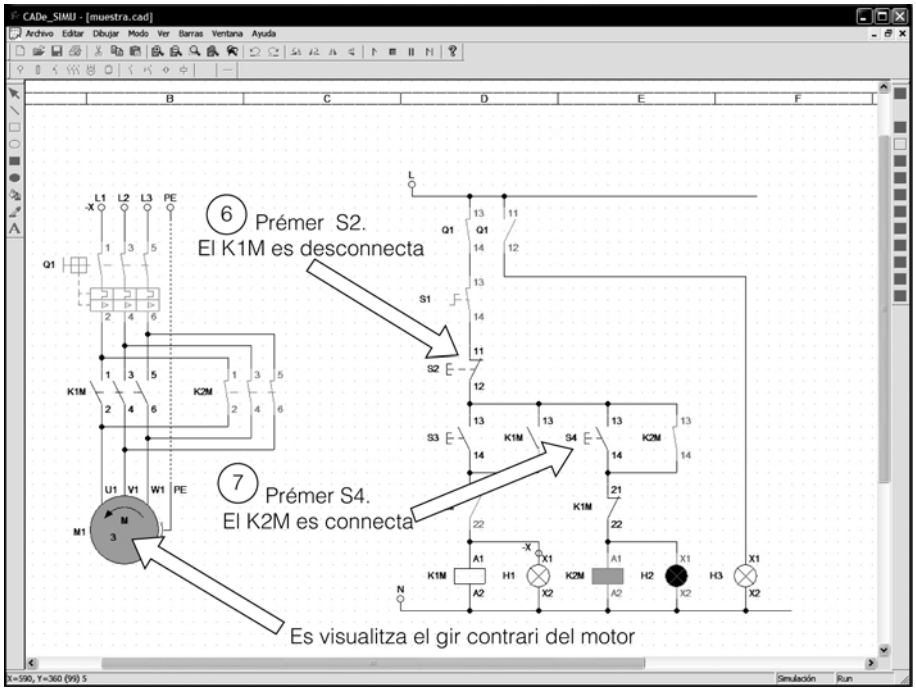
Figura 24. Accions per simular el funcionament del circuit de maniobra i potència d'una inversió del sentit de gir d'un motor trifàsic



6) Prémer amb el botó esquerre del ratolí el símbol del polsador S2. Es visualitzarà la desconnexió de K1M i el motor es tornarà de nou de color blanc.

7) Polsar amb el botó esquerre del ratolí sobre el símbol del polsador S4. Es visualitzarà la connexió de K2M, la bombeta H2 es tornarà de color verd i el motor indicarà amb color gris i una fletxa el sentit contrari de rotació.

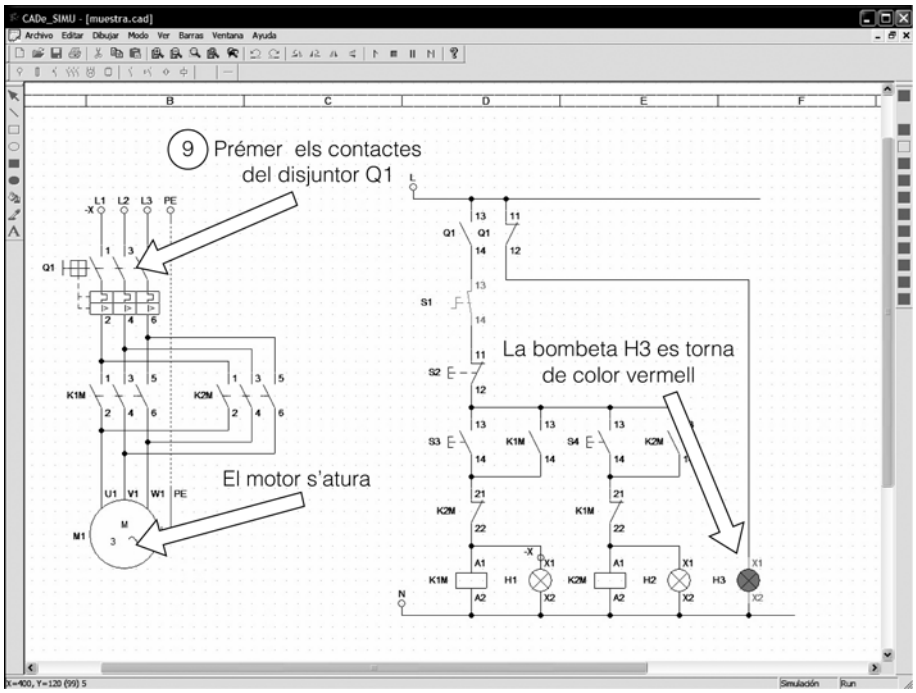
Figura 25. Accions per simular el funcionament del circuit de maniobra i potència d'una inversió del sentit de gir d'un motor trifàsic



8) Es podria prémer de manera opcional, amb el botó esquerre del ratolí, el polsador S3 per comprovar que no es connecta K1M.

9) Per acabar, cal polsar amb el botó esquerre del ratolí sobre els contactes de potència del disjuntor Q1 per simular una avaria per sobrecàrrega o curtcircuit. Es visualitzarà la desconnexió del motor i la bombeta H3 es tornarà de color vermell.

Figura 26. Accions per simular el funcionament del circuit de maniobra i potència d'una inversió del sentit de gir d'un motor trifàsic



1.3.5. Simulació d'elements amb característiques especials

En projectes editats amb el CADe_SIMU, la simulació de l'actuació dels elements actuadors com polsadors, interruptors, finals de cursa i també els detectors, es fa polsant sobre el símbol. En els elements receptors la visualització o activació en la simulació es fa mentre el símbol adquireix un color gris. Però hi ha elements amb característiques especials d'edició i simulació que s'han de tenir presents. Entre aquests elements destaquen els següents:

- Els motors de dues velocitats.
- Els temporitzadors.
- L'autotransformador.
- El variador de velocitat CA.

1) Simulació dels motors de dues velocitats

La visualització del funcionament dels motors de dues velocitats es representa de manera diferent segons sigui una velocitat o una altra. La

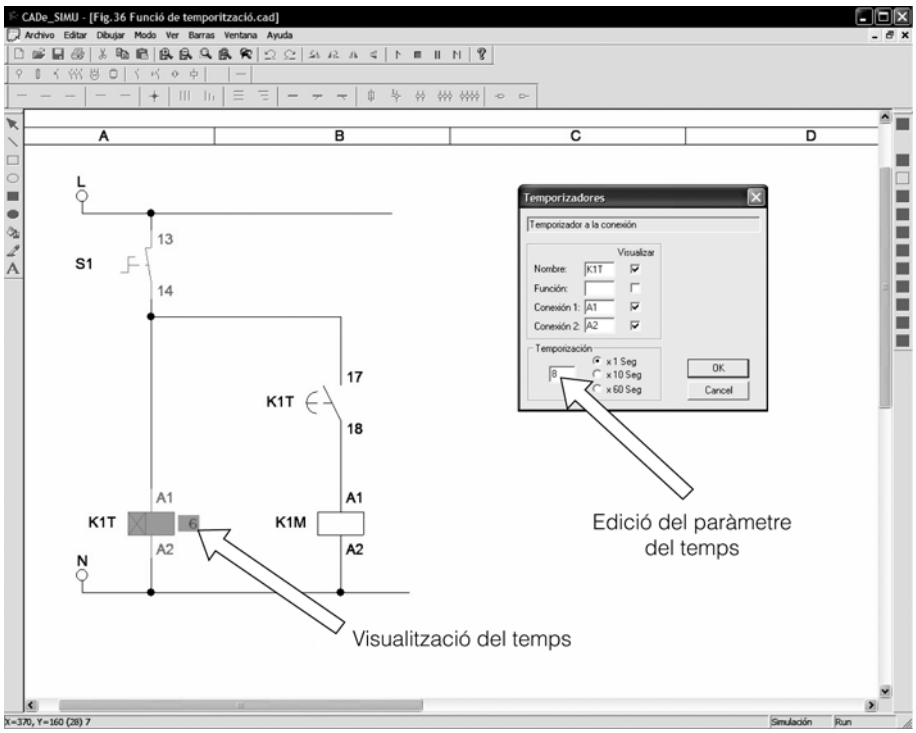
velocitat lenta es visualitza amb el motor en color gris i amb la indicació I. La velocitat ràpida es visualitza amb el motor en color gris i amb la indicació II.

2) Simulació dels temporitzadors

La simulació dels diferents tipus de temporitzadors que es poden editar amb el CADe_SIMU dependrà, d'una banda, del valor que es posi en l'apartat de *Temporización* en la finestra emergent a l'hora d'editar la seva referència i numeració. També dependrà de la velocitat de simulació que es determini en l'apartat de *Configuración* en el menú *Archivo*.

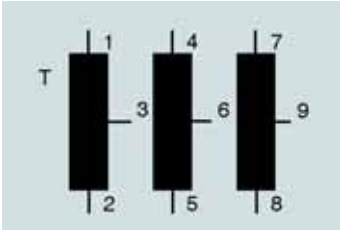
La visualització en el moment del funcionament del temporitzador es representa amb la bobina de color gris i es complementa amb la indicació del temps que transcorre, tal com s'indica en la figura 27.

Figura 27. Visualització i edició del temps d'un temporitzador



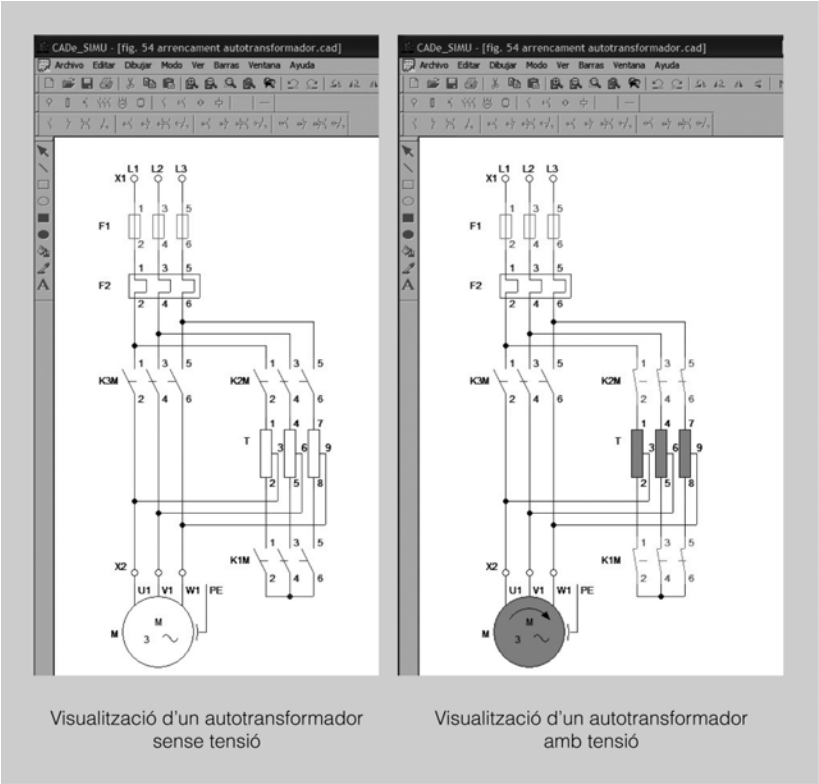
3) Simulació del funcionament de l'autotransformador

En el símbol de l'autotransformador els debanats estan representats en negreta. En el moment de la simulació els debanats sense tensió es representen de color blanc. Quan els debanats estan sota tensió es visualitzen en la simulació de color gris. Aquesta variació de colors s'ha de tenir present per evitar confusions. En la figura 28 es mostra el circuit de potència d'una arrencada per autotransformadors, primer sense aplicació de tensió i després amb la visualització del funcionament de l'autotransformador.



Símbol d'un autotransformador

Figura 28. Visualització del funcionament d'un autotransformador



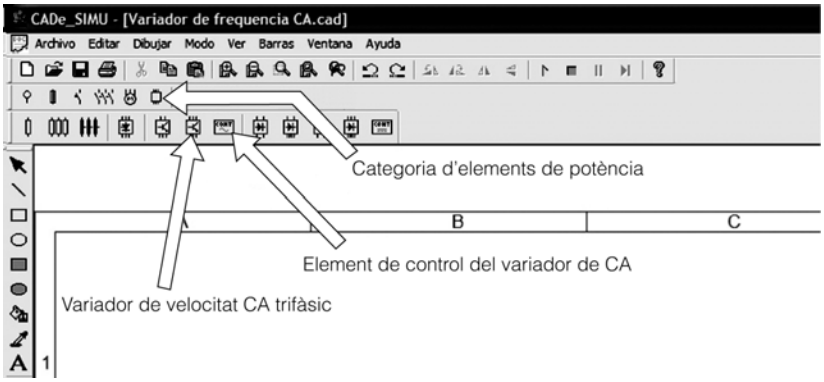
4) Simulació del variador de velocitat de motors de CA

En el moment d'editar esquemes amb variadors de freqüència, s'han de considerar qüestions d'edició i de simulació, característiques d'aquest tipus d'elements.

L'edició dels esquemes del variador es fa amb la utilització de dos símbols diferents de la categoria d'elements de potència, necessaris per a una simulació correcta, tal com es mostra en la figura 29.

- El símbol del variador de velocitat CA, que pot ser de monofàsic o trifàsic.
- El símbol del control de variador de velocitat.

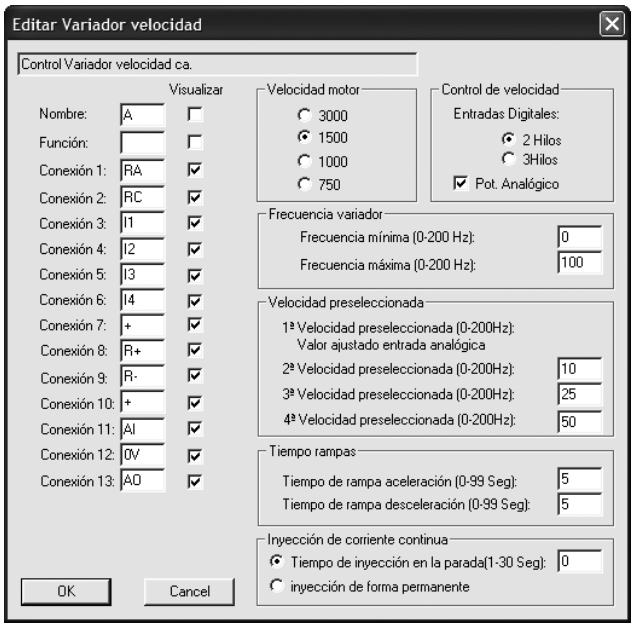
Figura 29. Selecció de símbols per editar un variador de velocitat de CA



Un cop fet l'esquema s'han de determinar els paràmetres necessaris en el controlador del variador per poder fer una simulació real de l'esquema. Es farà doble clic sobre el símbol del controlador i en la finestra emergent es podrà determinar la velocitat màxima del motor, el control de les entrades

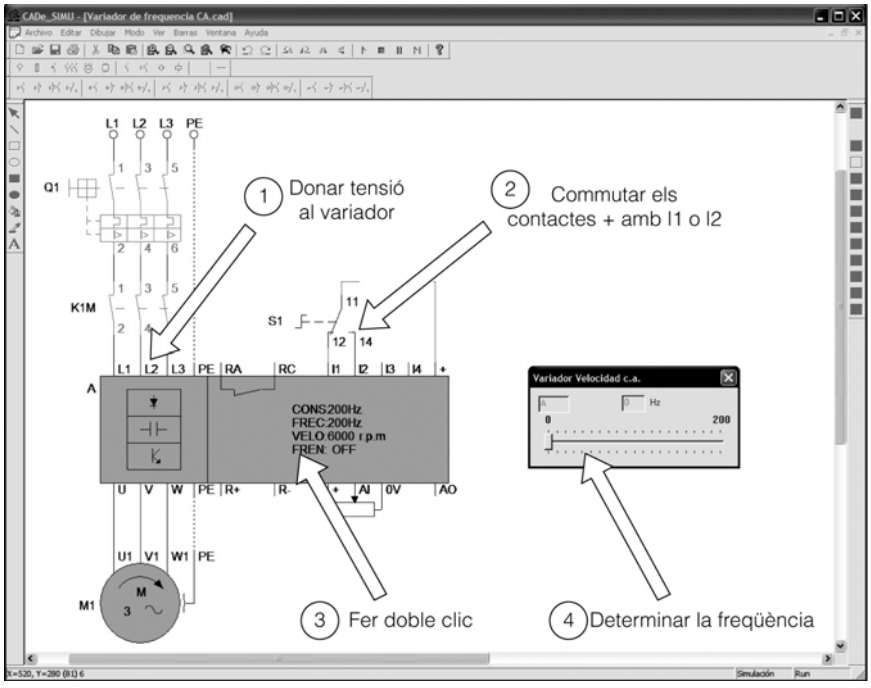
digitals per posar en marxa el controlador i aspectes com la freqüència mínima i màxima, i també altres paràmetres que s'indiquen en la figura 30.

Figura 30. Finestra emergent per a l'edició del controlador de velocitat



Per fer la simulació correctament ha d'arribar tensió als borns dels variadors L1, L2 i L3, i a més han d'estar commutats els contactes de la part de dalt del controlador, concretament el + amb l'I1 o l'I2 (aquests contactes determinen el sentit de rotació del motor). El segon pas serà fer doble clic amb el botó esquerre del ratolí sobre el símbol del controlador, i sortirà una finestra emergent en la qual es podrà variar la freqüència en el controlador amb una barra lliscant. Sobre el símbol del controlador es visualitzarà la modificació de valors de freqüència i velocitat. La figura 31 mostra la simulació d'un esquema amb variador de velocitat CA.

Figura 31. Simulació d'un variador de velocitat CA



2. Tècniques per a la seguretat, prevenció de riscos laborals i detecció d'avaries

Els riscos laborals són presents en el dia a dia de qualsevol activitat, i una prevenció adient serà sempre necessària. En la finalització de qualsevol projecte d'automatització haurien de ser evidents les mesures que fan possible aquesta prevenció. De la mateixa manera, un pla de manteniment adequat a la complexitat de la instal·lació estaria lligat no tan sols a la fiabilitat del seu funcionament, sinó també al fet de reforçar d'alguna manera la prevenció de riscos que poden afectar les persones i els materials.

La possibilitat de reduir al 100% el nombre d'avaries és pràcticament impossible; per això el manteniment i una actuació adequada en cas de mal funcionament són estrictament necessaris en el cas dels automatismes elèctrics cablats.

2.1. Prevenció de riscos i proteccions

La prevenció de riscos en els automatismes elèctrics, com qualsevol instal·lació elèctrica, ha de tenir com a base fonamental el Reial decret 614/2001 de 8 de juny, BOE núm. 148, sobre el risc elèctric, i també el Reglament electrotècnic de baixa tensió en allò que fa referència als sistemes o dispositius de protecció.

Qualsevol tecnologia té la seva problemàtica vinculada als riscos laborals; en el cas dels automatismes elèctrics cablats, per una raó obvia d'utilització de components i sistemes elèctrics, aquesta problemàtica està en principi focalitzada en l'ús de l'electricitat, amb el perill que pot tenir una formació deficient i l'aplicació de mesures preventives. Però en la realització, muntatge i mecanització dels components hi ha també presents altres tipus de riscos; aquests, doncs, estarien concentrats en dos tipus:

- Els riscos elèctrics.
- Els riscos mecànics.

2.1.1. Els riscos elèctrics

Els riscos elèctrics són presents tant en la manipulació d'una instal·lació d'automatismes de manera incorrecta o en el moment d'una possible actuació en-

front d'una avaria. El tècnic estaria exposat, doncs, a una descàrrega elèctrica per contacte directe o indirecte amb unes conseqüències que podrien arribar a ser greus: paralització del cor, atròfia dels músculs del tòrax, cremades, etc. Tenint en compte que els cossos humans reaccionen de manera diferent, el corrent elèctric seria perillós quan circula pel cos d'una persona a partir de 25 mA durant un temps superior a 0,2 segons. També qualsevol descàrrega pròxima, segons el valor de la tensió, podria produir efectes nocius sobre el cos del tècnic, encara que no hi hagi contacte.

Per prevenir aquests riscos elèctrics s'han de prendre mesures actives com les següents:

- L'ús de guants aïllants.
- Ulleres de protecció.
- Ús de botes de seguretat.
- Ús de casc de protecció.
- Ús d'eines amb un aïllament adequat.
- Seguir les normes d'ús pròpies dels materials, o dispositius segons les directrius del fabricant.



Símbol d'advertència de risc elèctric.

De la mateixa manera s'han de preveure mesures passives com les següents:

- Tallar la tensió en la reparació d'avaries.
- Fer servir sempre eines adequades.
- Aïllament de les parts de la instal·lació en què s'hagi de treballar.
- Conservació de les eines sempre en bon estat.



La utilització de guants aïllants és una de les mesures actives per a la protecció contra el risc elèctric.

Treballs sense tensió

Sempre que les condicions en el moment del manteniment o reparació d'avaries ho permetin, els treballs han de ser sense tensió.

Quan s'ha identificat l'element o elements en què s'ha de fer la intervenció, el procés correcte abans de manipular-los consistirà sempre en tres etapes, que són:

1) Desconnectar la tensió obrint els interruptors o seccionadors corresponents.

2) Prevenir qualsevol possibilitat de realimentació, enclavant o bloquejant els aparells de tall.

3) Verificar l'absència de tensió.

4) Posar a terra i en curtcircuit les fonts de tensió.

5) Establir una senyalització de seguretat per delimitar la zona de treball.

Treballs amb tensió

El Reial decret 614/2001 de 8 de juny, BOE núm. 148, sobre el risc elèctric, preveu la possibilitat de treballs amb tensió, que s'haurien de portar a terme sempre per part de personal qualificat, i seguint un procediment prèviament estudiat. El mètode de treballar amb contacte es farà adoptant les precaucions següents:

- Utilització de guants aïllants per protegir les mans.
- Portar roba de feina sense cremallera o qualsevol element conductor.
- No portar cadenes, polseres o qualsevol element conductor.
- Fer servir sempre eines aïllades.
- Si és possible aïllar les parts actives i elements metàl·lics amb protectors adequats.

2.1.2. Els riscos mecànics

El muntatge del quadre, el muntatge dels elements, dels dispositius de l'ancoratge i, en definitiva, la part de mecanització que representa tot això, pot esdevenir en diferents riscos que no tenen res a veure amb el corrent elèctric. Aquests riscos poden ser els següents:

- Talls amb eines com tisores, arcs de serra, etc.
- Cremades per espurnes.
- Els encenalls a l'hora de fer forats amb el trepant.
- Els riscos que poden esdevenir de la manipulació o transport de grans peces.
- Caiguda d'objectes.



La utilització d'ulleres és una de les mesures actives contra el risc mecànic.

Per prevenir aquests riscos mecànics s'han de prendre mesures actives com les següents:

- Utilització de guants.
- Utilització d'ulleres.
- Utilització de roba adequada.
- Utilització de casc.
- Aplicació de les mesures de seguretat dels diferents utensilis segons les directrius dels fabricants, i les mesures de seguretat pròpies del tipus de feina que es faci.

La previsió de les mesures passives enfront dels riscos mecànics se centralitza bàsicament en una bona conservació i el bon estat de les eines i utensilis propis dels treballs mecànics.

2.1.3. Graus de protecció IP i IK

És necessària una classificació normalitzada dels graus de protecció sobre persones o cossos i dels graus de perill que pot representar el contacte amb l'aigua de determinats elements. D'aquesta manera es garanteix que qualsevol tècnic interpretarà de la mateixa manera els nivells de protecció i, per tant, es garantirà la unificació de criteris.

Graus de protecció IP

El Reglament electrotècnic de baixa tensió defineix l'embolcall en la ITC 01, de la manera següent:

"L'embolcall és l'element que assegura la protecció dels materials contra certes influències externes i la protecció, en qualsevol direcció, davant contactes directes."

El contacte directe és el contacte de persones amb parts actives dels materials i equips.

Així doncs, els quadres d'automatismes, caixes de derivació, canalitzacions o elements que formin part de l'estructura d'una instal·lació tindran un nivell de seguretat sobre allò que protegeix i sobre les persones. Aquest nivell es classifica en diferents graus segons el sistema de codificació IP.

El **codi IP** és un sistema de codificació per indicar els graus de protecció proporcionats per l'embolcall contra l'accés a les parts perilloses, contra la penetració de cossos sòlids estranys, contra la penetració d'aigua i per subministrar una informació addicional lligada a la protecció referida. Aquest codi està format per dos nombres d'una xifra cadascun, situats després de les lletres IP, que són independents un de l'altre.

La primera xifra indica el nivell de protecció de les persones contra l'accés a parts perilloses, limita o impedeix la penetració d'una part del cos humà o d'un objecte agafat per una persona, i al mateix temps garanteix la protecció de l'equip contra la penetració de cossos sòlids estranys. Aquesta primera xifra està graduada des de 0 fins a 6, i a mesura que augmenta el nombre augmenta el nivell de protecció. El significat es pot comprovar en la taula 1.

La segona xifra indica el nivell de protecció de l'equip en l'interior de l'embolcall contra els efectes deguts a la penetració d'aigua. Va de 0 a 8, i a mesura que augmenta el nombre augmenta el nivell de protecció. El significat es pot comprovar en la taula 2.

Taula 1. Graus de protecció indicativa de la primera xifra

Xifra	Descripció abreviada	Indicació de l'objecte que no pot penetrar en l'embolcall
0	No protegit	Sense protecció
1	Protecció contra cossos sòlids de més de 50 mm	Cossos sòlids amb un diàmetre superior a 50 mm
2	Protecció contra cossos sòlids de més de 12 mm	Cossos sòlids amb un diàmetre superior a 12 mm
3	Protecció contra cossos sòlids de més de 2,5 mm	Cossos sòlids amb un diàmetre superior a 2,5 mm
4	Protecció contra cossos sòlids de més d'1 mm	Cossos sòlids amb un diàmetre superior a 1 mm
5	Protecció contra la penetració de pols	No s'impedeix totalment l'entrada de la pols, però sense que aquesta entri en quantitat suficient perquè arribi a perjudicar el funcionament de l'equip.
6	Totalment estanc a la pols	Cap entrada de pols

Taula 2. Graus de protecció indicativa de la segona xifra

Xifra	Descripció abreviada	Tipus de protecció proporcionada per l'embolcall
0	No protegit	Sense protecció
1	Protecció contra la caiguda vertical de gotes d'aigua	La caiguda de gotes d'aigua no ha de tenir efectes perjudicials.
2	Protecció contra la caiguda de gotes d'aigua amb una inclinació màxima de 15°	Les caigudes verticals de gotes d'aigua no han de tenir efectes perjudicials quan l'embolcall està inclinat fins a 15° respecte a la seva posició normal.
3	Protecció contra la pluja fina polvoritzada	L'aigua polvoritzada de pluja que cau en una direcció que forma un angle de fins a 60° amb la vertical no haurà de tenir efectes perjudicials.
4	Protecció contra les projeccions d'aigua	L'aigua projectada en totes les direccions sobre l'embolcall no haurà de tenir efectes perjudicials.
5	Protecció contra dolls d'aigua	L'aigua projectada amb l'ajuda d'un filtre, en totes les direccions, sobre l'embolcall, no haurà de tenir efectes perjudicials.
6	Protecció contra forts dolls d'aigua o contra la mar gruixuda	Sota els efectes de forts dolls o amb mar gruixuda, l'aigua no haurà de penetrar en l'embolcall en quantitats perjudicials.
7	Protecció contra els efectes de la immersió	Quan se submergeix l'embolcall en aigua en unes condicions de pressió i amb una duració determinada, no haurà de ser possible la penetració d'aigua en l'interior en quantitats perjudicials.
8	Protecció contra la immersió prolongada	L'equip és adequat per a la immersió prolongada en aigua sota les condicions especificades pel fabricant.

De manera opcional, amb l'objectiu de proporcionar informació suplementària sobre el grau de protecció de les persones contra l'accés a parts perilloses, es pot afegir una lletra després de la segona xifra. En la taula 3 es descriu el significat d'aquesta lletra.

Taula 3. Descripció de la informació addicional de la lletra final

Lletra	L'embolcall impedeix l'accessibilitat a parts perilloses en:
A	Una gran superfície del cos humà (però no impedeix la penetració deliberada). Prova amb esfera de 50 mm.
B	Els dits o objectes semblants que no excedeixin una longitud de 80 mm. Prova amb un dit de 12 mm de diàmetre i 80 mm de longitud.
C	Eines, filferros, etc., amb un diàmetre superior a 2,5 mm. Prova amb una vareta de 2,5 de diàmetre i 100 mm de longitud.
D	Filferros o cintes amb un espessor superior a 1 mm. Prova amb una vareta d'1 mm de diàmetre i 100 mm de longitud.

Graus de protecció IK

A part del grau de protecció IP, els embolcalls estan identificats per un altre codi anomenat *IK*.

El **codi IK** és un sistema de codificació per indicar el grau de protecció proporcionat per l'embolcall contra els impactes mecànics nocius, per salvaguardar els materials o equips del seu interior.

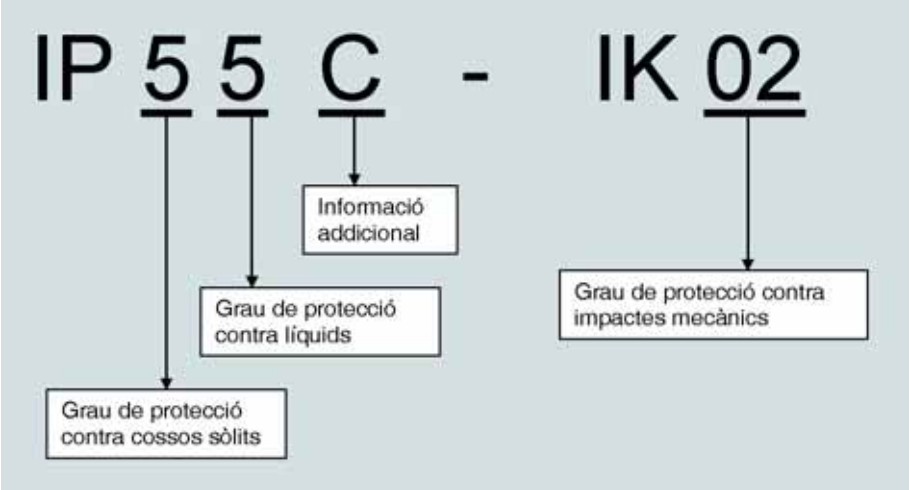
El codi IK es designa amb un nombre graduat de 0 a 10 mm; com més alt més protecció. Es mostrarà sempre amb dues xifres: 00, 01, 02, fins a 10. En la taula 4 es mostren els diferents graus IK, amb l'energia d'impacte que pot protegir, i també la seva equivalència en massa i alçada de caiguda de la peça de copejament sobre l'embolcall.

Taula 4. Graus de protecció IK

Grau IK	Energia (J)	Massa i alçada de la peça de copejament
00	--	--
01	0,15	0,2 kg i 70 mm
02	0,2	0,2 kg i 100 mm
03	0,35	0,2 kg i 175 mm
04	0,5	0,2 kg i 250 mm
05	07	0,2 kg i 350 mm
06	1	0,5 kg i 200 mm
07	2	0,5 kg i 400 mm
08	5	1,7 kg i 295 mm
09	10	5 kg i 200 mm
10	20	5 kg i 400 mm

Així doncs, els graus de protecció d'un determinat embolcall han d'identificar-se com en l'exemple de la figura 32.

Figura 32. Exemple de la identificació dels graus de protecció IP i IK



2.1.4. Protecció contra contactes directes o indirectes

La instrucció tècnica complementària del Reglament electrotècnic de baixa tensió que tracta el tema de la protecció contra contactes directes o indirectes és la ITC 24.

Per la contínua referència que fa el reglament a la *classe* de l'aparell, és convenient conèixer la classificació dels aparells que es fan servir en instal·lacions elèctriques segons la protecció o tipus d'aïllament per prevenir els contactes directes o indirectes. Els aparells en aquest sentit es classifiquen de la manera següent:

Contacte indirecte

El contacte indirecte és el contacte de persones amb parts que s'han posat sota tensió com a resultat d'una fallada d'aïllament.

- Classe 0: són els aparells que no porten dispositius que permeten unir les parts metàl·liques que siguin accessibles a un conductor de protecció. El seu aïllament es bàsicament un aïllament funcional.

- Classe I: són els aparells que porten dispositius que sí que permeten unir les parts metàl·liques a un conductor de protecció. Si el conductor d'alimentació és flexible ha de portar el conductor de protecció. El seu aïllament es considera funcional.

- Classe II: són els aparells que no necessiten unir les parts metàl·liques accessibles a un conductor de protecció, ja que el seu aïllament es considera un doble aïllament.

- Classe III: són els aparells que estan dissenyats per ser alimentats a tensions no superiors a 50 V. No necessiten connectar les parts metàl·liques a cap conductor de protecció.

Conductor de protecció

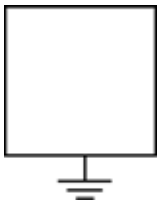
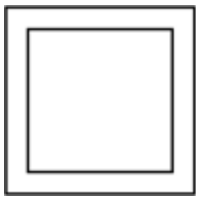
El conductor de protecció és aquell que connecta les parts metàl·liques o masses amb el born principal de terra o amb la presa de terra.

El Reglament electrotècnic de baixa tensió defineix l'**aïllament funcional** com aquell que és necessari per garantir el funcionament normal i una protecció contra els xocs directes o contactes directes. A més, el **doble aï-**

llament és aquell que està format, a més d'un aïllament principal, per un altre aïllament suplementari, amb la finalitat d'assegurar la protecció contra els contactes indirectes.

Els símbols identificatius de la classe d'aparell són els que figuren en la taula 5.

Taula 5. Símbols identificatius de la classe d'aparell

Classe 0	Classe I	Classe II	Classe III
Sense símbol			

Sistemes de protecció contra els contactes directes

Les mesures de seguretat que es poden establir en un quadre o instal·lació d'automatismes cablats contra els contactes directes poden ser:

- **Protecció per aïllament de les part actives**. Les parts actives han d'estar recobertes d'un aïllament que no pugui ser eliminat sense que sigui destruït. El Reglament deixa molt clar que els vernissos, pintures, etc., no es poden considerar aïllaments contra els contactes directes.

- **Protecció per mitjà de barreres o embolcalls**. Aquest sistema fa referència al fet que totes les parts actives d'un quadre d'automatismes haurien d'estar situades en l'interior del quadre mateix, amb un grau de protecció com a mínim d'IPXXB.

- **Protecció per mitjà d'obstacles**. Encara que és un sistema acceptat pel Reglament, no és molt habitual en automatismes elèctrics, i només és apte en locals on l'accessibilitat estigui limitada a personal autoritzat.

- **Protecció per posada fora d'abast per allunyament**. Té la mateixa consideració que el sistema de protecció per mitjà d'obstacles i està destinat a impedir els contactes fortuïts.

- **Protecció complementària per a dispositius de corrents diferencial-residual**. Consisteix en la utilització de dispositius com els relés de protecció diferencial, amb una sensibilitat de 30 mA com a màxim. Aquesta mesura estaria destinada només a complementar-ne d'altres i no per substituir-ne cap de les descrites anteriorment.

Sistemes de protecció contra els contactes indirectes

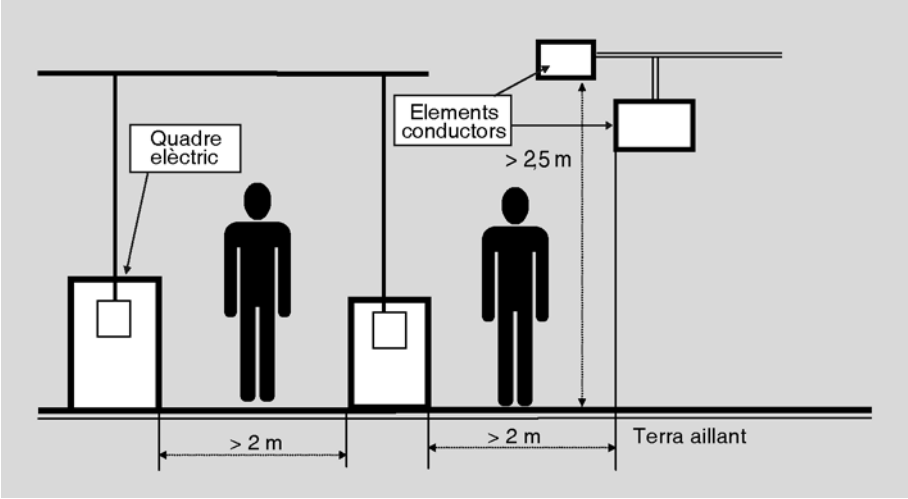
Les mesures que fa referència el reglament per a la protecció de contactes indirectes són:

- **Protecció per tall automàtic de l'alimentació**. En el supòsit que hi hagi una fallada que pugui tenir com a conseqüència un contacte indirecte, aquest tindrà un risc sobre les persones directament proporcional al temps que duri el contacte. L'ideal en aquest sentit és que es produeixi un tall del corrent d'alimentació en el moment de la fallada, i abans del contacte. El dispositiu de protecció adient seria un relé diferencial, i les parts metàl·liques accessibles connectades a terra amb el conductor de protecció.

- **Protecció per a la utilització d'equipament de classe II o per a aïllament equivalent**. En aquest cas la protecció estaria determinada per fer servir aparells de classe II, encara que s'admeten, en el Reglament, aparells construïts de fàbrica amb un aïllament equivalent a un de classe II. També es admissible muntar un aïllament suplementari sobre un aïllament funcional.

- **Protecció en locals o emplaçaments no conductors**. En un local amb el terra aïllant no seria necessari cap conductor de protecció. Però les masses o parts metàl·liques en què pugui produir-se una fallada en l'aïllament de les parts actives han d'estar situades de manera que no sigui possible el contacte simultani amb les dues masses, o una d'aquestes i qualsevol element conductor. Les distàncies mínimes que s'haurien de respectar són les que es mostren en la figura 33.

Figura 33. Distàncies entre parts metàl·liques



En la figura es poden veure les distàncies entre parts metàl·liques amb risc de fallada d'aïllament i amb elements conductors en locals o emplaçaments no conductors.

Connexió equipotencial

La connexió equipotencial és la connexió elèctrica que posa al mateix potencial les parts conductores accessibles i els elements conductors.

- **Protecció mitjançant connexions equipotencials locals no connectades a terra** Consisteix a connectar totes les masses o parts metàl·liques que siguin simultàniament accessibles entre si formant una connexió equi-

potencial. Perquè hi hagi circulació de corrent ha d'haver-hi un potencial diferent entre les masses que es poden tocar; amb la connexió equipotencial s'evita precisament això.

- **Protecció per separació elèctrica** Consisteix a alimentar, en aquest cas, una instal·lació d'automatismes amb un transformador d'aïllament, i s'aconsegueix el que es coneix com una *separació de circuits*, de manera que es mantenen aïllats de terra tots els conductors del circuit d'utilització.

2.2. Avaries d'instal·lacions d'automatismes

Tècnicament una *avaria* és el cessament de la capacitat d'una instal·lació per executar la seva funció específica, o la pèrdua total o parcial de la funció.

Una **avaria** també es pot definir com la fallada, el dany o el trencament d'un mecanisme o part d'una instal·lació que en perjudica el funcionament o la realització de la funció.

En aquest sentit, una avaria podria ser més o menys greu en relació amb el tipus de funció que quedaria afectada, que pot ser de tres tipus:

- Avaries que afecten la funció principal, com podria ser que, en un automatisme per controlar la posada en marxa d'una màquina, aquesta s'aturés sense cap condició establerta o simplement no arrenqués.

- Avaries que afecten funcions secundàries, com per exemple que la bombeta que senyalitza el sentit de gir a la dreta d'un motor no s'encengui.

- Avaries de funcions terciàries, relacionades amb la qualitat de la instal·lació, com podria ser el soroll excessiu que fa un contactor quan funciona.

S'ha de tenir present que una avaria en un automatisme elèctric no ha de comportar riscos de danys materials; en aquest sentit, tota màquina que pugui comportar un risc ha d'estar proveïda d'un dispositiu d'aturada d'emergència, generalment amb un polsador NC de bolet.

Aquest polsador d'emergència ha de ser sempre de color vermell, proveït d'enclavament, amb la finalitat de consolidar l'aturada pràctica de la màquina després de la pulsació, fins a una actuació nova sobre el polsador.

Una altra mesura de prevenció en cas d'avaria és la utilització de circuits de realimentació amb contactors o relés, per controlar màquines a fi d'evitar engegades imprevistes en el moment d'una recuperació de la tensió, després d'un tall del subministrament elèctric.

Les causes d'una avaria poden ser molt variades, i dependran de molts factors, com la qualitat dels mecanismes, el temps de funcionament, una errada humana, o una causa externa aliena a la instal·lació. A més, en el cas d'un automatisme pot afectar el circuit de potència, incloent-hi les màquines, o el circuit de maniobra. Podem classificar les avaries segons els efectes sobre la instal·lació, de la manera següent:

- Un **curtcircuit**, que pot ser en el circuit de potència o maniobra, per unió de dues parts de la instal·lació amb diferent potencial, que entren en contacte sense cap resistència entre elles, per causes diverses. L'efecte immediat és l'augment del valor del corrent que podria arribar a destruir els components.

- Una **sobrecàrrega**, generalment en el circuit de potència. L'efecte és una pujada del valor de corrent per damunt de valors nominals, i si s'allarga en el temps pot ser perjudicial per als components o mecanismes. Les causes poden ser variades, com una càrrega excessiva en un motor, una baixada anormal de la tensió aplicada a una màquina, la fallada d'una fase en un sistema trifàsic, etc.

- Fallades en l'aïllament, que podrien provocar un contacte indirecte.

- Un funcionament anòmal o incorrecte, produït per una errada humana o un mal funcionament d'un dispositiu, un mal contacte, etc., més freqüentment en el circuit de maniobra, encara que es pot produir en els dispositius del circuit de potència, però sense afectar la integritat dels components o instal·lació.

2.2.1. Elements de protecció

No és admissible cap automatisme elèctric sense els seus dispositius de protecció adients, tant en el circuit de maniobra com en el circuit de potència.

Els **dispositius de protecció** són els elements encarregats de detectar determinades avaries que es poden arribar a produir en els circuits de potència o maniobra i eliminar els seus efectes nocius sobre la instal·lació o sobre les persones.

En relació amb el tipus d'avaria podem classificar els dispositius de protecció d'un automatisme elèctric cablat com es pot veure en la taula 6.

Taula 6. Tipus de dispositiu de protecció en relació amb l'avaria

Dispositiu de protecció	Avaria
Relé tèrmic	Sobrecàrrega
Fusibles	Curtcircuit Sobrecàrrega
Interruptor automàtic	Sobrecàrrega Curtcircuit
Relé diferencial	Fallades en aïllament

Relé tèrmic

Generalment una sobrecàrrega o sobreintensitat es produirà en el circuit de potència en un automatisme elèctric.

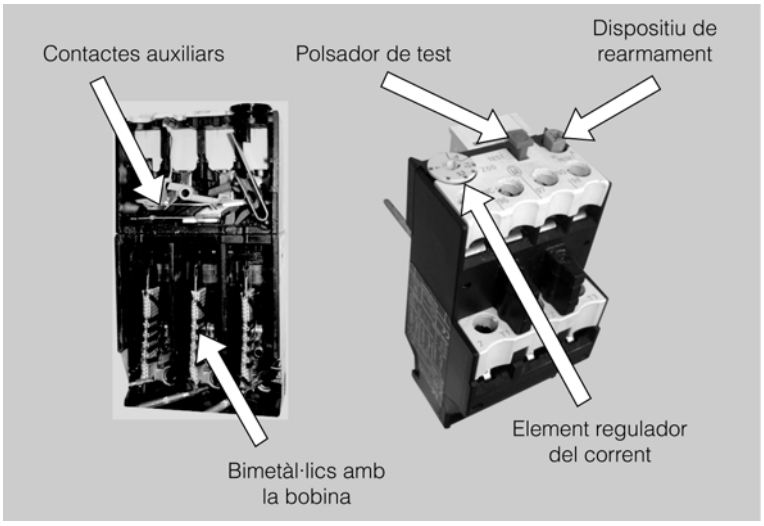
Un **relé tèrmic** de protecció és un dispositiu que detecta les sobrecàrregues produïdes en el circuit de potència que superen un valor nominal, i actua en el circuit de maniobra desconnectant el receptor.

Bàsicament estan formats per:

- **Tres elements bimetàl·lics**, formats per dos metalls amb coeficient de dilatació diferent, i una bobina per cada bimetall.
- **Contactes auxiliars**, generalment un contacte NC i un NO, per desconnectar el contactor o contactors principals, i per senyalitzar l'anomalia en el circuit de maniobra.
- **Polsador de test**, per comprovar el funcionament del relé tèrmic.
- **Un dispositiu de rearmament**, per fer retornar el dispositiu a un estat de reinici, en el moment que desapareix la sobrecàrrega. Aquest dispositiu pot ser amb accionament manual o automàtic.

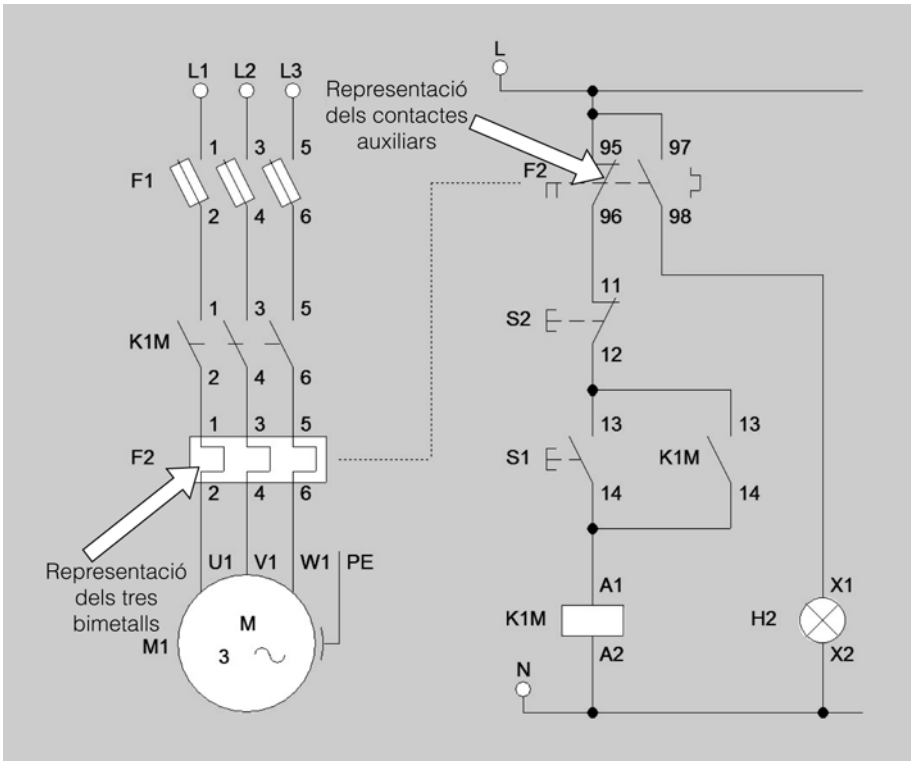
En la figura 34 es poden apreciar les diferents parts d'un relé tèrmic, per dins i per fora.

Figura 34. Parts d'un relé tèrmic de protecció



En el moment en què es produeix una sobrecàrrega o sobreintensitat en el circuit de potència, es provoca una deformació en els bimetalls per efecte de l'escalfament en les bobines. Aquesta deformació produeix el desplaçament dels contactes auxiliars, obre el contacte NC i desconnecta el receptor; també tanca el contacte NO i activa l'element de senyalització. Amb el refredament de les bobines els bimetalls tornen a la posició inicial; els contactes auxiliars recuperen la posició de manera automàtica o manual. L'esquema de la figura 35 mostra la representació d'un relé tèrmic en un circuit d'automatismes.

Figura 35. Representació d'un relé tèrmic en un circuit d'automatismes



Tots els relés tèrmics de protecció tenen un marge de regulació del corrent. El corrent que absorbeix el relé, del receptor que ha de protegir, ha d'estar comprès entre la zona de regulació del relé tèrmic, i l'ajustament correcte serà la intensitat assignada del motor.

Un relé regulat a un valor massa baix impedeix d'alguna manera el rendiment del motor, i si es regula massa alt, no garanteix cap protecció contra sobrecàrregues.

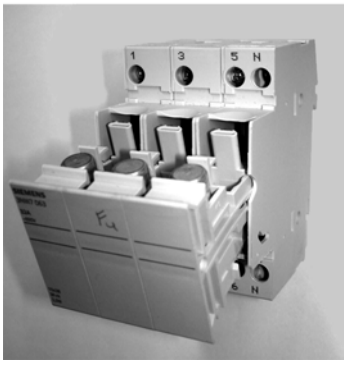
Fusibles

Els fusibles són els elements de protecció més antics, i el seu ús està bàsicament avalat per la simplicitat que presenta.

Els **fusibles** són elements de protecció amb capacitat per detectar i eliminar els curtcircuits i les sobrecàrregues o sobreintensitats. En condicions normals el corrent travessa els fusibles, i la interrupció del corrent en el cas d'una pujada anormal del seu valor es fa per la fusió de l'element intern del fusible

L'element que es fon pot ser un fil o una làmina de coure dins d'un cartutx ceràmic ple de sorra de quars. Una vegada es fon, el cartutx s'ha de substituir per un altre de nou. La instal·lació dels cartutxos es fa sobre portafusibles adients, que és on realment es fa la connexió dels cables conductors.





Un sistema d'instal·lació dels fusibles és sobre bases seccionables per poder canviar els fusibles obrint al mateix temps el circuit.

Els fusibles es classifiquen segons les seves característiques, adients a diferents aplicacions. Es designen amb dues lletres: la primera fa referència a la funció i la segona al tipus de receptors a protegir. Aquesta designació és la que apareix en la taula 7.

Taula 7

Designació del fusible	Protecció contra	Aplicacions
gL	Curtcircuits Sobrecàrregues	Protecció general de conductors i cables elèctrics
aM	Curtcircuits	Protecció d'aparells de connexió amb acompanyament d'un altre dispositiu de protecció
gR	Curtcircuits Sobrecàrregues	Protecció de circuits electrònics
aR	Curtcircuits	Protecció de circuits electrònics amb acompanyament d'un altre dispositiu de protecció
gTr	Curtcircuits Sobrecàrregues	Protecció de transformadors

Així doncs, en automatismes elèctrics es farien servir el fusibles aM complementats, per exemple, amb un relé tèrmic.

Elecció d'un fusible

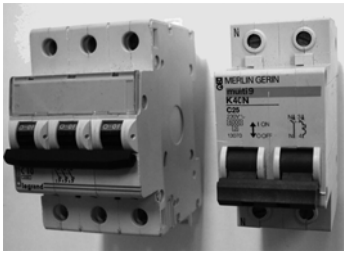
Per a l'**elecció d'un fusible** s'ha de tenir en compte que els fusibles es comercialitzen amb una gamma de calibres normalitzada que es pot consultar en els catàlegs tècnics dels fabricants. El calibre en amperes dels fusibles per a un automatisme amb relé tèrmic ha d'estar sempre per damunt del corrent del tèrmic que s'ha ajustat sobre el marge de regulació.

Per exemple: per a un receptor amb un corrent de servei de 27,8 A, el relé tèrmic, una vegada consultades les taules amb les dades d'un determinat fabricant, hauria de tenir una regulació entre 23 i 35 A. Els fusibles haurien de tenir un calibre de 32 A, ja que el calibre anterior que es comercialitza és de 25 A, que estaria per sota del corrent de servei.

Interruptor automàtic

Els interruptors automàtics són elements de protecció per a curtcircuits i sobrecàrregues, també anomenats *interruptors magnetotèrmics* o *disjuntors* en el cas dels dissenyats per a la protecció de motors.

Els **interruptors automàtics** són dispositius de protecció amb capacitat per establir, mantenir i interrompre les intensitats de servei, o d'interrompre automàticament, en determinades condicions, intensitats anormalment elevades, com els corrents de curtcircuit.

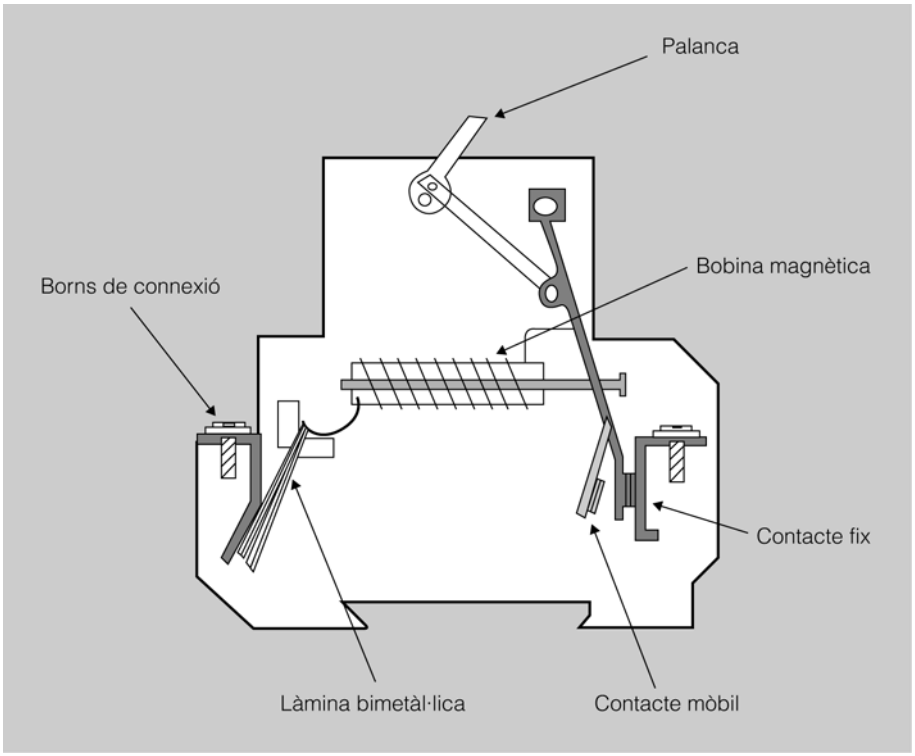


Els interruptors automàtics poden ser bipolars, tripolars o tetrapolars.

Les parts d'un interruptor automàtic estan representades en la figura 36; bàsicament estan formats pel següent:

- Palanca amb un enclavament per mantenir la posició de connexió.
- Bobina magnètica que actua sobre un contacte mòbil, quan la intensitat que passa és superior a la seva intensitat nominal o *corrent de magnetisme*.
- Làmina bimetàl·lica, que actua sobre el contacte mòbil quan es doblega per acció tèrmica, deguda a una sobrecàrrega.
- Contacte mòbil, que s'obre quan actua la bobina o la làmina bimetàl·lica i desconnecta el corrent.
- Contacte fix unit al born de connexió que suporta l'acció del contacte mòbil.
- Borns de connexió, on es fa la connexió del conductors elèctrics.

Figura 36. Parts d'un interruptor automàtic



Per conèixer les característiques d'un interruptor automàtic, s'han de tenir presents dues característiques tècniques en relació amb el corrent que han de controlar:

1) Corrent nominal o calibre (*In*): el valor del corrent que circula per l'interruptor automàtic sense provocar l'obertura o desconnexió.

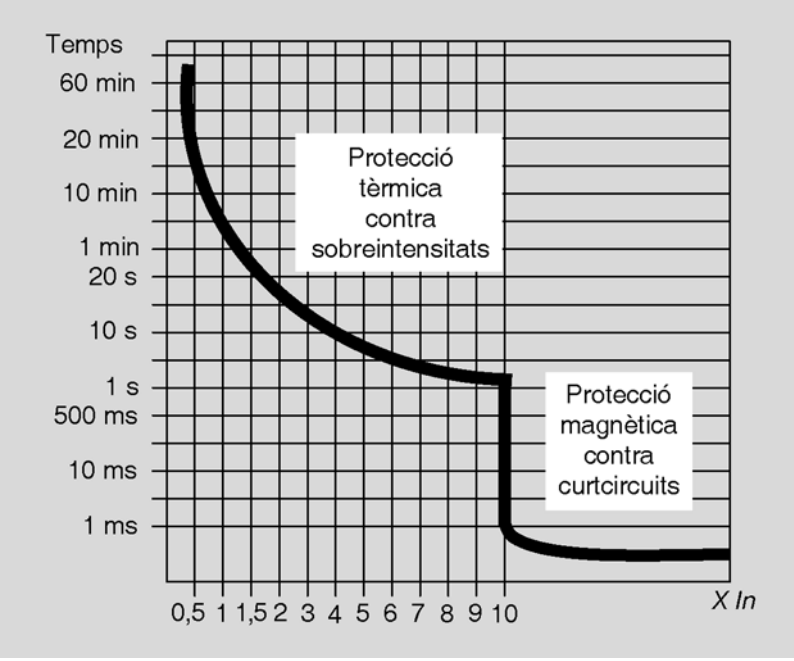
2) Corrent de magnètic (*Im*): el valor del corrent que provoca l'obertura instantània de l'interruptor, que es representa per un nombre de vegades el corrent nominal. Així doncs, els interruptors automàtics es classifiquen segons la relació entre la *In* i la *Im*, i s'identifiquen amb una lletra segons es mostra en la taula 8.

Taula 8. Tipus d'interruptors automàtics

Tipus	Corrent de magnètic	Aplicacions
B	entre 3 i 5 *In*	Protecció de cables, persones, generadors
C	entre 5 i 10 *In*	Protecció general
D	entre 10 i 20 *In*	Protecció de receptors amb forts corrents d'arrencada
MA	fix a 12 *In*	Protecció d'arrencada de motors
Z	entre 2,4 i 3,6 *In*	Protecció de circuits electrònics

En un curtcircuit la bobina actua desconnectant el corrent en qüestió de mil·lisegons, i en una sobrecàrrega la làmina bimetàl·lica actua en qüestió de segons o minuts, depenent de l'augment progressiu del valor de la intensitat. Aquesta relació entre el temps i el valor del corrent que provoca l'obertura de l'interruptor es representa normalment amb una gràfica o corba de desconnexió, com l'exemple de la figura 37.

Figura 37. Exemple de corba característica de desconnexió d'un interruptor magnetotèrmic



Per triar de manera correcta l'interruptor automàtic s'ha de considerar, d'una banda, el tipus d'aplicació, i de l'altra, la intensitat del receptor a protegir, que hauria de coincidir amb el calibre o intensitat de l'interruptor automàtic. En el cas de protecció de motors s'ha de considerar també la sobreintensitat admissible en el moment de l'arrencada; aquesta característica s'ha de comprovar amb la gràfica de desconnexió.

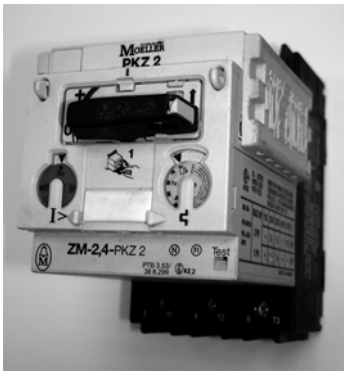
Així doncs, un motor amb una intensitat nominal de 10 A, però amb una intensitat d'arrencada superior a deu vegades la intensitat nominal, **no** es podria protegir amb un interruptor que tingués una gràfica de desconnexió o actuació com la de l'exemple de la figura 37, ja que l'interruptor desconnectaria la màquina en el moment de l'arrencada. En canvi, si la intensitat d'arrencada és sis vegades la nominal, la sobreintensitat seria admissible per a l'interruptor si l'arrencada no durés més de 10 s, segons indica la gràfica mateixa.

Una altra característica dels interruptors automàtics, a tenir en compte en fer l'elecció, és la capacitat de tall en càrrega, que és el màxim corrent que pot tallar l'interruptor sense escalfaments perillosos. El valors poden anar des d'1,5 kA fins a 40 kA.

Hi ha una sèrie d'avantatges de la utilització d'interruptors automàtics, en lloc de fusibles, per a la protecció contra curtcircuits:

- Desconnexió al mateix temps de les tres fases en un sistema trifàsic.
- Possibilitat de senyalitzar l'avaria amb la utilització de contactes auxiliars.
- No cal cap estoc de fusibles.
- Connexió immediata en el moment de reparar l'avaria.
- Possibilitat de connectar i desconnectar-lo manualment.

Els disjuntors o interruptors automàtics dissenyats per al control de motors ofereixen la possibilitat d'ampliar la seva aplicació amb la incorporació de mòduls addicionals que, fixats a l'interruptor mateix, permeten altres actuacions com les següents:



El disjuntors o interruptors automàtics per als motors ofereixen altres aplicacions amb vista a la protecció i control de màquines.

- Control a distància de connexió, desconnexió o test.

- Acoblament de mòduls de contactes auxiliars per a senyalització, seguretat addicional, etc.

- Protecció contra la fallada de tensió amb l'acoblament de bobines de mínima tensió, per evitar l'arrencada del motor si es recupera la tensió.

- Acoblament directe entre els contactes de potència de l'interruptor i del contactor que ha de comandar el motor, tot evitant part del cablatge.

Relé diferencial

Davant les possibles fallades d'aïllament i amb intenció d'evitar l'electrocució de persones amb un contacte indirecte, es fan servir el relés o interruptor diferencials.

Un relé diferencial és un aparell de protecció que desconnecta el corrent elèctric d'una xarxa en el moment en què algunes de les seves fases es posen a terra directament quan es produeix una fallada d'aïllament. Les parts metàl·liques amb risc de contacte indirecte han d'estar connectades a terra, per a una protecció òptima. El relé diferencial entra en funcionament, obrint els contactes principals i desconnectant el corrent, en detectar un corrent de defecte que sigui més gran que el seu marge de sensibilitat.

El corrent de defecte és el corrent que circula a causa d'un defecte d'aïllament.

Les parts d'un relé diferencial són bàsicament:

- Uns contactes principals o de potència, que obren el circuit per tallar o establir el corrent.

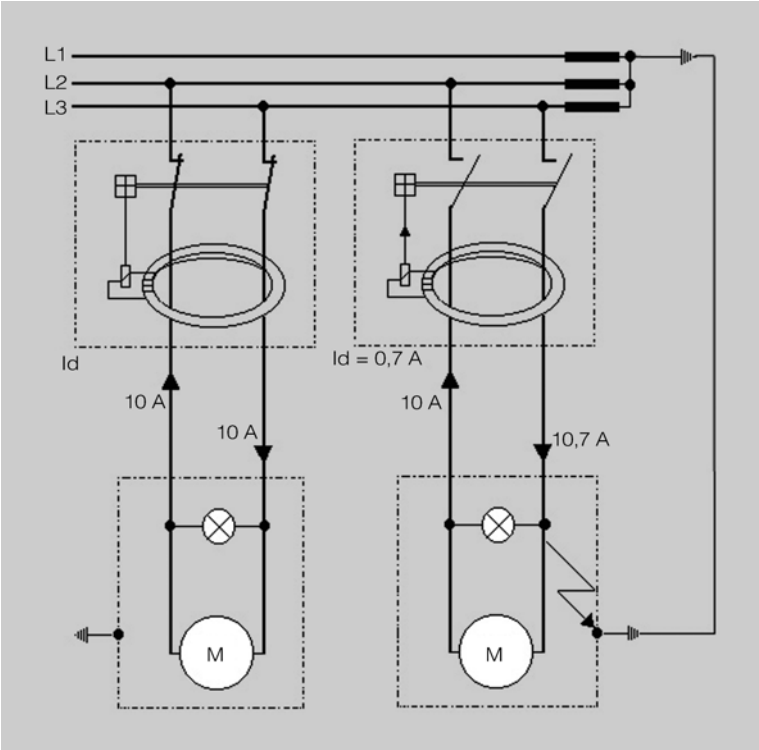
- Transformador toroïdal amb un primari format per les fases i el neutre de la xarxa, i un secundari format per una bobina que actua sobre el relé intern.

- Relé intern diferencial, que actua sobre el mecanisme de desconnexió.

- Polsador de test per provar l'eficàcia del relé diferencial.

Tenint en compte que en qualsevol nus de conductors la suma de les intensitats que hi arriben és igual a la suma de les intensitats que en surten, en el moment que una de les fases es deriva a terra hi ha un desequilibri entre la suma vectorial dels valors de intensitats de la xarxa. Aquest desequilibri és precisament el corrent de defecte detectat pel dispositiu de protecció. En condicions normals, en el transformador toroïdal del relè diferencial la suma vectorial de les intensitats que hi circulen és igual a zero. Amb un desequilibri en el transformador toroïdal, es genera un corrent en la bobina del secundari que activa el relé intern i provoca l'obertura dels contactes principals. Aquest principi queda il·lustrat en la figura 38.

Figura 38. Principi de funcionament del relé diferencial



La identificació dels relés diferencials es fa amb la intensitat nominal que tenen, i amb la sensibilitat, que és el valor del corrent de defecte a partir del qual es desconnectaria la xarxa. Hi ha una gamma de sensibilitats que va des de 10 mA fins a 1.000 mA; uns d'ús molt freqüent són de 30 mA (0,03 A).

A escala industrial, els relés diferencials estan fabricats en dues parts: per un costat es fa el muntatge del transformador toroïdal sobre la xarxa que s'ha de protegir i per l'altra part es fa el muntatge del relé diferencial, que inclou els elements de desconnexió i verificació. Aquests relés diferencials solen tenir regulable la sensibilitat en diferent graons de 0,03, 0,1, 0,3, 0,5, 0,8, 1 i 2 A.

2.2.2. Localització i reparació d'avaries

Les feines principals dels tècnics en automatismes cablats són el muntatge d'una instal·lació, però també el seu manteniment i la localització i reparació d'avaries. La capacitat del tècnic en aquests tipus de feina estarà condicionada per la complexitat de la instal·lació, però també per l'experiència i el coneixement d'aquesta.

És important que el tècnic encarregat de la localització i reparació de l'avaria hagi participat en el muntatge de la instal·lació i en tingui un coneixement íntegre. El procediment generalment variarà segons el tipus d'avaria, però davant d'un desconeixement de l'origen o causa s'hauran d'examinar els esquemes, concentrant l'atenció en la part de l'esquema en

què se suposa que pot ser l'avaria. Hi ha avaries, en segons quines instal·lacions, que són identificades de manera immediata amb senyalitzacions que indiquen el problema, com podria ser el cas de l'escalfament d'una màquina que té sonda de temperatura, o la falta de tensió, etc.; d'aquesta manera el tècnic té una orientació sobre l'origen del problema.



El polímetre és un dels utensilis necessaris per a la localització d'avaries.

Si l'avaria implica l'actuació d'algun dispositiu de seguretat, es disposa de certa informació per començar la localització:

- Si es desconnecta l'interruptor automàtic o es fonen els fusibles, podem suposar un curtcircuit, i si és amb la màquina o motors desconnectats, s'ha de centralitzar l'anàlisi en la línia d'alimentació del circuit de potència, o en els receptors en el circuit de maniobra. Si el curtcircuit és amb les màquines connectades, s'hauria de començar l'anàlisi pel motor.

- Si es desconnecta un relé diferencial, s'ha de començar per una inspecció visual de possibles defectes d'aïllament, concentrant l'atenció en els conductors més propers a les parts metàl·liques, com connexions a borns o regletes sobre perfils ancorats sobre plaques metàl·liques, per exemple.

- Si es desconnecta la instal·lació per l'actuació del relé tèrmic, el problema pot ser la fallada d'una fase en un sistema trifàsic, algun defecte mecànic en el motor o una possible baixada de la tensió, i sempre en el circuit de potència.

Però si l'avaria té com a conseqüència un mal funcionament de la instal·lació, sense que cap dispositiu de protecció actuï, el procediment estarà molt més enfocat, primer, a conèixer amb exactitud el funcionament concret, i després, a una anàlisi més acurada sobre l'esquema.

Una primera actuació serà sempre visual, amb la comprovació de possibles cables desconnectats, o receptors que haurien d'estar connectats necessàriament i no ho estan. És sempre preferible treballar sobre la localització, amb la tensió desconnectada, però hi ha situacions que requereixen tenir el circuit amb tensió, sobretot en la maniobra, per determinar o localitzar més concretament la fallada.

Procediment de comprovació de continuïtat

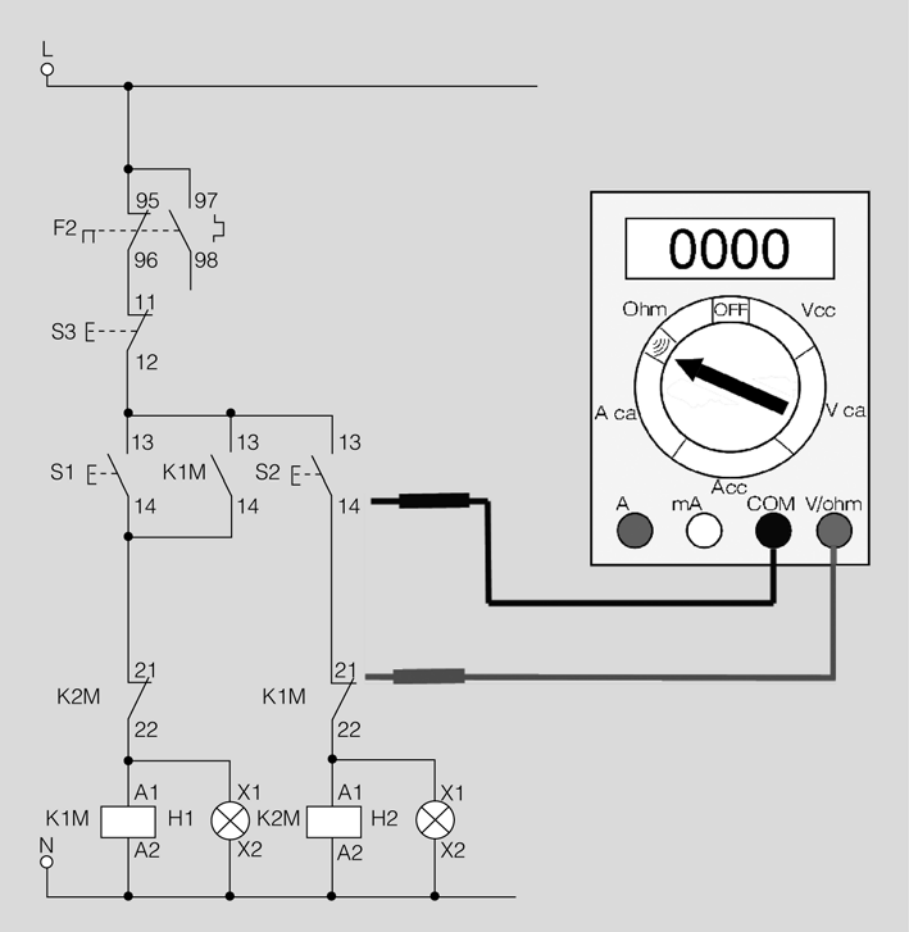
Un funcionament incorrecte es pot donar, just en el moment de la primera posada en marxa, per una errada en les connexions o una mala interpretació de l'esquema, i es pot donar amb la instal·lació ja funcionant possiblement per la desconnexió accidental d'un conductor, o un mal contacte d'un cable amb algun element.

Per saber si un cable està ben connectat, o si està feta correctament una connexió, podem comprovar-ne la continuïtat amb el procediment següent:

- Amb el selector del polímetre se seleccionarà el mesurament de resistències o ohms.
- Una de les puntes o sondes del polímetre les connectarà al connector comú, i l'altra al connector per mesurar resistències.
- Connectant les puntes entre si, se seleccionarà una escala que doni el valor zero en la pantalla.
- Separar les puntes i col·locar-ne una en un extrem del conductor que es vol comprovar o en el terminal on està connectat aquest, i l'altra punta en l'extrem contrari.
- Si en la pantalla surt un valor de zero, la connexió està feta, és a dir, hi ha continuïtat.
- Si en la pantalla surt la identificació de resistència infinita, no hi ha continuïtat.

En la figura 39 es veu un exemple per comprovar la continuïtat entre el contacte 14 de S2 i el contacte 21 de KM, en què ha d'haver-hi una connexió elèctrica.

Figura 39. Exemple de comprovació de continuïtat



De vegades és necessari desconnectar el neutre dels receptors amb bobina, com per exemple en les bobines dels contactors, per impedir que la comprovació doni una falsa continuïtat a través de la bobina mateixa. També és de molta utilitat fer servir l'indicador acústic de continuïtat, per fer la comprovació sense mirar el polímetre.

Procediment de comprovació de tensió

Si en un circuit de maniobra, després de fer les comprovacions de continuïtat, es confirma que està feta la connexió, pot ser útil la comprovació de tensió en els borns d'aquest receptor per determinar si la fallada està determinada per un defecte en aquest element.

El procediment serà el següent:

- Amb el selector del polímetre se seleccionaran mesures de tensió, CA o CC segons el tipus de corrent del circuit de maniobra.

- Una de les puntes o sondes del polímetre es connectarà al connector comú, i l'altra al connector per mesurar tensió.

- S'activarà l'element o elements necessaris per fer arribar tensió al receptor, per exemple, als borns de la bobina d'un contactor.

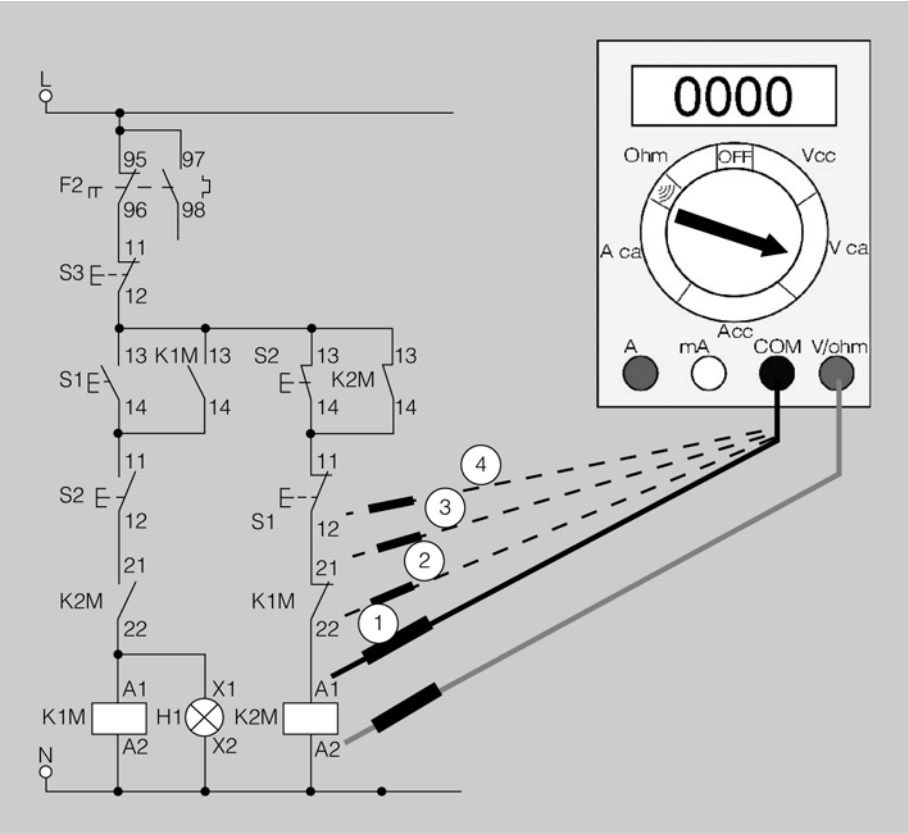
- Una punta del polímetre es posarà al born on es connecta el conductor de neutre (o negatiu, si és CC) i l'altra al born on teòricament ha d'arribar la fase (o el positiu, si és CC).

- Si en la pantalla surt el valor de la tensió teòrica i no està connectat el receptor, es pot confirmar que el problema està en el receptor.

- Si en la pantalla no surt la lectura de la tensió teòrica podem canviar la puntera de la fase (la puntera del neutre no s'ha de moure) al born de l'element immediatament superior, segons la línia de l'esquema, on ha d'arribar la tensió, per descartar un problema del conductor elèctric. Si tampoc no arriba la tensió, la mateixa puntera es col·locarà al born immediatament superior segons la línia de l'esquema, fins que es determini on ja no arriba la tensió.

En la figura 40 es representa la comprovació de tensió, primer als borns de la bobina de K2M (1); si hi arriba tensió, és evident que el problema és del contactor mateix. Si no hi arriba tensió, es passaria al punt 2, 3 o 4, en què es farien noves comprovacions de tensió, pujant en sentit ascendent en el circuit de maniobra, fins a determinar on ja no arriba la tensió.

Figura 40. Exemple de comprovació de tensió en un circuit de maniobra



2.3. Manteniment d'instal·lacions d'automatismes cablats

Una vegada feta la instal·lació d'automatismes cablats, s'ha de fer rendible de manera que estigui operativa en qualsevol moment, minimitzant les avaries, i augmentant el seu rendiment; aquests bàsicament serien els objectius d'un pla de manteniment.

2.3.1. Manteniment preventiu

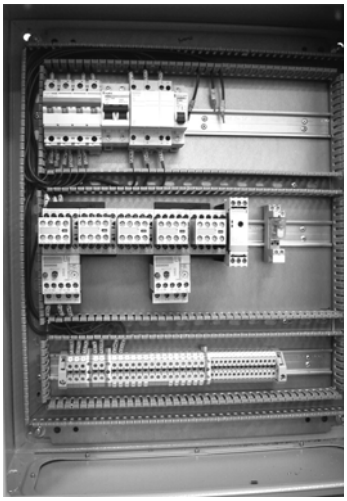
Una de les tasques del tècnic en instal·lació d'automatismes és fer el manteniment preventiu de la instal·lació després del muntatge i posada en marxa.

El **manteniment preventiu** es basa en la planificació de tasques sobre una instal·lació amb el corresponent registre, amb l'objectiu d'aconseguir un rendiment bo i una reducció d'aturades per problemes tècnics.

Les tasques i actuacions d'un manteniment preventiu, i també la seva periodicitat, estaran condicionades pel nivell de complexitat de la instal·lació, el nombre de maniobres, les instruccions dels fabricants dels dispositius que intervenen i per les directrius de l'empresa.

Algunes de les principals tasques del tècnic encarregat del manteniment preventiu són les següents:

- Si és possible participar en la posada en marxa inicial de la instal·lació.
- Recollir tota la informació tècnica, com manuals del fabricant, plànols, catàlegs, etc.
- Organitzar un estoc de peces de recanvi.
- Planificar fitxes de manteniment de les parts de la instal·lació amb més possibilitat de generar avaries.
- Planificar el canvi o substitució de dispositius abans de la finalització de la seva vida útil.
- Modificar esquemes si es generen canvis en la instal·lació.
- Enregistrar totes les tasques i actuacions i també les reparacions efectuades.
- Formar-se sobre la manipulació de nous dispositius o elements que puguin arribar a instal·lar-se.
- Conservar i mantenir les eines o dispositius de manipulació.



El manteniment d'un quadre d'automatismes cablats estarà en relació amb el nombre d'elements i de la complexitat de la instal·lació.

A continuació es detallen a manera d'exemple les possibles tasques de manteniment en un quadre d'automatismes amb contactors i relés tèrmics.

- **Sobre els contactors:**

  - Comprovar si fa soroll el circuit magnètic. Si és sorollós verificar que la tensió d'alimentació és correcta, ja que una alimentació a una tensió inferior pot ser la causa de la vibració de l'electroimant. Un altre motiu pot ser la brutícia entre la part mòbil i la fixa de l'electroimant; en aquest cas s'haurà de netejar.
  - Comprovar el possible deteriorament de les bobines dels contactors. Si el circuit magnètic no tanca correctament, pot escalfar-se en excés. Si s'ha de substituir, comprovar la tensió nominal de funcionament.
  - Comprovar el deteriorament dels contactes de potència. En segons quins contactors s'ha de controlar el nombre de maniobres, definit pel fabricant, a partir de les quals s'ha de fer la substitució dels contactes.
  - Comprovar l'estreny dels cargols dels contactes.

- **Sobre els relés tèrmics**

  - Netejar la pols o brutícia sobre la superfície del dispositiu si és necessari.
  - Comprovar la regulació correcta de la intensitat de desconnexió.
  - Si és necessari fer un test de desconnexió verificant la senyalització.

- **Sobre el quadre i armari**

  – Netejar els dispositius de tancament.
  – Netejar i greixar les frontisses.
  – Comprovar l'estanquitat de la porta del quadre, dels passacables, de les juntes, etc.
  – Netejar si és necessari.

2.3.2. Manteniment correctiu

El tècnic de manteniment preventiu és, en la majoria dels casos, el tècnic en el manteniment correctiu.

El **manteniment correctiu** és el que es desenvolupa en el moment de produir-se l'avaria, i consisteix en la reparació o substitució d'elements defectuosos.

Un dels objectius bàsics del manteniment correctiu és, sempre, intentar endarrerir al menys possible la posada en marxa de nou de la instal·lació després d'una avaria, ja que la tardança en la reparació afecta sempre negativament l'aspecte econòmic. És molt important, doncs, disposar ràpidament de tota la informació tècnica de la instal·lació, i tenir, en la mesura del possible, peces de substitució, per aconseguir minimitzar el temps de la reparació. Precisament la informació i l'estoc de peces són aspectes lligats directament amb el manteniment preventiu.

Algunes avaries clàssiques que afecten el manteniment correctiu són els curtcircuits, els defectes d'aïllament o les sobreintensitats. N'hi ha d'altres lligades amb les màquines que també són tractades en aquest tipus de manteniment:

- El motor no es posa en marxa, i les possibles causes poden ser:

  – Contactor defectuós.
  – Defectes en algun dispositiu del circuit de maniobra.
  – Circuit de potència sense tensió.

- Fallada en una o diverses fases; les causes poden ser:

  – Fusió dels fusibles o desconnexió del disjuntor.
  – Mal contacte elèctric d'algun conductor de l'alimentació de potència.

- Dificultats en el moment de l'engegada del motor; les causes poden ser:

  – Variació del valor de la tensió d'alimentació del circuit de potència.
  – Connexió incorrecta dels borns del motor després d'una reparació.

- El motor s'escalfa excessivament, i les causes poden ser:

  – Fallada en una de les fases.
  – Falta de refrigeració.
  – Control de velocitat incorrecte.

- Desconnexió de l'interruptor automàtic o disjuntor o fusió dels fusibles; les causes poden ser:

  – Curtcircuit en el circuit de potència.
  – Dispositiu de protecció amb un calibre incorrecte després d'una reparació.
  – Bobines del motor curtcircuitades.

- Pujada de la intensitat en el motor; les possibles causes poden ser:

  – Motor defectuós.
  – Motor sobrecarregat.
  – Fallada d'una fase d'alimentació.

Pràctiques d'automatismes rígids

Índex

Introducció 5

Resultats d'aprenentatge 6

1. Pràctiques d'automatismes cablats 7
1.1. Mecanització i muntatge d'un quadre d'automatismes 7
1.2. Interpretació d'esquemes 8
1.3. Connexió del circuit de maniobra i potència 8
1.4. Posada en marxa i comprovació de la instal·lació 9
1.5. Interpretació i seguiment d'avaries 9

Introducció

La unitat "Realitzacions pràctiques d'automatismes rígids" és de caràcter presencial perquè l'estudiant tingui l'oportunitat de fer muntatges pràctics i reals d'automatismes.

El tècnic en instal·lacions elèctriques i automàtiques ha d'assolir unes capacitats clau per desenvolupar la seva tasca en el món laboral. I dins d'aquestes capacitats hi ha les pròpies que afecten el muntatge i la connexió d'elements d'un automatisme cablat. Això implica la necessitat de tenir-hi un contacte real, manipulant elements i dispositius que formen part d'aquest tipus d'instal·lacions, per obtenir un mínim d'experiència que es considera imprescindible.

Els coneixements teòrics d'equips, dispositius, materials i normes relacionades amb automatismes cablats són bàsics per a la formació de qualsevol tècnic elèctric. Però l'aplicació d'aquests coneixements d'una manera correcta, amb un nivell de qualitat òptim i respectant les normes d'utilització, interpretació i seguretat són tan importants com l'adquisició d'aquests coneixements. Es justifica, doncs, aquesta unitat per aconseguir les habilitats de les capacitats adquirides de manera teòrica.

Us proposem una formació pràctica que dura deu hores per dur a terme tasques de muntatge i mecanització de quadres, muntatge de dispositius, interpretació d'esquemes i connexió pràctica d'instal·lacions automàtiques cablades, tenint com a referència totes les activitats proposades en les unitats anteriors.

Al final d'aquesta unitat, l'estudiant ha d'haver assolit les competències professionals bàsiques en automatització cablada perquè es pugui incorporar al món laboral dins d'aquest sector.

Resultats d'aprenentatge

En acabar la unitat, heu de ser capaços del següent:

1. Relacionar els diferents elements que configuren els automatismes elèctrics amb les funcions que realitzen.

2. Identificar els components i dispositius utilitzats en automatismes cablats i programables, a partir d'esquemes i documentació tècnica.

3. Diferenciar entre la part de comandament i la part de potència en automatismes cablats i programables, a partir d'esquemes i documentació tècnica.

4. Muntar quadres elèctrics fent totes les operacions mecàniques necessàries i de muntatge i connexió dels elements elèctrics, a partir de la documentació del projecte.

5. Verificar l'acabat correcte de quadres elèctrics construïts, tant en els aspectes mecànics com elèctrics.

6. Muntar tota la instal·lació elèctrica que complementa el quadre de comandament, a partir de la documentació del projecte.

7. Verificar el funcionament correcte del quadre de comandament connectat al sistema controlat, mitjançant proves funcionals especificades en la documentació del projecte.

8. Identificar els efectes de disfuncions i avaries en instal·lacions automàtiques.

9. Relacionar cada part de les instal·lacions automàtiques amb les funcions que hi tenen i els efectes observables en cas de mal funcionament.

10. Localitzar components o dispositius que són causa d'avaria.

11. Contrastar, en instal·lacions automàtiques, les observacions o mesures dutes a terme amb els paràmetres de bon funcionament.

1. Pràctiques d'automatismes cablats

Les feines del tècnic en instal·lacions elèctriques i automàtiques són, entre d'altres, el muntatge i la connexió d'un automatisme cablat. De la mateixa manera, s'encarrega directament de posar-lo en marxa i de fer-ne el manteniment, i també de detectar i reparar possibles avaries de mal funcionament. En aquesta unitat es plantegen una sèrie d'activitats que tenen com a objectiu posar en pràctica els coneixements adquirits en les unitats anteriors, amb vista d'assolir les habilitats pròpies d'aquests tipus de muntatges.

En els apartats següents s'expliquen de manera breu les diferents activitats pràctiques que s'han de dur a terme com a complement de la formació adquirida fins ara.

1.1. Mecanització i muntatge d'un quadre d'automatismes

Generalment una instal·lació bàsica d'automatismes cablats s'ubica en un quadre adient. Un pas previ seria triar de manera correcta el tipus de quadre segons la documentació tècnica quant a materials, mides, etc., que ha de facilitar el fabricant.

En la majoria dels casos, el quadre s'ha de preparar i adequar als components i al servei que ha de donar. S'ha de fer, doncs, un procés de mecanització que inclou les tasques següents:

- Prendre mesures exteriors, marcar i mecanitzar els components d'actuació, i senyalitzar i mecanitzar les entrades i sortides dels cables.

- Prendre mesures interiors, marcar i mecanitzar canals, guies metàl·liques, borns de connexió, etc.

- Distribuir i col·locar elements d'actuació, senyalització, components, dispositius de protecció i borns de connexió necessaris per fer l'automatisme.

S'han de fer servir de manera correcta les eines per poder mesurar, marcar, tallar, foradar i, en definitiva, adequar mecànicament el quadre. També és necessari l'aplicació de les mesures bàsiques de seguretat, tant actives com passives, en relació amb possibles riscos mecànics.

1.2. Interpretació d'esquemes

La interpretació correcta del esquemes de potència i maniobra és basic per fer el muntatge. En aquest sentit, el tècnic ha de fer el següent:

- Identificar els components i dispositius que intervenen en l'esquema de potència.

- Identificar els components i dispositius que intervenen en el circuit de maniobra.

- Identificar les línies dels esquemes que corresponen als cables i conductors.

Una proposta per a la interpretació i connexió posterior d'una aplicació poden ser diferents tipus d'arrencada de motors trifàsics, i en tot cas una aplicació en què es pot trobar el següent:

- Contactors de potència.
- Relés temporitzadors.
- Dispositius de protecció.
- Dispositius d'accionament com ara selectors i polsadors.
- Dispositius de senyalització.

En aquest apartat i en relació amb els esquemes, es proposa la realització de les taules amb les llistes de cables del circuit de potència i del circuit de maniobra. En aquestes llistes s'identifiquen les connexions amb el començament i el final de cada cable, i si és necessari s'identifica el born de connexió per a les connexions que han d'anar des de l'interior a l'exterior del quadre.

1.3. Connexió del circuit de maniobra i potència

Una vegada s'han interpretat els esquemes i s'han editat les llistes de cables, el tècnic està en disposició de començar el procés de connexió dels components. Prèviament, s'han de tenir a l'abast els conductors adequats en secció i colors d'aïllant per als circuits de maniobra i potència, i també les eines i utensilis necessàries com ara els següents:

- Pelacables.
- Tornavisos d'estrella amb les mides necessàries.
- Tornavisos plans amb les mides necessàries.
- Prensaterminals.
- Terminals.
- Etiquetes d'identificació de cables i components.

1.4. Posada en marxa i comprovació de la instal·lació

La posada en marxa de la instal·lació requereix una atenció especial per part del tècnic, que prèviament ha de tenir molt clar aspectes com ara els següents:

- La tensió d'alimentació necessària per al circuit de potència.
- La tensió d'alimentació necessària per al circuit de maniobra.
- La interpretació correcta del funcionament real de la instal·lació.
- Les actuacions correctes sobre els dispositius d'accionament perquè funcionin bé.

El procediment que s'ha de seguir per a la posada en marxa inclou:

1) Comprovar la connexió de tots els components.

2) Connectar els cables d'alimentació per a la maniobra i potència, sempre sense tensió.

3) Connectar les màquines al borns de connexió de sortida del quadre, sempre sense tensió.

4) Amb el circuit de potència sense tensió, donar tensió al circuit de maniobra i comprovar-ne el funcionament, tant en funcions bàsiques com l'actuació de contactors, com en funcions auxiliars com l'activació de les senyalitzacions.

5) Actuar sobre els dispositius de protecció i comprovar-ne el seu funcionament desconnectant i, si escau, senyalitzant.

6) Donar tensió al circuit de potència i maniobra i comprovar tota la instal·lació.

En tot moment s'han de tenir presents les normes bàsiques de seguretat i protecció en relació amb possibles riscos elèctrics.

1.5. Interpretació i seguiment d'avaries

Una vegada el tècnic ha posat en marxa la instal·lació, la seva tasca és fer-ne el manteniment i, si escau, localitzar possibles avaries i reparar-les.

La localització i reparació d'avaries s'associen amb la destresa i experiència del tècnic. En aquest apartat s'intenta que l'estudiant tingui la possibilitat d'enfrontar-se a una possible avaria com a part de la seva formació.

S'han de dur a terme les accions següents:

- Localitzar i reparar avaries en el circuit de potència o maniobra que tinguin com a conseqüència l'actuació d'algun dels dispositius de seguretat.

- Localitzar i reparar avaries com a conseqüència d'un mal funcionament provocat per una connexió incorrecta o un dispositiu defectuós.

- Posar en marxa la instal·lació amb el procediment correcte després d'haver reparat les avaries.

Automatització pneumàtica i electropneumàtica

Automatismes industrials

Índex

Introducció 7

Resultats d'aprenentatge 8

1. Generalitats dels sistemes pneumàtics i electropneumàtics 9
1.1. Sistema pneumàtic 10
1.2. Estructura d'un sistema pneumàtic bàsic 11
1.3. Compressors 12
1.3.1. Compressor d'èmbol 12
1.3.2. Compressor helicoïdal 13
1.3.3. Compressor multicel·lular 13
1.3.4. Compressor axial 14
1.4. Acumulador d'aire o dipòsit 14
1.5. Assecadors d'aigua 15
1.5.1. Aigua a l'aire comprimit 17
1.5.2. Punts d'evacuació de condensacions 20
1.6. Instal·lacions d'aire comprimit 20
1.6.1. Filtre d'aire 21
1.6.2. Regulador de pressió 22
1.6.3. Lubricant 23
1.6.4. Control de la unitat de manteniment 24
1.6.5. Vàlvula general del circuit 24
1.7. Electropneumàtica 25
1.7.1. Estructura d'un circuit electropneumàtic 26
1.7.2. Conceptes bàsics d'electricitat 27
1.8. Elements utilitzats en circuits electropneumàtics 27
1.8.1. El transformador elèctric 28
1.8.2. Polsadors, interruptors i selectors 28
1.8.3. Finals de cursa 29
1.8.4. Sensor de pressió 30
1.8.5. Sensor de làmines 31
1.8.6. Sensors de proximitat 31
1.8.7. Relés auxiliars 34
1.8.8. Temporitzadors 36
1.8.9. Comptadors 37
1.9. Simbologia elèctrica 38
1.10.Elements de seguretat elèctrica 39
1.10.1.Efecte del corrent elèctric en el cos humà 40
1.10.2.Dispositius per a la prevenció dels efectes de la intensitat 41

1.10.3.Panell de comandament 42

2. Actuadors i vàlvules 43
2.1. Cilindres 43
2.1.1. Cilindre d'efecte simple 43
2.1.2. Cilindre d'efecte doble 46
2.1.3. Càlculs de forces i pressió en cilindres 52
2.2. Vàlvules 56
2.2.1. Vàlvules distribuïdores 57
2.2.2. Vàlvules auxiliars 62
2.3. Simbologia pneumàtica 65
2.4. Electrovàlvules 69
2.4.1. Electrovàlvula 3/2 69
2.4.2. Electrovàlvula 5/2 70
2.5. Aparells de buit 70
2.5.1. Producció de buit mitjançant l'ús del venturi 72
2.5.2. Producció de buit mitjançant l'ús d'una bomba de buit 73
2.5.3. Ventoses 73

3. Muntatge i manteniment d'instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques 75
3.1. Desenvolupament de circuits pneumàtics 75
3.1.1. Cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 3/2 76
3.1.2. Cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 5/2 77
3.1.3. Cilindre d'efecte doble comandat per una vàlvula 5/2 78
3.1.4. Regulació de la velocitat d'un cilindre d'efecte simple 80
3.1.5. Regulació de la velocitat d'un cilindre d'efecte doble 82
3.1.6. Accionament indirecte d'un cilindre d'efecte doble 83
3.1.7. Posada en marxa d'un cilindre accionat per dos polsadors simultàniament 85
3.1.8. Retorn d'un cilindre en arribar al final del seu recorregut 87
3.1.9. Control d'un cilindre d'efecte doble amb aturada en qualsevol lloc del seu recorregut 88
3.2. Desenvolupament de circuits d'electropneumàtica 90
3.2.1. Control d'un cilindre mitjançant una electrovàlvula 91
3.2.2. Control d'un cilindre mitjançant polsadors en sèrie o paral·lel 93

3.2.3. Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula monoestable amb memorització de l'ordre donada 95
3.2.4. Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb memorització de la posició actual 97
3.2.5. Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb detecció del final del seu recorregut 99
3.2.6. Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb selecció de retorn instantani o temporitzat 101
3.2.7. Control de dos cilindres comandats per electrovàlvules biestables amb una seqüència simple de doblegament de peces 103

Introducció

L'aire comprimit és una de les fonts d'energia més antiga i sempre ha estat aprofitada per l'ésser humà en els seus treballs. Ja abans de Crist, el grec Ktesibios va construir una catapulta d'aire comprimit, però la utilització veritable i generalitzada de la pneumàtica és va iniciar quan es va fer imprescindible l'automatització dels processos de fabricació; en aquest sentit, la pneumàtica s'utilitza en diferents funcions com ara el transport i la manipulació, entre d'altres, ja que els actuadors, és a dir, els cilindres, que poden fer moviments lineals i rotatoris, i la resta de components, tenen un preu baix, són fàcils d'instal·lar i estan disponibles en mides molt variades.

La unitat "Automatització pneumàtica i electropneumàtica" està dissenyada per estudiar els principis de funcionament dels components electropneumàtics, la manera d'interconnectar-los i la seva aplicació en el desenvolupament d'aplicacions automatitzades.

La unitat "Autòmats programables" està temporitzada dintre del mòdul, de manera que abans s'han tractat tots els aspectes relatius a la mecanització i muntatge de materials i als sistemes de comandament elèctric, i així, després de treballar aquesta unitat didàctica, l'alumne disposarà d'una base solida per entendre millor les aplicacions dels autòmats programables.

En l'apartat "Generalitats dels sistemes pneumàtics i electropneumàtics" es descriuen els components que configuren la producció i el tractament de l'aire comprimit, que s'encarregaran de subministrar aire en condicions òptimes per a la resta de components distribuïts per la maquinària o instal·lació encarregats de dur a terme les tasques automatitzades.

En l'apartat "Actuadors i vàlvules" es descriuen els components que configuren les instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques, que són bàsicament els cilindres que fan els moviments i les electrovàlvules que s'encarreguen de controlar els moviments dels cilindres.

En l'apartat "Muntatge i manteniment d'instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques" s'estudien els circuits bàsics de pneumàtica i electropneumàtica, es fan el muntatge i les tasques de localització d'avaries, i s'analitza el comportament dels seus components i el funcionament global de la instal·lació.

Resultats d'aprenentatge

En acabar la unitat heu de ser capaços del següent:

1. Identificar els elements de les instal·lacions i dels equips mitjançant l'anàlisi dels plànols i dels esquemes i reconeixent els materials i els procediments previstos per tal d'establir la logística associada al muntatge i al manteniment.

2. Dissenyar esquemes dels circuits i plànols de la seva situació usant mitjans i tècniques de dibuix i representació simbòlica normalitzada per tal de configurar i calcular la instal·lació o l'equip.

3. Identificar i marcar la posició dels elements de la instal·lació o de l'equip i l'esquema dels circuits relacionant els plànols amb la documentació tècnica amb la seva ubicació real per tal de replantejar-se la instal·lació.

4. Ubicar i fixar els equips i els elements auxiliars d'instal·lacions i xarxes, infraestructures i màquines interpretant els plànols i els esquemes per muntar i mantenir equips i instal·lacions.

5. Connectar els equips i elements auxiliars d'instal·lacions, xarxes, infraestructures i màquines mitjançant tècniques de connexió i empalmament, d'acord amb els esquemes de la documentació tècnica, per muntar i mantenir equips i instal·lacions.

6. Analitzar i localitzar els efectes i les causes de mal funcionament o avaria a les instal·lacions i equips usant aparells de mesura i interpretant-ne els resultats per fer les operacions de manteniment i reparació que calgui.

1. Generalitats dels sistemes pneumàtics i electropneumàtics

Els circuits pneumàtics fan els moviments mitjançant l'acció de l'aire, i aquest element té unes característiques que en faciliten l'ús, entre les quals destaquem:

- Abundant: l'aire està disponible en qualsevol lloc i en quantitats pràcticament il·limitades.
- Transport: l'aire comprimit és molt fàcil de transportar mitjançant l'ús de canonades. No li cal canonada de retorn.
- Emmagatzematge: el compressor és l'element que ens subministra l'aire a pressió i no cal que estigui sempre en funcionament. Podem emmagatzemar l'aire en un dipòsit i fer-ne ús quan calgui.
- Temperatura: els sistemes pneumàtics són pràcticament insensibles als canvis de temperatura, la qual cosa ens permet treballar amb temperatures extremes.
- Antideflagrant: amb l'ús d'aire comprimit en una instal·lació, no tenim el perill d'incendi ni d'explosió. Una mateixa instal·lació pot funcionar en qualsevol ambient, fins i tot en zones EX (zones amb risc d'incendi o d'explosió) sense cap sobrepreu.
- Net: l'aire és una font d'energia neta. En cas de fuites, no implica que s'embruti l'entorn de treball i, per tant, no ha hi problemes de seguretat. Tot el contrari passa amb la hidràulica: si hi ha una fuita hi pot haver perill d'incendi i de seguretat (relliscades).
- Constitució: en treballar amb pressions baixes, la constitució dels elements pneumàtics és senzilla, per la qual cosa tenen un preu barat.
- Velocitat: la pneumàtica s'utilitza per fer moviments ràpids; això comporta que el seu rendiment sigui molt alt. Podem arribar a aconseguir velocitats de fins a 2 m/s.
- Sobrecàrregues: els elements pneumàtics i les eines els podem sobrecarregar fins a aconseguir que s'aturin. Suporten molt bé les sobrecàrregues.

Però també podem destacar alguns inconvenients com ara:

- Preparació: quan agafem l'aire de l'atmosfera, està brut i amb humitat; l'hem de netejar i treure tota la humitat per tal que no espatlli els components pneumàtics.

- Compressible: un desavantatge de l'aire comprimit respecte a d'altres sistemes és la comprensibilitat. Això implica que no és un sistema adequat per aconseguir velocitats constants i uniformes.

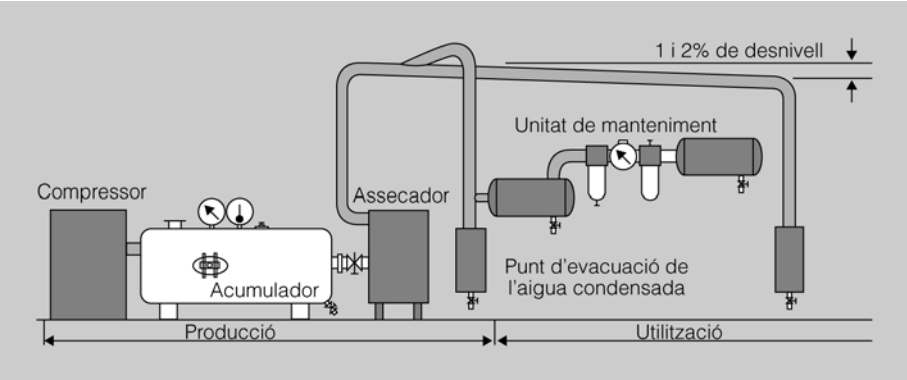
- Força: la força d'un sistema pneumàtic està condicionada per la pressió de treball. Si volem molta força, hem de treballar amb secció de cilindres molt grans. En aquest cas és més fàcil treballar amb sistemes hidràulics, ja que treballen amb pressions més grans, la qual cosa permet que els cilindres siguin més petits.

- Escapament: l'aire, una vegada s'ha utilitzat, surt del cilindre a través de l'escapament de la vàlvula de control, i això provoca un soroll considerable, tot i que cada vegada es milloren els materials que insonoritzen.

1.1. Sistema pneumàtic

Un sistema pneumàtic bàsic es compon de dos subsistemes, el de la producció de l'aire comprimit, que és comú a tots els circuits pneumàtics, i el d'utilització; i n'hi haurà tants com circuits pneumàtics. En la figura 1 podeu veure un exemple amb els components dels dos subsistemes d'una instal·lació pneumàtica.

Figura 1. Subsistemes d'una instal·lació pneumàtica (producció i utilització)



Perquè una instal·lació pneumàtica funcioni bé és necessari el següent:

- Que la pressió de treball sigui la més adient a la feina que s'ha de desenvolupar.
- Que l'aire estigui sec i molt net.

Per aconseguir això en una instal·lació industrial, l'hem de tenir molt ben condicionada i hem d'utilitzar els elements següents:

- Elements comuns a tota la instal·lació (producció):

  – Filtre d'aspiració. Es trobarà al començament de la instal·lació i s'encarregarà de treure la brutícia més grossa.

  - Compressor. És l'encarregat d'agafar l'aire a pressió ambiental i pujar-lo a la pressió de treball. El mourà un motor elèctric o un motor d'explosió.
  - Acumulador d'aire. Servirà per emmagatzemar l'aire comprimit que produeix el compressor i compensarà les oscil·lacions de pressió que hi hagi al circuit pneumàtic.
  - Assecador. És l'encarregat de treure la major part de l'aigua que està vaporitzada a l'aire.
  - Punts d'evacuació de condensacions. Aquests punts serveixen per extreure dels tubs l'aigua que hi quedi condensada.

- Elements en punts de treball (utilització):

  - Filtre d'aire amb separador d'aigua. Té com a objectiu acabar de netejar l'aire abans que entri als circuits pneumàtics d'utilització.
  - Regulador de pressió. L'aire que arriba de l'acumulador normalment estarà a una pressió entre 7 i 10 bars; el regulador de pressió s'encarrega d'abaixar aquesta pressió a la de treball de la instal·lació, que estarà a l'entorn dels 6 bars.
  - Lubrificant. S'utilitza per posar microgotes d'oli dins del circuit pneumàtic per tal de lubricar-ne les parts mòbils.

1.2. Estructura d'un sistema pneumàtic bàsic

Un sistema pneumàtic bàsic es pot dividir en cinc parts. En la figura 2 podeu veure representades aquestes parts amb els elements que les configuren i els símbols corresponents.

- Font d'energia. És l'alimentació pneumàtica a tot el sistema amb els elements condicionadors de l'aire com ara el filtre d'aire, el regulador de pressió i el lubrificant.

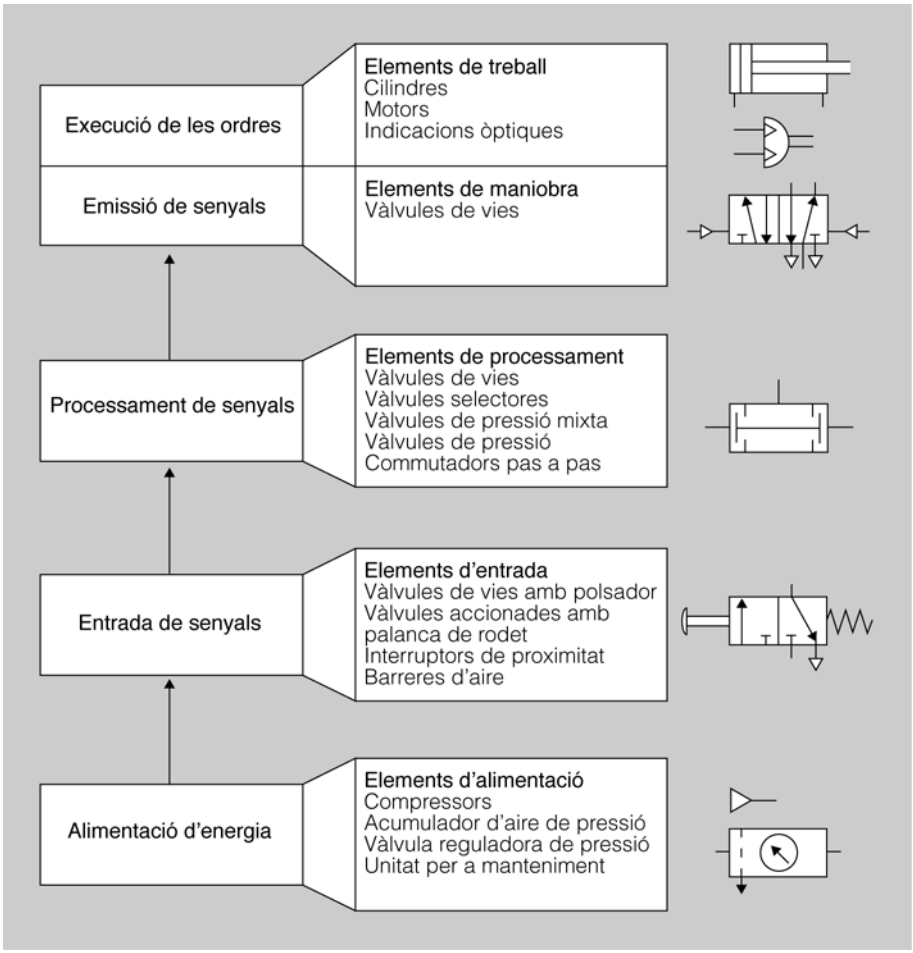
- Senyals d'entrada. A aquest grup pertanyen tots els elements que donaran ordres i informació al sistema, com ara polsadors, finals de cursa, etc.

- Processament de senyals. Són els elements que agafen els senyals d'entrada i els combinen de manera adient per tal d'obtenir el funcionament desitjat. Vàlvules en sèrie, en paral·lel, temporitzadors, etc.

- Elements de control final. Són les vàlvules a les quals arribarà el processament de senyals i que controlen de manera directa els elements actuadors.

- Elements actuadors. Són els elements que transformen l'energia pneumàtica en energia mecànica. Pertanyen a aquest grup els cilindres i el motors.

Figura 2. Estructura d'un sistema pneumàtic



1.3. Compressors

Per poder aconseguir l'aire comprimit es necessita un compressor. Les característiques principals d'un compressor són el cabal d'aire i la pressió que pot subministrar. Hi ha diferents tipus de compressor i, depenent de les necessitats de la instal·lació, cal fer l'elecció més adient.

- Compressor d'èmbol.
- Compressor helicoïdal.
- Compressor multicel·lular.
- Compressor axial.

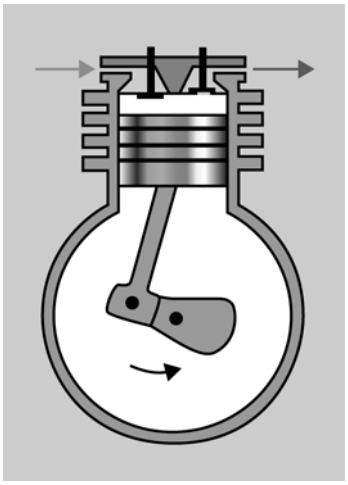
1.3.1. Compressor d'èmbol

El compressor d'èmbol (figura 3) es compon de les vàlvules d'admissió i escapament, és a dir, èmbol i biela. És un tipus de compressor molt utilitzat ja que la seva gamma cobreix un marge de pressions ampli.

El funcionament del compressor d'èmbol és el següent: la biela gira en el sentit de les agulles del rellotge i fa que l'èmbol baixi; llavors s'obre la vàlvula

d'admissió, amb la qual cosa l'aire entra dins de la cambra; a continuació l'èmbol puja i es tanca la vàlvula d'admissió i s'obre la vàlvula d'escapament i, d'aquesta manera, l'aire surt del compressor i s'anirà acumulant al dipòsit alhora que n'augmenta la pressió. En la figura 3 podeu veure la representació d'un compressor d'èmbol.

Figura 3. Compressor d'èmbol



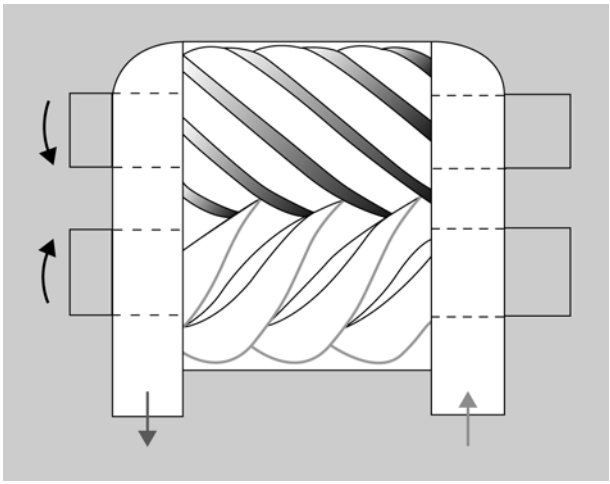
La pressió que dóna és de 6 bars si és compressor d'una etapa i 15 bars si és de dues etapes. Un compressor de dues etapes fa una primera compressió i després agafa l'aire comprimit i fa una segona compressió.

Hi ha un tipus de compressor que és d'èmbol amb membrana. En aquest tipus, la cambra de compressió està separada de l'èmbol mitjançant una membrana. Això evita que la brutícia que pugui arrossegar l'èmbol entri al circuit d'utilització de l'aire. Es fa servir molt en la indústria farmacèutica i química.

1.3.2. Compressor helicoïdal

El compressor helicoïdal té dos cargols sense fi helicoïdals que giren sobre si mateixos a gran velocitat i això provoca que l'aire sigui transportat de l'entrada al dipòsit. La pressió que dóna està a l'entorn de 10 bars. En la figura 4 podeu veure la representació d'un compressor helicoïdal.

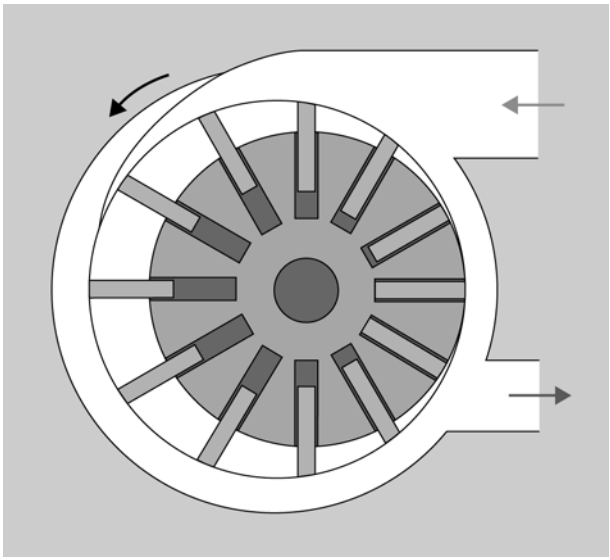
Figura 4. Compressor helicoïdal



1.3.3. Compressor multicel·lular

El compressor multicel·lular té un rotor excèntric sobre el qual hi ha unes ranures on se situen unes xapes que quan gira el rotor rellisquen dins de les ranures; aquestes xapes divideixen la cambra de compressió en cèl·lules tancades, i l'aire es comprimeix quan en girar el rotor es redueix el volum de la cèl·lula. La pressió que dóna és de 4 bars si el compressor és d'una etapa i 8 bars si és de dues etapes. En la figura 5 podeu veure la representació d'un compressor multicel·lular.

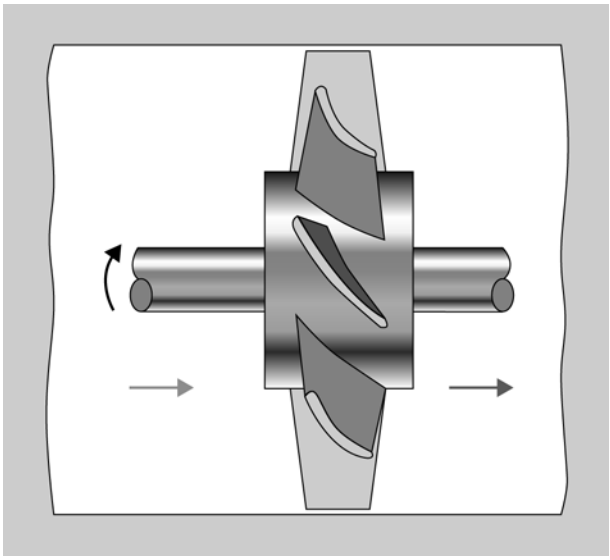
Figura 5. Compressor multicel·lular



1.3.4. Compressor axial

El compressor axial funciona com una mena de ventilador: en girar l'eix, per l'efecte de les pales, l'aire entra per l'esquerra i crea una energia cinètica que, quan es troba en el dipòsit, es transforma en pressió. La pressió que dóna és de 6 bars. En la figura 6 podeu veure la representació d'un compressor axial.

Figura 6. Compressor axial



1.4. Acumulador d'aire o dipòsit

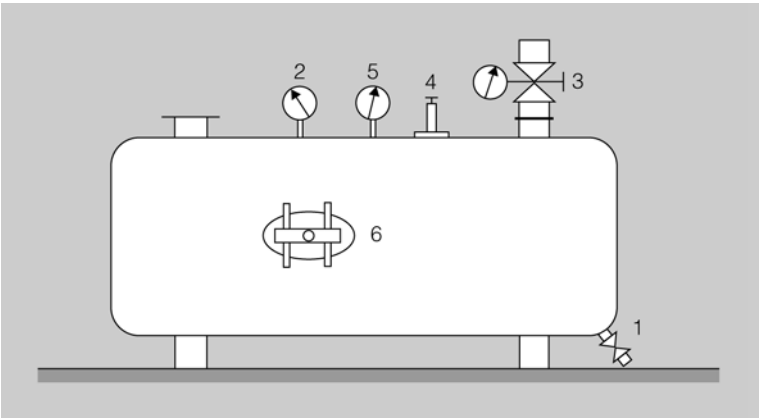
L'acumulador d'aire emmagatzema l'aire comprimit que subministra el compressor i la seva finalitat principal és la d'alimentar i adaptar el cabal del compressor al consum de la xarxa pneumàtica.

Es pot col·locar verticalment o horitzontalment, però ha d'estar allunyat de tota font de calor per evitar que les seves parets puguin facilitar la condensació del vapor d'aigua que procedeix del compressor.

En la figura 7 podeu observar els diferents components que configuren un dipòsit, que són:

1) Una aixeta de purga per buidar l'aigua que es condensi dins.
2) Un manòmetre.
3) Una vàlvula de tancament de sortida d'aire.
4) Una vàlvula de seguretat.
5) Un termòmetre.
6) Una porta per poder inspeccionar l'interior.

Figura 7. Parts de l'acumulador d'aire



1.5. Assecadors d'aigua

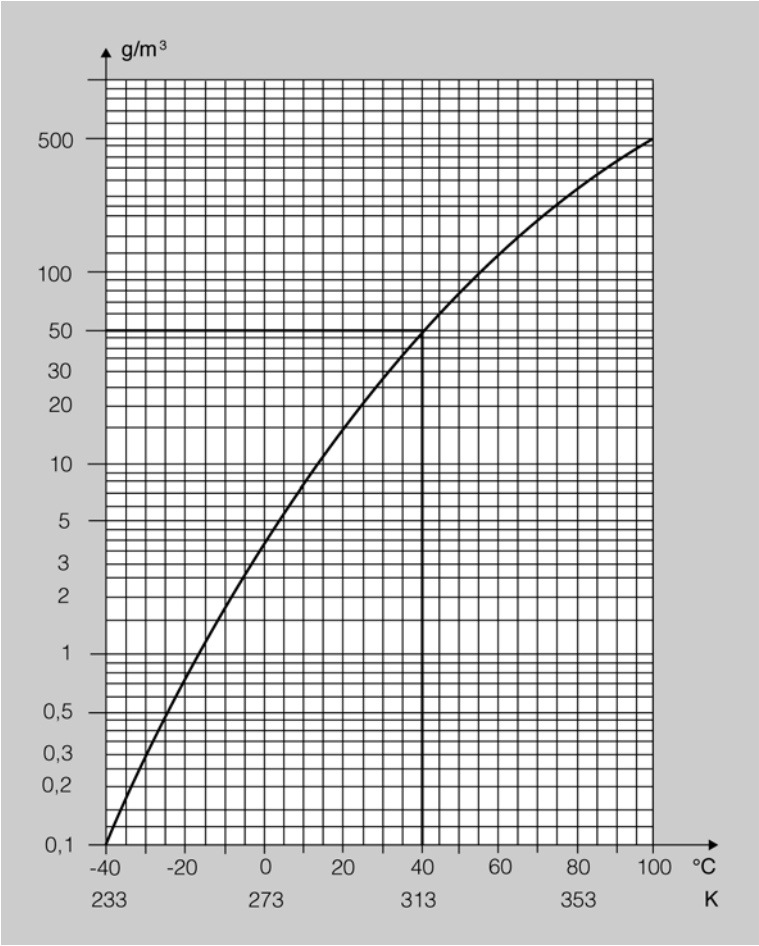
Per tal que una instal·lació pneumàtica funcioni bé és molt important treure tot el vapor d'aigua que porta l'aire.

La quantitat de **vapor d'aigua** que conté una mostra d'aire es mesura en tant per cent i es diu que és la humitat relativa (HR). Aquest percentatge és la proporció de vapor d'aigua que conté l'aire sobre el màxim que pot contenir quan l'aire es troba a una temperatura determinada.

En la figura 8 podeu comprovar que si la temperatura de l'aire augmenta, l'aire és capaç de mantenir més quantitat d'aigua en suspensió. Això ens dóna la idea que només refredant l'aire aconseguirem treure'n part de la humitat.

En el gràfic de la figura 8 podeu veure la màxima quantitat d'aigua (HR = 100%) que pot mantenir l'aire en suspensió per cada metre cúbic.

Figura 8. Gràfic de la humitat absoluta per metre cúbic d'aire



En el cas marcat en la figura 8, si teniu una temperatura de l'aire de 40 °C, la màxima quantitat de vapor d'aigua per metre cúbic d'aire que es pot mantenir en suspensió és de 50 g/m^3 (100% HR).

Vegem un exemple del càlcul de la quantitat d'aigua que s'ha de treure d'un sistema pneumàtic. Suposeu que tenim un sistema de generació d'aire amb les dades següents:

- Total d'aire aspirat: 600 m^3/hora.
- Temperatura de l'aire: 40 °C.
- Humitat relativa de l'aire: 60%.

Amb aquestes dades, calcularem la quantitat d'aigua que traurem de l'aire per cada hora de funcionament.

$$\text{Humitat absoluta} = \frac{\text{Humitat relativa} \times \text{grau de saturació}}{100}$$

$$\text{Humitat absoluta} = \frac{60 \times 50\ \text{g/m}^3}{100} = 30\ \text{g/m}^3$$

Amb una quantitat de 600 m^3/hora la humitat absoluta per hora serà,

$$\text{Humitat absoluta total} = 30\ \text{g/m}^3 \times 600\ \text{m}^3/\text{hora} = 18.000\ \text{g/hora}$$

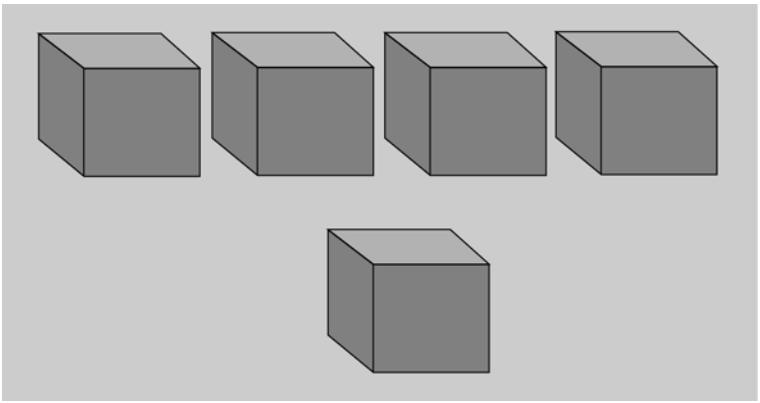
Això vol dir que si no posem cap sistema per treure la humitat, ens trobaríem que cada hora entrarien a la nostra instal·lació pneumàtica 18 litres d'aigua, i això crearia un gran perjudici als cilindres i a les vàlvules.

1.5.1. Aigua a l'aire comprimit

En la figura 9 podeu veure representats quatre cubs; cada un representa un metre cúbic d'aire a pressió atmosfèrica i a una temperatura de 40 °C amb una humitat relativa del 50%, en què la humitat per m^3 al 100% seria de 50 g; com que la que tenim al cub és del 50%, és a dir, la meitat del 100%, vol dir que a cada cub tenim 25 g d'aigua, és a dir, la meitat de 50 g.

Si comprimim els quatre cubs en el volum d'un de sol, és a dir, en un metre cúbic, tindrem 100 g d'aigua vaporitzada, però com que per cada metre cúbic a 40 °C només hi pot haver en suspensió 50 grams d'aigua, vol dir que els 50 g que sobren es decantaran en forma de gotes d'aigua. D'això deduïm que només en fer la compressió de l'aire ja estem traient part de la humitat que porta, i com que aquest aire comprimit va al dipòsit, la humitat convertida en aigua es traurà del dipòsit mitjançant l'aixeta de purga.

Figura 9. Compressió de l'aire



Tot això ens fa veure la necessitat de posar a les instal·lacions pneumàtiques algun sistema que de manera general tregui la major part de la humitat que porta l'aire.

Els sistemes més utilitzats són:

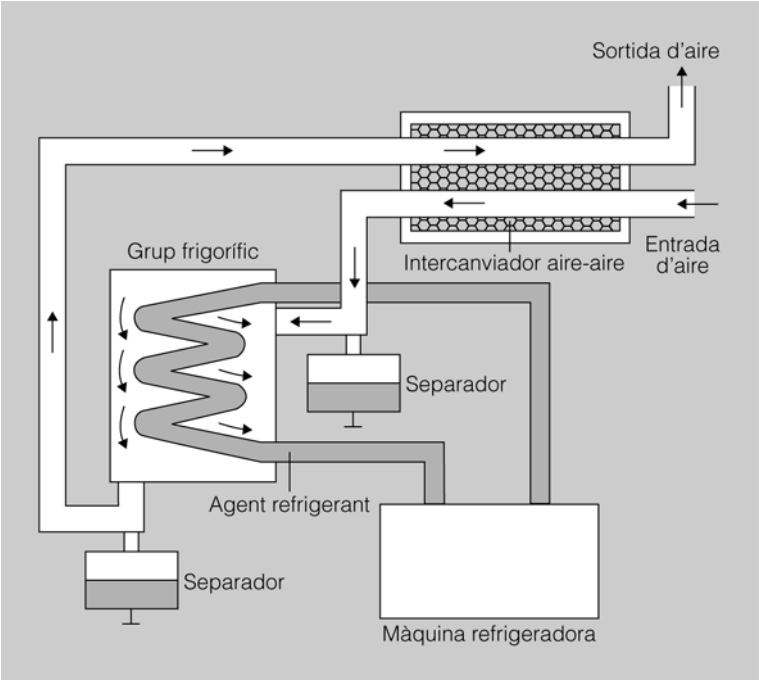
- Assecat per refredament.
- Assecat per absorció.
- Assecat per adsorció.

Assecat per refredament

Si es refreda l'aire baixa la quantitat d'aigua vaporitzada que aquest pot contenir en suspensió. En la figura 10 podeu veure representat un sistema d'assecat per refredament.

L'assecat per refredament és el sistema d'assecat d'aigua que més s'utilitza, és molt fiable i té un cost de manteniment baix. L'aire és refredat fins a temperatures inferiors al punt de condensació i la humitat és liquada i recollida en un recipient separador.

Figura 10. Assecat per refredament

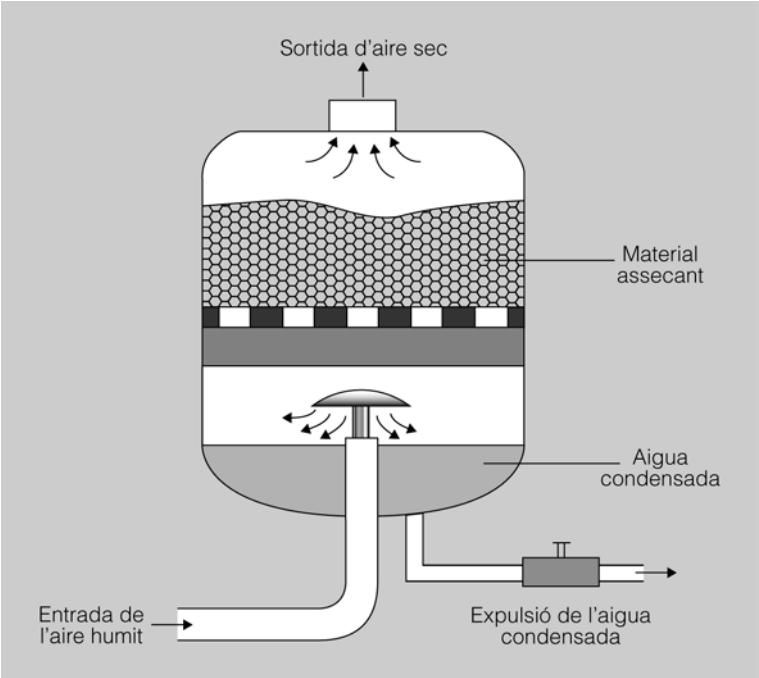


Assecat per absorció

La instal·lació d'un sistema d'assecat per absorció és molt senzilla i, com que no consta de peces mòbils, té poc desgast mecànic però un cost de funcionament alt: necessita una substància assecant que es consumeix amb l'ús i s'ha de canviar de 2 a 4 vegades l'any.

En la figura 11 teniu representat un sistema d'assecat per absorció, i podeu veure que l'aire arriba per sota i xoca amb una placa desviadora que fa una primera separació entre aigua i aire. Quan el vapor d'aigua entra en contacte amb la substància assecant, s'hi combina químicament i es desprèn com una mescla d'aigua i de substància assecant. El sistema disposa d'una aixeta per poder treure l'aigua condensada.

Figura 11. Assecat per absorció

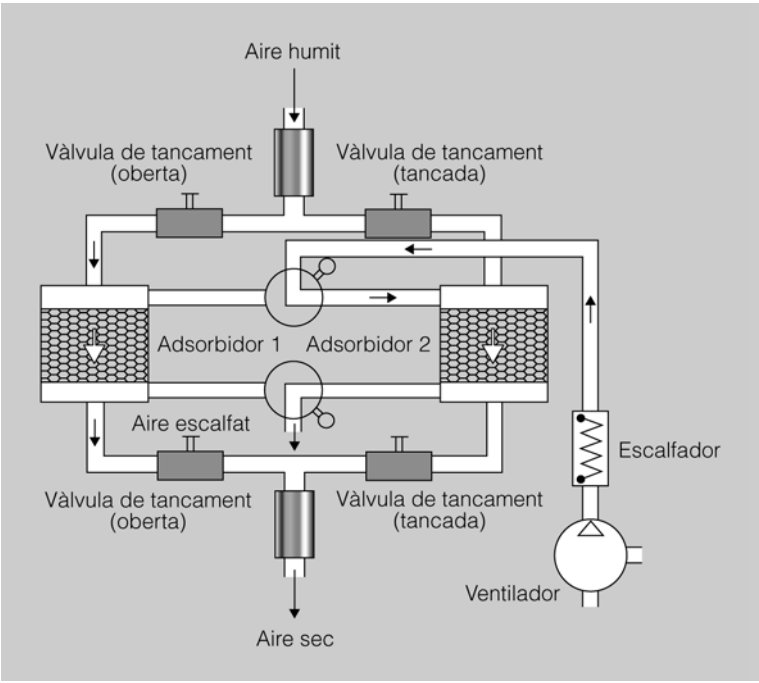


Assecat per adsorció

En l'assecat per adsorció l'aire passa a través d'una matèria porosa que adsorbeix la humitat.

En la figura 12 podeu veure representat un sistema d'assecat per adsorció. El sistema té dos elements de treball perquè quan un d'aquests elements se satura, s'ha de netejar amb aire calent i mentre té lloc l'operació de neteja l'aire d'utilització pot circular per l'altre element sense que s'hagi d'aturar el funcionament del sistema.

Figura 12. Assecat per adsorció



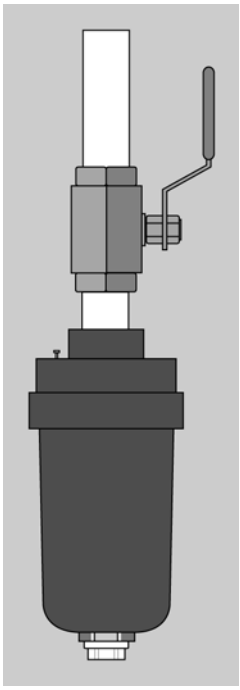
1.5.2. Punts d'evacuació de condensacions

Tot i que el sistema d'extracció de l'aigua de la instal·lació sigui eficient, sempre hi pot haver condensació d'aigua als tubs a causa de la temperatura exterior. Per tal d'eliminar l'aigua condensada es necessiten els anomenats **punts d'evacuació de condensacions**.

Aquests punts d'evacuació de l'aigua condensada s'introdueixen verticalment al final d'una derivació de la xarxa general i, per aconseguir que funcionin bé, la instal·lació de la canonada ha de tenir una inclinació entre l'1 o el 2% en el sentit de circulació de l'aire comprimit; això fa que es faciliti la circulació de les impureses cap als punts d'evacuació de les condensacions.

En la figura 13 teniu representat un element d'evacuació d'aigua condensada.

Figura 13. Punt d'evacuació de l'aigua condensada



Cada cert temps, s'ha de tancar la clau que està per damunt del punt d'evacuació, i també s'ha de treure el tap que hi ha sota; amb aquesta operació es buida l'aigua que hi ha acumulada. Una vegada que s'ha buidat, es posa de nou el tap i s'obre la vàlvula. Alguns punts d'evacuació de les condensacions són manuals, i altres són automàtics –porten una boia que detecta quan hi ha aigua i la buida de manera automàtica.

1.6. Instal·lacions d'aire comprimit

Moltes vegades, es fan les instal·lacions d'**aire comprimit en línia oberta**; això pot ser operatiu en instal·lacions petites en què la longitud del circuit general d'aire és petita i el consum d'aire és baix.

Si la instal·lació està formada per trams de canonades llargues, ens podem trobar amb una desigualtat de pressions que serà molt més gran com més allunyats estiguin dels punts d'utilització; això és degut al fet que hi ha pèrdues de pressió.

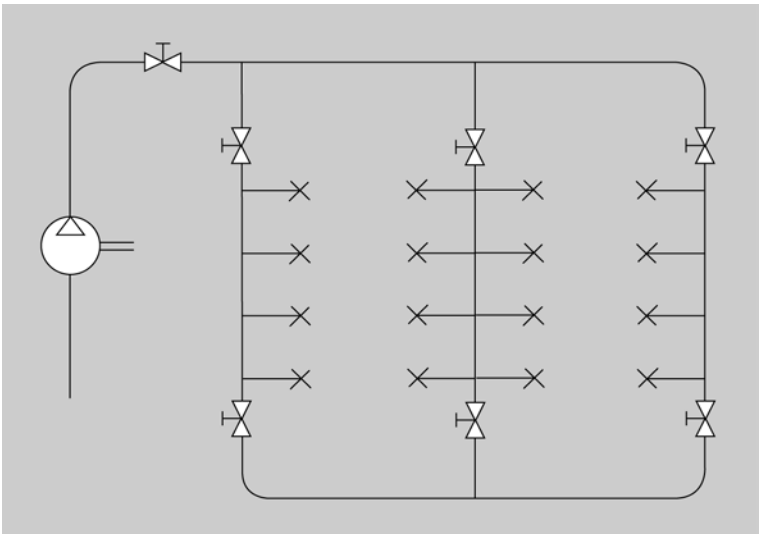
En la figura 14 podeu veure l'esquema d'una instal·lació d'**aire comprimit en línia tancada o d'anell**: aquesta disposició fa que la pressió estigui molt igualada en tots els punts d'utilització, representats per les creus en la figura 14.

En cada punt d'utilització s'ha de posar una unitat de manteniment o de condicionament. Tot i que s'ha fet un condicionament general de l'aire, sempre hi ha impureses i aigua que pot arribar als elements de treball (cilindres i vàlvules) i provocar-ne, amb el temps, un mal funcionament. Per evitar això, cada màquina ha de tenir:

- Filtre d'aire.
- Regulador de pressió.

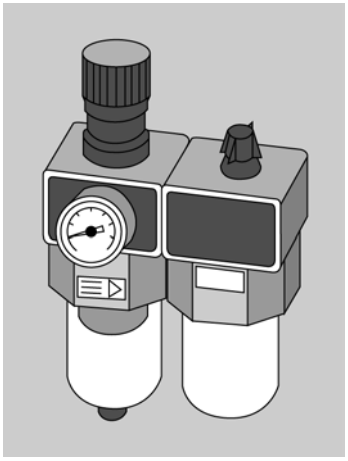
- Lubricant.
- Vàlvula general del circuit (si cal, pot ser una vàlvula d'arrencada progressiva).

Figura 14. Distribució de l'aire comprimit en anell



En la figura 15 podeu veure una unitat de manteniment amb els seus components i a la qual es pot afegir una vàlvula general de buidatge del circuit.

Figura 15. Unitat de condicionament



1.6.1. Filtre d'aire

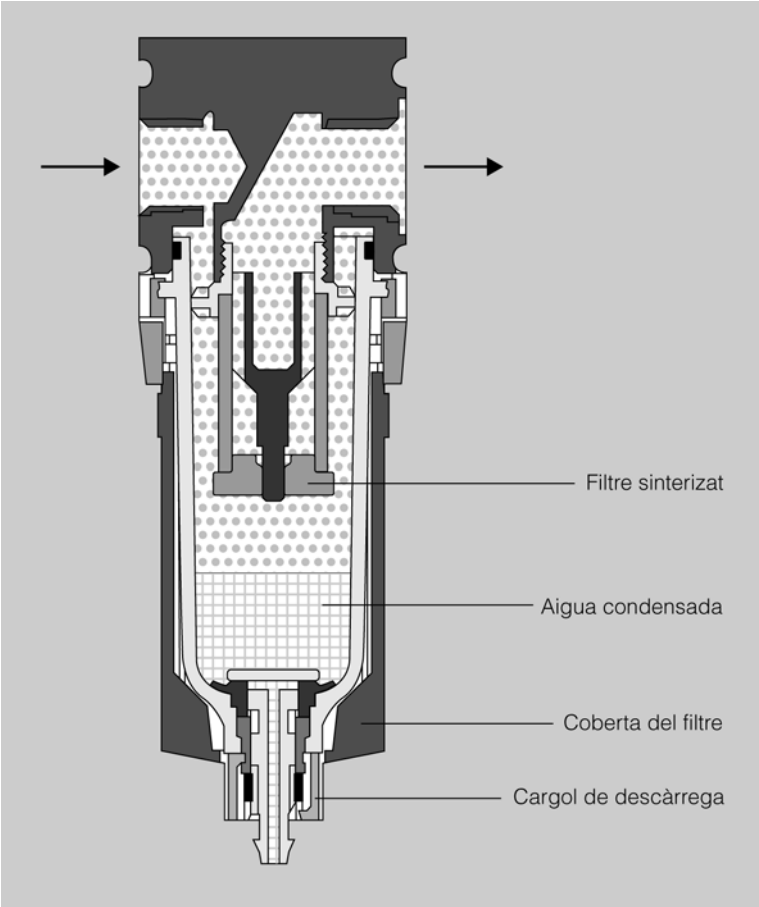
L'aigua condensada i les impureses que porta l'aire poden provocar que hi hagi una corrosió en les parts metàl·liques dels circuits pneumàtics i un desgast prematur de les parts mòbils i les juntes de les vàlvules.

La qualitat de l'aire que se subministra al circuit dependrà, en gran mesura, que estigui instal·lat el filtre adient. El paràmetre característic d'un filtre és l'amplitud dels porus, i acostuma a estar entre 5 i 40 μm.

El filtre reté tant la pols com l'aigua que encara pugui portar l'aire; aquesta aigua s'acumularà a la paret baixa del filtre. S'ha de tenir molta cura que l'aigua acumulada no arribi al nivell màxim del filtre, ja que en aquest cas l'aigua es mesclaria amb l'aire i seria introduïda dins del circuit pneumàtic amb el perjudici consegüent.

L'evacuació de l'aigua es pot fer manualment amb una aixeta o de manera automàtica amb una boia. En la figura 16 podeu veure la constitució d'un filtre d'aire; fixeu-vos que a sota hi ha un dispositiu que, en prémer-lo, buidarà l'aigua que hi hagi acumulada.

Figura 16. Filtre d'aire



1.6.2. Regulador de pressió

Als punt de consum d'aire no arriba una pressió constant, ja que a causa del consum general d'aire hi ha moltes oscil·lacions de pressió. Perquè el nivell de pressió no canviï i sigui constant, s'ha de col·locar un regulador de pressió que manté constant la pressió en el circuit d'utilització de manera independent a la pressió en el circuit general. Partint d'una pressió general, el regulador de pressió l'abaixa i la manté estable, però en cap cas no pot apujar-la. Normalment regularà la pressió de treball a uns 6 bars.

La posició del regulador de pressió en la unitat de manteniment és darrere del filtre.

La vàlvula reguladora més utilitzada és la de tres vies. Aquesta vàlvula reguladora té una connexió d'entrada, una de sortida i un escapament, i el seu mode de funcionament és el següent:

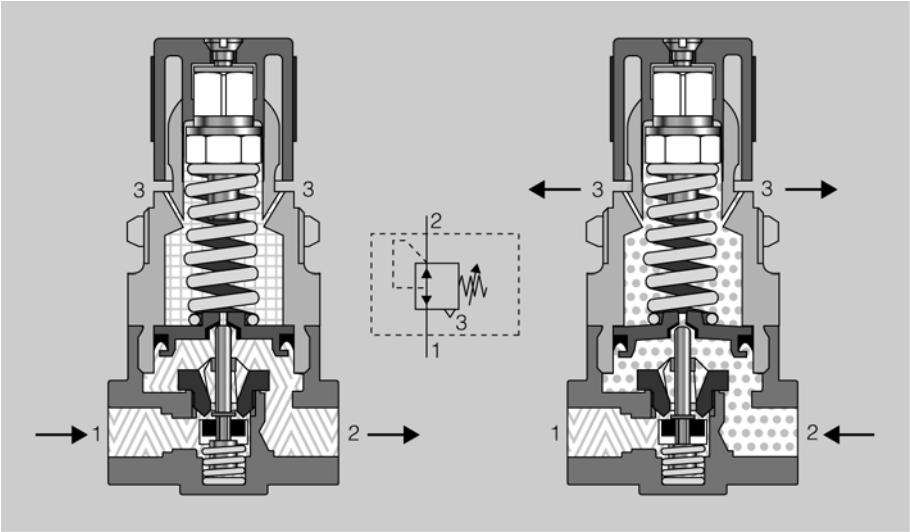
- La pressió d'entrada és regulada mitjançant una membrana.
- La pressió de sortida actua sobre un costat de la membrana, mentre per l'altre costat actua una molla.

- La força d'aquesta molla es pot regular i serà la que faci que la pressió d'utilització sigui la que volem.
- La membrana s'obrirà i es tancarà segons les necessitats del circuit.
- A la sortida del regulador hi ha un manòmetre per conèixer la pressió que tenim al circuit d'utilització.

En la figura 17 podeu veure al dibuix de la dreta com actua el regulador si hi ha una sobrepressió; observeu que la sobrepressió apareix per l'escapament de la del regulador de pressió.

Podeu veure el funcionament d'un regulador de pressió en l'espai de l'"Aula".

Figura 17. Regulador de pressió



1.6.3. Lubricant

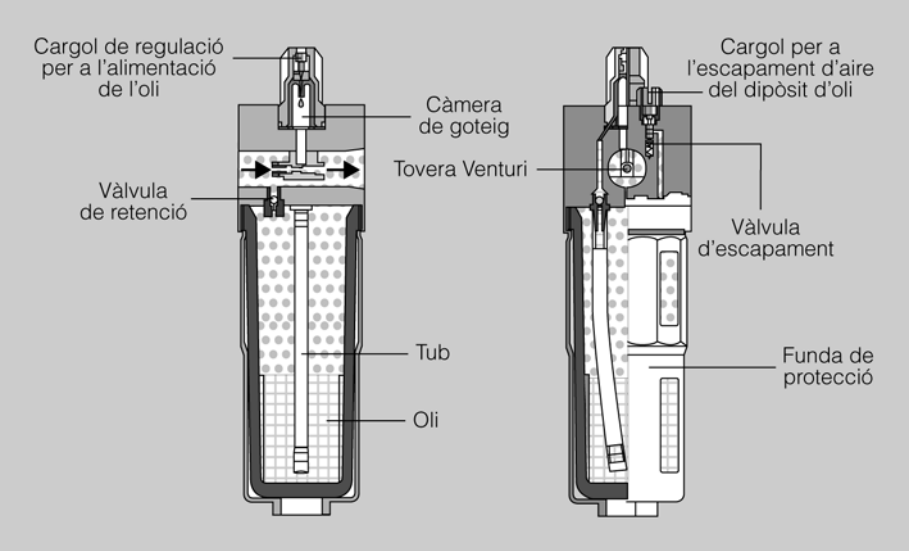
El lubricant mescla amb l'aire micropartícules d'oli per tal de lubricar les parts mòbils dels cilindres i vàlvules. En la figura 18 podeu veure com l'aire passa a través d'una estrangulació, i llavors es crea l'efecte Venturi i es fa el buit. Aquest procés provoca que es xucli l'oli a través d'una canonada connectada a un dipòsit. L'oli arriba a una cambra de degoteig on es polvoritza i es mescla amb l'aire.

La lubricació d'aire s'ha de limitar només als elements als quals els faci falta, i no s'han de lubricar els cilindres previstos de juntes resistents a la calor.

L'aire a pressió s'ha de lubricar en els casos següents:

- Quan es treballa amb cilindres amb velocitat gran.
- Quan s'utilitzen cilindres de molt diàmetre. En aquest cas es recomana posar el lubricant just abans del cilindre.
- Si lubriquem una instal·lació ja no podrà tornar a funcionar sense lubricar, ja que la lubricació que porten de fabrica les vàlvules i els cilindres s'haurà desfet.

Figura 18. Lubricant



1.6.4. Control de la unitat de manteniment

Els aspectes que hem de tenir en compte de la unitat de manteniment són els següents:

- **Filtre d'aire.** Hem de controlar regularment el nivell d'aigua condensada perquè mai no arribi al seu nivell màxim. A més, si veiem que a la sortida de la unitat de manteniment baixa el cabal, potser perquè el filtre d'aire està brut, en aquest cas, s'ha de procedir a netejar-lo o substituir-lo.

- **Regulador de pressió.** En principi sempre que davant del regulador de pressió hi hagi el filtre, no caldrà fer-ne cap manteniment.

- **Lubricant**. És necessari controlar el nivell d'oli i, si cal, omplir-lo. Només es podran utilitzar olis minerals.

1.6.5. Vàlvula general del circuit

La unió de la unitat de manteniment amb el circuit d'utilització es fa mitjançant una vàlvula general. Aquesta vàlvula té dos objectius:

- Tallar o donar pressió al circuit d'utilització.
- Al mateix temps que talla la pressió, buida l'aire que hi ha al circuit d'utilització i el deixa sense pressió.

Hi ha vegades que s'utilitza una vàlvula 2/3 normal i d'altres que per seguretat es posa una vàlvula d'arrencada progressiva. Amb una vàlvula nor-

mal, en donar pressió al circuit d'utilització, la pressió total arriba de sobte, la qual cosa pot fer que els elements actuadors facin moviments molt ràpids i bruscos que poden fer perillar la integritat física de les persones i de la màquina. Quan vulguem que la pressió arribi a poc a poc, s'utilitzarà la vàlvula d'arrencada progressiva.

1.7. Electropneumàtica

L'electropneumàtica és només l'aplicació conjunta de dues tècniques de treball i comandament, que són la pneumàtica i l'electricitat.

En una instal·lació electropneumàtica us trobareu dues parts:

- La **part pneumàtica**, que estarà limitada als components de potència, és a dir, els actuadors.

- La **part elèctrica**, que serà la que utilitzarem per fer el comandament i control de la part pneumàtica.

El control d'un circuit electropneumàtic és pot fer de dues maneres: treballant amb **lògica cablada** o treballant amb **lògica programada** mitjançant un PLC.

L'ús de l'electricitat aplicada a la pneumàtica fa que els controls electropneumàtics siguin molt fiables, de baix manteniment, i que tinguin molta flexibilitat i rapidesa quan hem de fer canvis en el seu funcionament. Tot això fa que la seva implantació en l'àmbit industrial hagi estat molt alta i que la pneumàtica convencional quedi relegada a aplicacions molt específiques, sobretot en zones EX (zones amb risc d'incendi o explosió).

En un circuit electropneumàtic us podeu trobar amb dos tipus de senyals:

- Analògics: és un tipus de senyal que ens pot donar molts valors d'una variable. Per exemple, podem tenir un sensor analògic que quan detecti una peça, no solament ens detecti la presència de la peça, sinó que ens en digui l'alçada. Si tenim una electrovàlvula analògica, podem fer que estigui tancada o oberta un 5%, 10%, 30%, 40% o qualsevol altre valor.

- Digitals: és un tipus de senyal que només ens donarà una informació de dos valors (0 i 1). Per exemple, podem tenir un sensor digital que ens digui si hi ha una peça o no. Si treballem amb una sortida digital (una electrovàlvula), aquesta podrà tenir dos valors, que són 1 (està connectada i oberta del tot) o 0 (està desconnectada i tancada del tot).

1.7.1. Estructura d'un circuit electropneumàtic

En la figura 19 podeu veure l'estructura d'un circuit electropneumàtic, que és molt semblant a la d'un circuit pneumàtic. Els components es poden agrupar en quatre parts:

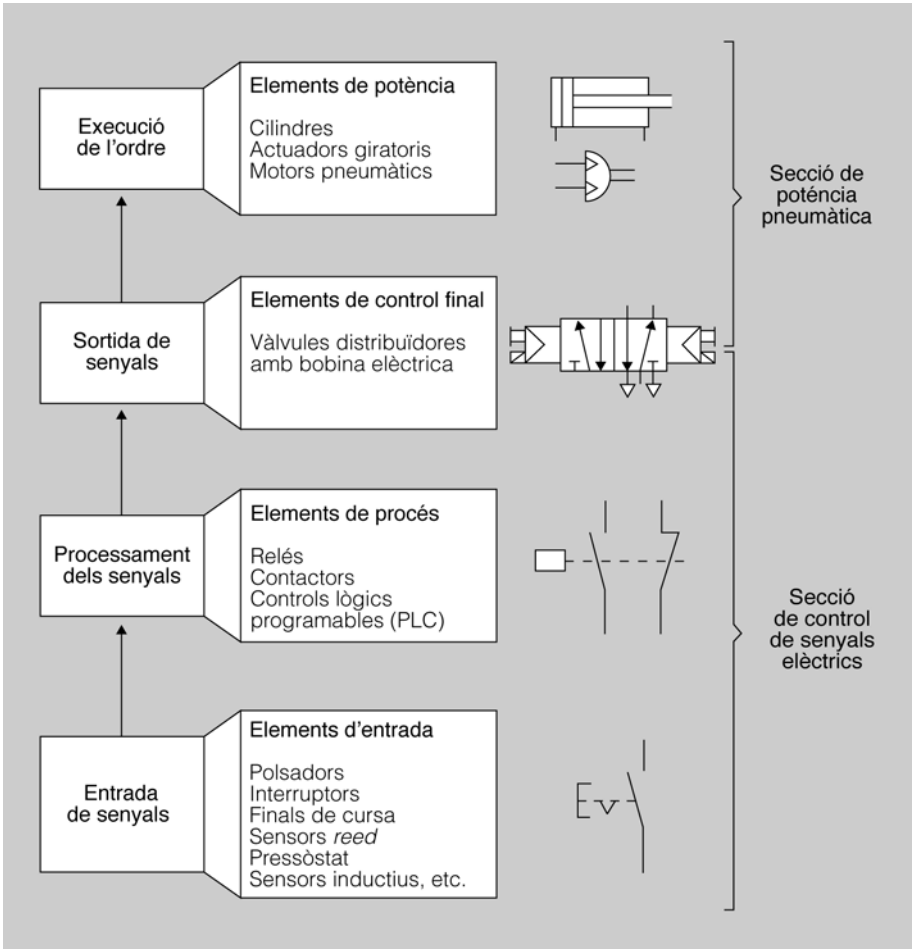
- **Senyals d'entrada**. A aquest grup pertanyen tots els elements que donen ordres i informació al sistema, com ara polsadors, finals de cursa, interruptors de làmines, sensors capacitius, sensors fotoelèctrics, pressòstats, etc.

- **Processament de senyals**. Són els elements que agafen els senyals d'entrada i els combinen de manera adient per tal d'obtenir el funcionament desitjat. Són relés, contactors, temporitzadors, autòmats programables (PLC).

- **Elements de control final**. Són les electrovàlvules a les quals arribarà el processament de senyals i que controlen directament els elements actuadors.

- **Elements de potència**. Són els elements que transformen l'energia pneumàtica en energia mecànica. Pertanyen a aquest grup els cilindres i els motors.

Figura 19. Estructura d'un sistema electropneumàtic



A diferència d'un circuit pneumàtic, en què tant el comandament com la potència es representen junts al mateix esquema, en un circuit electropneumàtic l'esquema de potència (pneumàtic) i l'esquema de comandament (elèctric) es representen per separat. En un circuit electropneumàtic, l'esquema pneumàtic per a un tipus de cilindre serà sempre el mateix; en canvi el circuit elèctric serà diferent depenent del tipus de funcionament que vulgueu aconseguir en cada circuit.

1.7.2. Conceptes bàsics d'electricitat

Polaritat de CA i CC

El corrent altern té com a característica principal que durant un instant de temps una de les seves connexions és positiva i l'altra és negativa, mentre que a l'instant següent les polaritats s'inverteixen. Això passa 50 vegades per segon. El corrent continu, a diferència del corrent altern, sempre manté la mateixa polaritat en les seves connexions.

Per tenir un circuit elèctric, ens fa falta una tensió d'alimentació, un element de comandament i l'element receptor.

La tensió d'alimentació la subministrarà una font d'alimentació de corrent continu o de corrent altern.

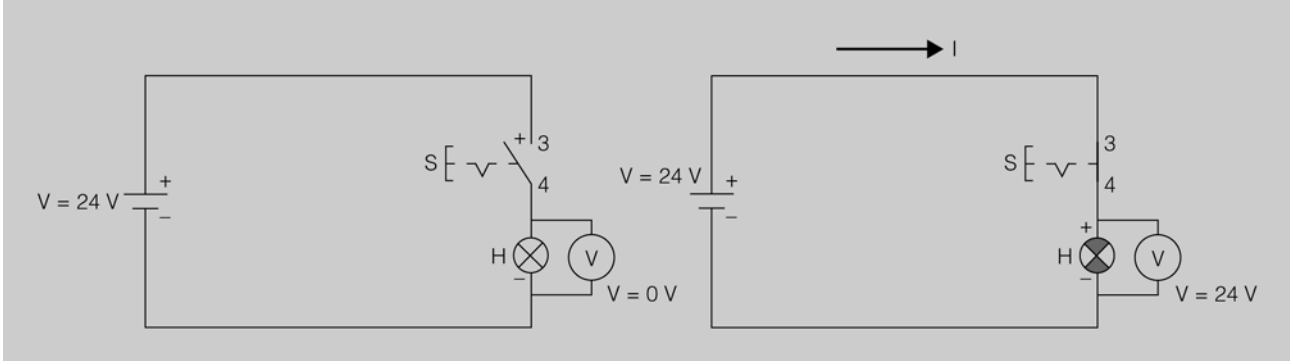
Per tal d'entendre el funcionament d'un circuit elèctric, heu de tenir clars els conceptes de *circuit obert* i *circuit tancat*. En la figura 20 teniu representat, en el dibuix de l'esquerra, un circuit obert, i podeu observar que l'element receptor (la bombeta) no funcionarà; per tant el voltímetre indica 0 volts. En el dibuix de la dreta està representat el mateix circuit tancat, i podeu comprovar que l'element receptor (bombeta) sí que funcionarà i, per tant, el voltímetre indica 24 volts.

!!

Podeu veure el funcionament d'un circuit elèctric en l'espai de l'"Aula".

Un **receptor**, per tal que funcioni, ha de tenir diferència de potencial entre les seves connexions. Ha d'arribar a una de les seves connexions el pol negatiu i a l'altra connexió el pol positiu en cas de corrent continu, o dues fases diferents en el cas de corrent altern.

Figura 20. Circuit obert i circuit tancat



1.8. Elements utilitzats en circuits electropneumàtics

Els components elèctrics utilitzats en els circuits electropneumàtics com els polsadors, selectors i detectors tenen la funció de posar en marxa els

components pneumàtics, que són els actuadors, que s'ocupen dels moviments de la màquina o instal·lació.

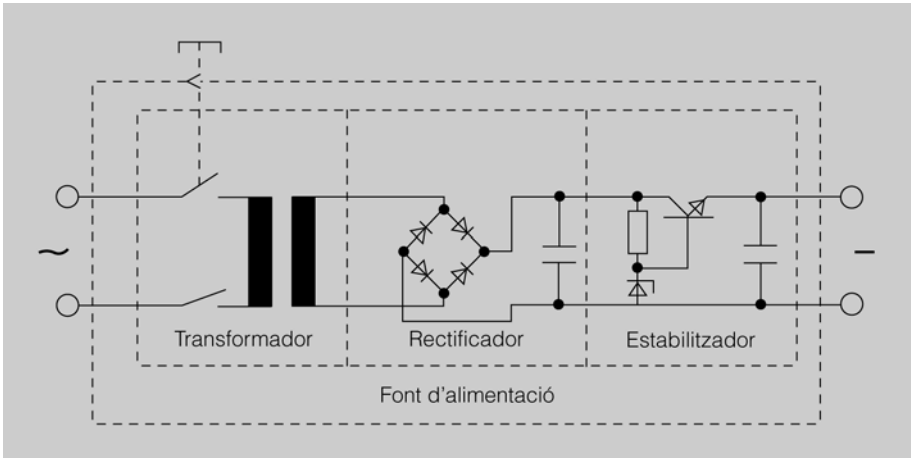
1.8.1. El transformador elèctric

Les companyies elèctriques subministren tensió alterna normalment de 230 volts. Si voleu treballar amb corrent continu, l'heu de crear amb bateries o agafar el corrent altern i, mitjançant una font d'alimentació, transformar-lo, rectificar-lo i estabilitzar-lo i convertir-lo en corrent continu.

- El transformador serà l'encarregat de baixar la tensió alterna de 230 volts fins a la tensió desitjada, normalment a 24 volts.
- El rectificador agafarà els 24 volts de tensió alterna i els convertirà en 24 volts de tensió continua.
- L'estabilitzador serà l'encarregat de mantenir estables els 24 volts, tot i que hi pugui haver variacions de càrrega.

En la figura 21 teniu representades les diferents parts d'una font d'alimentació.

Figura 21. Font d'alimentació de corrent altern a corrent continu



Tensió de treball

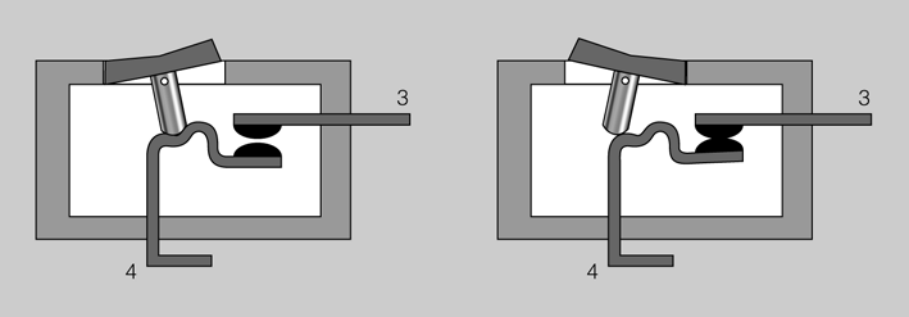
La majoria de vegades que es treballa amb electropneumàtica es fa amb una tensió contínua de 24 volts, ja sigui treballant amb lògica cablada o amb lògica programada mitjançant els PLC.

1.8.2. Polsadors, interruptors i selectors

Els elements de comandaments més utilitzats en circuits electropneumàtics són els polsadors, els interruptors i els selectors. Tots tres elements són l'enllaç de la instal·lació electropneumàtica amb l'operari que controla la màquina.

- Els **interruptors** són elements que s'utilitzen per donar o tallar tensió als elements receptors. Tenen dues posicions estables: en una deixa passar la tensió i en l'altra la talla. En la figura 22 podeu observar com obre i tanca el contacte elèctric un interruptor.

Figura 22. Interruptor obert i tancat

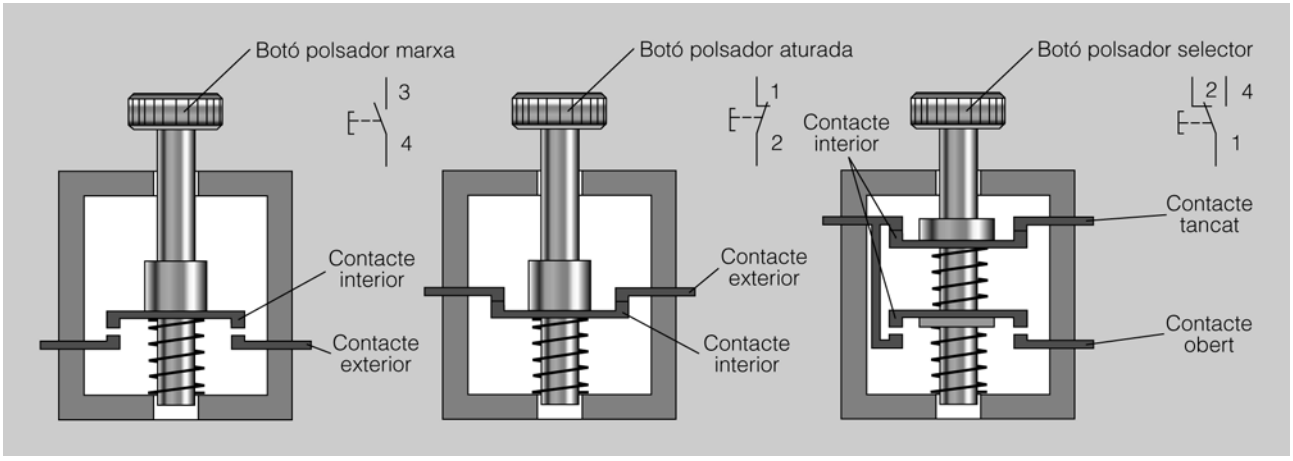


Podeu veure el funcionament dels interruptors i selectors en l'espai de l'"Aula".

- Els **polsadors** són iguals que els interruptors amb la diferència que només tenen una posició estable, és a dir, quan l'accioneu canvia el seu estat i quan el deixeu torna a l'estat de repòs. Podem trobar polsadors amb un contacte normalment tancat en repòs (aturada) i polsadors amb un contacte normalment obert en repòs (marxa).

- Els **selectors** són una mena d'interruptors que combinen en un sol element un contacte tancat i un contacte obert amb un punt comú. També s'anomenen **commutadors** i s'utilitzen per obrir un circuit i tancar-ne un altre al mateix temps. En la figura 23 podeu veure com la composició d'un selector correspon a la unió d'un polsador de marxa i un d'aturada junts.

Figura 23. Polsador de marxa, aturada i selector

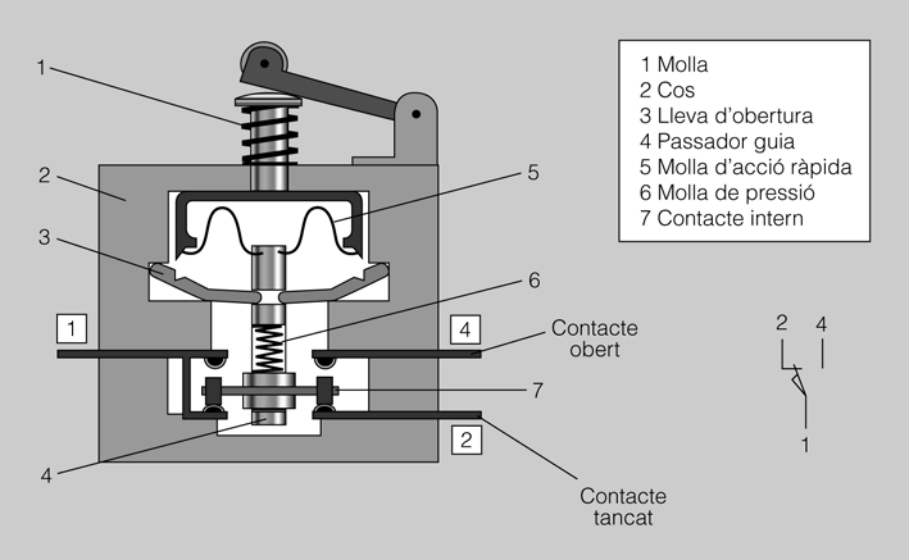


1.8.3. Finals de cursa

Els finals de cursa són elements utilitzats en sistemes electropneumàtics per saber en quina posició es troba un cilindre. Podríem dir que són polsadors automàtics, ja que el seu funcionament és igual que el d'un polsador, amb la diferència que el polsador l'acciona una persona i el final de cursa l'acciona algun element en moviment d'una màquina. El seu accionament es fa per mitjà d'una lleva. Poden tenir un contacte normalment tancat, un contacte normalment obert o commutat amb

un d'obert i un de tancat. En la figura 24 teniu representades les diferents parts d'un final de cursa.

Figura 24. Final de cursa



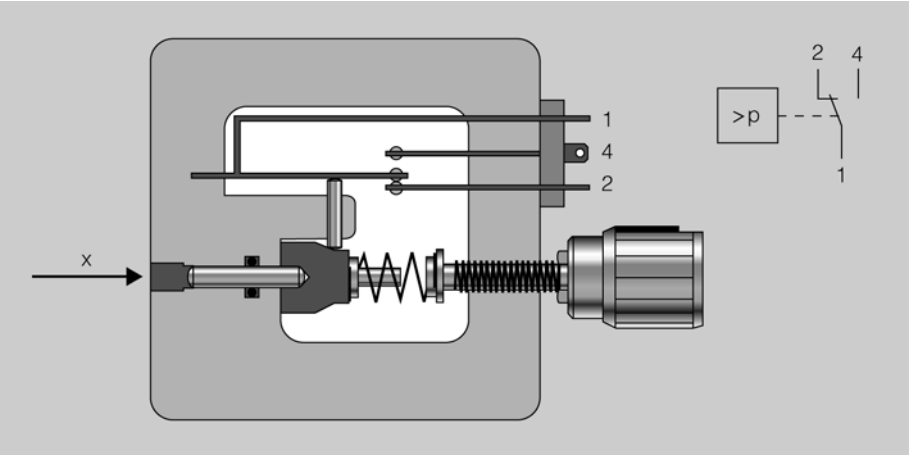
1.8.4. Sensor de pressió

Un sensor de pressió és un element que converteix un senyal pneumàtic en un senyal elèctric: és el que normalment es coneix com a *pressòstat*. En la figura 25 podeu veure la composició d'un sensor de pressió. Està format per dues parts:

- Una part que està connectada al circuit pneumàtic, que és on pren la lectura de pressió; té un regulador per tal de fixar el punt a partir del qual es vol que doni un senyal elèctric.

- Una part elèctrica, que és la que donarà un senyal al circuit de control elèctric. Normalment tenen un contacte commutat.

Figura 25. Sensor de pressió



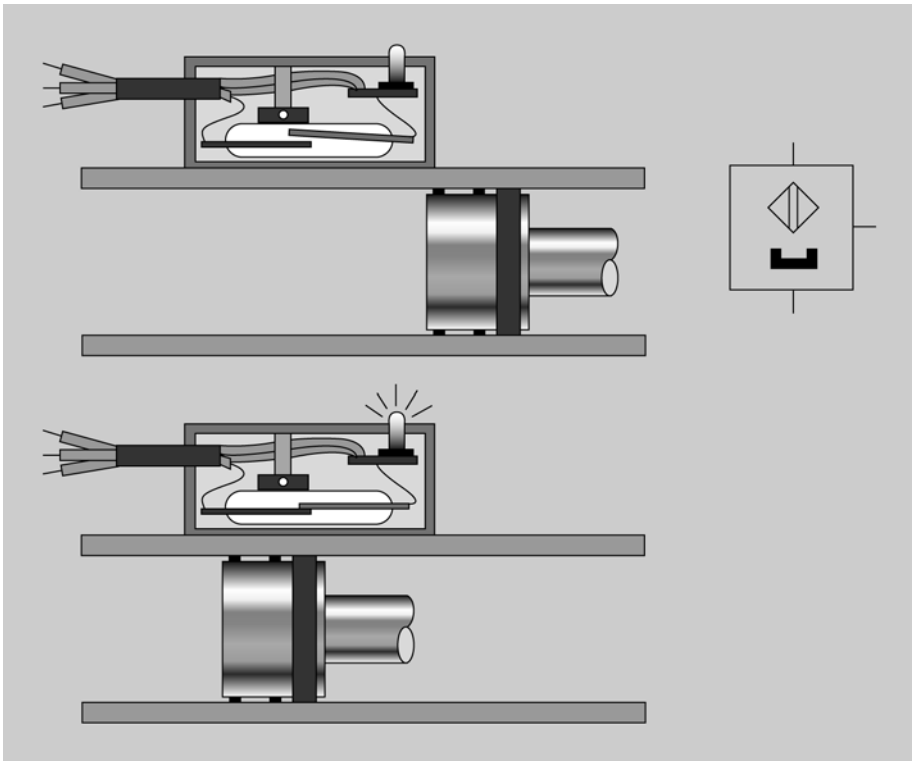
Podeu veure el funcionament d'un sensor de pressió enl'espai de l'"Aula".

1.8.5. Sensor de làmines

Els sensors de làmines s'utilitzen bàsicament per detectar la posició d'un cilindre. Són sensors de proximitat que s'accionen de forma magnètica i que estan muntats damunt de la camisa del cilindre. Estan formats per dues làmines que estan dins d'un tub de vidre ple d'un gas inert. Els èmbols del cilindres tenen al seu voltant un imant en forma d'anell, i quan l'èmbol del cilindre arriba al lloc on hi ha un sensor de làmines el camp magnètic creat per l'imant fa que les làmines del sensor es tanquin i, per tant, doni el senyal que el cilindre ha arribat al lloc.

S'ha de tenir cura de no utilitzar-los en llocs on hi hagi camps magnètics forts, ja que podrien afectar-ne el funcionament. En la figura 26 teniu representat com actua el sensor de làmines muntat en un cilindre.

Figura 26. Sensor de làmines



!!

Podeu veure el funcionament dels sensor magnètics en l'espai de l'"Aula".

1.8.6. Sensors de proximitat

Els sensors de proximitat són un tipus de sensor electrònic transistoritzat; això vol dir que no té contactes i que per tant no té cap desgast mecànic. N'hi ha de dos, tres i quatre fils, però els més utilitzats són els de tres.

- Els de dos fils es connecten en sèrie amb la càrrega.
- Els de tres fils tenen un cable que és el positiu (marró), un altre que és el negatiu (blau) i un altre que és el senyal (negre). Hi ha sensors que donen senyal quan detecten senyal i d'altres sensors que donen senyal quan no detecten senyal.

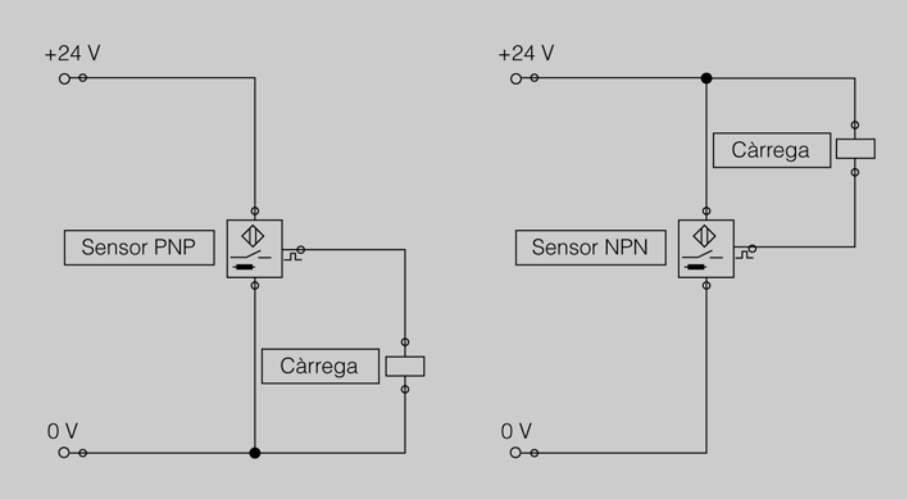
- Els de quatre fils són iguals que els de tres però tenen un cable més de senyal (blanc) antivalent al cable de senyal negre. Quan el sensor no detecti cap element, tindrem senyal en el cable blanc i quan detecti quelcom tindrem senyal en el cable negre. En el cas que el sensor estigui espatllat cap dels dos cables donarà senyal.

Els sensors de tres fils i els de quatre poden ser de dos tipus: PNP o NPN. En la figura 27 teniu representat com es connecten.

- Els **sensors PNP** treballen en lògica positiva; això vol dir que per al cable del senyal donen el positiu i, per tant, l'altra connexió de la càrrega l'hem de connectar al negatiu.

- Els **sensors NPN** treballen en lògica negativa; això vol dir que per al cable del senyal donen el negatiu i, per tant, l'altra connexió de la càrrega l'hem de connectar al positiu.

Figura 27. Connexió de sensors PNP i NPN



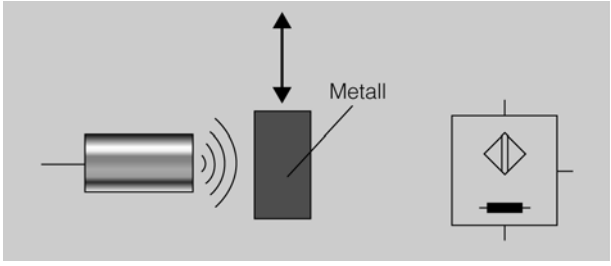
Els sensors, segons els materials que detecten, es poden classificar en:

- **Sensors inductius**. Són uns tipus de sensors que detecten tot tipus de metall i materials que són conductors. El seu abast és molt curt i depèn del tipus de metall per detectar. Per exemple, si detecta l'acer a 10 mm, l'alumini el detectarà fins a 3 o 4 mm. En la figura 28 podeu veure el símbol i com detecta un sensor inductiu.

!!

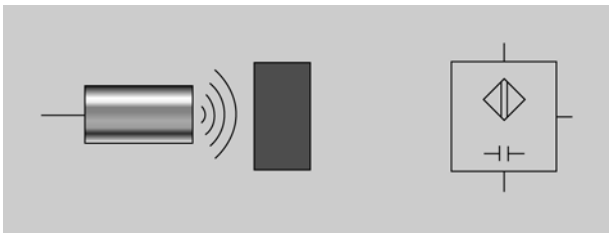
Podeu veure el funcionament dels sensors inductius, capacitatius i òptics en l'espai de l'"Aula".

Figura 28. Sensor inductiu



- **Sensors capacitius**. Són uns tipus de sensors que detecten tot tipus de material, ja siguin conductors com els metalls o bé materials aïllants. Tenen un camp d'aplicació molt gran; normalment porten un potenciòmetre ajustable per tal de poder ajustar la sensibilitat del sensor a l'objecte per detectar. En la figura 29 podeu veure el símbol i com detecta un sensor capacitatiu.

Figura 29. Sensor capacitatiu



- **Sensors fotoelèctrics u òptics**. Aquests sensors basen el seu funcionament en un emissor que envia un raig de llum que és rebut per un receptor, i aquest dóna un senyal. En funció del tipus d'emissor i receptor del raig de llum es divideixen en tres tipus:

  – **De barrera**. L'emissor i el receptor estan físicament separats, es poden utilitzar per a la detecció des de materials situats a pocs centímetres fins a 10 metres. L'emissor i el receptor han d'estar molt ben alineats. En la figura 30 podeu veure el símbol i com detecta un sensor òptic de barrera.

Figura 30. Sensor òptic de barrera

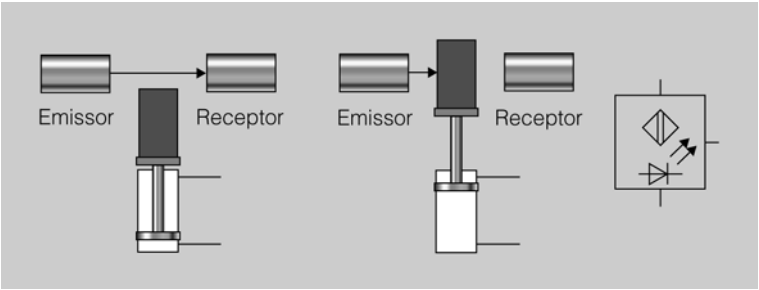
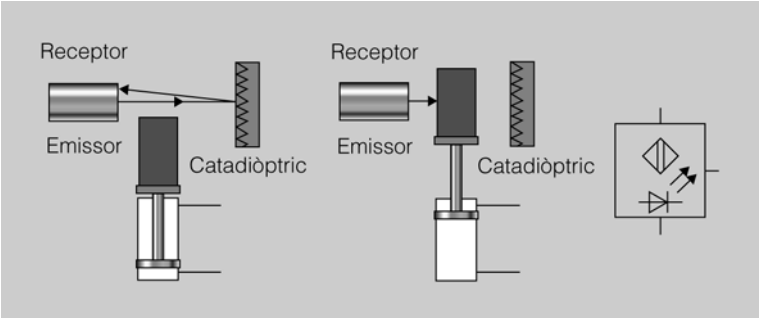


Figura 31. Sensor òptic de tipus reflex

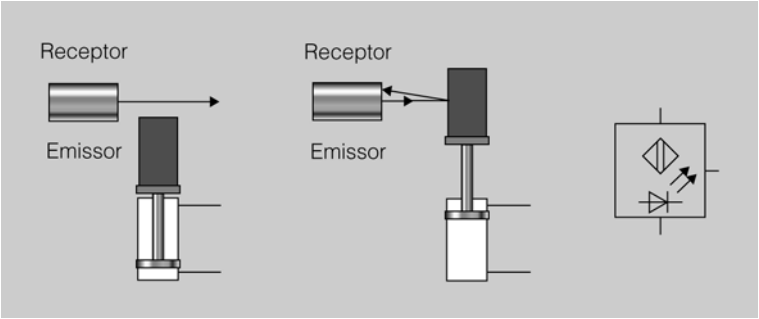


  – **De reflex**. Està format d'un cos, on hi ha junts l'emissor i el receptor, i una mena de mirall anomenat *catadiòptric*. L'emissor emet un raig de llum, xoca en el catadiòptric i retorna cap al receptor. És molt fàcil d'ins-

tal·lar, ja que el catadiòptric pot tenir una desviació respecte a la perpendicular del sensor de 15° cap a l'esquerra o la dreta. En la figura 31 podeu veure el símbol i com detecta un sensor òptic de tipus reflex.

– **De proximitat**. Igual que en el tipus reflex, el de proximitat té al mateix cos l'emissor i el receptor. En aquest cas l'emissor emet el raig de llum i aquest xoca en l'objecte per detectar, retorna al receptor i aquest dóna el senyal. En la figura 32 podeu veure el símbol i com detecta un sensor òptic de proximitat.

Figura 32. Sensor òptic de proximitat

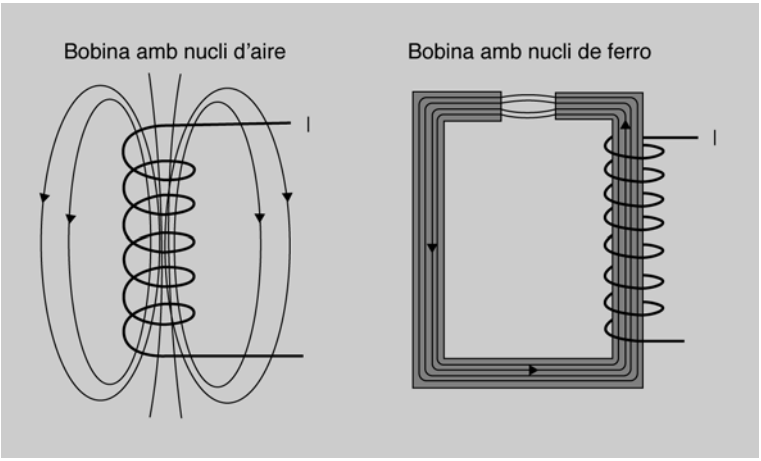


També us podeu trobar unes variants d'aquests detectors que van amb fibra òptica i que s'utilitzen quan s'han de detectar peces petites o per treballar en distàncies molt curtes.

1.8.7. Relés auxiliars

Un relé és un element que funciona per un principi electromagnètic. El funcionament bàsic d'un relé es basa en el d'un solenoide. En la figura 33 podeu veure com quan un corrent elèctric travessa un conductor, s'hi indueix un camp magnètic que està dispers. Si poseu un nucli de ferro al mig de la bobina, les línies de força magnètiques es canalitzen, la qual cosa fa que la força magnètica sigui molt més gran, ja que es converteix en un imant i, per tant, pot atreure altres peces de ferro.

Figura 33. Principi de l'electromagnetisme



Podeu veure el funcionament dels relés en l'espai de l'"Aula".

Un relé està format bàsicament per un electroimant i uns contactes. L'electroimant té un circuit elèctric format per una bobina de coure i un circuit magnètic; el circuit magnètic està dividit en una part que és fixa i una altra que és mòbil, que estan separades per una molla. Els contactes estan units mecànicament a la part mòbil del circuit magnètic i la bobina està enrotllada a la part fixa del circuit magnètic.

El seu funcionament és el següent:

- Quan feu arribar tensió a la bobina es crea un camp magnètic que fa que el circuit magnètic fix es converteixi en imant; això provoca que la part magnètica mòbil sigui atreta per la part fixa i, per tant, els contactes que estan junt a la part magnètica es mouen amb aquesta i canvien de posició.

- Quan traieu la tensió a la bobina la part fixa deixa de ser imant i per tant la molla fa que la part magnètica mòbil torni a la seva posició inicial, i els contactes també tornen a la seva posició inicial.

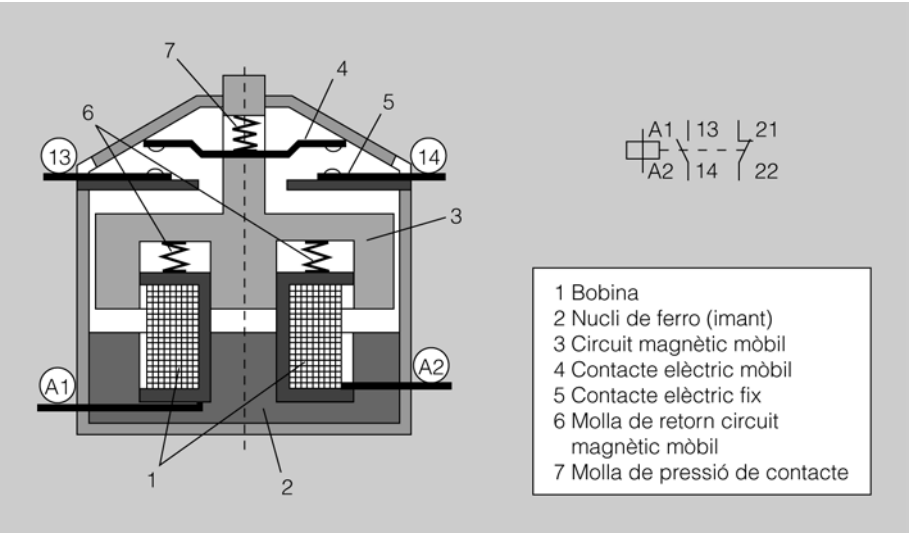
Les connexions del relé tenen una identificació estàndard. Les dues connexions de la bobina s'anomenen A1 i A2 i els contactes es denominen de la manera següent:

- En la posició de les desenes es representa mitjançant un número la posició que té el contacte dins del relé.

- En la posició de les unitats es representa amb la numeració 3 i 4 si el contacte és obert i 1 i 2 si el contacte és tancat.

Per exemple, un contacte obert que és a la posició 1 s'anomenarà 13 i 14; i un contacte tancat que estigui a la posició 2, s'anomenarà 21 i 22. Us podeu trobar també amb contactes commutats; en aquest cas si, per exemple, és a la posició 2, la numeració seria 21 per al contacte comú, 22 per al contacte tancat i 24 per a l'obert. En la figura 34 podeu veure el símbol i la composició d'un relé.

Figura 34. Composició d'un relé



1.8.8. Temporitzadors

Un temporitzador té un funcionament molt semblant al d'un relé; també està format per una bobina i uns contactes, però amb la diferència que els contactes no actuen al mateix instant que funciona la bobina. N'hi ha de dos tipus:

- **Temporitzador a la connexió**. El temporitzador a la connexió està compost per una bobina i contactes oberts i tancats. Al cap d'un temps d'haver donat tensió a la seva bobina, els seus contactes canvien d'estat (els oberts es tanquen i els tancats s'obren). Quan li traiem tensió a la seva bobina els contactes tornen a l'instant a la seva posició inicial, és a dir, temporitza l'acció dels seus contactes quan el connectem. En la figura 35 podeu veure l'esquema de connexió i el diagrama de temps d'un temporitzador en aquesta connexió.

Figura 35. Esquema del temporitzador a la connexió i el seu diagrama de temps

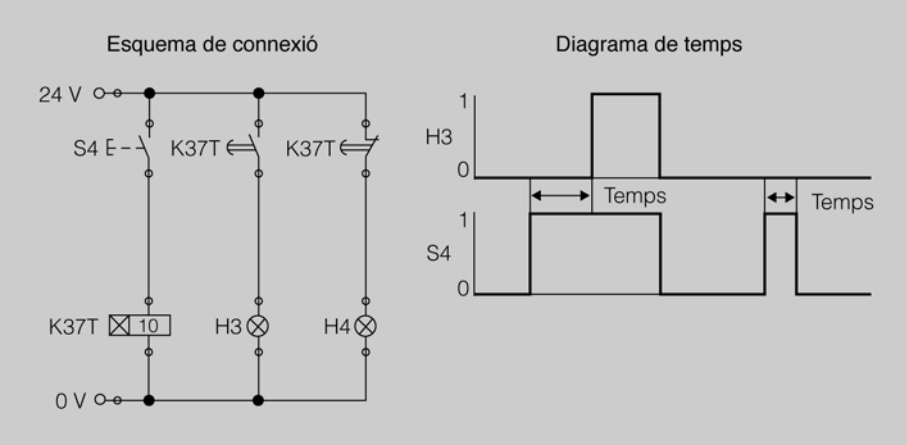
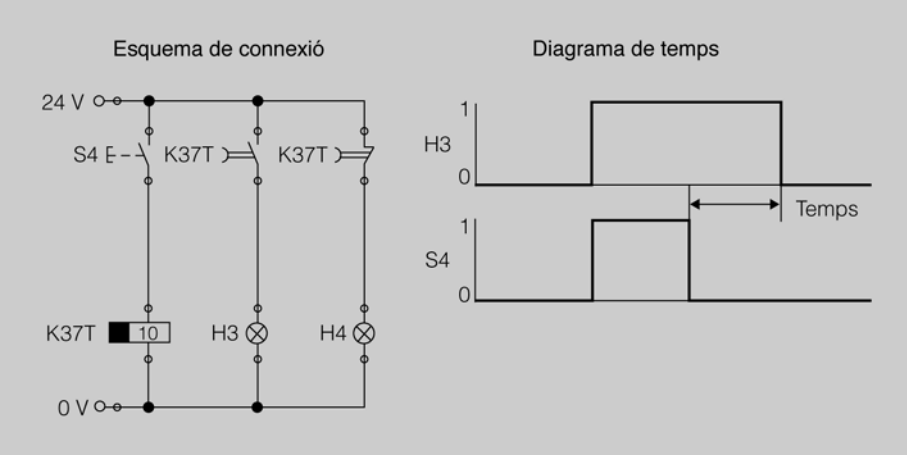


Figura 36. Esquema del temporitzador a la desconnexió i el seu diagrama de temps



- **Temporitzador a la desconnexió**. El temporitzador a la desconnexió està compost per una bobina i contactes oberts i tancats. Quan li donem tensió a la seva bobina, els contactes canvien d'estat a l'instant (els oberts es tanquen i els tancats s'obren). Al cap d'un temps d'haver

tret tensió a la bobina els seus contactes tornen a la posició inicial, és a dir, temporitza l'acció dels seus contactes quan el desconnectem. En la figura 36 podeu veure l'esquema de connexió i el diagrama de temps d'un temporitzador en la desconnexió.

1.8.9. Comptadors

Un comptador és un element que s'utilitza en pneumàtica per comptar peces o cicles mitjançant senyals elèctrics. N'hi ha de dos tipus: amb preselecció o sense preselecció.

- **Comptadors sense preselecció**: es dediquen a comptar el nombre de senyals que li arriben i guarden el valor.

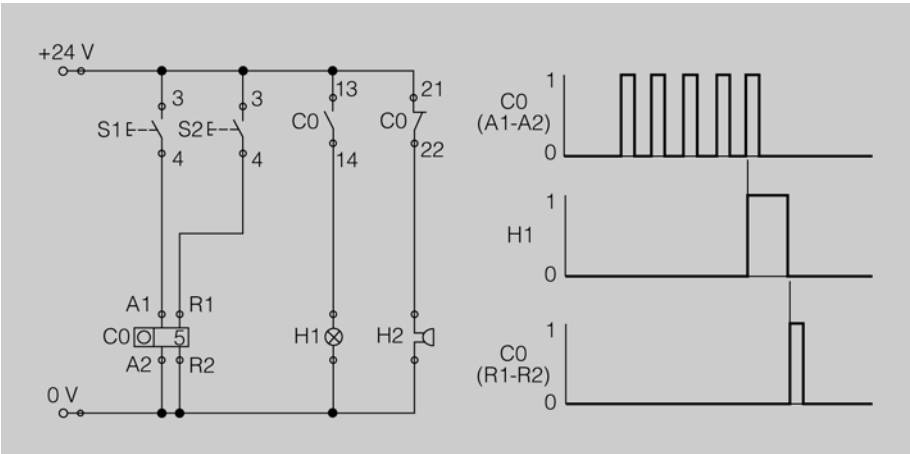
- **Comptadors amb preselecció**: a més de comptar els impulsos i guardar el valor, permeten preseleccionar un valor concret, i quan el comptador arriba a aquest valor envia un senyal mitjançant els contactes oberts i tancats de què disposa.

Els comptadors amb preselecció poden ser de dos tipus en funció de com fan el comptatge fins al valor preseleccionat:

- **Progressius**: fan el comptatge ascendent, de zero al valor preseleccionat.
- **Regressius**: fan el comptatge descendent, del valor preseleccionat a zero.

En la figura 37 podeu veure l'esquema de connexions del comptador amb preselecció regressiu i a la seva dreta el cronograma de funcionament. Té dues bobines, una (A1-A2) que controla el comptatge i una altra (R1-R2) que és la de *reset* per a quan li arriba el senyal que indica que cal inicialitzar el valor de preselecció.

Figura 37. Comptador amb preselecció. Esquema i cronograma



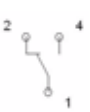
El funcionament és el següent: el comptador s'inicialitza fent un *reset* mitjançant el polsador S2; en aquest moment el comptador es posa al valor de la

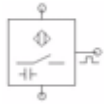
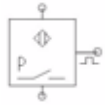
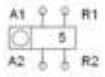
preselecció, els contactes estan en posició de repòs i, per tant, no funcionarà la bombeta H1; cada vegada que accionem el polsador S1 el comptador redueix en una unitat el seu valor i quan arriba a 0 (que ja haurà comptat el valor preseleccionat), canvia l'estat dels contactes, s'acciona H1 i s'atura H2. Per tornar a començar de nou, heu de polsar S2 i es farà el *reset* de nou.

1.9. Simbologia elèctrica

A la taula 1 podeu veure els símbols elèctrics més utilitzats en instal·lacions electropneumàtiques.

Taula 1. Simbologia elèctrica

Símbol	Descripció
	Font d'alimentació elèctrica connexió positiva 24 volts
	Font d'alimentació elèctrica connexió negativa 0 volts
	Interruptor (polsador amb enclavament)
	Polsador de marxa (normalment obert)
	Polsador d'aturada (normalment tancat)
	Commutador (selector)
	Contacte comú obert (obturador)
	Contacte comú tancat (flanquejador)
	Contacte comú commutat (commutador)
	Sensor magnètic (interruptor d'alimentació magnètica)

Símbol	Descripció
	Sensor inductiu (interruptor d'alimentació inductiva)
	Sensor capacitiu (interruptor d'alimentació capacitiva)
	Sensor òptic (interruptor d'alimentació òptica)
	Sensor de pressió (pressòstat)
	Relé
	Temporitzador a la connexió (relé amb desceleració d'arrencada)
	Temporitzador a la desconnexió (relé amb desceleració de caiguda)
	Comptador de polsos (comptador-selector elèctric)
	Electrovàlvula (solenoide de vàlvula)
	Indicador lluminós
	Indicador acústic

1.10. Elements de seguretat elèctrica

El corrent elèctric és una font molt important de riscos elèctrics. Els riscos apareixen per la manipulació de components elèctrics, com ara fonts d'alimentació, sensors, bobines de vàlvules, etc. Aquest riscos poden ser tant per a les persones com per a les instal·lacions.

- Protecció contra contactes amb tensió.

Tensió de seguretat

Quan una persona toca un conductor elèctric amb una tensió inferior a 30 volts això no té cap perill per a la seva integritat. Per això normalment els sistemes electropneumàtics treballen a 24 volts a partir d'un transformador d'aïllament.

  - Utilització d'una tensió molt baixa de seguretat.
  - Ubicació dels elements elèctrics en caixes adequades i aïllades.
  - Posada a terra. Fusibles, interruptors magnetotèrmics i diferencials.
- Protecció mentre es fa el manteniment i les reparacions.
  - Interruptor principal desconnectat i bloquejat.
- Protecció dels equips de l'ambient de treball.
  - Protecció dels elements davant de l'entrada de pols i cossos estranys.
  - Protecció dels elements davant de l'entrada d'humitat i de projeccions d'aigua.

1.10.1. Efecte del corrent elèctric en el cos humà

L'efecte del corrent elèctric augmenta si la intensitat de corrent és gran. Aquesta intensitat variarà depenent sobretot de la resistència del cos humà:



Podeu veure els efectes del corrent elèctric en l'espai de l'"Aula".

- Menys de 1.000 ohms. En aquest cas la persona afectada té una gran superfície de contacte amb la part activa elèctrica, té la pell humida i la pell de la persona és molt prima.

- Milions d'ohms. En aquest cas la persona afectada contacta amb la part activa elèctrica amb un punt petit del seu cos, té la pell molt seca i a més és gruixuda.

Podem classificar el valor de la intensitat segon els nivells següents:

- Nivell de percepció: és quan realment no notem el pas de la intensitat i, en aquest cas, no té cap efecte sobre el cos.

- Nivell d'enrampada: per sota d'aquest nivell el corrent elèctric es nota, però no té cap risc per al cos humà. Per sobre d'aquest nivell els músculs es contrauen i això afecta el funcionament del cor.

- Nivell de fibril·lació: per damunt d'aquest nivell podem tenir una parada cardíaca, parada respiratòria i pèrdua del coneixement.

Que hi hagi una intensitat de nivell perillós depèn sobretot dels casos següents:

- Del valor de la tensió que tingui l'element que estem tocant. Per exemple tindrem més perill si el contacte és un element que treballa a 230 volts que si treballa a 24 volts.

- Del valor de la nostra resistència. Per tant, tindrem més perill si estem suats o si tenim la pell molt prima

1.10.2. Dispositius per a la prevenció dels efectes de la intensitat

Els efectes que pot produir la intensitat en una instal·lació electropneumàtica són els curtcircuits i les sobreintensitats, que es protegeixen amb fusibles i interruptors magnetotèrmics, i les fuites a terra, que es protegeixen amb interruptors diferencials. Un circuit o una sobreintensitat pot provocar un incendi en la instal·lació. Una fuita a terra pot provocar danys a les persones.

Podeu veure el funcionament dels dispositius per prevenir els efectes del corrent elèctric en l'espai de l'"Aula"

En un circuit elèctric, s'ha de fer una combinació d'aquests elements de protecció per tal que la seguretat de les instal·lacions i de les persones quedi assegurada.

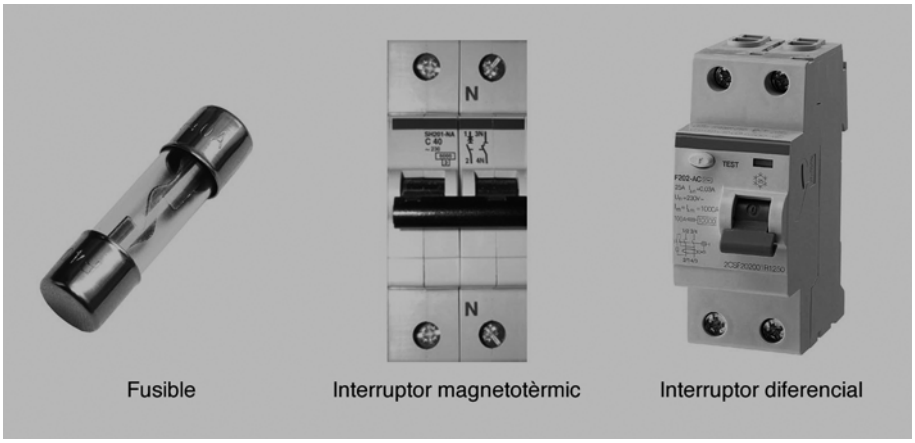
- Posades a terra. Totes les parts metàl·liques de la màquina s'han de connectar a la xarxa del terra general de la instal·lació. Això es farà amb un cable de color groc-verd.

- Fusibles. Són elements utilitzats per protegir elements elèctrics i electrònics. Cada fusible està marcat a una intensitat concreta. Si el valor de la intensitat que hi passa és superior al valor marcat, el fusible es fon sobre el circuit i no pot passar la intensitat. El fusible està constituït per una làmina o un fil metàl·lic que es fon amb el pas de la intensitat. Hi ha molts tipus de fusibles.

Els fusibles més utilitzats són el tipus gI, que son per a circuits de distribució elèctrica, i el tipus aM, que serveixen per protegir motors.

- Interruptor magnetotèrmic. És un aparell que s'utilitza per protegir la instal·lació de curtcircuits i sobrecàrregues. Moltes vegades substitueix els fusibles, ja que tenen l'avantatge que no s'han de canviar perquè quan es disparen es recarreguen de nou i continuen funcionant. Té dues parts: una tèrmica que detecta les sobrecàrregues i una magnètica que detecta els curtcircuits.

Figura 38. Aparells de protecció d'instal·lacions elèctriques



- Interruptor diferencial. Aquest element protegeix la instal·lació de fuites a terra i de contactes indirectes. Les fuites a terra es produeixen

quan un cable pelat toca una part metàl·lica de la màquina que està connectada a terra. Els contactes indirectes es produeixen quan un cable pelat contacta amb una part metàl·lica d'una màquina i aquesta no està connectada a terra; llavors si una persona la toca i a més està tocant el terra, la intensitat circula per la persona fins al terra. Quan detecta que hi ha una diferència de 30 mA entre la intensitat que entra al circuit i la que en surt, l'interruptor desconnecta la tensió, ja que haurà detectat un contacte directe o indirecte. En la figura 38 teniu unes imatges corresponents a un fusible, un magnetotèrmic i un diferencial.

1.10.3. Panell de comandament

El panell de comandament està compost fonamentalment per l'interruptor general, el polsador d'aturada d'emergència i els diferents indicadors i polsadors que calen per posar en marxa el sistema.

- Interruptor general. Totes les màquines han de tenir un interruptor general que talli la tensió a tot el quadre de comandament per tal que es pugui fer amb seguretat qualsevol acció de manteniment sobre la màquina. La posició de l'interruptor desconnectat ha d'estar preparada perquè es pugui bloquejar mecànicament, ja que si no qualsevol persona no autoritzada el podria connectar i posar en perill les persones que estiguin fent el manteniment.

- Polsador d'aturada d'emergència. És un polsador bolet, de color vermell i amb el fons de color groc. Quan accionem aquest element, ha de fer que tots els elements actuadors de la màquina s'aturin al més ràpid possible i que, si hi ha peces subjectes, no s'alliberin.

- Polsadors i pilots del procés. És regiran per un codi de colors que ens donaran una idea de la seva funció. Per exemple un polsador vermell servirà per fer una aturada, el color verd indicarà que és per posar en marxa, els pilots de color vermell indicaran un estat anormal (fallada), els grocs indicaran precaució, els verds màquina preparada per començar a treballar, i els blancs volen dir que la màquina està funcionant.

2. Actuadors i vàlvules

En els circuits pneumàtics es poden trobar elements que transformen l'energia de l'aire comprimit en energia mecànica i provoquen un moviment; aquests elements s'anomenen *actuadors pneumàtics*. Si el moviment és lineal l'actuador és un *cilindre pneumàtic* i si és un moviment circular és un *actuador giratori*.

A més de proporcionar moviment en processos i maquines automatitzades, els actuadors també són capaços, dimensionant-los correctament, de fer una força determinada.

Aquests actuadors fan els seus moviments comandats per les vàlvules que s'encarreguen de dirigir l'aire comprimit per un camí o per un altre en funció de la seqüència de moviments dels cilindres.

2.1. Cilindres

Un cilindre pneumàtic és un element de construcció senzilla, de baix cost i molt fàcil d'instal·lar. El diàmetre del cilindre i la pressió de treball determinen la força màxima que podrà fer.

Hi ha una gran varietat de cilindres:

- Cilindres d'efecte simple.
  - Cilindre sense molla.
  - Cilindre amb molla, ressort d'entrada.
  - Cilindre amb molla, ressort de sortida.
  - Cilindres elàstics.
- Cilindre d'efecte doble:
  - Cilindre amb amortiment.
  - Cilindre de tija doble.
  - Cilindre en tàndem.
  - Cilindre multiposicional.
  - Cilindre amb unitat de bloqueig.
  - Cilindre sense tija.
  - Cilindre rotatiu i actuador semigiratori.
  - Pinces pneumàtiques.

2.1.1. Cilindre d'efecte simple

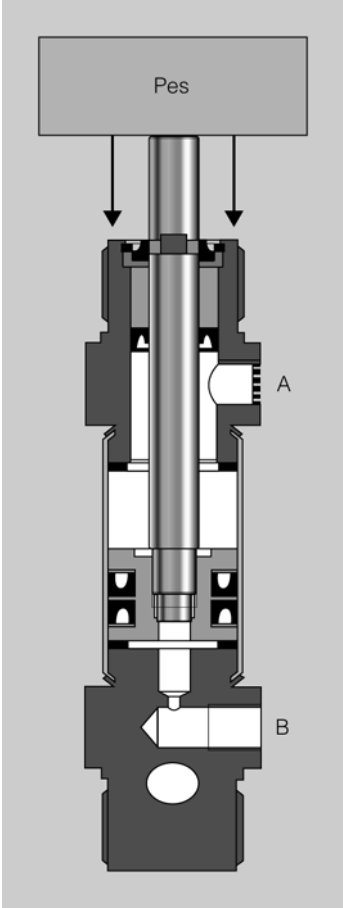
Els cilindres d'efecte simple només reben l'aire per una connexió. Això vol dir que nomes poden fer força en un sentit. El retorn del cilindre s'encar-

regarà de fer-lo una molla, una membrana o la càrrega mateixa. Normalment el seu recorregut és curt.

Les aplicacions més utilitzades són:

- Alliberar peces.
- Bifurcar.
- Subjectar.
- Expulsar.

Figura 39. Cilindre d'efecte simple sense molla



Cilindre d'efecte simple sense molla

En aquest tipus de cilindre hem de donar pressió a la seva connexió (B de la figura 39) per tal que faci el moviment. Perquè torni a la posició inicial, ha d'actuar a sobre seu la gravetat o una força externa. És un cilindre que només fa força en un sentit i normalment el seu recorregut no arriba a més de 100 mm.

En la figura 39 podeu veure la representació d'un cilindre d'efecte simple sense molla; observeu que el punt marcat amb la A, tot i que sembla una connexió, és un drenatge de l'aire que és expulsat del cilindre quan aquest és mou. Si aquest drenatge A estigués tancat, quan donem pressió en B per moure el pistó, es crearia una contrapressió que dificultaria la sortida del pistó. També podem veure que quan deixem de donar pressió pel punt B, el pes que es troba damunt el cilindre farà retrocedir el pistó.

Cilindre d'efecte simple amb molla

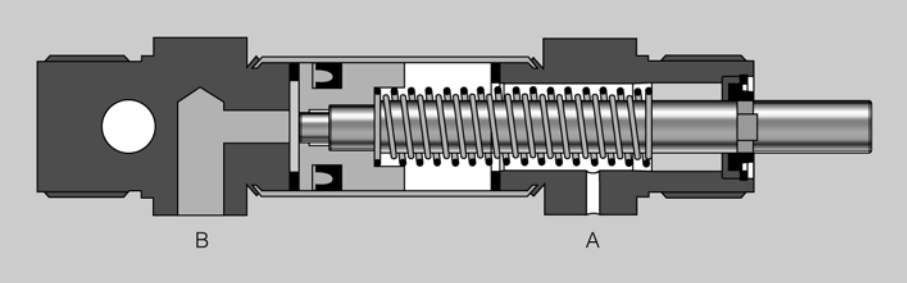
Els cilindres d'efecte simple amb molla tenen sempre una posició de repòs que serà aquella a la qual el porta la molla. En la figura 40 podeu veure la representació d'un cilindre d'efecte simple amb molla. Observeu que perquè el cilindre faci el treball, s'ha de donar pressió per B, amb la qual cosa el cilindre farà un recorregut. Per tal que retorni, només s'ha de treure pressió del punt B i la molla s'encarregarà que el cilindre retorni a la seva posició inicial. També podem apreciar que el punt A serveix per drenar l'aire que surt del cilindre quan aquest guanya a la força de la molla. Si quan surt el cilindre tapeu el punt A es crearà una contrapressió que evitarà que el cilindre pugui sortir del tot. De manera semblant quan el cilindre retorna per la força de la molla, si tapeu el punt A es crearà una força de buit que no deixarà retornar del tot el cilindre.

El cilindre representat en la figura 40 és un cilindre d'efecte simple amb molla i retorn d'entrada; això vol dir que quan no li donem pressió per B la molla fa que entri. Hi ha altres cilindres d'efecte simple amb molla que s'anomenen de *ressort de sortida*; això vol dir que quan no li donem pressió la molla fa que el cilindre surti.



Podeu veure el funcionament d'un cilindre d'efecte simple en l'espai de l'"Aula"

Figura 40. Cilindre d'efecte simple amb molla



Cilindre elàstic

És un tipus de cilindre d'efecte simple. Podríem dir que hi ha tres tipus de cilindres elàstics:

a) Cilindre de membrana.
b) Cilindre de molla
c) Múscul pneumàtic.

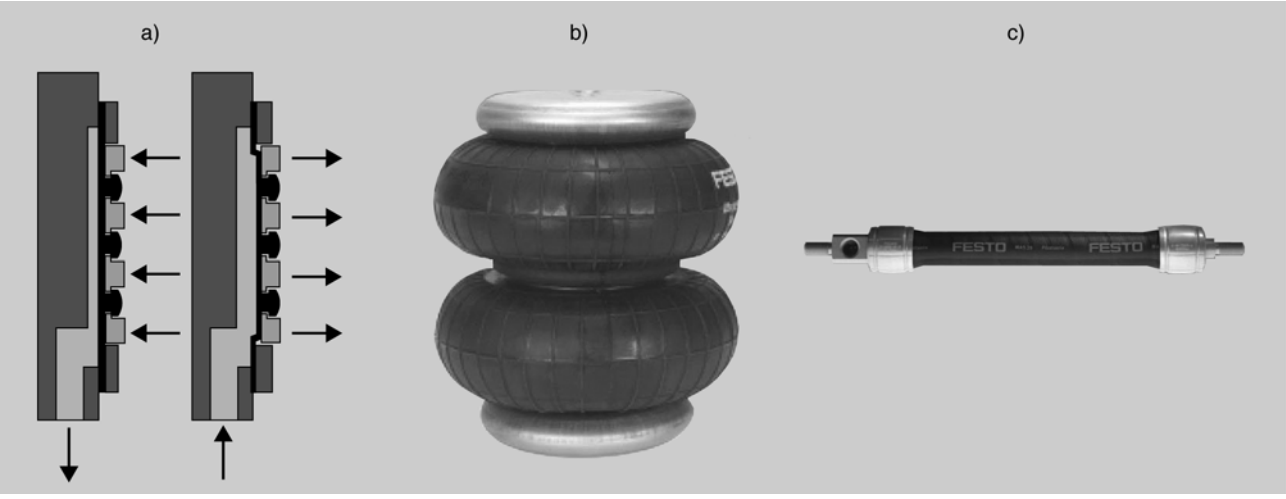
En la figura 41 podeu veure representats els tres tipus de cilindres elàstics.

El **cilindre de membrana** (figura 41a), tal com podem apreciar, s'utilitza per a recorreguts curts i la seva aplicació principal és la de subjectar objectes.

El **cilindre de molla** (figura 41b) es pot moure en qualsevol direcció a causa de la seva elasticitat. Heu de tenir molta cura de limitar l'extensió del cilindre. Mai no s'han de pressuritzar sense càrrega, ja que podria provocar danys a màquines i operaris. Es poden utilitzar com a molles d'aire i són ideals per aïllar les vibracions de les càrregues suportades en un cilindre d'una gran superfície, la qual cosa permet que faci forces grans i, per tant, que pugui aixecar objectes de molt de pes, com cotxes, rails de trens, etc.

El **múscul pneumàtic** (figura 41c) és un tipus de cilindre d'efecte simple que s'utilitza en moltes aplicacions, com per exemple aixecar pesos, frens, com a esmortidor en càrregues, vibrador, etc.

Figura 41. Cilindres d'efecte simple elàstic



2.1.2. Cilindre d'efecte doble

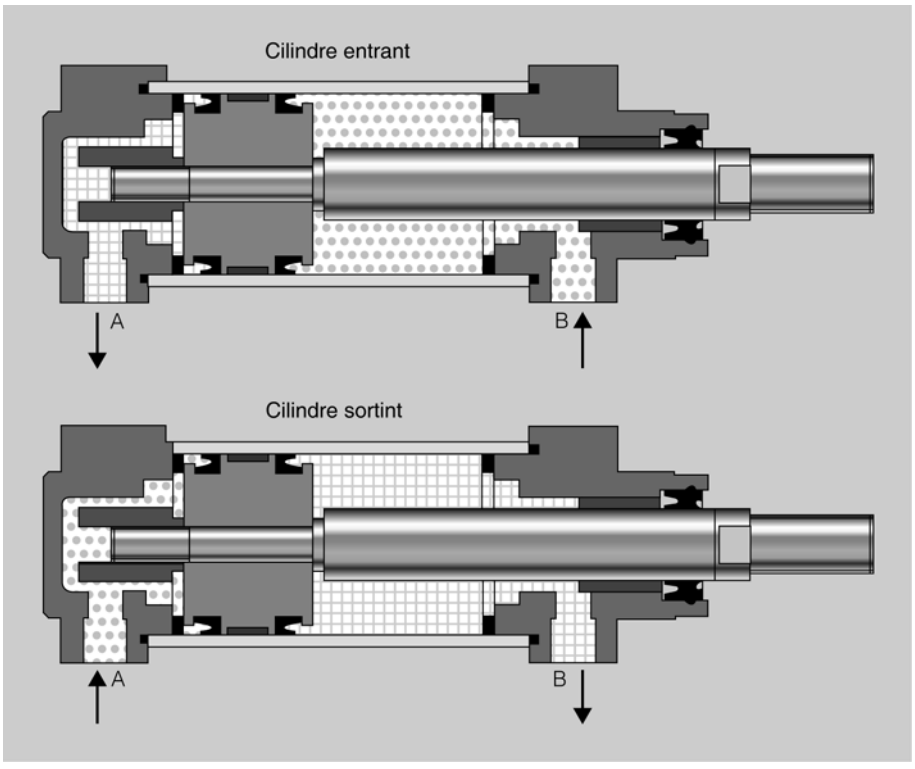
Els cilindres d'efecte doble constructivament són molt semblants als d'efecte simple, amb la diferència que no tenen molla de reposició i a més tenen dos punts de connexió, que seran alternativament entrada i sortida d'aire.

Tenen l'avantatge, respecte al d'efecte simple, que poden fer treballs en els dos sentits i que els recorreguts obtinguts són més grans.

La força que fa un cilindre és proporcional a la pressió i a la secció. En un cilindre d'efecte doble amb tija, com que quan surt té una secció més gran que quan retrocedeix, la força que farà a la sortida serà més gran; en canvi, la velocitat quan retorni serà més gran que quan surti, ja que la cambra d'aire que es forma en entrar és més petita que la que es forma en sortir, i amb el mateix cabal trigarà menys temps a omplir la cambra de retorn.

En la figura 42 podeu veure la representació d'un cilindre d'efecte doble quan entra i quan surt; observeu en la figura del cilindre entrant, que perquè el pistó del cilindre entri s'ha de donar aire a pressió per la connexió B i obrir la connexió A per a l'escapament de l'aire. En canvi, podeu observar en la figura del cilindre sortint que perquè el cilindre surti s'ha de donar aire a pressió per la connexió A i obrir la connexió B per a l'escapament.

Figura 42. Cilindre d'efecte doble



!!

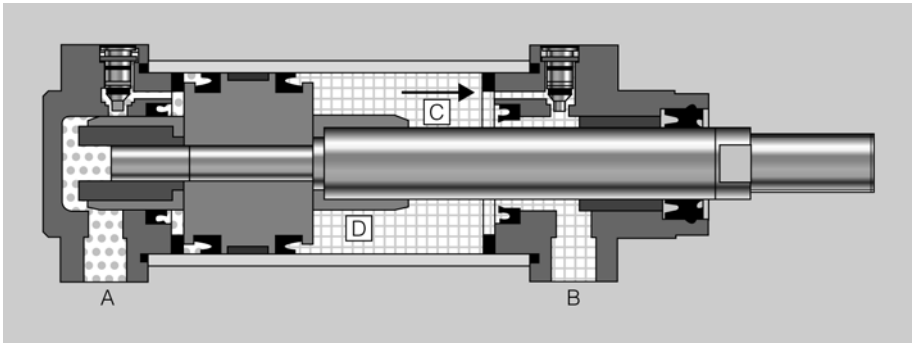
Podeu veure el funcionament d'un cilindre d'efecte doble en l'espai de l'"Aula"

Cilindre amb amortiment

El cilindre amb amortiment pertany al grup dels d'efecte doble, i a més té amortiment regulable, que porten molts cilindres i serveix per evitar els cops secs quan un cilindre acaba el seu recorregut.

En la figura 43 podeu veure la representació d'un cilindre d'efecte doble amb amortiment; podeu veure on hi ha la lletra D que la tija és una mica més gruixuda. Quan doneu pressió en A, la tija comença a sortir fins que la part D arriba a taponar la sortida directa d'aire; això fa que es formi un coixí d'aire que frena la sortida del cilindre, i llavors l'aire només pot sortir pel forat C, que està escanyat per un cargol, cosa que fa que aquest últim recorregut el faci a una velocitat més baixa, amb la qual cosa en queda esmorteïda l'arribada.

Figura 43. Cilindre d'efecte doble amb amortiment



A vegades, en cilindres petits, s'utilitza un **amortidor elàstic**, que consisteix en un anell elàstic de goma col·locat en l'èmbol, que s'encarrega d'absorbir el xoc; en aquest cas és un amortidor fix.

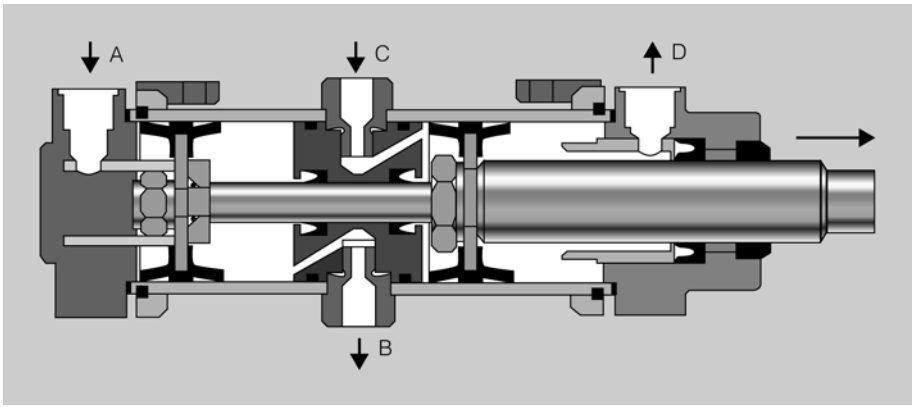
Un altre tipus d'amortidor és l'hidràulic, que s'utilitza en aplicacions en què hi ha problemes de frenada de massa. La col·locació és exterior i actuen directament sobre la massa mòbil.

Cilindre en tàndem

El cilindre en tàndem consisteix en un conjunt de dos cilindres d'efecte doble. En la figura 44 podeu veure la representació d'un cilindre en tàndem; observeu-ne el disseny i comproveu que l'aplicació a la vegada de pressió en els dos èmbols pels punts A i C, li permet, quan surt, gairebé duplicar la força. Quan apliquem pressió al mateix temps a les connexions A i C, la força quedarà duplicada, i tot això seria respecte a l'ús d'un sol cilindre del mateix diàmetre.

Aquest tipus de cilindre s'utilitzarà en els casos que ens faci falta molta força i ens trobem que tenim poc espai. No ens caldrà un cilindre amb un diàmetre gran, però ens farà falta més espai pel que fa a la seva longitud.

Figura 44. Cilindre en tàndem

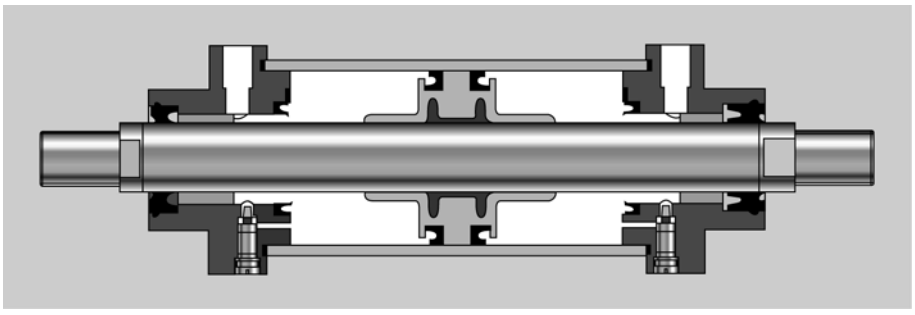


Cilindre amb tija doble

El cilindre amb tija doble presenta la particularitat que té una tija per cada costat. Un gran avantatge d'aquest tipus de cilindre és que permet esforços transversals més grans, ja que la tija està molt més ben recolzada pel fet de tenir guies pels dos costats. En ser iguals els èmbols i, per tant, les dues seccions de treball, les forces, tant quan el cilindre surt com quan entra, són iguals. En la figura 45 podeu veure la representació d'un cilindre amb tija doble.

La tija pot tenir un forat transversal, la qual cosa permet que passi pel mig qualsevol cable o tub que ens interessi. Moltes vegades el forat s'utilitza per connectar una ventosa al final de la tija, i es fa servir com a conducte per produir el buit.

Figura 45. Cilindre amb tija doble



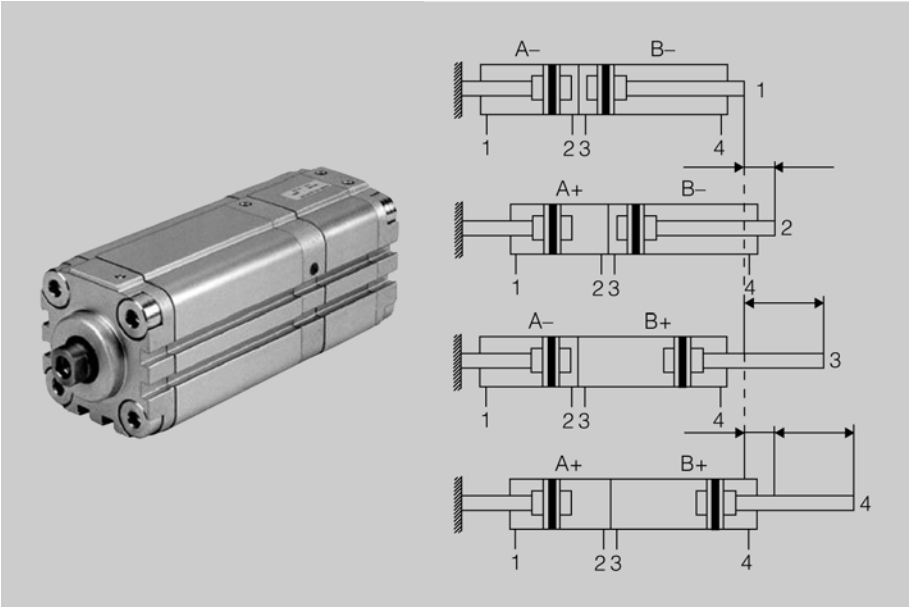
Cilindre multiposicional

Els cilindres multiposicionals estan formats per dos o més cilindres d'efecte doble. En el cas d'un cilindre multiposicional de quatre posicions, està format de dos cilindres d'efecte doble, i normalment un cilindre té el doble de recorregut que l'altre. En la figura 46 podeu veure la imatge d'un cilindre multiposicional i l'esquema amb les quatre posicions que pot obtenir actuant de la manera següent:

a) Donar pressió al punt 1 del cilindre A i al punt 4 del cilindre B.
b) Donar pressió al punt 2 del cilindre A i al punt 4 del cilindre B.

c) Donar pressió al punt 1 del cilindre A i al punt 3 del cilindre B.
d) Donar pressió al punt 2 del cilindre A i al punt 3 del cilindre B

Figura 46. Cilindre d'efecte doble multiposicional de quatre posicions

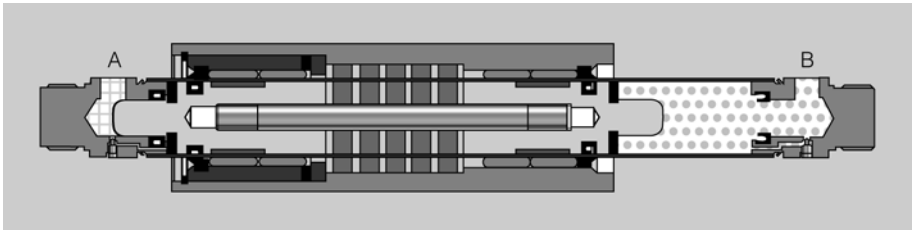


Cilindre sense tija

A vegades, és un inconvenient el fet que un cilindre gairebé dupliqui la seva longitud quan està expandit, sobretot en recorreguts llargs. En aquests casos s'aconsella fer servir els cilindres sense tija. Podeu trobar dues variants de cilindres sense tija:

a) Cilindres sense tija de transmissió magnètica. En aquest cas l'èmbol no està enganxat al carro i utilitza la força magnètica per moure'l. L'èmbol té uns imants i és mogut per l'aire lliurement per dins de la camisa (mitjançant les connexions A i B) i gràcies a aquests imants arrossega magnèticament al carro, que també té d'altres imants. Un inconvenient és que no pot arrossegar grans masses, ja que es podrien desacoblar els imants de l'èmbol i del carro. En la figura 47 podeu veure la representació d'un cilindre sense tija i de transmissió magnètica.

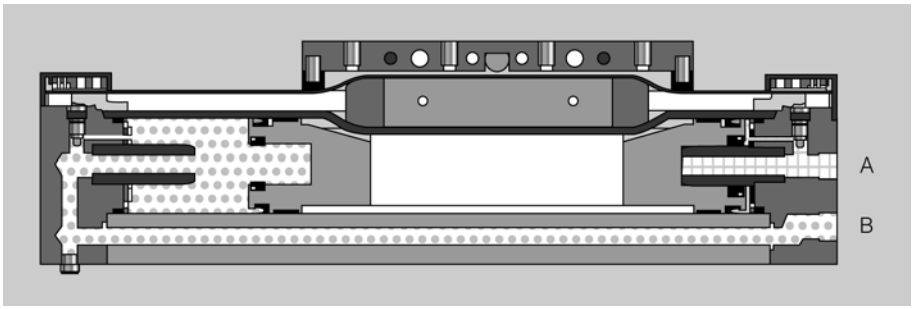
Figura 47. Cilindre sense tija de transmissió magnètica



b) Cilindres sense tija de transmissió mecànica. En aquest cas l'èmbol està enganxat físicament al carro. L'èmbol es mou lliurement per l'in-

terior de la camisa i arrossega el carro per l'exterior. Mitjançant una junta coberta d'un fleix metàl·lic es cobreix la ranura oberta en la camisa, i això fa que el cilindre tingui un tancament hermètic. En la figura 48 podeu veure la representació d'un cilindre sense tija i de transmissió mecànica.

Figura 48. Cilindre sense tija de transmissió mecànica

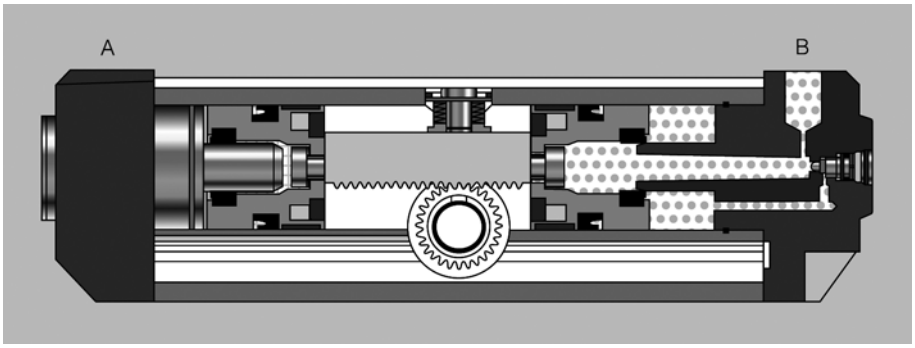


Cilindre rotatiu i actuador semigiratori

Mitjançant l'aire comprimit, a més de poder treballar amb moviments lineals, també es poden aconseguir moviments rotatius. Els elements que provoquen aquests moviments són:

- **Cilindre rotatiu**. En aquest cas, la tija té un perfil de cremallera que a la vegada activa una roda dentada; això fa que quan es mou la tija es transformi el moviment lineal en moviment circular en la roda dentada. En aquest tipus de cilindre es pot aconseguir un angle de gir de 360º cap a l'esquerra o cap a la dreta. En la figura 49 podeu veure la representació d'un cilindre rotatiu.

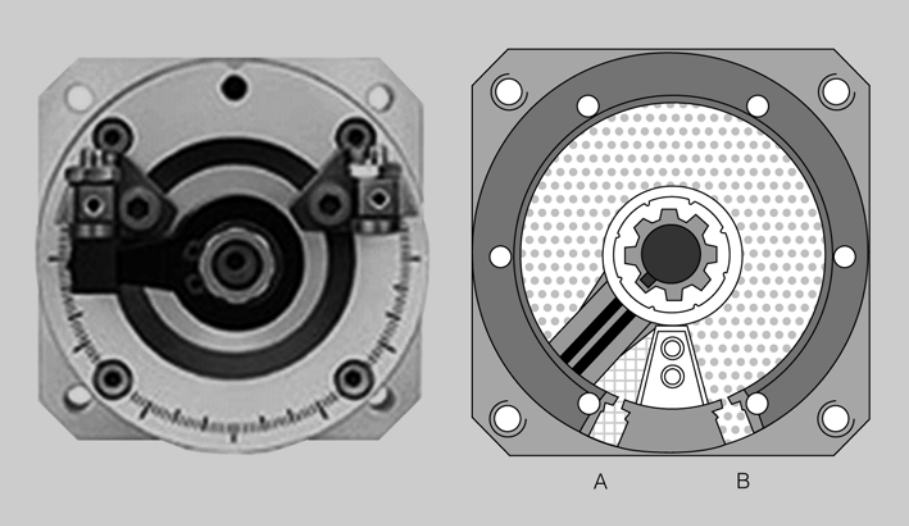
Figura 49. Cilindre rotatiu



- **Actuador semicircular** (figura 50). Aquest actuador està compost per una aleta que gira al voltant d'un eix; quan li arriba pressió per un costat es provoca el moviment de l'aleta i, per tant, el moviment de l'eix. Com que és un cilindre d'efecte doble, si li entra aire per l'altra banda, l'eix girarà en sentit contrari. Es pot aconseguir un angle de gir de 270°

cap a la dreta o cap a l'esquerra. Normalment porta uns bloquejos per regular l'angle que ha de fer.

Figura 50. Actuador semicircular



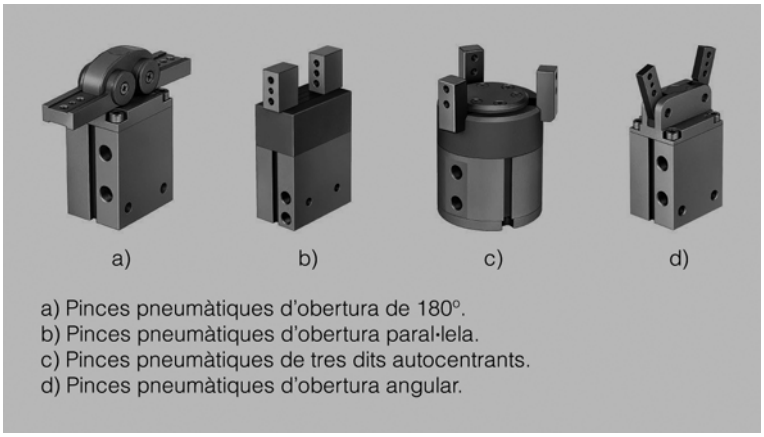
Pinces pneumàtiques

Un altre tipus de cilindre d'efecte doble és la pinça pneumàtica, en la qual també es troben les dues connexions d'aire. La seva funció més normal és la d'agafar i deixar peces, i normalment estan associades a d'altres cilindres, que són els encarregats de portar la peça agafada d'un lloc a un altre.

En la figura 51 podeu veure la imatge de diferents tipus de pinces, adaptades als diferents tipus de subjecció que poden interessar en funció de la peça que cal manipular:

- Pinces pneumàtiques d'obertura de 180°.
- Pinces pneumàtiques d'obertura paral·lela.
- Pinces pneumàtiques de tres dits autocentrants.
- Pinces pneumàtiques d'obertura angular.

Figura 51. Tipus de pinces



2.1.3. Càlculs de forces i pressió en cilindres

La unitat de força que s'utilitza normalment en el càlcul de cilindres és el **newton** (N) o el kilogram força (kgf) i la unitat de pressió és el **bar**.

A continuació es detallen les equivalències:

Psi (*pounds per square inch*) és la unitat de presió del sistema mètric anglosaxó equivalent a 1 libra per polzada al quadrat.

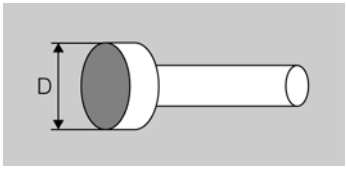
- 1 bar són 10 N/cm^2.
- 1 bar són 1 kgf/cm^2.
- 1 bar són 14,5 psi.

La relació entres les unitats de força és la següent:

$$10 \text{ N} = 1 \text{ kgf}$$

Càlcul de la força desenvolupada per un cilindre quan surt

La força teòrica desenvolupada per un cilindre quan surt es calcula multiplicant l'àrea efectiva de l'èmbol per la pressió aplicada. Per facilitar el càlcul, posarem la pressió en N/cm^2; per fer això hem de multiplicar la pressió aplicada per 10. Per exemple, si tenim una pressió de 6 bars, l'expressarem com 60 N/cm^2.



Superficie util sortint

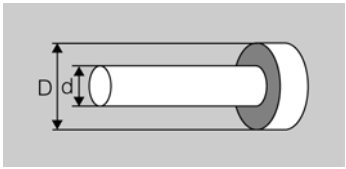
$$Fsurt = A \times P = \frac{\pi \times D^2}{4} \times P = \text{newtons}$$

$Fsurt$ = força desenvolupada, expressada en Newtons.
P = pressió aplicada a la superfície, expressada en N/cm^2.
D = diàmetre de l'èmbol, expressat en cm.

Càlcul de la força desenvolupada per un cilindre quan entra

La força teòrica desenvolupada quan un cilindre entra es calcula multiplicant l'àrea efectiva de l'èmbol per la pressió de treball.

L'àrea efectiva de l'èmbol quan entra serà més petita que quan surt, ja que li hem de restar la superfície de la tija. Això implica que com que té menys secció en entrar que en sortir, la força que farà també serà més petita.



Superfície útil retornant

$$Fentra = A \times P = \frac{\pi \times (D^2 - d^2)}{4} \times P = \text{newtons}$$

$Fentra$ = força desenvolupada expressada en Newtons.
P = pressió aplicada a la superfície, expressada en N/cm^2.
D = diàmetre de l'èmbol, expressat en cm.
d = diàmetre de la tija, expressat en cm.

Amb tot això, si volem saber la força real, hauríem de descomptar un 10% al valor que obtinguem; aquest 10% serien pèrdues per lliscament.

Exemples de càlculs de forces i de pressions

Exemple 1

Tenim un cilindre d'efecte senzill, l'èmbol del qual és de 10 mm de diàmetre, i li apliquem una pressió de 6 bars.

a) Quina serà la força desenvolupada quan surti?
b) Quina serà la força que desenvoluparia si li apliquem 10 bars?

a) La força sortint serà:

$$Fsurt = A \times P = \frac{\pi \times D^2}{4} \times P = \text{newtons}$$

El primer que hem de fer és convertir la pressió a N/cm^2.

$$P = 6 \text{ bar} = 6 \times 10 \text{ N/cm}^2 = 60 \text{ N/cm}^2$$

$$Fsurt = A \times P = \frac{3{,}14 \times 1 \text{ cm}^2}{4} \times 60 \text{ N/cm}^2 = 46{,}8 \text{ newtons}$$

Si volguéssim expressar la força en kgf, hauríem de dividir els newtons entre 10 i, per tant, resultarien 4,68 kgf.

b) La força desenvolupada si apliquem 10 bars al cilindre serà,

$$Fsurt = A \times P = \frac{3{,}14 \times 1 \text{ cm}^2}{4} \times 100 \text{ N/cm}^2 = 78 \text{ newtons}$$

Amb aquest exemple podeu veure que una manera d'augmentar la força d'un cilindre és donar-li més pressió.

Exemple 2

Quina secció d'èmbol faria falta en un cilindre d'efecte simple per moure una càrrega de 500 N si està sotmès a 5 bars?

El primer que heu de fer és convertir la pressió a N/cm^2.

$$P = 5 \text{ bar} = 5 \times 10 \text{ N/cm}^2 = 50 \text{ N/cm}^2$$

$$A = \frac{F}{P} \quad ; A = \frac{500\,\text{N}}{50\,\text{N/cm}^2} = 10\ \text{cm}^2$$

Exemple 3

Tenim un cilindre d'efecte doble amb un èmbol de 20 mm de diàmetre i una tija de 10 mm de diàmetre. Està sotmès a una pressió de 6 bars.

a) Quina serà la força desenvolupada quan surt?
b) Quina serà la força desenvolupada quan entra?

La força, l'heu d'expressar en N i en kgf.

a) Força desenvolupada sortint:

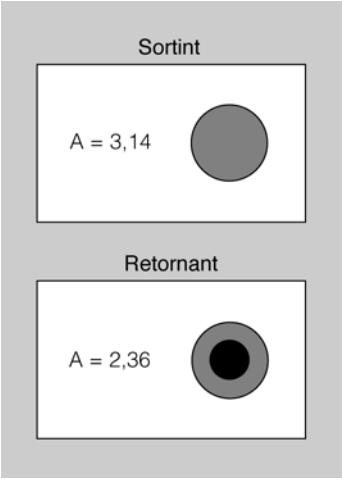
$$Fsurt = A \times P = \frac{3{,}14 \times 4\ \text{cm}^2}{4} \times 60\ \text{N/cm}^2 = 188{,}4\ \text{newtons}$$

Si volem expressar la força en kgf, hem de dividir els newtons entre 10 i, per tant, ens quedaran 18,84 kgf.

b) Força desenvolupada entrant:

$$Fentra = A \times P = \frac{3{,}14 \times (4\ \text{cm}^2 - 1\ \text{cm}^2)}{4} \times 60\ \text{N/cm}^2 = 141{,}6\ \text{newtons}$$

Si volem expressar la força en kgf, hem de dividir els newtons entre 10 i, per tant, ens quedaran 14,16 kgf.



Superfícies útils sortint i retornant

Amb aquests càlculs, queda clar que la força que desenvolupa un cilindre d'efecte doble és més gran quan surt que quan entra.

Si donem pressió al mateix temps a les dues connexions del cilindre, l'èmbol sortirà. Només en els casos de cilindres de doble tija o sense tija l'èmbol es queda aturat, ja que les dues seccions són iguals i, per tant, les forces són les mateixes, amb la qual cosa es manté en equilibri.

Exemple 4

Tenim un cilindre d'efecte doble que en entrar i en sortir ha d'arrossegar una càrrega de 30 kgf. El diàmetre de l'èmbol és de 30 mm i el de la tija, de 20 mm.

a) Quina serà la pressió mínima que farà falta per moure la càrrega quan surti el cilindre?
b) Quina serà la pressió mínima que farà falta per moure la càrrega quan entri el cilindre?

a) Pressió mínima que fa falta sortint:

$$P = \frac{F}{A}$$

Primer heu de calcular la secció efectiva del cilindre quan surt.

$$A = \frac{3,14 \times 9\ \text{cm}^2}{4} = 7,06\ \text{cm}^2$$

$$P = \frac{300\ \text{N}}{7,06\ \text{cm}^2} = 42,4\ \text{N/cm}^2$$

Si 10 N/cm^2 és igual a 1 bar, 42,4 N/cm^2 serà igual a 4,24 bars.

b) Pressió mínima que fa falta entrant.

Primer hem de calcular la secció efectiva del cilindre quan entra:

$$A = \frac{3,14 \times (9\ \text{cm}^2 - 4\ \text{cm}^2)}{4} = 3,92\ \text{cm}^2$$

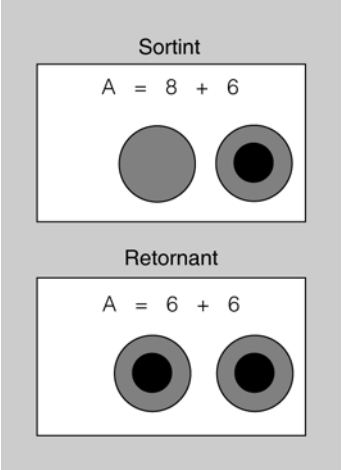
$$P = \frac{300\ \text{N}}{3,92\ \text{cm}^2} = 76,5\ \text{N/cm}^2$$

Si 10 N/cm^2 és igual a 1 bar, 76,5 N/cm^2 serà igual a 7,65 bars.

Exemple 5

Tenim un cilindre en tàndem amb uns èmbols de 8 cm^2 i les seves tiges són de 2 cm^2. La pressió de treball és de 8 bars.

a) Quina serà la força desenvolupada sortint?
b) Quina serà la força desenvolupada entrant?
c) Quina seria la força entrant i sortint si fos un cilindre normal?



Superfície útil sortint i retornant

a) Força desenvolupada sortint:

$$Fsurt = A \times P = 14\ \text{cm}^2 \times 80\ \text{N/cm}^2 = 1.120\ \text{newtons}$$

b) Força desenvolupada entrant:

$$Fsurt = A \times P = 12\ \text{cm}^2 \times 80\ \text{N/cm}^2 = 960\ \text{newtons}$$

c) Força entrant i sortint d'un cilindre normal:

$$Fsurt = A \times P = 8\ \text{cm}^2 \times 80\ \text{N/cm}^2 = 640\ \text{newtons}$$

$$Fsurt = A \times P = 6\ \text{cm}^2 \times 80\ \text{N/cm}^2 = 480\ \text{newtons}$$

Podem deduir que amb un cilindre tàndem, respecte a un cilindre normal de la mateixa secció, gairebé dupliquem la força desenvolupada quan surt i la dupliquem quan entra.

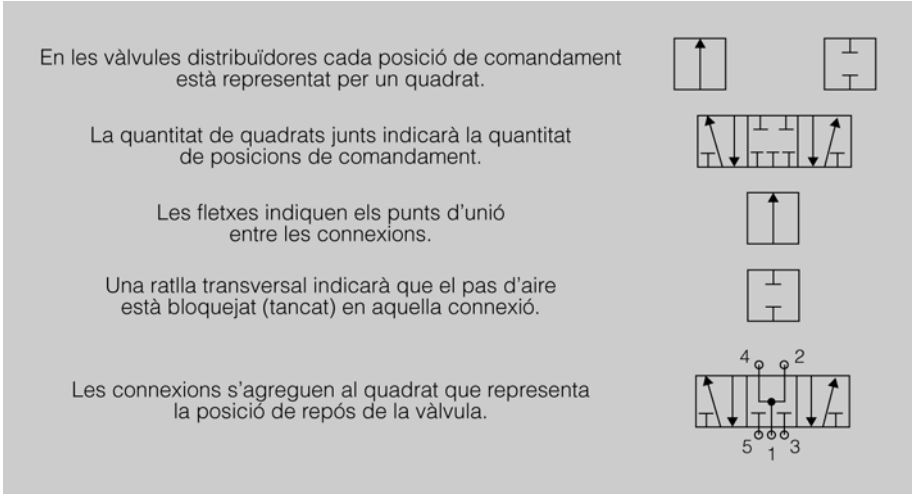
2.2. Vàlvules

Les vàlvules s'encarreguen d'encaminar l'aire comprimit per les diferents vies dels cilindres fent que entri o surti. Segons el seu funcionament es classifiquen en:

- Vàlvules distribuïdores (de vies).
- Vàlvules de bloqueig.
- Vàlvules de pressió.
- Vàlvules d'estrangulació.
- Vàlvules de tancament.

Els símbols gràfics segons l'ISO 1219 representen el funcionament de les vàlvules, no la seva construcció. En la figura 52 podeu veure la representació gràfica de les diferents parts d'una vàlvula.

Figura 52. Representació de vàlvules



En la taula 2 teniu les diferents maneres d'identificar les connexions de les vàlvules.

Taula 2. Designació de les connexions de les vàlvules distribuïdores

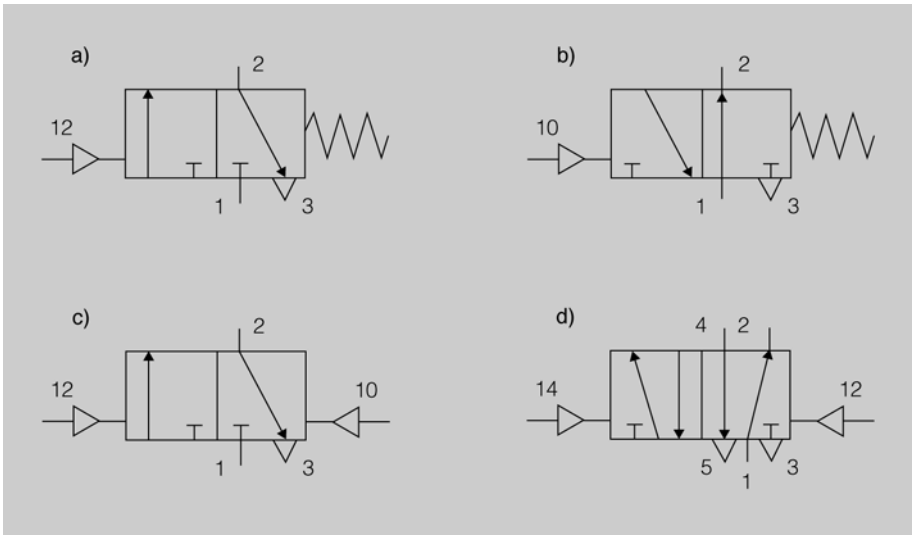
Denominació	DIN ISO 5599	Lletres
Connexió d'aire a pressió	1	P
Escapament d'aire	3, 5	R, S (EA, EB)
Sortides a cilindres	2, 4	A, B
Comandament. Unió de connexió 1 i 2	12	X
Comandament. Unió de connexió 1 i 4	14	Y
Comandament. Cancel·la la connexió 1 i 2	10	Z

El pilotatge pneumàtic és un sistema de control que pressionant fa que una vàlvula pugui canviar de posició.

En la figura 53 podeu veure les diferents maneres de numerar el pilotatge pneumàtic en funció la manera de donar pressió.

a) Si quan donem pressió s'uneixen les connexions 1 i 2, el pilotatge tindrà el número 12.
b) Si quan donem pressió tallem les connexions 1 i 2, el pilotatge tindrà el número 10. Aquesta numeració només es fa servir a les vàlvules 3/2.
c) Aquí podem veure els dos casos anteriors.
d) Si quan donem pressió s'uneixen les connexions 1 i 4, el pilotatge tindrà el número 14.

Figura 53. Numeració dels pilotatges



2.2.1. Vàlvules distribuïdores

Les vàlvules de control direccional són elements que serveixen per distribuir l'aire comprimit segons les nostres necessitats. Fan la distribució obrint o tancant el pas de fluid pels diferents orificis.

Les característiques generals de les vàlvules són:

- El nombre de vies. Orificis de què disposa la vàlvula per distribuir l'aire comprimit. Poden ser de 2, 3, 4 i 5 vies.

- El nombre de posicions. Nombre d'estats diferents que la vàlvula pot adoptar. Poden tenir 2 o 3 posicions.

En funció del nombre d'estats estables que pot adoptar s'anomenen:

- **Monoestables**: tenen només una posició estable amb un únic comandament i retorna a la seva posició inicial per l'acció d'una molla.

- **Biestables**: tenen dues posicions estables amb dos comandaments.

Quan estem en un entorn industrial amb molts cilindres funcionant a la vegada, es crea una contaminació acústica molt important que va en contra de la salut dels treballadors. Aquest soroll és creat per l'aire en sortir a l'atmosfera; per evitar o minimitzar aquest efecte s'utilitzen els silenciadors. Aquests elements normalment van roscats als escapaments de les vàlvules (connexions 3 i 5). Poden ser de plàstic o de material sintètic i la forma que tenen normalment és cilíndrica o rectangular.

Vàlvula 2/2 (dues vies i dues posicions)

La vàlvula 2/2 obre o talla el pas d'aire entre dos punts. Pot ser normalment oberta o normalment tancada.

La normalment oberta, en repòs, és a dir, sense accionar, deixa passar l'aire entre les connexions 1 i 2 i si s'acciona talla el pas d'aire.

La normalment tancada, en repòs, no deixa passar l'aire entre les connexions 1 i 2 i si s'acciona deixarà passar l'aire d'un punt a l'altre.

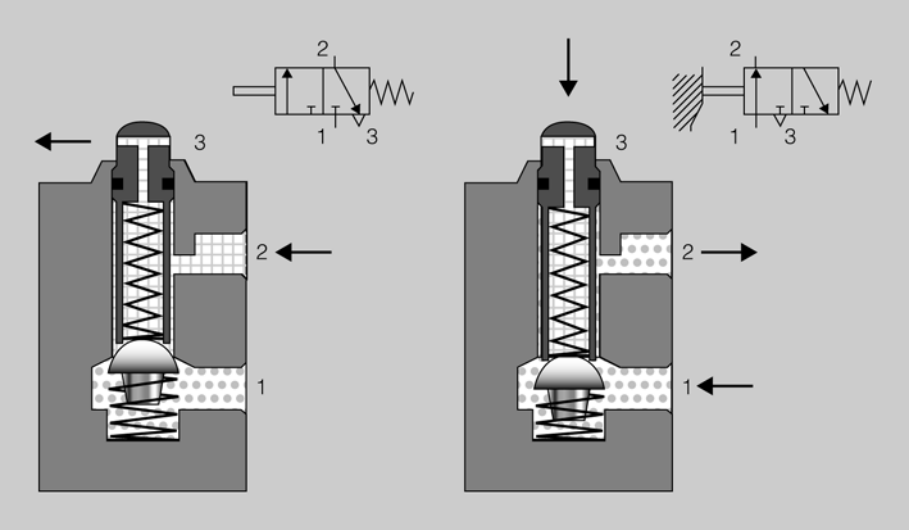
Vàlvula 3/2 normalment tancada en repòs. Seient de bola

En la figura 54 podeu veure representats els dos estats d'una vàlvula 3/2 normalment tancada en repòs. En el dibuix de l'esquerra la vàlvula està en repòs, és a dir, sense accionar; podeu veure que la molla espitja la bola cap a dalt, la qual cosa provoca que la connexió 1 (pressió) quedi tancada i per tant l'aire no pugui passar. A més, l'aire que pugui venir del cilindre anirà de la connexió 2 a la connexió 3 (escapament cap a l'atmosfera).

En el dibuix de la dreta podeu veure que si s'exerceix una força sobre l'èmbol, aquest queda tancat sobre la bola i per tant l'escapament queda bloquejat; al mateix temps, podeu veure que s'uneixen les connexions 1 i 2, i

això provoca que l'aire a pressió entri a la connexió 1 i surti per la 2. És una vàlvula normalment petita i que s'utilitza molt en circuits de pilotatge com a cap de cursa.

Figura 54. Vàlvula distribuïdora 3/2

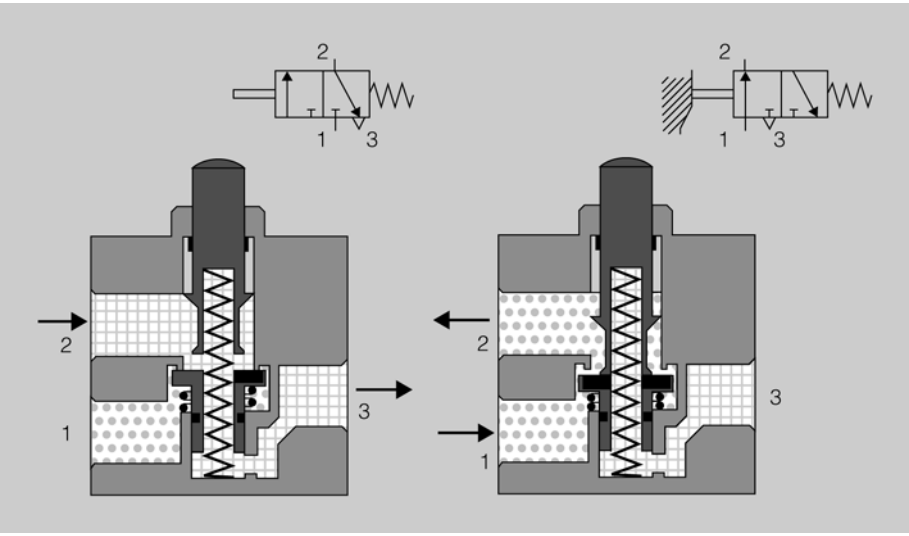


Vàlvula 3/2 normalment oberta en repòs. Seient de plat

En la figura 55 podeu veure representats els dos estats d'una vàlvula 3/2 normalment oberta en repòs. En el dibuix de l'esquerra la vàlvula està en repòs, és a dir, sense accionar; podeu veure que una petita molla espitja l'èmbol que és a baix cap a dalt, i això provoca que la connexió 1 es mantingui taponada mentre que l'aire a pressió, que arriba a la connexió 2, surt per la connexió 3.

En el dibuix de la dreta podeu veure que si s'exerceix una força sobre l'èmbol, aquest fa que la connexió d'aire a pressió que entra per la connexió 1 surti per la connexió 2.

Figura 55. Vàlvula 3/2 seient de plat



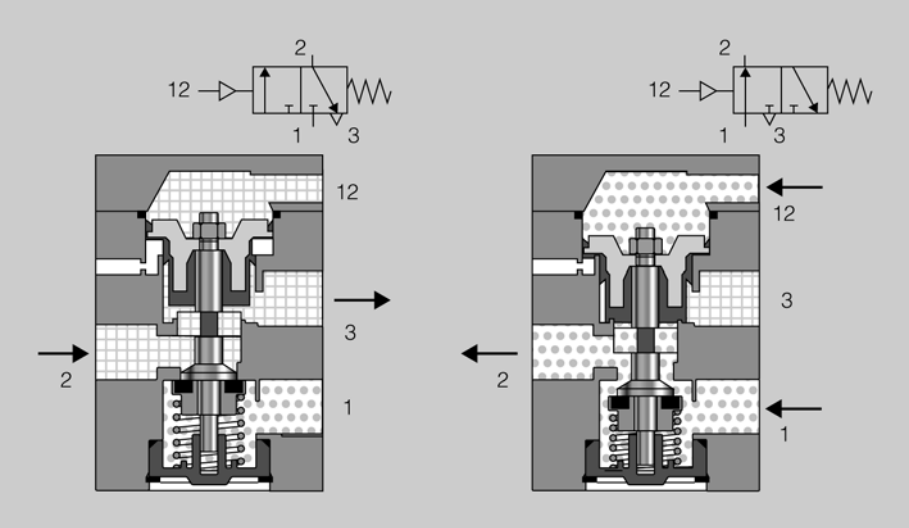
!!

Podeu veure el funcionament d'una vàlvula de 3 vies i 2 posicions en l'espai de l'"Aula".

Vàlvula monoestable 3/2 normalment tancada en repòs. Accionament pneumàtic

En la figura 56 podeu veure la representació d'una vàlvula de 3 vies i 2 posicions amb l'accionament pneumàtic; això vol dir que perquè canviï de posició heu d'aplicar aire a pressió en la connexió 12. Quan deixeu de donar pressió a la connexió 12, la molla farà que la vàlvula torni a la seva posició de repòs i, per tant, quedi comunicada la connexió 2 amb la 3.

Figura 56. Vàlvula 3/2 accionament pneumàtic



Vàlvula biestable 5/2 pilotada per aire

Aquesta vàlvula té dues posicions i cinc connexions, dues de les quals són escapaments. Una característica d'aquesta vàlvula és el seu moviment transversal quan és accionada. La força d'accionament és petita ja que només ha de vèncer el lliscament.

Per aconseguir una posició, s'ha d'aplicar pressió a la connexió de pilotatge 12; llavors l'èmbol es desplaça, amb la qual cosa la pressió que arriba a la connexió 1 sortirà per la connexió 2 i l'aire utilitzat en el cilindre entrarà per la connexió 4 i sortirà per l'escapament 5.

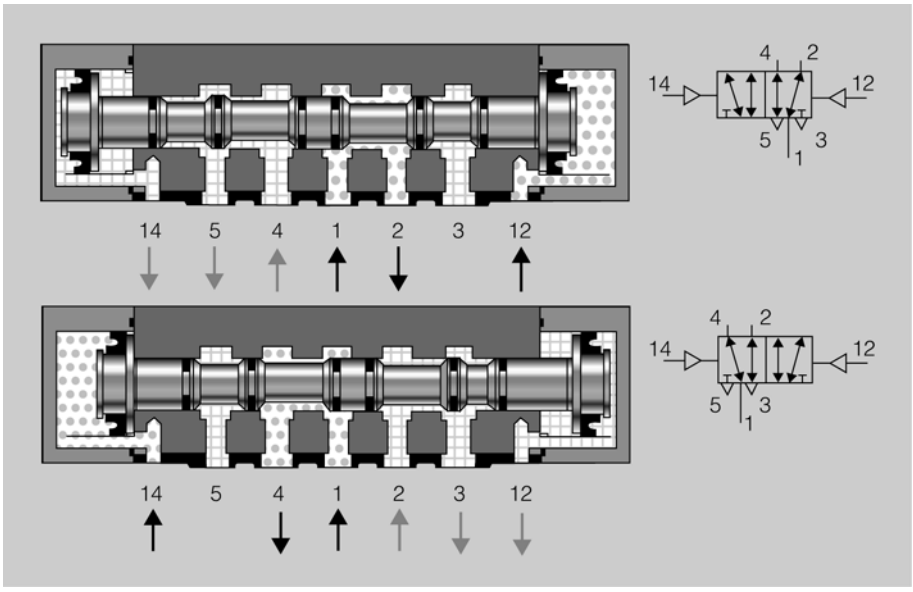
Per canviar de posició, s'ha d'aplicar pressió a la connexió de pilotatge 14, i llavors la pressió que arriba a la connexió 1 sortirà per la connexió 4 i l'aire utilitzat en el cilindre entrarà per la connexió 2 i sortirà per l'escapament 3.

Si s'aplica simultàniament pressió a les connexions 12 i a la 14, predominarà sempre la primera ordre rebuda.

En el funcionament d'una instal·lació el fet de donar pressió a una connexió, i després aplicar pressió a l'altra, es coneix tècnicament com *aplicar pressió simultàniament*.

En la figura 57 podeu veure la representació d'una vàlvula i els símbols corresponents a les dues posicions que pot tenir la vàlvula.

Figura 57. Vàlvula 5/2 pilotada per aire



Podeu veure el funcionament d'una vàlvula de 5 vies i 2 posicions en l'espai de l'"Aula".

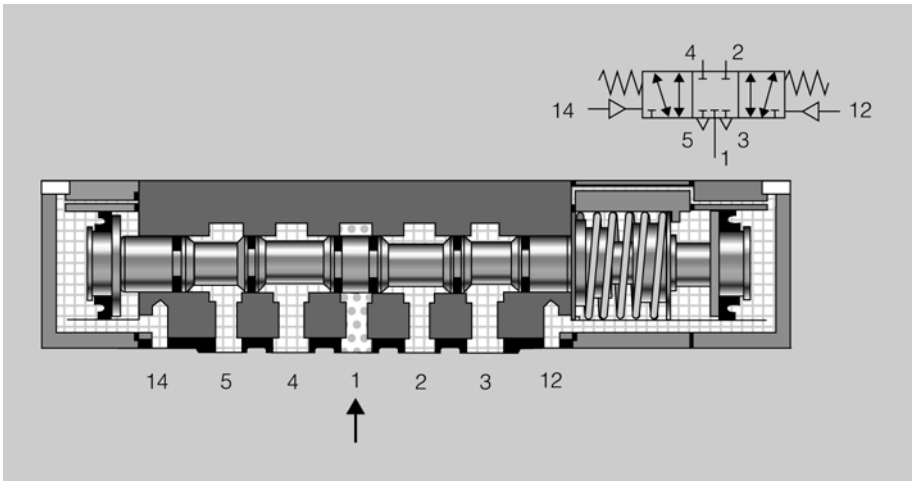
Vàlvula monoestable 5/3 pilotada per aire

Aquesta vàlvula té tres posicions i cinc connexions. És una vàlvula monoestable, ja que només té una posició estable; quan no hi hagi pressió als punts 14 i 12, la molla s'encarregarà de portar l'èmbol a la posició estable, que és la central.

Hi ha tres tipus de connexió en posició central:

- **Centres tancats**. En aquest cas la pressió queda bloquejada en l'entrada 1 i els conductes 2 i 4 que van al cilindre queden amb pressió. En la figura 58 teniu la representació d'una vàlvula 5/3 amb centres tancats i els símbols corresponents.

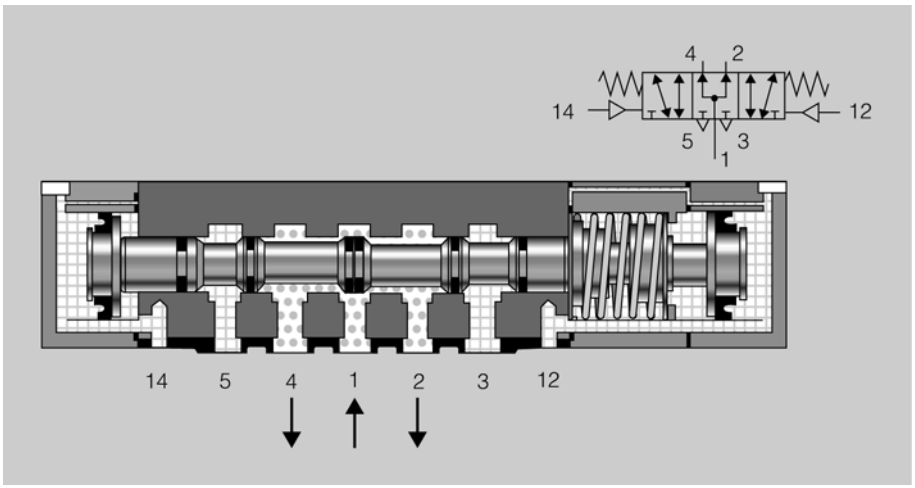
Figura 58. Vàlvula 5/3 amb centres tancats



- **Connexió directa de pressió a les dues sortides**. Aquesta connexió només és valida per bloquejar en una posició un cilindre d'efecte doble sense tija, mantenint-lo a la pressió de treball a les dues bandes del cilindre. No serveix per a un cilindre d'efecte doble amb tija, ja que a cau-

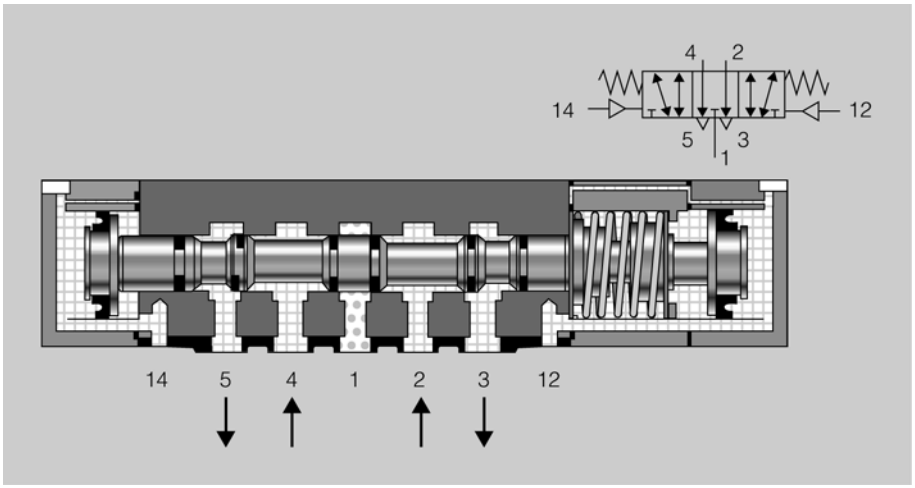
sa de les diferències de secció a les dues bandes del cilindre, hi hauria més força a una banda que a l'altra i el cilindre acabaria sortint. En la figura 59 teniu la representació d'una vàlvula 5/3 amb pressió directa a les sortides i el símbol corresponent.

Figura 59. Vàlvula 5/3 amb connexió de pressió directa a les sortides



- **Connexió de les dues sortides als escapaments**. Aquest tipus de connexió s'utilitzarà quan interessi que les dues bandes del cilindre quedin descarregades de pressió, amb la qual cosa en la posició central es podria moure amb la mà. En la figura 60 teniu la representació d'una vàlvula 5/3 amb connexions de les sortides als escapaments i el símbol corresponent.

Figura 60. Vàlvula 5/3 amb connexió de les dues sortides als escapaments



2.2.2. Vàlvules auxiliars

A més de les vàlvules de posicionament que serveixen per fer els moviments dels cilindres, són necessàries altres vàlvules per dur a terme diferents funcions dintre d'un circuit pneumàtic:

- Vàlvula antiretorn.
- Vàlvula selectora de circuit.

- Vàlvula de simultaneïtat.
- Vàlvules de regulació de cabal.

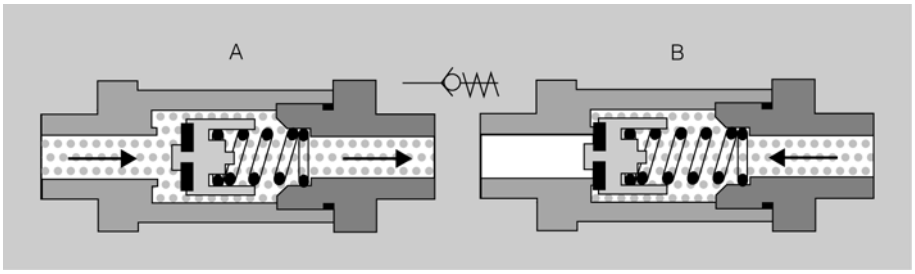
Vàlvula antiretorn

Una vàlvula antiretorn és un tipus de vàlvula que deixa circular l'aire només en un dels sentit, i bloqueja el contrari.

En la figura 61 podeu veure la representació dels dos estats d'una vàlvula antiretorn. Observeu, per una banda, que quan la pressió d'aire circula d'esquerra a dreta (figura 61a) impacta sobre la superfície d'una peça i crea una força que guanya la força de la molla, això fa que l'antiretorn es desplaci i l'aire pugui passar lliurement cap a la dreta.

Per altra banda, quan la pressió d'aire entra de dreta a esquerra (figura 61b) es crea una força que empeny encara més l'antiretorn amb la seva base i, per tant, queda tancat el pas d'aire.

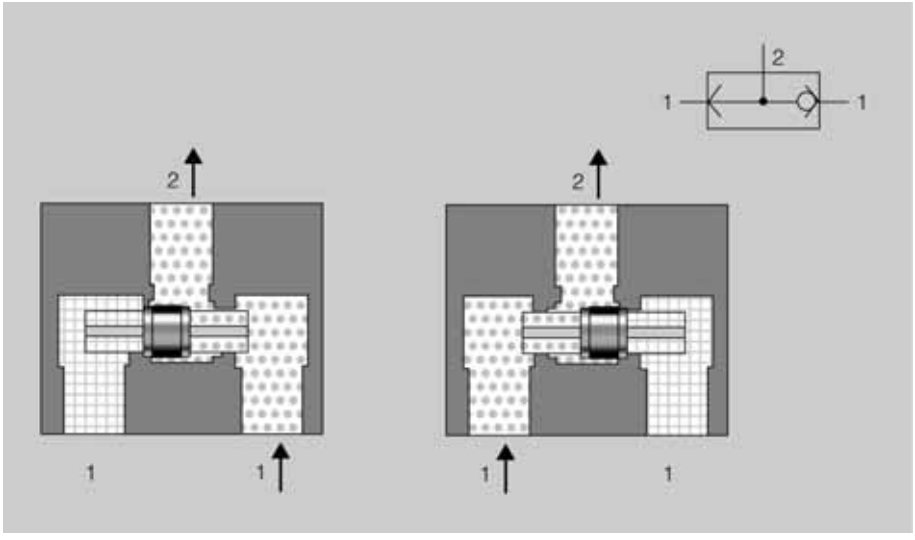
Figura 61. Vàlvula antiretorn



Vàlvula selectora de circuit

La vàlvula selectora de circuit s'anomena també *vàlvula O*, ja que fa la funció lògica en paral·lel. Té tres connexions de les quals dues són entrades de pressió d'aire (connexions 1) i una és sortida (connexió 2).

Figura 62. Vàlvula selectora de circuit



Podeu veure el funcionament d'una vàlvula selectora en l'espai de l'"Aula".

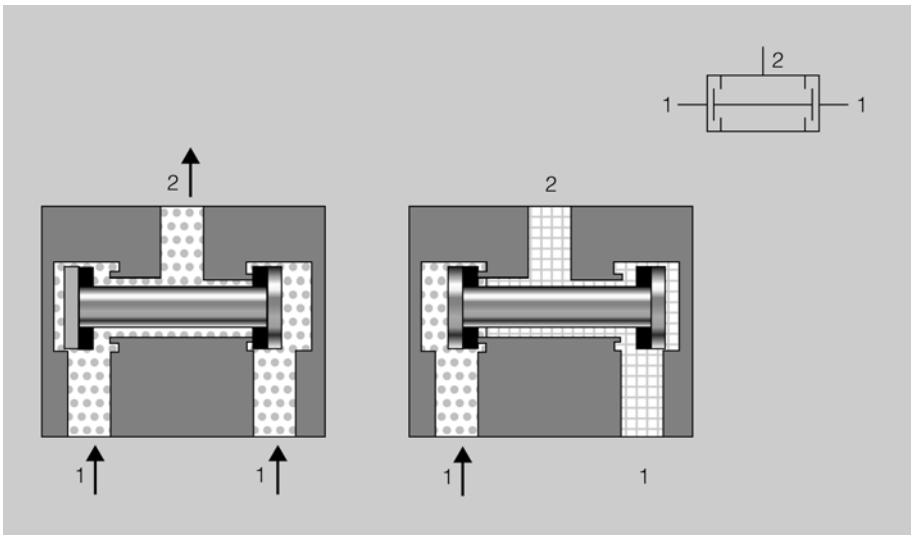
En la figura 62 podeu veure la representació dels dos estats d'una vàlvula selectora de circuit, i podeu comprovar que si s'aplica pressió a una de les dues connexions d'entrada o a totes dues, donarà pressió a la connexió de sortida. Si s'aplica pressió per les dues entrades i són pressions diferents, la pressió que tindríem de sortida seria la corresponent a l'entrada de més pressió.

Vàlvula de simultaneïtat

La vàlvula de simultaneïtat s'anomena també *vàlvula Y*, ja que fa la funció lògica en sèrie. Té tres connexions, de les quals dues són entrades de pressió d'aire (connexions 1) i una és de sortida (connexió 2).

En la figura 63 podeu veure la representació dels dos estats d'una vàlvula de simultaneïtat i podeu comprovar que si s'aplica pressió només a una de les dues connexions d'entrada no hi haurà pressió per la sortida; per tenir pressió per la sortida, s'ha d'aplicar pressió a les dues entrades al mateix temps. Si s'aplica pressió per les dues entrades i són pressions diferents, la pressió que tindríem de sortida seria la corresponent a l'entrada de menys pressió.

Figura 63. Vàlvula de simultaneïtat

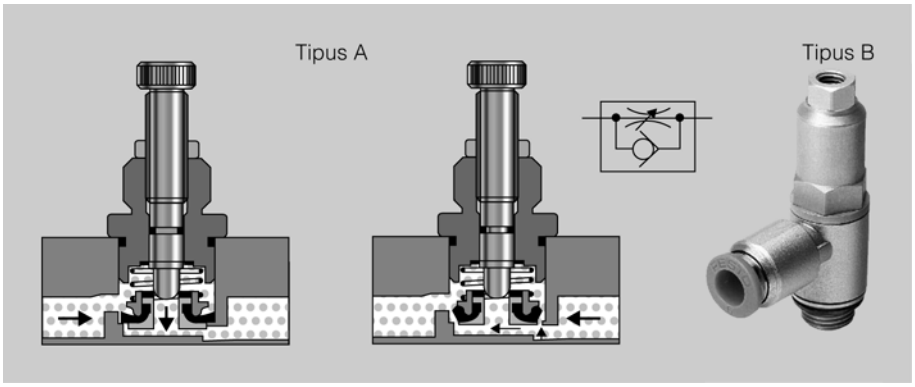


Podeu veure el funcionament d'una vàlvula de simultaneïtat en l'espai de l'"Aula".

Vàlvules de regulació de cabal

En la figura 64 podeu veure la representació d'una vàlvula reguladora de cabal, el símbol corresponent i la imatge d'una vàlvula real. Aquesta vàlvula es compon d'un regulador de cabal bidireccional i, en paral·lel, té un antiretorn. L'aire a pressió, quan circula en direcció d'esquerra a dreta, no pot passar per l'antiretorn i passarà escanyat pel forat que regula el cargol del 0 al 100%; en canvi, quan circuli de dreta a esquerra, passarà lliure per l'antiretorn i no es regularà, per tant només regularà el cabal en un sol sentit.

Figura 64. Vàlvula reguladora de cabal unidireccional

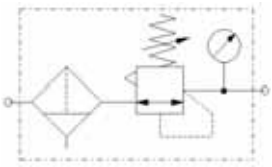
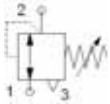
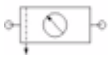


Podeu veure el funcionament d'una vàlvula de regulació de cabal en l'espai de l'"Aula".

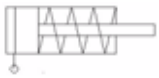
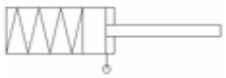
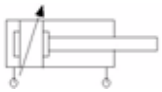
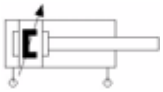
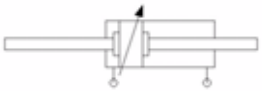
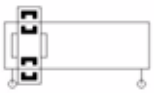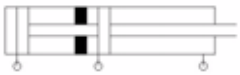
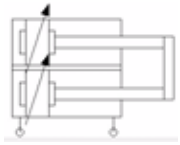
2.3. Simbologia pneumàtica

És molt important conèixer els símbols dels components pneumàtics. En la taula 3 es representen els símbols dels components generals, en la taula 4 els símbols dels actuadors, en la taula 5 els símbols de les vàlvules i en la taula 6 els tipus d'accionament.

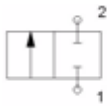
Taula 3. Elements generals

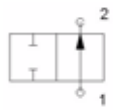
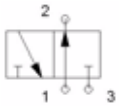
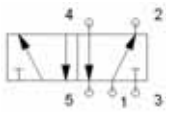
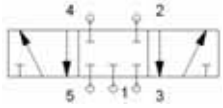
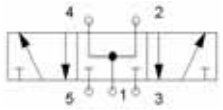
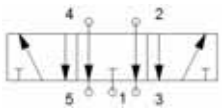
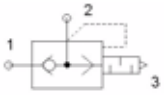
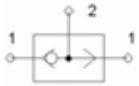
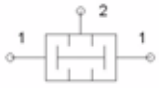
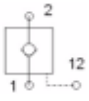
Símbol	Descripció
	Font d'aire comprimit (alimentació pneumàtica)
	Compressor
	Unitat de manteniment (representació desenvolupada)
	Refrigerador assecador
	Lubrificador
	Vàlvula reguladora de pressió de 3 vies amb manòmetre
	Manòmetre
	Unitat de manteniment (representació simplificada)

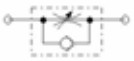
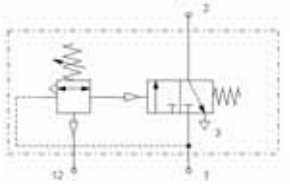
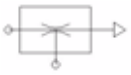
Taula 4. Actuadors

Símbol	Descripció
	Cilindre d'efecte simple (ressort d'entrada)
	Cilindre d'efecte simple (ressort de sortida)
	Cilindre d'efecte doble amb amortidor regulable
	Cilindre d'efecte doble amb imant per a detectors
	Cilindre d'efecte doble amb doble
	Cilindre d'efecte doble sense tija
	Cilindre multiposicional de tres posicions
	Cilindre de tija doble (antigir)
	Motor pneumàtic de dos sentits
	Actuador angular semigiratori
	Ventosa

Taula 5. Vàlvules distribuïdores

Símbol	Descripció
	Vàlvula 2/2 normalment tancada T4-1

Símbol	Descripció
	Vàlvula 2/2 normalment oberta T4-2
	Vàlvula 3/2 normalment tancada T4-3
	Vàlvula 3/2 normalment oberta T4-4
	Vàlvula 5/2
	Vàlvula 5/3 amb centre tancat
	Vàlvula 5/3 amb centres amb sortida de pressió
	Vàlvula 5/3 amb centres amb sortides connectades a escapament
	Vàlvula d'escapament ràpid
	Vàlvula selectora de circuit
	Vàlvula de simultaneïtat
	Vàlvula antiretorn
	Vàlvula antiretorn pilotada
	Vàlvula reguladora de cabal bidireccional

Símbol	Descripció
	Vàlvula reguladora de cabal unidireccional
	Vàlvula de buit o vacuòstat pneumàtic
	Canonada de succió de buit o Venturi

Taula 6. Tipus d'accionament

Símbol	Descripció
	Accionament manual (símbol general)
	Accionament manual amb enclavament
	Polsador
	Palanca
	Pedal
	Èmbol
	Cap de cursa que s'amaga (detecta només un sentit)
	Cap de cursa servopilotat (detecta els dos sentits)
	Accionament per aire
	Accionament per aire servopilotat
	Accionament per electrovàlvula (solenoide)
	Accionament elèctric i manual servopilotat

Símbol	Descripció
	Retorn per molla
	Centrat per molla

2.4. Electrovàlvules

Les *electrovàlvules* són els elements que fan d'enllaç entre el circuit elèctric de comandament i el circuit pneumàtic que actua directament sobre els cilindres.



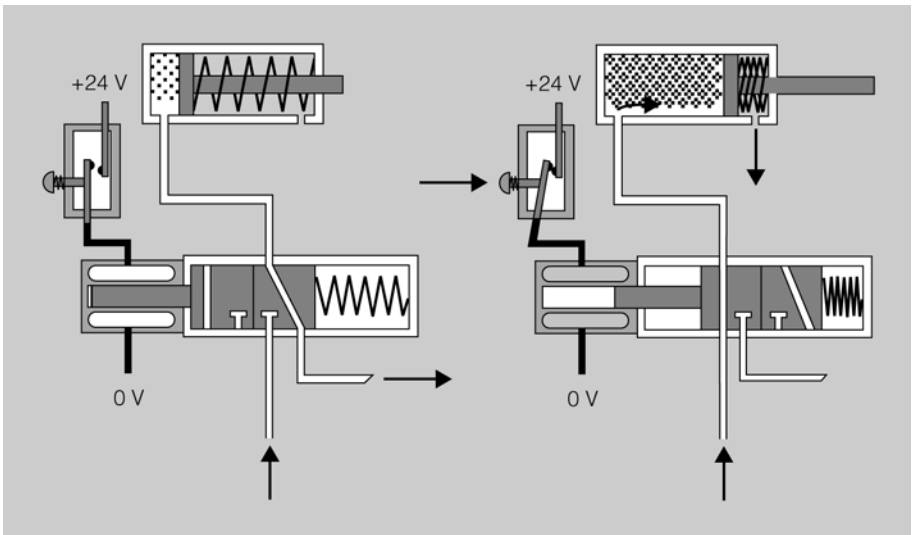
Podeu veure el funcionament de les electrovàlvules en l'espai de l'"Aula".

Depenent del tipus de cilindre que s'hagi de moure s'utilitzarà un tipus d'electrovàlvula o una altra. Si es vol moure un cilindre d'efecte simple s'utilitzarà una electrovàlvula de tres vies i dues posicions (3/2); també se'n pot utilitzar una de cinc vies i dues posicions tapant un forat de sortida i, si es vol moure un cilindre d'efecte doble, s'utilitzarà una electrovàlvula de cinc vies i dues posicions (5/2).

2.4.1. Electrovàlvula 3/2

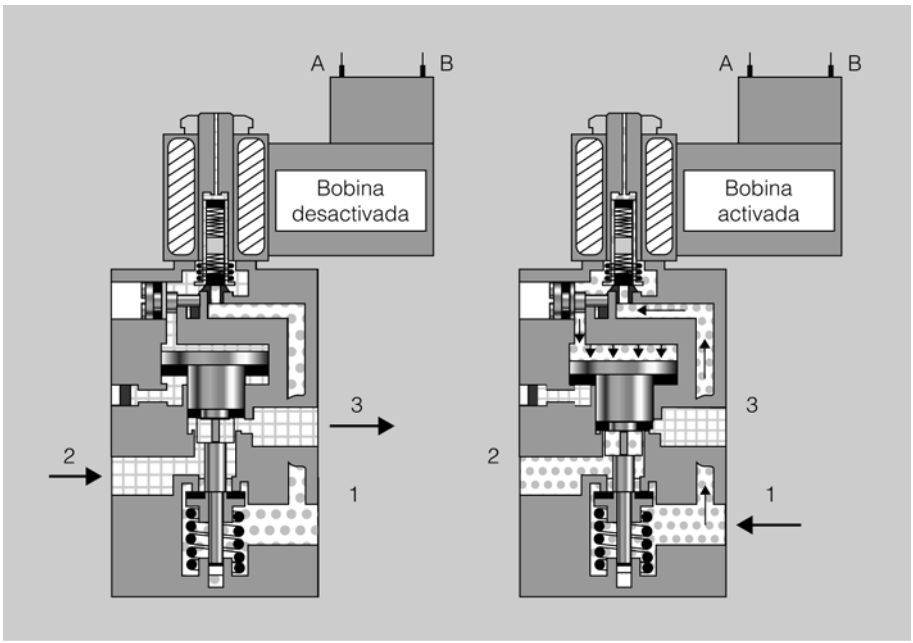
En la figura 65 podeu veure el circuit electropneumàtic d'un cilindre d'efecte simple comandat per una electrovàlvula 3/2. Podeu veure en el dibuix de la dreta que en accionar el polsador arriben 24 volts a la bobina; això fa que es produeixi un camp magnètic que provoca que una part magnètica mòbil es desplaci, guanyi la molla i faci, per tant, que la vàlvula canviï de posició. Quan deixem d'accionar el polsador, no arriben els 24 volts a la bobina i, per tant, deixa de ser imant, amb la qual cosa la molla espitja la vàlvula fins a la posició inicial, tal com es veu en el dibuix de l'esquerra.

Figura 65. Esquema de funcionament del cilindre d'efecte doble



En la figura 66 podeu veure l'estructura física d'una electrovàlvula 3/2. Aquesta vàlvula té servopilotatge; això vol dir que la bobina no actua de manera directa sobre l'èmbol que provoca l'obertura de la vàlvula. Quan la bobina està activada, atrau un petit èmbol metàl·lic que dóna pas a l'aire a pressió; aquest aire a pressió incideix sobre la superfície de l'èmbol principal de la vàlvula i això provoca una força que fa que l'èmbol es desplaci i la vàlvula canviï de posició, amb la qual cosa la connexió 3 queda tancada i l'aire a pressió passa de la connexió 1 a la 2.

Figura 66. Electrovàlvula 3/2



Podeu veure el funcionament d'una vàlvula pilotada elèctricament en l'espai de l'"Aula".

2.4.2. Electrovàlvula 5/2

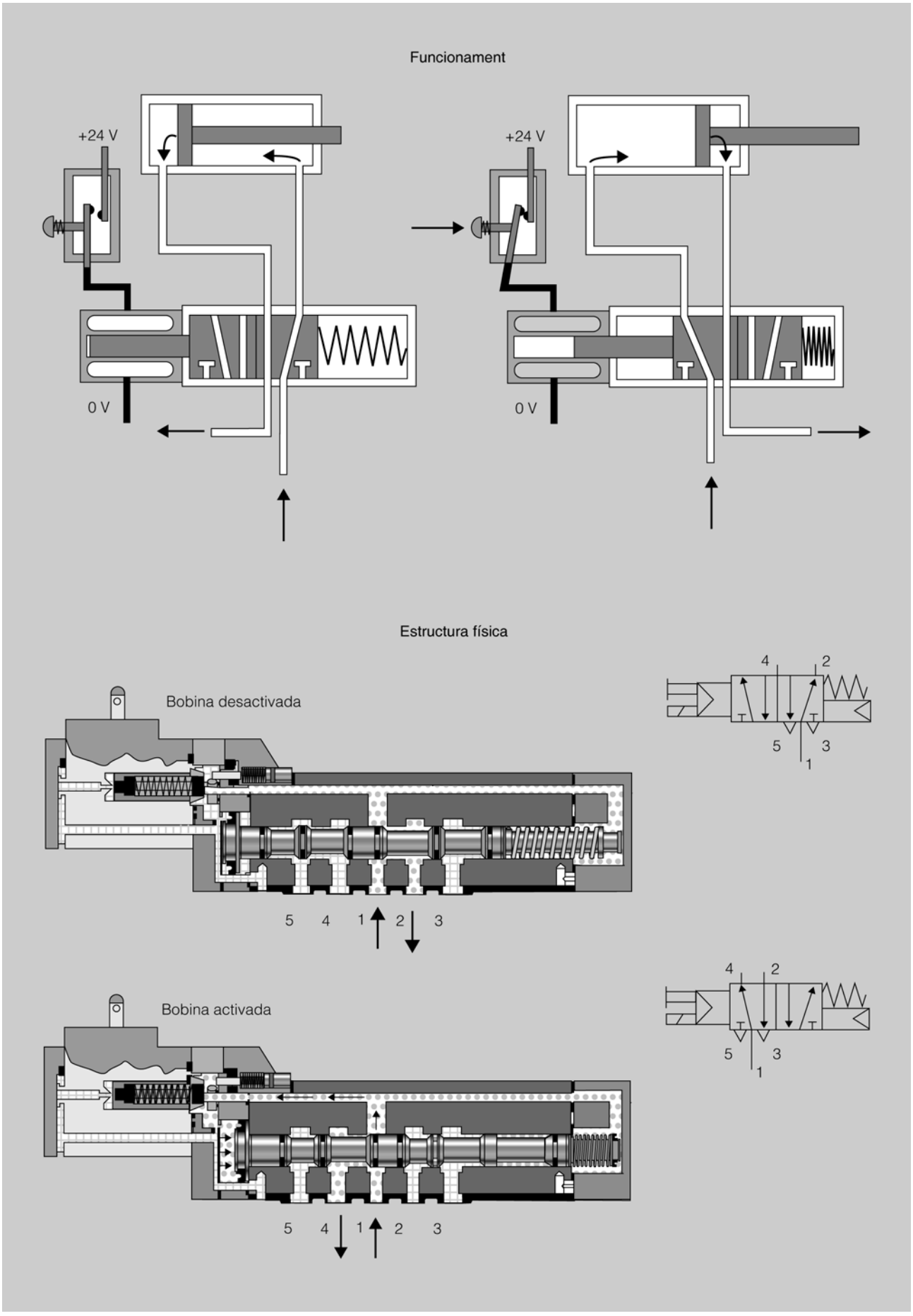
En la figura 67 podeu veure el circuit electropneumàtic d'un cilindre d'efecte doble comandat per una electrovàlvula 5/2 quan l'electrovàlvula està activada i quan està desactivada. També podeu veure en el dibuix de l'estructura física com es fa el desplaçament de la corredissa per efecte de la pressió de pilotatge en funció de l'estat de la bobina, activada o desactivada.

2.5. Aparells de buit

Les tècniques de buit s'utilitzen per poder agafar de manera pneumàtica peces llises i hermètiques. Per aconseguir el buit, es poden utilitzar dues tècniques:

- Producció de buit mitjançant l'ús d'un aparell de Venturi.
- Producció de buit mitjançant una bomba de buit.

Figura 67. Electrovàlvula 5/2. Funcionament i estructura



2.5.1. Producció de buit mitjançant l'ús del venturi

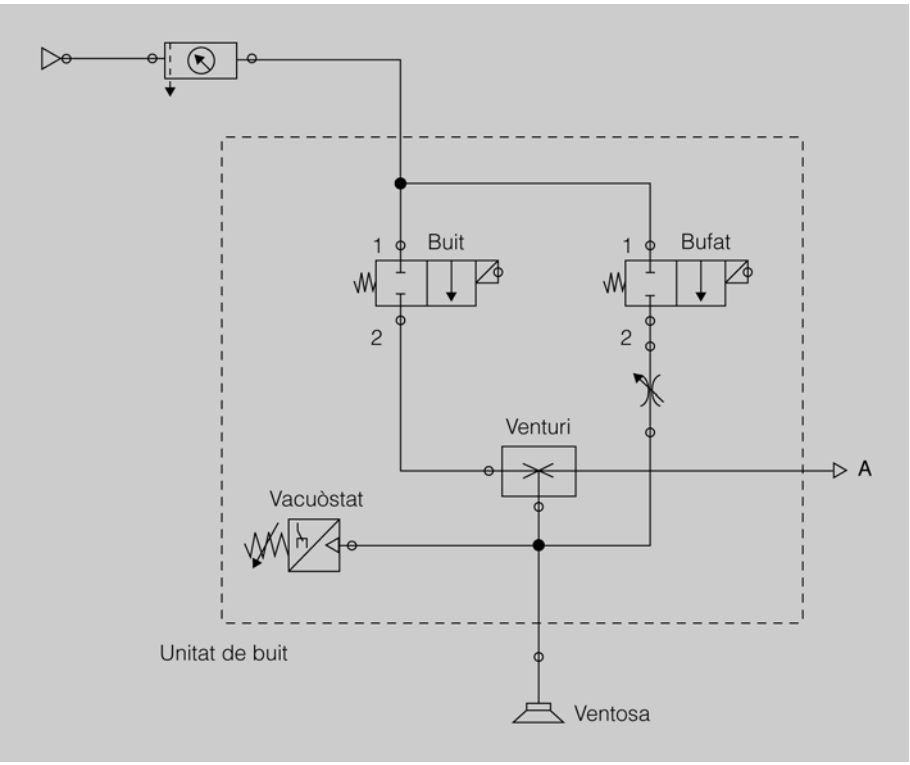
Es pot aconseguir el buit de manera electropneumàtica per l'efecte Venturi. En la figura 68 podeu veure l'esquema de funcionament d'una unitat de buit que està formada per tres parts:

1) Venturi amb l'electrovàlvula de buit. Quan s'activa l'electrovàlvula l'aire passa pel venturi i surt pel conducte A. El venturi té una part molt prima per la qual l'aire passa a molta velocitat cap al conducte A, i això fa que es generi una depressió que fa que a través de la ventosa pugui passar aire per sortir pel conducte A.

2) Vacuòstat (detector de buit). Quan una peça tapona la ventosa, es crearà el buit i per tant el vacuòstat donarà un senyal elèctric que voldrà dir que la peça està agafada per la ventosa. Normalment el vacuòstat porta un cargol per poder regular el nivell de buit que ens interessa que detecti en cada cas. La regulació dependrà del tipus de peça que hagi de subjectar la ventosa.

3) Electrovàlvula de bufat. Per agilitzar el procés, quan vulguem deixar la peça, no cal només deixar de fer el buit, sinó que fem un bufat, per assegurar-nos que la peça no queda enganxada, d'això s'encarrega l'electrovàlvula de bufat. A continuació de l'electrovàlvula de bufat tenim un regulador de cabal unidireccional que s'encarrega de regular que el bufat sigui més fort o més fluix.

Figura 68. Unitat de buit amb venturi





Podeu veure el funcionament de les ventoses en l'espai de l'"Aula".

2.5.2. Producció de buit mitjançant l'ús d'una bomba de buit

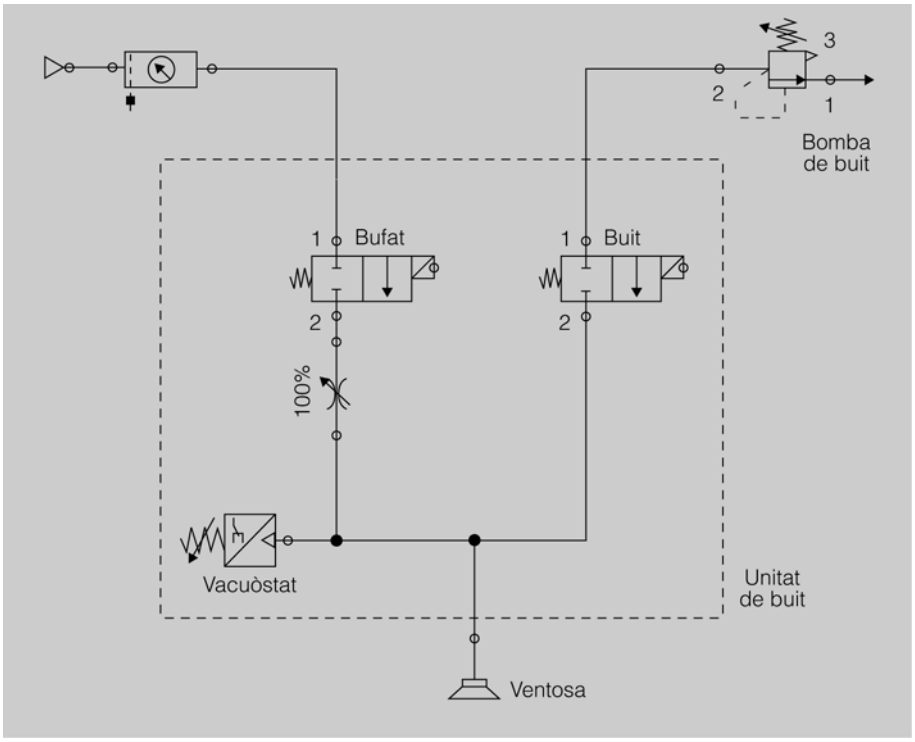
En la figura 69 podeu veure l'esquema de funcionament d'una bomba de buit que està formada per tres parts:

1) Buit. El buit en aquest cas s'aconsegueix mitjançant una bomba de buit. Connectat a la bomba tenim un regulador de buit per tal que es pugui treballar amb el nivell de buit que faci falta. Finalment, tenim l'electrovàlvula de buit, que quan estigui activada farà que l'aire sigui xuclat per la ventosa.

2) Vacuòstat (detector de buit). Quan una peça taponi la ventosa es crearà el buit i, per tant, el vacuòstat donarà un senyal elèctric que voldrà dir que la peça està agafada per la ventosa.

3) Electrovàlvula de bufat. Estarà connectada a pressió i servirà per deixar la peça amb rapidesa i seguretat.

Figura 69. Unitat de buit amb bomba de buit



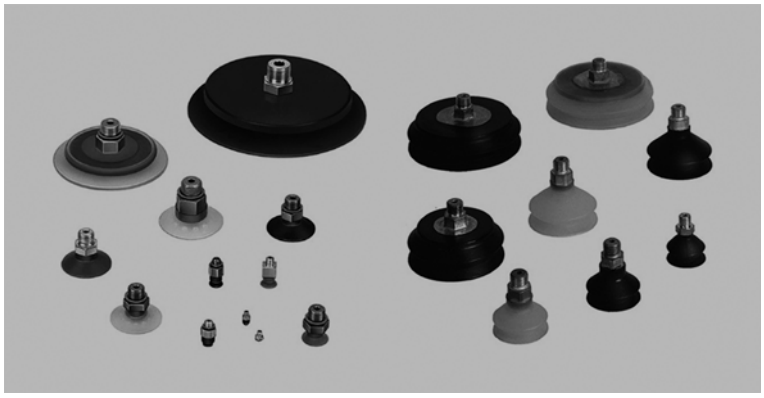
2.5.3. Ventoses

Una ventosa és un element actuador pneumàtic que s'utilitza per agafar i transportar peces llises fent el buit (xapes, paper, cartró, vidres, etc.). Hi ha tot un ventall diferent de ventoses.

Us podeu trobar una gran varietat de ventoses. N'hi ha de goma dura, tova, de llavi simple, doble, múltiple. L'elecció de la ventosa dependrà de l'apli-

cació en la qual s'hagi de fer servir, la força que hagi de fer, etc. En la figura 70 teniu imatges de diferents tipus de ventoses.

Figura 70. Diferents tipus de ventoses



3. Muntatge i manteniment d'instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques

Per fer el muntatge d'instal·lacions pneumàtiques s'han de desenvolupar, en primer lloc, els circuits. Se'n poden fer servir diferents, com ara el programa Fluidsim. Hi ha dos circuits bàsics de pneumàtica que serviran per conèixer-ne la tipologia.



En l'espai de l'"Aula" podeu trobar el programari Fluidsim-p.

Amb el programa Fluidsim-p en la versió d'estudiant de Festo es poden fer els circuits bàsics de pneumàtica amb tots els elements que els configuren interactuant entre ells.

3.1. Desenvolupament de circuits pneumàtics

Com és lògic, quan feu un esquema, heu de seguir una metodologia estàndard de treball; el primer que heu de fer és identificar els components de cada circuit, i per fer-ho numerareu els actuadors mitjançant el número del circuit al qual pertanyen seguit de la lletra que els identifica; per exemple, si teniu dos cilindres en dos circuits, el que s'anomena *1A* pertany al circuit 1 i el *2A*, al circuit 2.

Quan en un mateix circuit hi ha diversos components del mateix tipus que s'identifiquen amb la mateixa lletra, s'afegirà un tercer dígit que indicarà el número de component. Així, per exemple, si en el circuit 1 tenim dos elements d'accionament manual, com ara polsadors, al primer l'anomenarem *1S1* i al segon, *1S2*.

Els elements comuns a tots els circuits, com ara la unitat de manteniment i la vàlvula general, s'assignen al circuit 0 (zero); per tant, el primer dígit d'aquests elements serà 0 (zero).

En la taula 7 teniu la relació de components pneumàtics amb les lletres que els identifica.

Taula 7. Denominació de components pneumàtics

Components	Identificador
Compressors	P
Components de potència (cilindres)	A
Elements d'accionament mecànic (polsadors, final de cursa)	S
Vàlvules	V
Altres components (manòmetre, acumulador, etc.)	Z

Si teniu un element que es diu 1S3, voldrà dir que l'element pertany al circuit 1 (cilindre 1A), que és un element d'accionament mecànic (S) i que és l'element número 3 d'aquest tipus (per tant com a mínim n'hi ha 3).

3.1.1. Cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 3/2

Aquest és el circuit més bàsic que es pot tenir en una instal·lació pneumàtica i està format pels components següents:

- 0 V1: alimentació pneumàtica amb la seva unitat de manteniment.
- 0 S1: vàlvula general de tancament.
- 1 S1: vàlvula distribuïdora per a emissió de senyals.
- 1 A: cilindre d'efecte simple per a l'execució de les ordres.

El seguiment del funcionament d'un circuit pneumàtic es fa amb molta facilitat; només heu de seguir la direcció que porta l'aire des de l'alimentació fins que arriba al cilindre.

Esquema de muntatge

En la figura 71 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent a un cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 3/2.

!!

Podeu veure el funcionament d'un cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 3/2 en l'espai de l'"Aula".

Funcionament

En el circuit de la figura 71 podeu veure que l'aire arriba a la unitat de manteniment (0 V1), on és filtrat per després pel regulador de pressió (on se seleccionarà la pressió de treball desitjada, que serà llegida pel manòmetre). Enganxada a la unitat de manteniment trobareu una vàlvula general de tancament (0 S1). L'heu d'accionar per tal que el circuit quedi amb pressió, i quan accioneu la vàlvula 1S1 la pressió passa de la connexió 1 a la connexió 2 sortint pel tub fins que arriba al cilindre 1 A, quan la pressió arriba al cilindre es troba amb la superfície de l'èmbol i, per tant, es crea una força superior a la de la molla i fa sortir el cilindre.

La força que fa l'aire en el cilindre correspon a la fórmula $F = P \times A$, que està calculada perquè sigui més alta que la fa força oposada per la molla.

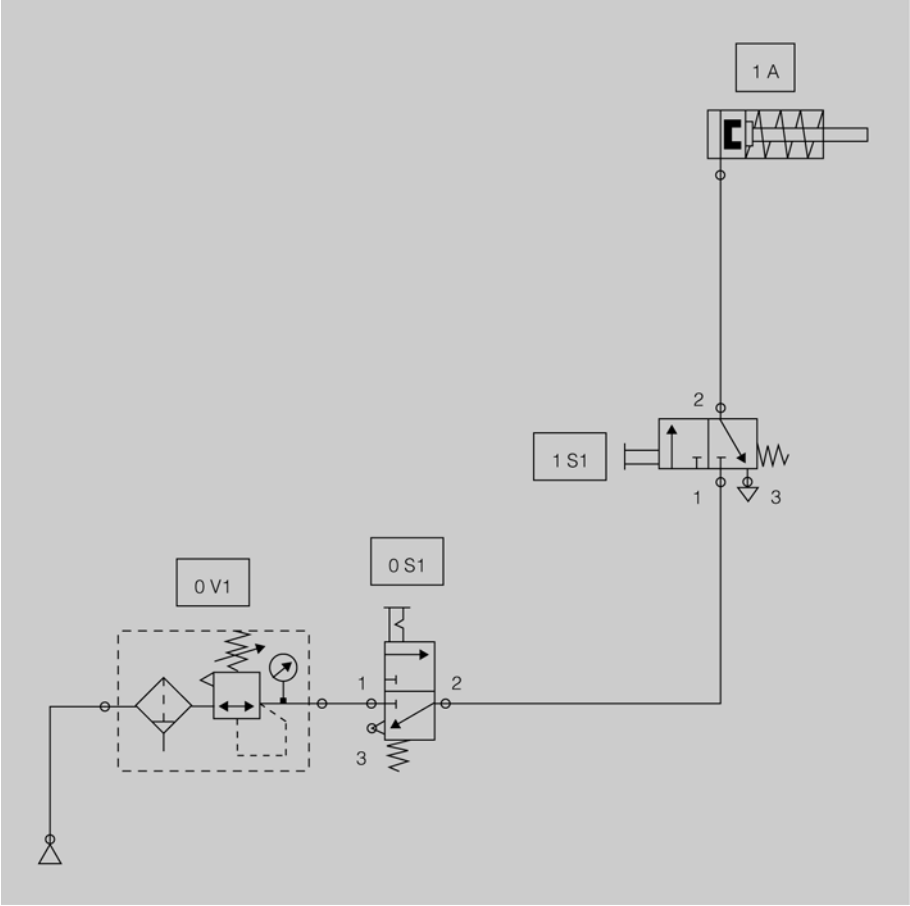
!!

Ara feu l'activitat "Cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 3/2", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

En deixar d'accionar la vàlvula 1S1, queda tallada la connexió de pressió i es connecten les connexions 2 i 3 de la vàlvula 1S1. Com que el cilindre

no té pressió deixa d'haver-hi força i, per tant, la força de la molla fa que aquest retorni, i mentre ho fa, l'aire que arriba del cilindre a la connexió 2 de la vàlvula 1S1 surt per la connexió 3 i se'n va lliure cap a l'atmosfera.

Figura 71. Esquema pneumàtic amb cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 3/2



3.1.2. Cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 5/2

Si voleu accionar un cilindre d'efecte simple mitjançant una vàlvula de cinc vies i dues posicions s'ha de posar un tap a una de les sortides que connecten amb el cilindre i obtindreu el mateix funcionament que si treballéssiu amb una vàlvula 3/2.

Aquesta és un opció molt utilitzada, ja que implica un estalvi en el tema dels estocs. Una vàlvula 5/2 serveix així per moure un cilindre d'efecte simple i un d'efecte doble, amb la qual cosa nomes cal tenir com a recanvis vàlvules 5/2 i uns taps.

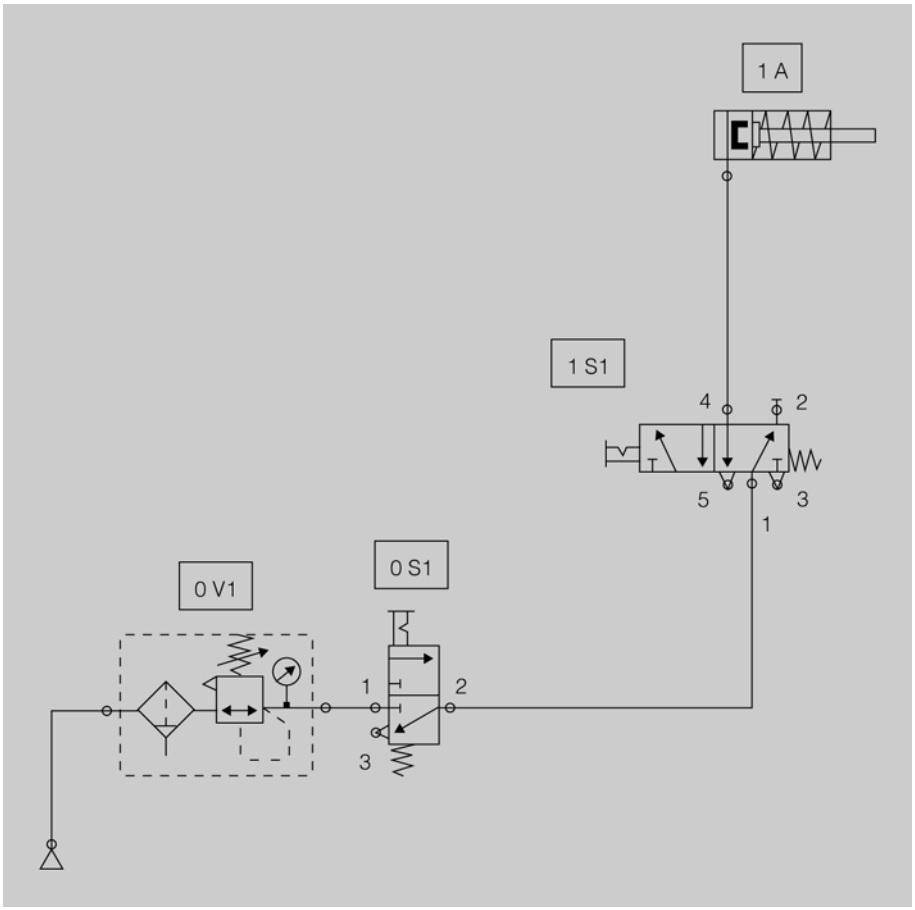
Esquema de muntatge

En la figura 72 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent a un cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 5/2.

!!

Podeu veure com funciona un cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 5/2 en l'espai de l'"Aula".

Figura 72. Esquema pneumàtic amb cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 5/2



Funcionament

En repòs, és a dir, sense accionar la vàlvula distribuïdora 1 S1, l'aire procedent de la unitat de manteniment entra per la connexió corresponent a la via 1, que està comunicada amb la via 2, per on, en estar taponada, l'aire no té cap sortida. Si accioneu la vàlvula 1 S1 es comuniquen les vies 1 i 4 i l'aire arriba al cilindre i fa que aquest surti. Quan deixeu d'accionar la vàlvula 1 S1 es comunica la via 4 amb la 5 i això fa que l'aire acumulat en el cilindre i que és expulsat per la força de la molla surti lliure cap a l'atmosfera per la via 5.

!!

Ara feu l'activitat "Cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 5/2", que trobareu en l'espai de l'"Aula".

3.1.3. Cilindre d'efecte doble comandat per una vàlvula 5/2

Per assolir el control d'un cilindre d'efecte doble s'ha de fer mitjançant una vàlvula 5/2. També us podeu trobar, en circuits antics, que el control es faci amb una vàlvula 4/2. Actualment el control es duu a terme sempre amb una vàlvula 5/2. La diferència entre les dues és que la 4/2 només té un escapament i la 5/2 en té dos, i això fa que constructivament la 5/2 sigui més senzilla i, per tant, estigui més bé de preu.

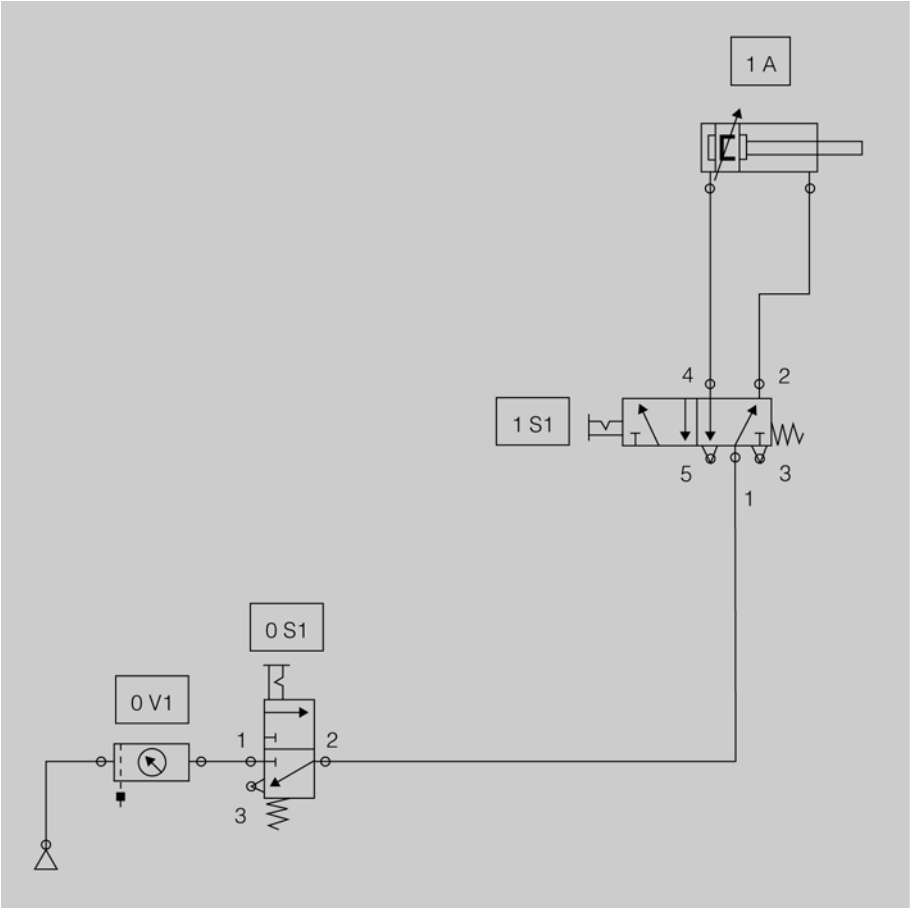
Esquema de muntatge

En la figura 73 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent a un cilindre d'efecte doble comandat per una vàlvula 5/2.

!!

Podeu veure el funcionament d'un cilindre d'efecte doble comandat per una vàlvula 5/2 en l'espai de l'"Aula".

Figura 73. Esquema pneumàtic amb cilindre d'efecte doble comandat per una vàlvula 5/2



Funcionament

En aquest circuit podeu veure tant la vàlvula 0S1 com la vàlvula 1S1, que són vàlvules amb enclavament mecànic; això vol dir que quan s'accionen mantenen la seva posició, i tot i que es deixi d'actuar sobre elles perquè tornin a la posició inicial s'han de desenclavar tornant a accionar-les.

En repòs, és a dir, sense cap vàlvula accionada, la tija del cilindre es pot moure amb la mà, ja que no té pressió en cap dels costats. Una vegada accionem la vàlvula 0S1 la pressió arriba a la via 1 de la vàlvula 1S1 sortint per la connexió 2 i arriba a la part de davant del cilindre. A causa d'això es crea una força que manté el cilindre darrere.

En accionar la vàlvula 1S1, es comuniquen les connexions 1 i 4 per una banda, i 2 i 3 per l'altra. Això provoca dues coses:

- La pressió arriba darrere del cilindre i crea una força que empeny l'èmbol cap a fora.
- L'aire a pressió que hi ha a la part de davant arriba a la connexió 2 i surt per l'escapament 3 cap a l'atmosfera.

En desenclavar la vàlvula 1S1 hi torna a haver pressió a la part de davant del cilindre i l'aire que hi a la part de darrere se'n va per l'escapament de la via 5.

El cilindre d'efecte doble fa força en els dos sentits i, per tant, pot desenvolupar treball segons convingui, quan entri, quan surti o en els dos sentits.

Com que la cambra d'aire que fa que el cilindre surti no té l'èmbol, el volum d'aire que li fa falta perquè el cilindre surti és més gran que el que necessita perquè entri, i com que el cabal d'alimentació és el mateix, la velocitat que tindrà el cilindre sortint serà més petita que l'entrant.



Ara feu l'activitat "Cilindre d'efecte doble comandat per una vàlvula 5/2", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

3.1.4. Regulació de la velocitat d'un cilindre d'efecte simple

Per regular la velocitat d'un cilindre d'efecte simple s'utilitzen reguladors de cabal bidireccional o unidireccional.

- El regulador de cabal bidireccional té una estrangulació regulable mitjançant un cargol, no té antiretorn i regula el cabal d'aire en els dos sentits.
- El regulador de cabal unidireccional es compon d'una estrangulació regulable i un antiretorn, i això fa que en un sentit l'aire circuli lliurement i en el sentit contrari es pugui regular.

Normalment s'utilitzen reguladors de cabal unidireccionals, i se'n col·loca un a cada connexió d'aire al cilindre.

Esquema de muntatge

En la figura 74 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent a un cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 5/2 amb un regulador de cabal.



Podeu veure com es fa la regulació de la velocitat d'un cilindre d'efecte simple en l'espai de l'"Aula".

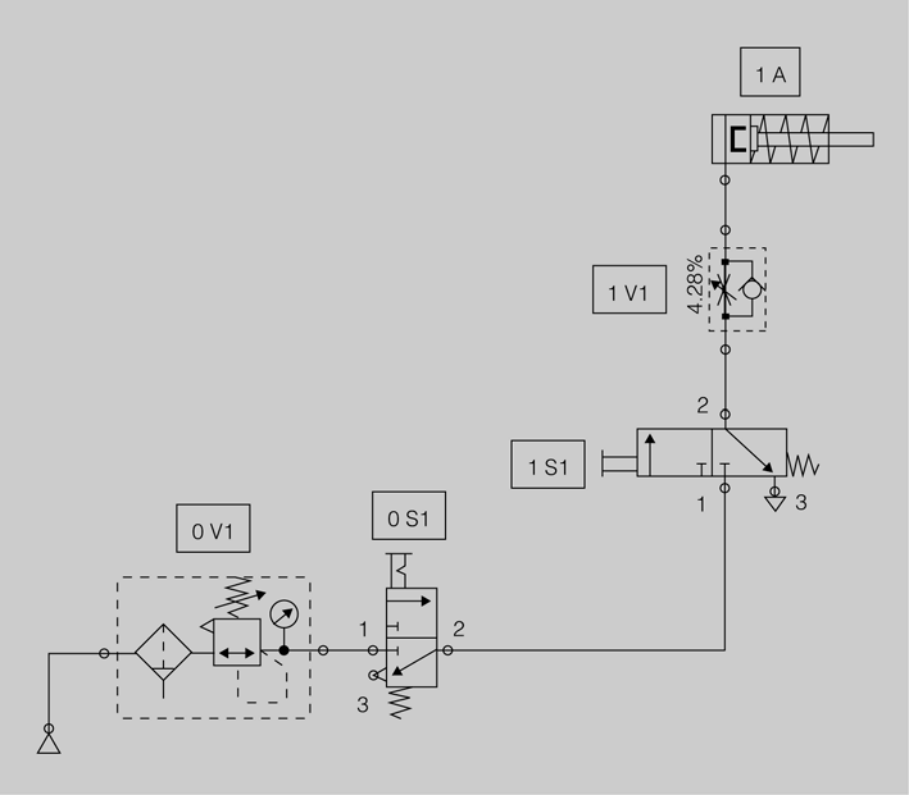
Funcionament

Aquest circuit pneumàtic té un regulador de cabal unidireccional identificat amb el símbol 1V1.

Per donar pressió d'aire al circuit s'ha d'accionar la vàlvula general 0S1. Després, en accionar la vàlvula 1S1 la pressió d'aire surt per la connexió 2,

arriba a la vàlvula reguladora 1V1 i es troba amb dos camins per poder arribar al cilindre: un és l'antiretorn, que li bloqueja el pas, i l'altre és l'estrangulador, pel qual passarà però escanyat, i això farà que l'aire arribi al cilindre a poc a poc i, per tant, el cilindre sortirà lentament.

Figura 74. Esquema pneumàtic d'un cilindre amb regulador de cabal



La pressió en el cilindre anirà pujant a poc a poc fins que la pressió sigui suficient per moure el cilindre. Quan aquest arribi a un topall, per exemple si està subjectant una peça, pujarà més la pressió fins a tenir la pressió subministrada per la unitat de manteniment.

Quan es deixa d'accionar la vàlvula 1S1, l'aire del cilindre surt, arriba a la vàlvula 1V1 i es troba amb els dos camins, un de regulat i un altre de lliure (antiretorn); passa pel lloc més fàcil, és a dir, per l'antiretorn, arriba a l'escapament 3, i surt lliurement a l'atmosfera.

Amb aquest circuit regulem només la velocitat de sortida del cilindre d'efecte simple, i retorna lliurement. Aquesta aplicació és la més utilitzada en cilindres d'efecte simple: subjectar una peça suaument fins a fer la força total.

!!

Ara feu l'activitat "Regulació de la velocitat d'un cilindre d'efecte simple", que trobareu a la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

3.1.5. Regulació de la velocitat d'un cilindre d'efecte doble

La regulació de velocitat en un cilindre d'efecte doble es pot fer:

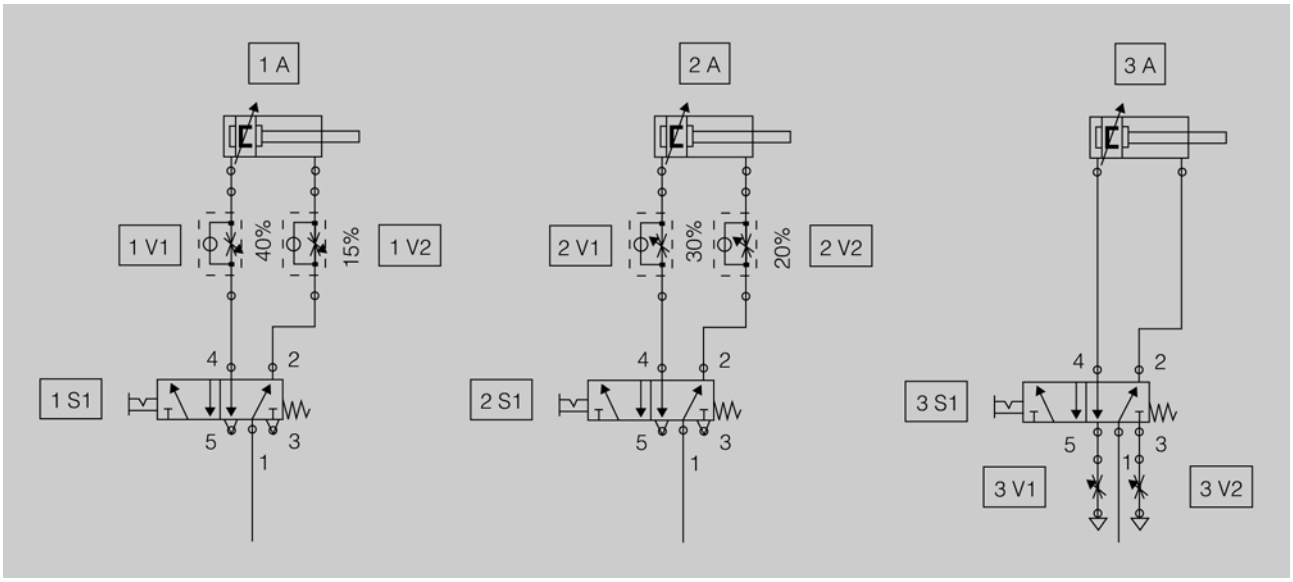
1) Regulant l'aire que surt del cilindre. És la manera més correcta de regular la velocitat, ja que fa que el cilindre en qualsevol circumstància es desplaci de manera uniforme. De fet, hi ha un tipus de regulador que s'enrosca directament sobre les connexions del cilindre i que regula sempre l'aire que surt del cilindre. En la figura 75 podeu veure l'esquema del cilindre 1A que correspon a aquesta via de regulació de velocitat.

2) Regulant l'aire que entra al cilindre. És un tipus de regulació poc utilitzada, ja que provoca que el cilindre vagi sortint o entrant a salts, de manera no uniforme. En la figura 75 podeu veure l'esquema del cilindre 2A que correspon a aquest mode de regulació de velocitat.

3) Regulant l'aire que surt pels escapaments de la vàlvula de control. En la figura 75 podeu veure l'esquema del cilindre 3A, que correspon a aquesta manera de regular la velocitat. Vegeu que els reguladors estan connectats a la vàlvula de control 3S1.

És una opció que pot ser vàlida sempre que la vàlvula estigui molt a prop del cilindre, ja que el coixí d'aire que hi ha d'haver entre el regulador i el cilindre ha de ser mínim. En aquest cas es poden utilitzar reguladors de cabal bidireccionals i s'enrosquen en els escapaments de la vàlvula 3S1.

Figura 75. Diferents posicions dels reguladors de velocitat



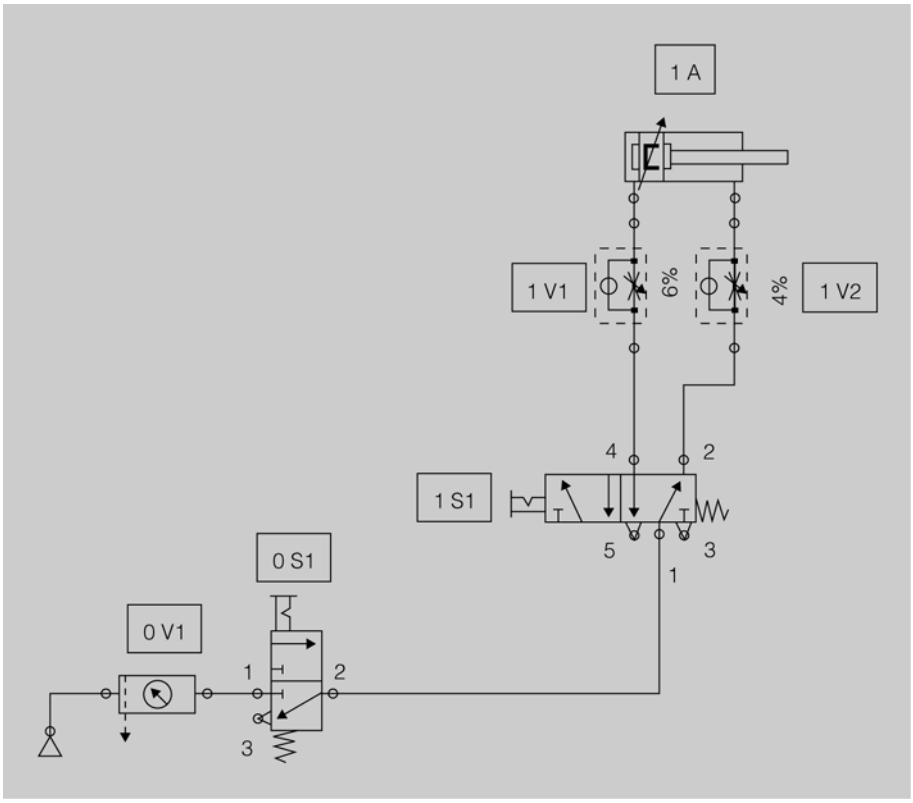
Esquema de muntatge

En la figura 76 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent a un cilindre d'efecte doble comandat per una vàlvula 5/2 amb dos reguladors de cabal unidireccionals.

!!

Podeu veure com es fa la regulació de la velocitat d'un cilindre d'efecte doble en l'espai de l'"Aula".

Figura 76. Esquema pneumàtic de regulació de la velocitat d'un cilindre d'efecte doble



Funcionament

Aquest circuit té dos reguladors de cabal unidireccional per tal de regular la velocitat d'entrada i de sortida del cilindre de manera independent. Estan posats de la manera més correcta, que és regulant l'aire que surt del cilindre. El regulador 1V2 controla la velocitat de sortida del cilindre i l'1V1 controla la velocitat d'entrada.

En accionar la vàlvula 1S1 es comuniquen les vies 1 i 4, i l'aire a pressió passa per l'antiretorn de la vàlvula 1V1 i la força creada en el cilindre fa que aquest surti. L'aire que surt del cilindre passa escanyat per la vàlvula reguladora 1V2 en no poder fer-ho per l'antiretorn, amb la qual cosa el cilindre sortirà lentament.

Quan es desenclava la vàlvula 1S1, es tornen a comunicar les vies 1 i 2, i l'aire a pressió passa per l'antiretorn de la vàlvula 1V2 i la força creada fa que el cilindre entri. L'aire que surt del cilindre no pot passar per l'antiretorn de la vàlvula 1V1 i passa escanyat, amb la qual cosa el cilindre entrarà lentament.

!!

Ara feu l'activitat "Regulació de la velocitat d'un cilindre d'efecte doble", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

3.1.6. Accionament indirecte d'un cilindre d'efecte doble

Accionament indirecte

L'accionament indirecte consisteix a accionar les dues posicions de la vàlvula de control d'un cilindre mitjançant dues vàlvules.

Quan es treballa amb cilindres grans o el comandament dels dos moviments del cilindre es vol fer des de dos llocs diferents, s'ha de recórrer a

l'accionament indirecte del cilindre. El circuit disposarà d'una vàlvula principal biestable que serà la que faci funcionar el cilindre. Aquesta vàlvula serà comandada per altres que faran la combinació lògica que ens interessi per tal d'aconseguir el funcionament del circuit desitjat.

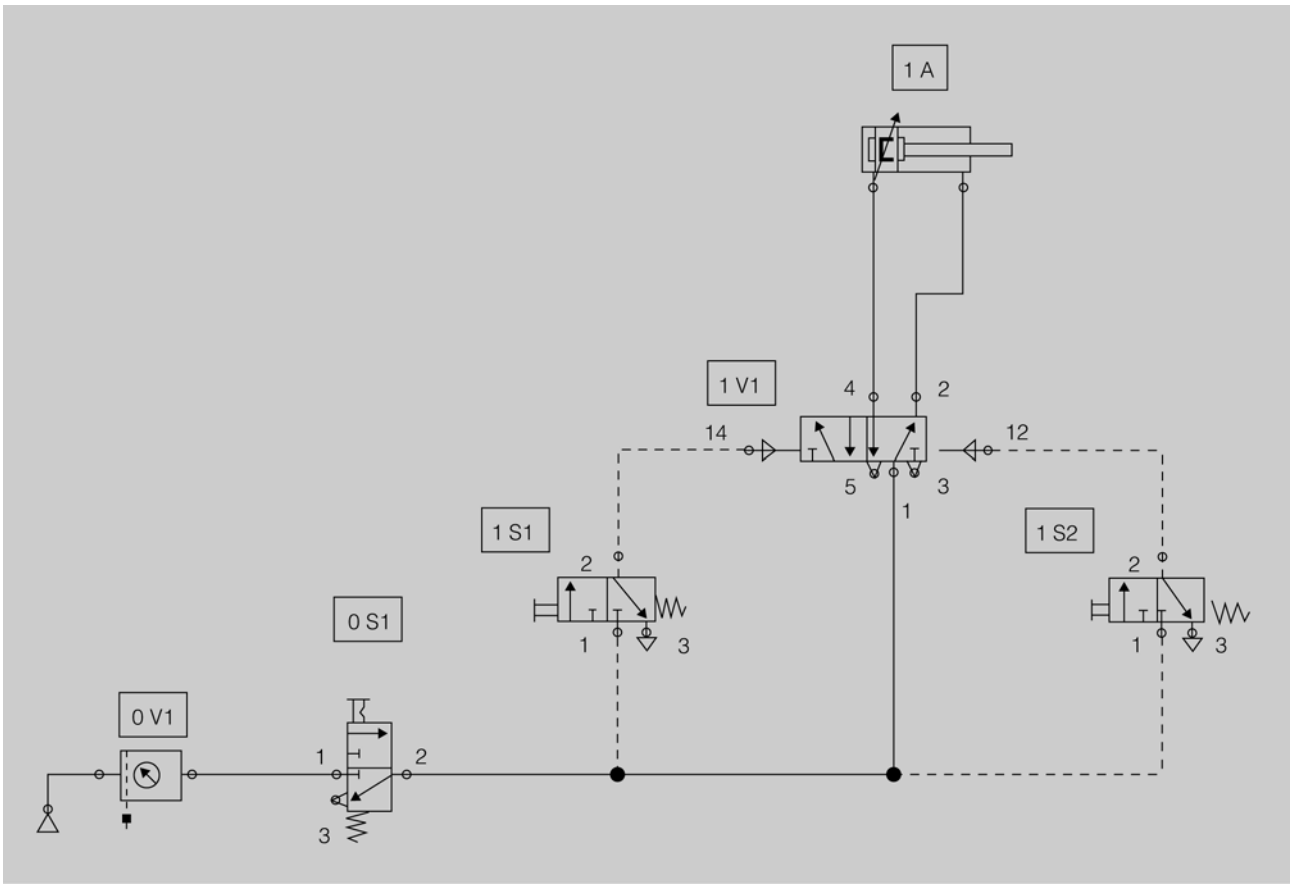
Esquema de muntatge



Podeu veure com es fa l'accionament indirecte d'un cilindre d'efecte doble en l'espai de l'"Aula".

En la figura 77 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent al comandament d'un cilindre d'efecte doble amb accionament indirecte.

Figura 77. Esquema pneumàtic d'un cilindre d'efecte doble amb accionament indirecte



Funcionament

Quan es dóna pressió al circuit, aquesta arriba a la part de davant del cilindre a través de la connexió 2 de la vàlvula biestable 1V1.

En accionar la vàlvula 1S1 arriba la pressió a la connexió 14 de la vàlvula 1V1, la qual cosa fa que aquesta canviï de posició i fa que la pressió passi de la connexió 1 a la connexió 4, i arriba a la part de darrere del cilindre i fa que aquest surti. Quan accionem la vàlvula 1S1 aquesta torna a la seva posició de repòs i, per tant, deixa d'arribar pressió a la connexió 14 de la vàlvula 1V1, però com que aquesta és biestable, manté la posició en què es troba i, per tant, el cilindre continua fora.

Accionant la vàlvula 1S2 arriba la pressió a la connexió 12 de la vàlvula 1V1, la qual cosa fa que aquesta torni a la posició inicial i, per tant, la pressió surt per la connexió 2 i arriba a la part de davant del cilindre, i fa que aquest torni enrere.

En deixar d'accionar la vàlvula 1S2 aquesta torna a la seva posició de repòs i, per tant, deixa d'arribar pressió a la connexió 12 de la vàlvula 1V2, però com que és biestable, manté la posició en la qual es troba i el cilindre continua dins.

Si accionem els dos polsadors a la vegada, predomina l'ordre que hagi donat el primer polsador accionat. Això és degut al fet que la superfície d'accionament de la vàlvula tant per un costat com per l'altre és la mateixa i la pressió que s'aplica als dos costats també és la mateixa. Com que la força és igual a la pressió per la superfície, la força desenvolupada als dos costats serà la mateixa. Si coincideixin les dues forces amb la vàlvula en una posició, aquesta ja no es mourà.

En la figura 77 podeu observar que la numeració corresponent a les connexions de pilotatge pneumàtic de la vàlvula 1V1 està determinada per la funció que fa.

- La connexió 14 fa que s'uneixin les connexions 1 i 4.
- La connexió 12 fa que s'uneixin les connexions 1 i 2.



Ara feu l'activitat "Accionament indirecte d'un cilindre d'efecte doble", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

En els circuits pneumàtics, les línies que són continues es fan servir per fer funcionar els cilindre. Normalment seran més gruixudes ja que hi passarà més cabal.

Les línies que són discontínues són les utilitzades pel comandament, i seran tubs més prims, ja que el cabal necessari serà més petit.

3.1.7. Posada en marxa d'un cilindre accionat per dos polsadors simultàniament

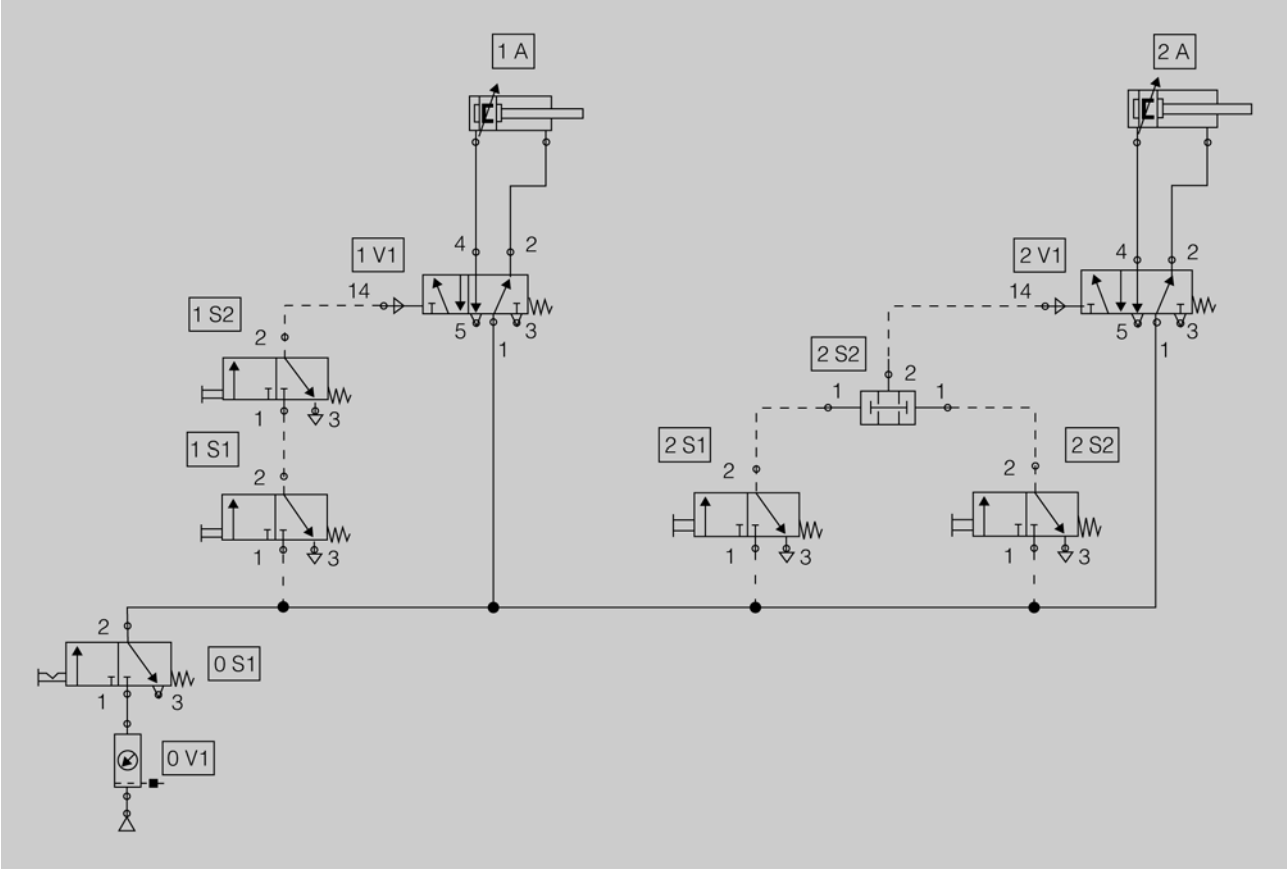
Us podeu trobar amb casos en què, per diverses raons, la sortida d'un cilindre estigui condicionada a l'accionament de dos polsadors al mateix temps. Un exemple clar és el d'una premsa, en què, a causa del perill que té, interessa que les dues mans estiguin ocupades accionant els dos polsadors a la vegada i així pugui baixar la premsa sense perill d'agafar-les.

Esquema de muntatge

En la figura 78 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent a la posada en marxa d'un cilindre accionat per dos polsadors simultàniament. No obstant això, el circuit que faria falta per a una premsa seria més complet que aquest, que només és el bàsic.

Podeu veure com és la posada en marxa d'un cilindre accionat per dos polsadors simultàniament en l'espai de l'"Aula".

Figura 78. Esquema pneumàtic d'un cilindre accionat per dos polsadors simultàniament



Funcionament

En la figura 78 teniu dos circuits possibles per posar en sèrie dos polsadors; en els dos casos s'utilitza una vàlvula 5/2 monoestable com a control directe del cilindre.

Una **vàlvula monoestable** canvia de posició quan es dóna pressió al seu pilotatge, i quan es deixa de donar-li pressió tornarà a la posició de repòs per acció de la molla. Això vol dir que només té una posició estable.

El circuit del cilindre 1A és molt simple. Vegeu que es connecta la sortida d'una vàlvula (polsador 1S1) amb l'entrada de l'altra (polsador 1S2); podeu

comprovar que si només s'acciona el polsador 1S1 la pressió arriba a la connexió 1 d'1S2 però no arriba a la 14 d'1V1. En canvi, si només s'acciona el polsador 1S2, hi ha unió de la connexió 1 d'1S2 amb la 14 d'1V1, però com a l'1 no hi ha pressió la vàlvula 1V1 tampoc no canvia de posició. Es veu clarament que l'única possibilitat que canviï la vàlvula 1V1 i, per tant, que surti el cilindre, és que estiguin accionades al mateix temps les vàlvules 1S1 i 1S2. Si es deixa d'accionar una de les dues vàlvules, deixa d'arribar pressió al 14 d'1V1 i, per tant, el cilindre retornarà.

Si voleu comandar el cilindre des de tres polsadors o més, només s'han de connectar més polsadors un darrere l'altre, però aquest circuit té l'inconvenient que pel fet d'haver-hi molts polsadors en sèrie poden donar-se pèrdues per caigudes de pressió.

El circuit del cilindre 2A utilitza un element nou, que és una vàlvula de simultaneïtat (2V2). Aquesta vàlvula té dues entrades i una sortida; per tenir pressió a la sortida ha de tenir pressió de manera simultània en les dues entrades; si només en té en una deixa de donar pressió de sortida. Per tant, si accioneu els dos polsadors (2S1 i 2S2), arribarà la pressió a la connexió 14 de la vàlvula 2V1 i el cilindre sortirà.



Ara feu l'activitat "Posada en marxa d'un cilindre accionat per dos polsadors simultàniament", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Si voleu comandar el cilindre des de tres o més polsadors, només heu de posar els polsadors amb les seves connexions 1 connectades directament a pressió, i afegir una vàlvula de simultaneïtat per a cada polsador afegit.

3.1.8. Retorn d'un cilindre en arribar al final del seu recorregut

Hi ha vàlvules d'accionament manual, però també n'hi ha d'altres que porten un rodet i en les quals l'accionament és mecànic i no el fa una persona de manera manual, sinó que el fa el cilindre mateix en arribar a un punt determinat. Aquestes vàlvules s'anomenen *finals de cursa*. Hi ha dos tipus de final de cursa: un que detecta el moviment del cilindre en els dos sentits i un altre que només el detecta en un sol sentit. En aquest cas utilitzarem un cilindre que detecta el moviment en els dos sentits.

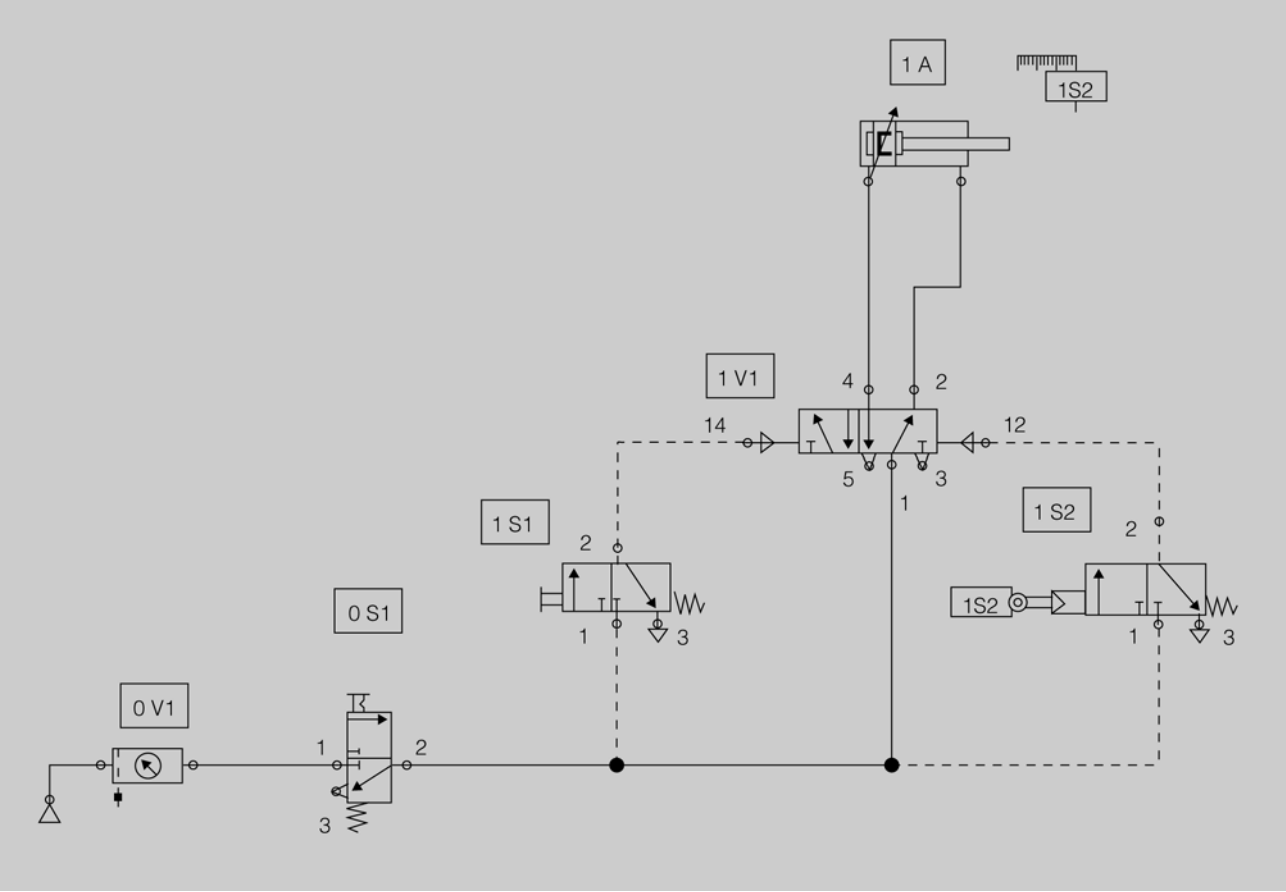


Podeu veure el funcionament d'un cilindre que retorna a la posició inicial quan arriba al final del seu recorregut en l'espai l'"Aula".

Esquema de muntatge

En la figura 79 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent a la posada en marxa d'un cilindre que retorna a la posició inicial automàticament quan arriba al final del seu recorregut.

Figura 79. Esquema pneumàtic de retorn d'un cilindre en arribar al final del seu recorregut



Funcionament

Quan accionem la vàlvula 1S1 arriba la pressió a la connexió 14 de la vàlvula 1V1. Aquesta canvia de posició i fa sortir el cilindre. Quan el cilindre arriba al final del seu recorregut, acciona mecànicament la vàlvula 1S2 que fa que arribi pressió a la connexió 12 de la vàlvula 1V1, i aquesta torna a la seva posició inicial i, per tant, el cilindre entra.

Si manteniu accionada la vàlvula 1S1 de manera continuada, el cilindre sortirà però en arribar al final del seu recorregut i activar-se la vàlvula 1S2, el cilindre no retornarà, ja que té senyal als seus dos pilotatges i preval la primera ordre.



Ara feu l'activitat "Retorn d'un cilindre en arribar al final del seu recorregut", que trobareu a la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

3.1.9. Control d'un cilindre d'efecte doble amb aturada en qualsevol lloc del seu recorregut

Normalment tant els cilindres d'efecte simple com els d'efecte doble fan els moviments fins al final del seu recorregut, però a vegades pot interessar que un cilindre quedi aturat en una posició intermèdia en qualsevol lloc del seu recorregut; això es pot aconseguir mitjançant una vàlvula 5/3 amb els centres tancats.

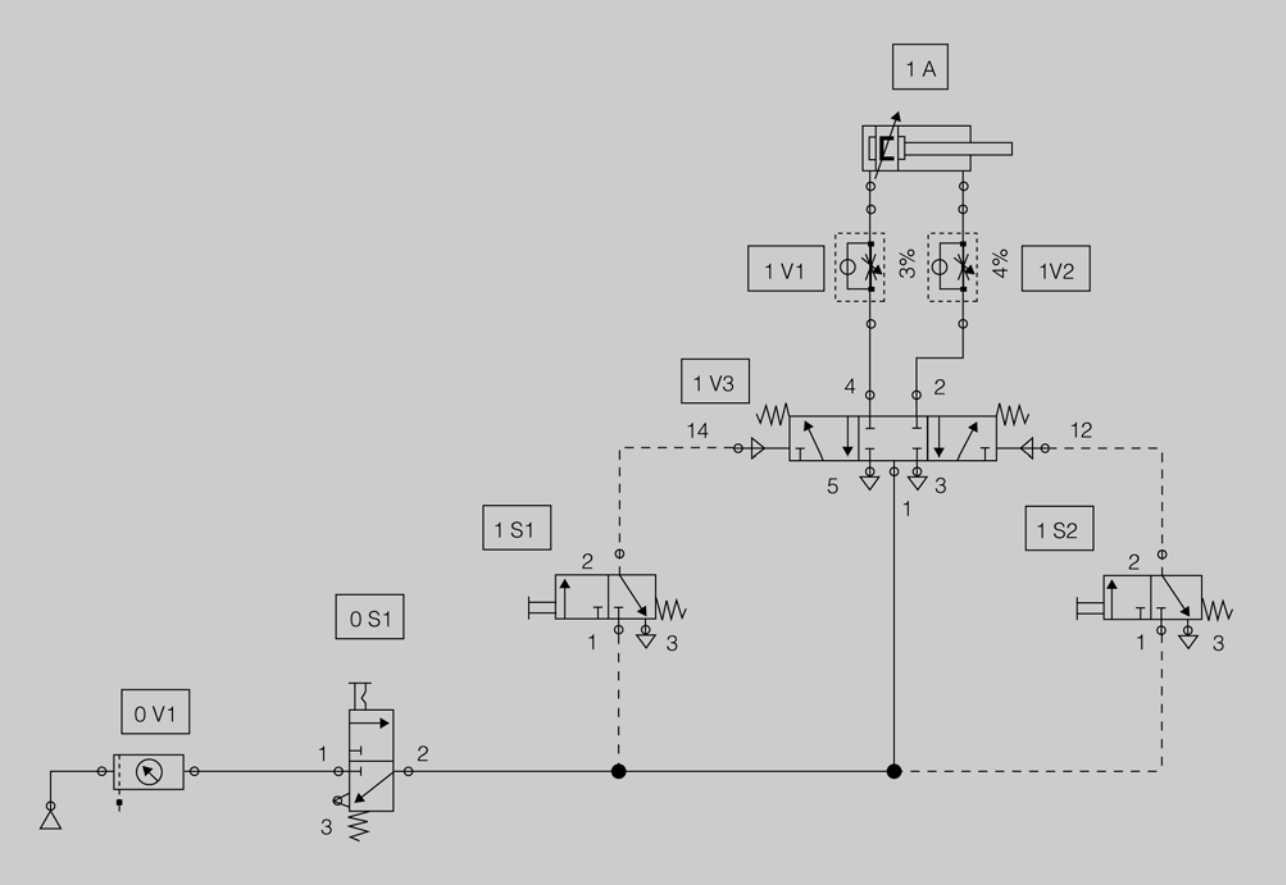
Una aplicació d'aquest circuit seria el control d'una claraboia al sostre mitjançant un cilindre. Podria estar tancada del tot, oberta del tot o oberta parcialment.

Esquema de muntatge

En la figura 80 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent a la posada en marxa d'un cilindre d'efecte doble amb aturada en qualsevol lloc del seu recorregut.

Podeu veure el funcionament d'un cilindre d'efecte doble amb aturada en qualsevol lloc del seu recorregut en l'espai de l'"Aula".

Figura 80. Esquema pneumàtic del control d'un cilindre d'efecte doble amb aturada en qualsevol lloc del seu recorregut



Funcionament

En accionar la vàlvula 1S1 la pressió arriba a la connexió 14 de la vàlvula 1V3 i la força creada fa que canviï la posició de la vàlvula, amb la qual cosa el cilindre comença a sortir.

Si es deixa d'accionar la vàlvula 1S1, deixa d'haver-hi pressió en la connexió 14 i la molla fa que la vàlvula torni a la posició central; com que a la posició central les connexions 2 i 4 estan tancades el cilindre quedarà aturat a la posició actual, que pot ser la final o una intermèdia.

Ara feu l'activitat "Control d'un cilindre d'efecte doble amb aturada en qualsevol lloc del seu recorregut", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Accionant la vàlvula 1S2 la pressió arriba a la connexió 12 de la vàlvula 1V3 i canvia la posició de la vàlvula, amb la qual cosa el cilindre comença a entrar.

Quan es deixa d'accionar la vàlvula 1S2, deixa d'haver pressió en la connexió 12 i la molla fa que la vàlvula torni a la posició central, amb la qual cosa el cilindre quedarà aturat a la posició que sigui.

Si accionem els dos polsadors a la vegada, predomina la primera ordre rebuda. Aquesta **vàlvula 5/3 amb centratge de molles** és una vàlvula monoestable, ja que l'única posició estable que té és la central.

3.2. Desenvolupament de circuits d'electropneumàtica

Els circuits electropneumàtics consten de dues parts molt diferenciades:

1) Circuit pneumàtic: correspon a la part de potència. El circuit no presenta gaires diferències d'una instal·lació a una altra; la majoria de components són cilindres d'efecte simple o doble, i les variacions més significatives corresponen a les dimensions dels cilindres i els seus accessoris.

2) Circuit elèctric: correspon al circuit de comandament i s'hi defineixen les característiques de la seqüència de funcionament. Mitjançant el circuit elèctric es connecten les bobines que accionen les vàlvules. El conjunt de bobina i vàlvula es denomina **electrovàlvula**, i normalment treballen a una tensió de 24 volts de corrent continu.

Per tant, en els circuits electropneumàtics el comandament dels actuadors, és a dir, dels cilindres, es fa mitjançant vàlvules que estan pilotades elèctricament, les electrovàlvules.

En un circuit elèctric, per tal que funcioni un receptor, per exemple 1Y1, han d'arribar a les seves connexions les dues línies de tensió, per exemple, 24 V i 0 V. Aleshores direm que hi ha **tensió al receptor**.

En la taula 8 teniu la relació de components electropneumàtics amb les lletres que els identifiquen.

Taula 8. Denominació de components electropneumàtics

Components	Identificador
Compressors	P
Components de potència (cilindres)	A
Elements d'accionament mecànic (polsadors, final de cursa)	S

Components	Identificador
Vàlvules	V
Bobines de les vàlvules	Y
Altres components (manòmetre, acumulador, etc.)	Z
Relés i els seus contactes	KA
Temporitzadors i els seus contactes	KT
Comptadors i els seus contactes	C
Sensors (magnètic, inductiu, capacitiu, òptic, pressòstat)	B

3.2.1. Control d'un cilindre mitjançant una electrovàlvula



Podeu veure la comparació entre pneumàtica i electropneumàtica en la secció "Recursos de contingut" del web d'aquest mòdul.

En les instal·lacions pneumàtiques on hi ha circuits d'electropneumàtica s'utilitzen els mateixos elements actuadors que en els circuits pneumàtics; com per exemple, cilindres d'efecte simple, d'efecte doble, motors pneumàtics, etc. De la mateixa manera s'utilitzen les mateixes vàlvules; per exemple, la de tres vies i dues posicions o la de cinc vies i dues posicions.

La diferència que trobem entre una vàlvula pneumàtica i una vàlvula electropneumàtica és l'accionament: la primera s'acciona per l'aire i l'altra, per un corrent elèctric.

Per accionar un cilindre d'efecte simple es pot utilitzar una electrovàlvula 3/2 de retorn amb molla i per a un cilindre d'efecte doble, una electrovàlvula 5/2 de retorn amb molla. Aquestes electrovàlvules porten sempre un polsador que s'utilitza per provocar el canvi d'estat de l'electrovàlvula en cas que no hi hagi corrent elèctric i s'hagi de moure el cilindre.

En col·locar els reguladors de cabal heu de tenir cura i connectar-los de manera que escanyin el cabal d'aire quan aquest surt del cilindre.

Esquema de muntatge

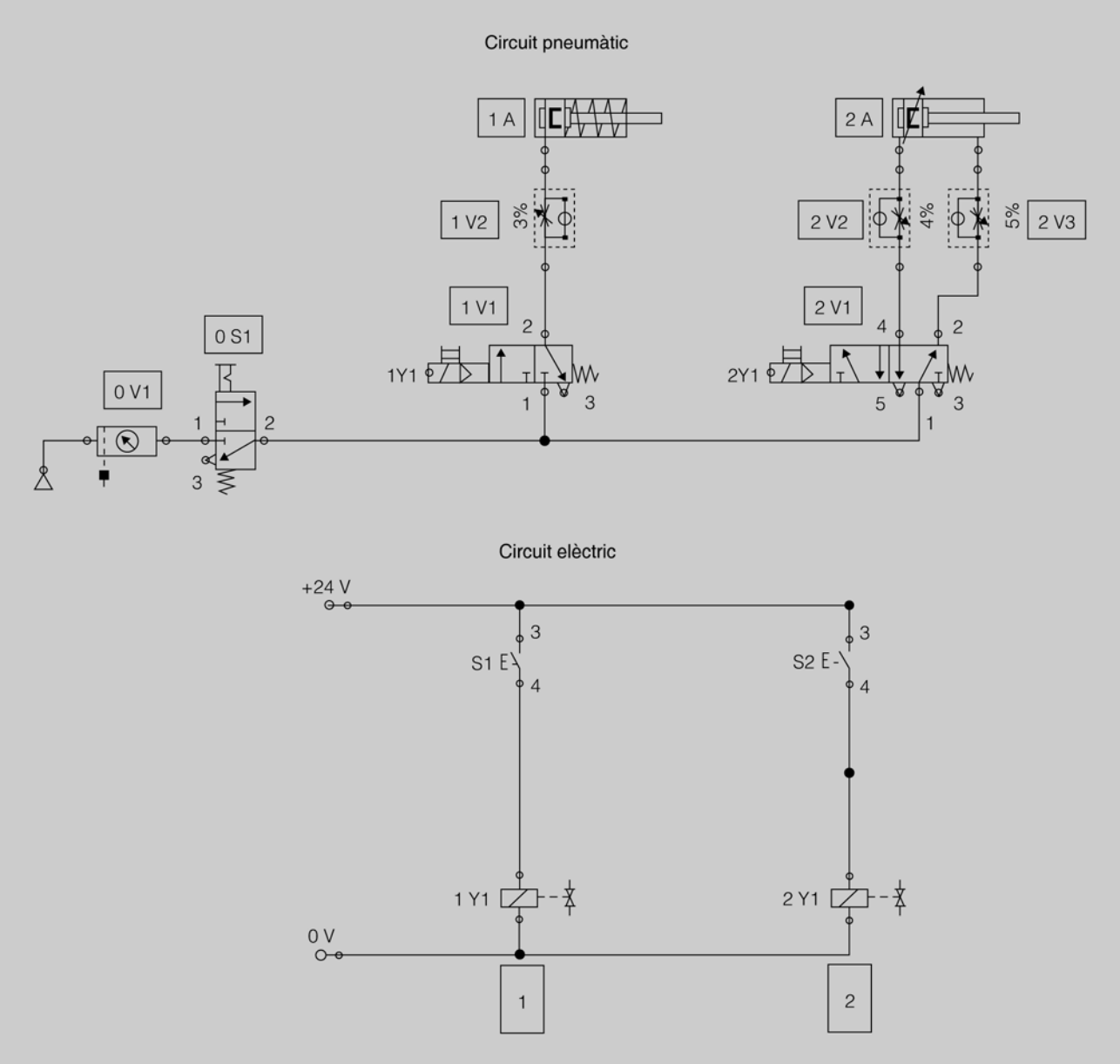
En la figura 81 teniu representat els circuits pneumàtics i elèctrics cor-responents a dos cilindres.

El circuit del cilindre 1A correspon a un cilindre d'efecte simple comandat per una electrovàlvula 3/2 de retorn amb molla i un regulador de cabal connectat a l'única entrada d'aire del cilindre.

El circuit del cilindre 2A correspon a un cilindre d'efecte doble comandat per una electrovàlvula 5/2 de retorn amb una molla i dos reguladors de cabal.

Les dues electrovàlvules són de retorn per molla, és a dir, només tenen una bobina i per aquesta raó normalment es denominen *monoestables*. Podeu comprovar que es fa servir el mateix circuit elèctric per moure tant un cilindre d'efecte simple com un cilindre d'efecte doble.

Figura 81. Esquema electropneumàtic de control d'un cilindre mitjançant una electrovàlvula



Funcionament

1) Control d'un cilindre d'efecte simple mitjançant una electrovàlvula 3/2.

Podeu veure que el control del cilindre 1A el porta una electrovàlvula 3/2 que es pot fer funcionar mitjançant un solenoide (bobina) o manualment. El solenoide té el mateix nom (1Y1) tant al circuit pneumàtic com al circuit elèctric; això vol dir que és el mateix element representat als dos circuits.

- Quan accioneu el polsador S1 del circuit elèctric es tancarà el circuit elèctric i funcionarà el solenoide 1Y1, i això farà que al circuit pneumàtic s'activi l'electrovàlvula 1V1, amb la qual cosa el cilindre 1A sortirà.

!!

Podeu veure el control d'un cilindre mitjançant una electrovàlvula en l'espai de l'"Aula".

Accionament manual

Les electrovàlvules porten incorporades uns petits polsadors pneumàtics que serveixen per poder moure les vàlvules de manera independent al circuit elèctric i, per tant, podrem moure els cilindres encara que no hi hagi tensió.

- Quan deixeu el polsador S1, el circuit elèctric s'obrirà i deixarà de funcionar el solenoide 1Y1, amb la qual cosa es desactivarà l'electrovàlvula 1V1 i la força de la molla la farà tornar al repòs i, per tant, el cilindre 1A tornarà enrere.

Ara feu l'activitat "Control d'un cilindre mitjançant una electrovàlvula", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

2) Control d'un cilindre d'efecte doble mitjançant una electrovàlvula 5/2.

El circuit elèctric del cilindre 2A és idèntic al del cilindre 1A, l'electrovàlvula té una bobina que es posa en marxa de la mateixa manera: en accionar el polsador S2 funciona la bobina 2Y1, que canvia la posició de la vàlvula i fa que el cilindre avanci.

3.2.2. Control d'un cilindre mitjançant polsadors en sèrie o paral·lel

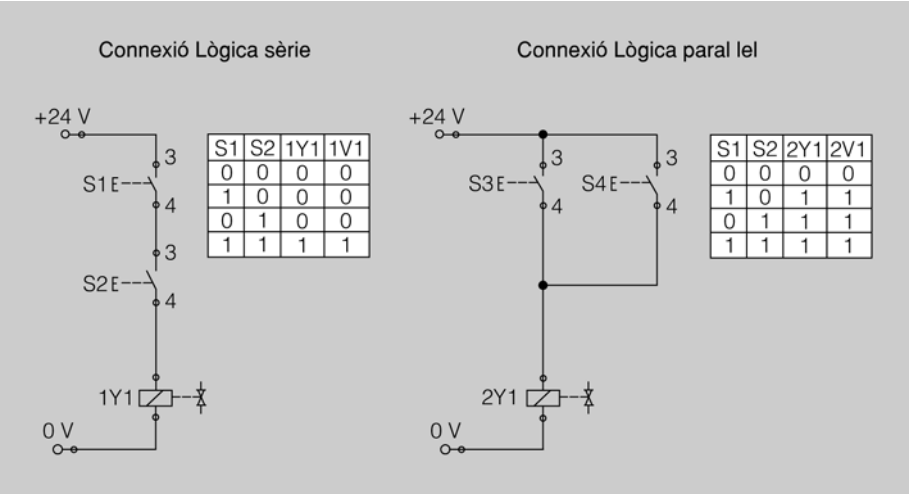
En un circuit elèctric, segons la condició de funcionament del receptor, us podeu trobar normalment amb dos tipus de connexions dels polsadors de marxa:

- Connexió en sèrie: correspon a l'operació lògica *multiplicació*. Aquesta es dóna quan per tal que funcioni el receptor s'han de complir totes les condicions a la vegada, és a dir, que tots els polsadors estiguin accionats.

- Connexió en paral·lel: correspon a l'operació lògica *suma*. Aquesta es dóna quan per tal que funcioni el receptor només cal que es doni una condició entre totes, és a dir, que la bobina funciona encara que només hi hagi un polsador accionat.

En la figura 82 teniu representats els circuits corresponents a la connexió en sèrie i en paral·lel dels polsadors de posada en marxa d'una electrovàlvula i les taules de la veritat corresponents.

Figura 82. Taules de la veritat de la connexió en sèrie i paral·lel



S1	S2	1Y1	1V1
0	0	0	0
1	0	0	0
0	1	0	0
1	1	1	1

S1	S2	2Y1	2V1
0	0	0	0
1	0	1	1
0	1	1	1
1	1	1	1

Podeu veure la connexió lògica en sèrie i en paral·lel en l'espai de l'"Aula".

Quan es diu que un polsador té valor 1 vol dir que l'element està accionat, i si té valor 0 que està en repòs. En les electrovàlvules un 1 vol dir que l'element està activat (funciona) i un 0 vol dir que està desactivat (que no funciona).

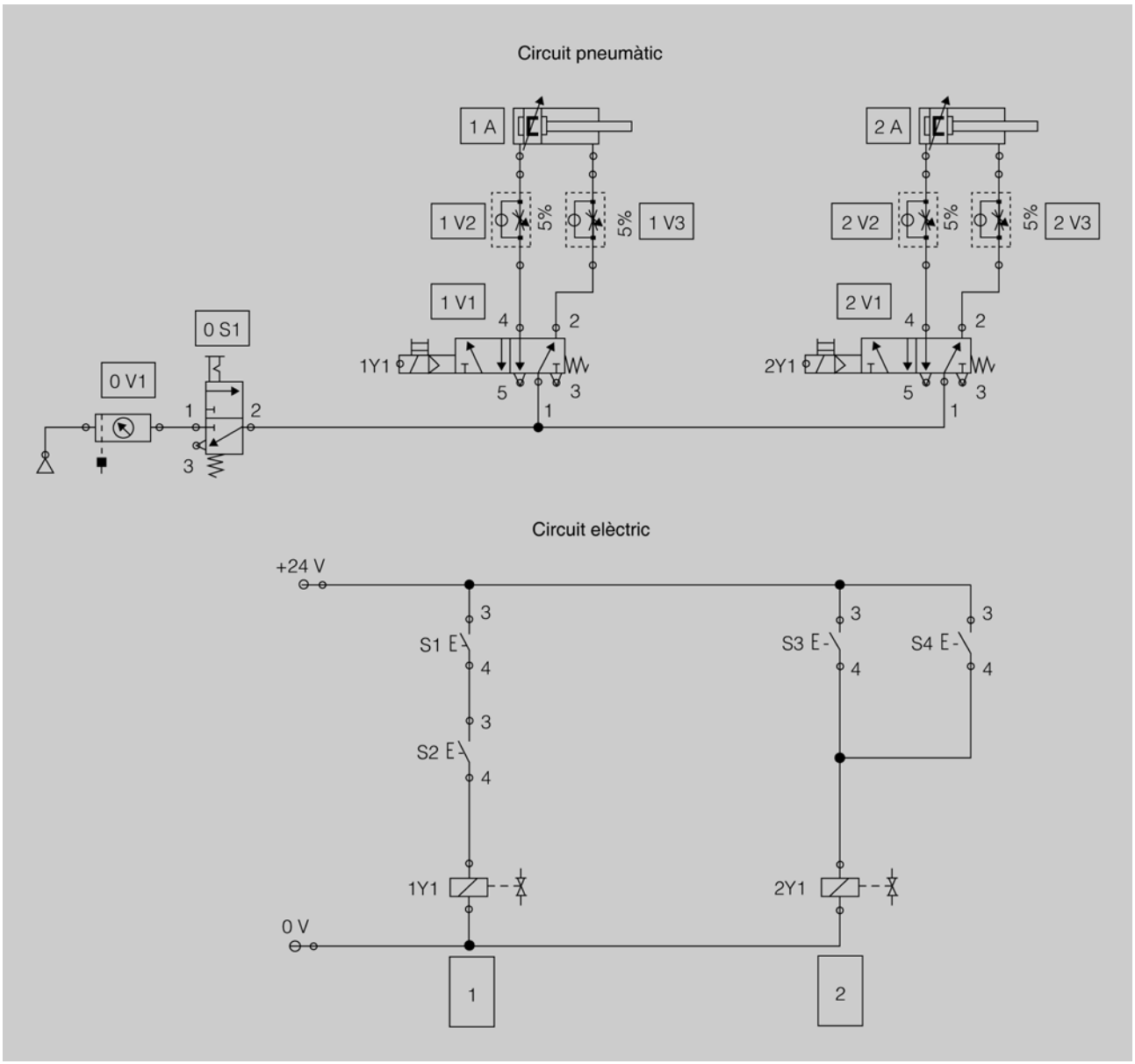
Esquema de muntatge

En la figura 83 podeu veure dos esquemes diferents amb els circuits pneumàtic i elèctric corresponents al control d'un cilindre mitjançant polsadors en sèrie o paral·lel. El cilindre 1A s'acciona mitjançant dos polsadors en sèrie i, per tant, sortirà en accionar tots dos a la vegada; i el 2A s'acciona mitjançant dos polsadors en paral·lel i, per tant, sortirà quan accionem qualsevol dels dos polsadors.

!!

Podeu veure el control d'un cilindre mitjançant la connexió de polsadors en sèrie i en paral·lel en l'espai de l'"Aula".

Figura 83. Esquema electropneumàtic de control d'un cilindre mitjançant la connexió de polsadors en sèrie i en paral·lel



Funcionament

En primer lloc, podeu observar que els circuits pneumàtics dels cilindres 1A i 2A són iguals; només es diferencien per les condicions de funcionament que té cadascú i que depenen del circuit elèctric associat a cadascun.

- En el circuit elèctric 1 podeu observar que si només s'acciona un polsador mai no arribarà tensió a l'electrovàlvula; l'única opció que hi ha perquè li arribi tensió seria activar S1 i S2 a la vegada (posar un 1 en S1 i un 1 en S2). Una vegada li arribi tensió, com que 1Y1 està associada a l'electrovàlvula 1V1 el cilindre 1A sortirà. En deixar d'accionar un o els dos polsadors, 1Y1 deixarà de funcionar i, per tant, el cilindre retornarà.

- En el circuit elèctric 2 podeu observar que si s'acciona S3, S4 o els dos, arribarà tensió a l'electrovàlvula i, per tant, com 2Y1 està associada a l'electrovàlvula 2V1 el cilindre 2A sortirà. Per tal que retorni heu de deixar d'accionar els dos polsadors.



Ara feu l'activitat "Control d'un cilindre mitjançant la connexió de polsadors en sèrie o en paral·lel", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

3.2.3. Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula monoestable amb memorització de l'ordre donada

Moltes vegades, depenent del tipus de funcionament que es vulgui fer, s'ha de recórrer a elements auxiliars com en aquest cas, en què utilitzarem un relé auxiliar.

Un **relé** és un element que es compon del següent:

- **Electroimant**. Aquest està format per un nucli magnètic de ferro dividit en una part fixa i una mòbil separades per una molla i, a més, té una bobina elèctrica.

- Els **contactes oberts** i **tancats**. Aquests contactes estan ajuntats mecànicament a la part mòbil del nucli magnètic i actuen simultàniament amb la bobina.

Quan doneu tensió a la bobina elèctrica, la part magnètica mòbil s'atrau amb la part fixa i, per tant, els contactes oberts es tanquen i els tancats s'obren. Quan traieu tensió a la bobina, els contactes tornen a la posició de repòs.

Esquema de muntatge

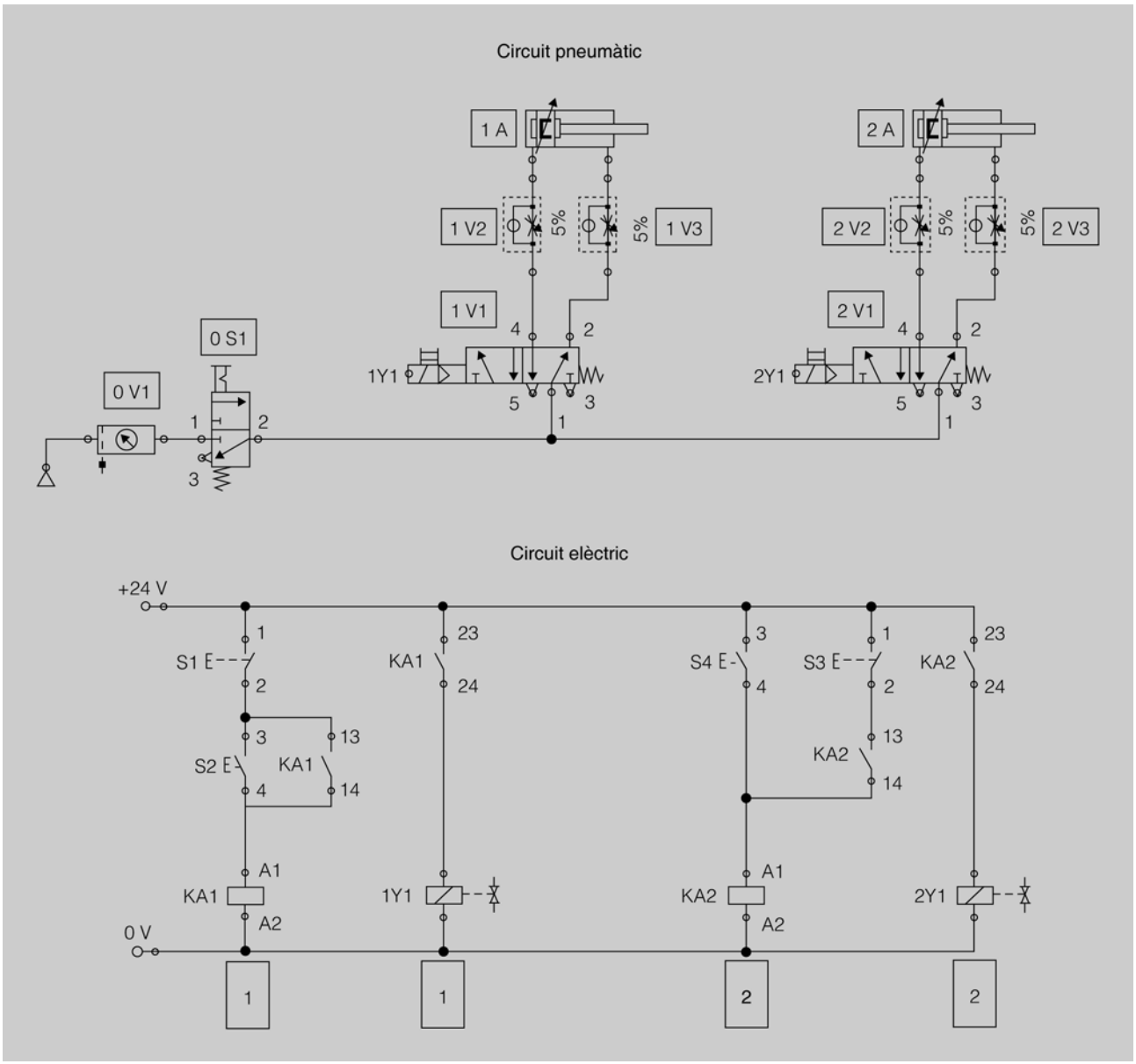
En la figura 84 podeu veure dos esquemes diferents amb els circuits pneumàtic i elèctric corresponents al control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula monoestable amb memorització de l'ordre donada.

Podeu veure que els cilindres 1A i 2A tenen el circuit elèctric diferent i, per tant, encara que els circuits pneumàtics són iguals, es comportaran diferentment.

Com que les electrovàlvules són monoestables, si voleu que el cilindre continuï avançat després de deixar el polsador de marxa, heu de mantenir la tensió a l'electrovàlvula, això s'aconsegueix mitjançant el relé i el seu contacte de realimentació 13-14. Perquè el cilindre retrocedeixi heu de tallar la tensió al relé mitjançant el polsador d'aturada que està en sèrie amb la bobina del relé.

Podeu veure el funcionament d'un cilindre comandat per una electrovàlvula monoestable amb memorització de l'ordre donada en l'espai de l'"Aula".

Figura 84. Esquema electropneumàtic d'un cilindre comandat per una electrovàlvula monoestable amb memorització de l'ordre donada



Funcionament

Podeu veure el funcionament del relé amb polsador de marxa i d'aturada en l'espai de l'"Aula".

Cilindre 1A: s'utilitzen dos polsadors per controlar els moviments del cilindre. S2 donarà l'ordre d'avançar i S1 la de retrocedir.

- En accionar el polsador de marxa (S2) la tensió arriba al relé KA1 i, per tant, els contactes 13-14 i 23-24 es tanquen.
- El 13-14 s'encarrega de realimentar el relé KA1, amb la qual cosa quan no accionem l'S2, KA1 continuarà funcionant.
- El 23-24 s'encarrega de donar tensió al solenoide 1Y1 i, per tant, farà que l'electrovàlvula 1V1 canviï d'estat i faci sortir el cilindre 1A.
- En deixar el polsador de marxa, com que KA1 s'ha quedat realimentat, continua funcionant i, per tant, el cilindre segueix fora.
- En accionar el polsador d'aturada (S1), tallem la tensió a KA1 i, per tant, els contactes 13-14 i 23-24 tornen a repòs, és a dir, s'obren.
- L'obertura del 13-14 fa que es perdi la realimentació.
- L'obertura del 23-24 fa que 1Y1 deixi de funcionar i, per tant, l'electrovàlvula 1V1 torna a repòs i fa que el cilindre torni enrere.

Cilindre 2A: funciona de la mateixa manera que el cilindre 1A amb només una diferència, si accioneu el polsador de marxa i d'aturada al mateix temps, en el circuit del cilindre 1A predomina l'ordre d'aturada sobre la de marxa, mentre que en el circuit del cilindre 2A predomina l'ordre de marxa sobre la d'aturada.



Ara feu l'activitat "Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula monoestable amb memorització de l'ordre donada", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

3.2.4. Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb memorització de la posició actual

Hi ha vegades que quan es treballa amb un sistema electropneumàtic interessa que en cas de tall de tensió el sistema mantingui la memòria de la posició actual del cilindre; per aconseguir-ho, també ha de mantenir l'estat l'electrovàlvula. Això és possible treballant amb electrovàlvules biestables, ja sigui amb cilindres d'efecte simple o d'efecte doble.

Esquema de muntatge

En la figura 85 podeu veure dos esquemes diferents amb els circuits pneumàtic i elèctric corresponents al control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb memorització de la posició actual.

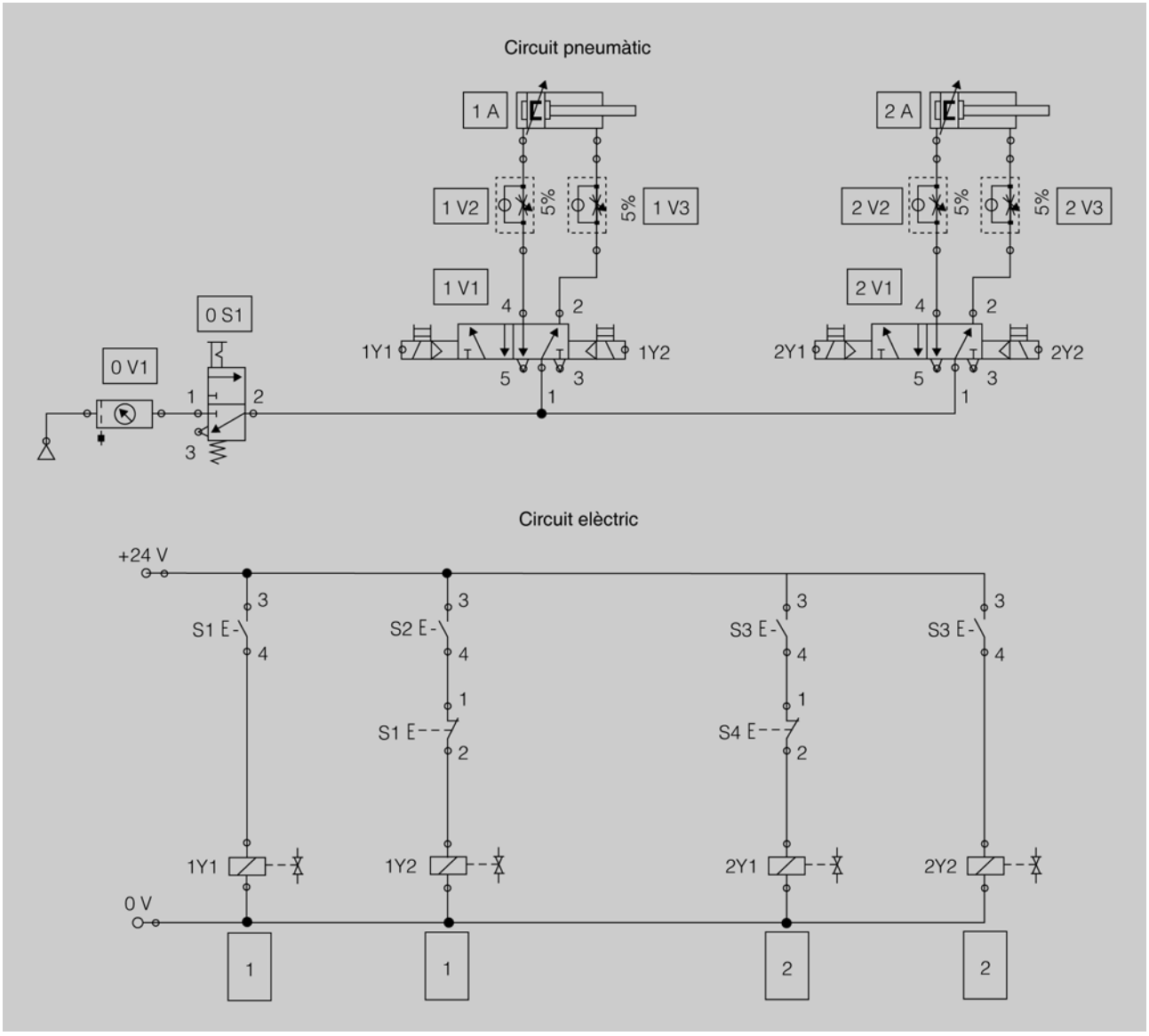
Observeu que els circuits pneumàtics dels cilindres 1A i 2A són iguals; en canvi els circuits elèctrics no, és a dir, el comportament del cilindre 1A i el del 2A són diferents i les seves seqüències de treball estan definides en el circuits elèctrics.

Normalment els operaris de les instal·lacions les manipulen correctament, i si hi ha un polsador per accionar un moviment, saben que n'hi ha

prou d'accionar-lo un instant, que no han d'accionar-lo permanentment, perquè si no hi hauria un interruptor en comptes d'un polsador. Però el que dissenya un automatisme a vegades pensa que l'ha de dissenyar fins i tot tractant de solucionar les possibles accions incorrectes de l'operari.

En la figura 85 teniu dos exemples de posada en marxa d'un cilindre amb polsadors per avançar i retrocedir un cilindre. El cilindre 1A, si es manté accionat el polsador d'avançar quan es dóna ordre de retrocedir, no retrocedeix, i en canvi el cilindre 2A retrocedeix sempre que es dóna l'ordre, encara que es mantingui accionat el polsador d'avançar.

Figura 85. Esquema electropneumàtic d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb memorització de la posició actual



Funcionament

Cilindre 1A: s'utilitza el polsador S1 per donar l'ordre d'avançar i l'S2 per retrocedir. El polsador S1 té doble contacte, un d'obert i un de tancat. Quan accioneu S1 el contacte 3-4 es tanca i el contacte 1-2 s'obre; en deixar d'accionar-lo torna a l'estat de repòs.

Podeu veure el funcionament de la memorització de la posició actual d'una vàlvula en l'espai de l'"Aula".

- En accionar el polsador S1, arribarà tensió al solenoide 1Y1, i com veieu al circuit pneumàtic, 1Y1 farà canviar de posició l'electrovàlvula 1V1, amb la qual cosa el cilindre 1A avançarà.
- Quan deixeu d'accionar el polsador S1 deixa d'arribar tensió a 1Y1, però com que l'electrovàlvula no té molla pel retrocés es quedarà en la posició en què es troba en aquest moment.
- En accionar el polsador S2, arribarà tensió al solenoide 1Y2, i com veieu al circuit pneumàtic, 1Y2 farà tornar a la posició anterior l'electrovàlvula 1V1, amb la qual cosa el cilindre 1A retrocedirà.
- Si accioneu a la vegada els polsadors S1 i S2, la tensió arriba a 1Y1, però no arriba al 1Y2, ja que el contacte de S1 (tancat en repòs) s'ha obert. Per tant preval l'ordre d'avançar sobre la de retrocedir en el cilindre i aquest es manté avançat.

Cilindre 2A: s'utilitza el polsador S3 per donar ordre d'avançar i l'S4 per retrocedir. El polsador S4 té doble contacte, un d'obert i un detancat. Quan accioneu S1 el contacte 3-4 es tanca i el contacte 1-2 s'obre, i en deixar d'accionar-lo torna a l'estat de repòs.

El funcionament del cilindre 2A és molt semblant al de l'1A. L'única diferència és que si accioneu a la vegada els polsadors S3 i S4, la tensió arriba a 2Y2, però no arriba al 2Y1, ja que el contacte de S4 (tancat en repòs) s'ha obert. Per tant preval l'ordre de retrocedir sobre la d'avançar.

Ara feu l'activitat "Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb memorització de la posició actual", que trobareu a la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Que una electrovàlvula sigui biestable vol dir que té dues posicions estables (no té molla), per la qual cosa quan doneu una ordre, no cal que la mantingueu, l'estat que tingui en aquell moment el mantindrà fins que rebi una ordre contraria.

3.2.5. Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb detecció del final del seu recorregut

La posició d'un cilindre es pot detectar de diverses maneres:

- Mitjançant un **final de cursa mecànic**. És una mena de contacte (semblant a un polsador) que és accionat per la tija del cilindre quan aquest es desplaça.
- Un **sensor inductiu**: és un sensor que dóna un senyal elèctric quan detecta qualsevol element metàl·lic.
- Un **sensor magnètic,** que és el més utilitzat en els circuits d'electropneumàtica. Els èmbols dels cilindres estan envoltats per un imant, els sensors magnètics estan col·locats damunt del cos del cilindre i s'acti-

ven quan el cilindre es desplaça i, per tant, l'imant hi passa per sota. N'hi ha de dos tipus:

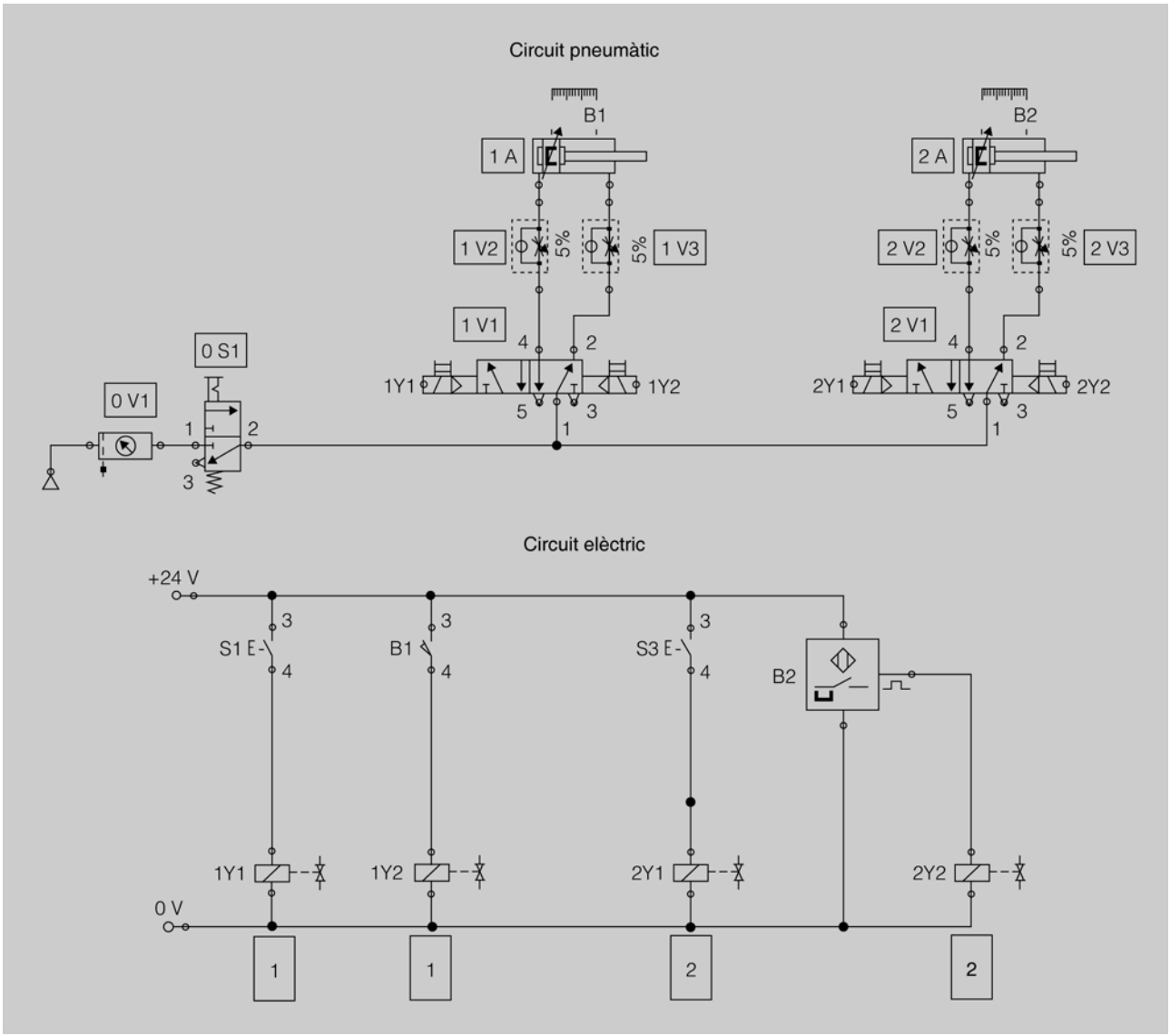
– **Sensor magnètic de làmines**. El sensor magnètic de làmines està format per dues làmines que es troben dins d'un tub de vidre ple d'un gas inert i que s'uneixen quan estan sota un camp magnètic.

– **Sensor magnètic transistoritzat**: és un tipus de sensor electrònic que detecta el camp magnètic creat per l'imant i dóna un senyal.

Esquema de muntatge

En la figura 86 teniu dos exemples de posada en marxa d'un cilindre amb polsador per avançar i amb retorn automàtic en arribar al final de davant. En el cilindre 1A, l'ordre de retrocedir la dóna el sensor magnètic B1 de làmines i en el cilindre 2A la dóna el sensor magnètic B2 del tipus transistoritzat. En tots dos casos, si quan el cilindre arriba davant es manté el polsador d'avançar accionat, els cilindres no retrocediran fins que no s'alliberi el polsador.

Figura 86. Esquema electropneumàtic d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb detecció del final del seu recorregut



Funcionament

Cilindre 1A:

- Quan accioneu el polsador S1, arriba tensió al solenoide 1Y1 i, per tant, provoca el canvi de posició de l'electrovàlvula 1V1, la qual cosa provoca que el cilindre 1A avanci.
- En deixar d'accionar el polsador S1, com que l'electrovàlvula és biestable el cilindre continua sortint fins que arriba al final del seu recorregut; allí l'imant activa el sensor de làmines (B1) i, per tant, aquest dóna tensió al solenoide 1Y2, que fa que l'electrovàlvula 1V1 canviï de posició i, per tant, fa retrocedir el cilindre.

Podeu veure el funcionament de detecció final del recorregut d'un cilindre en l'espai de l'"Aula".

Cilindre 2A:

- Quan accioneu el polsador S2, arriba tensió al solenoide 2Y1 i, per tant, provoca el canvi de posició de l'electrovàlvula 2V1, la qual cosa provoca que el cilindre 2A avanci.
- En deixar d'accionar el polsador S2, com que l'electrovàlvula és biestable, el cilindre continua sortint fins que arriba al final del recorregut; allà l'imant activa el sensor magnètic transistoritzat (B2), pel cable de senyal surt un senyal positiu que dóna tensió al solenoide 2Y2, que fa que l'electrovàlvula 2V1 canviï de posició i, per tant, fa retrocedir el cilindre 2A.

Ara feu l'activitat "Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb detecció del final del seu recorregut", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Els **sensors magnètics a tres fils** tenen el cable marró que es connecta al positiu (24 volts), el blau que es connecta al negatiu (0 volts) i el negre que es connecta a la càrrega.

3.2.6. Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb selecció de retorn instantani o temporitzat

Moltes vegades interessa que l'operari, mitjançant un selector, pugui seleccionar que quan el cilindre hagi avançat retorni a l'instant o que trigui un temps a fer-ho per acomplir una tasca concreta.

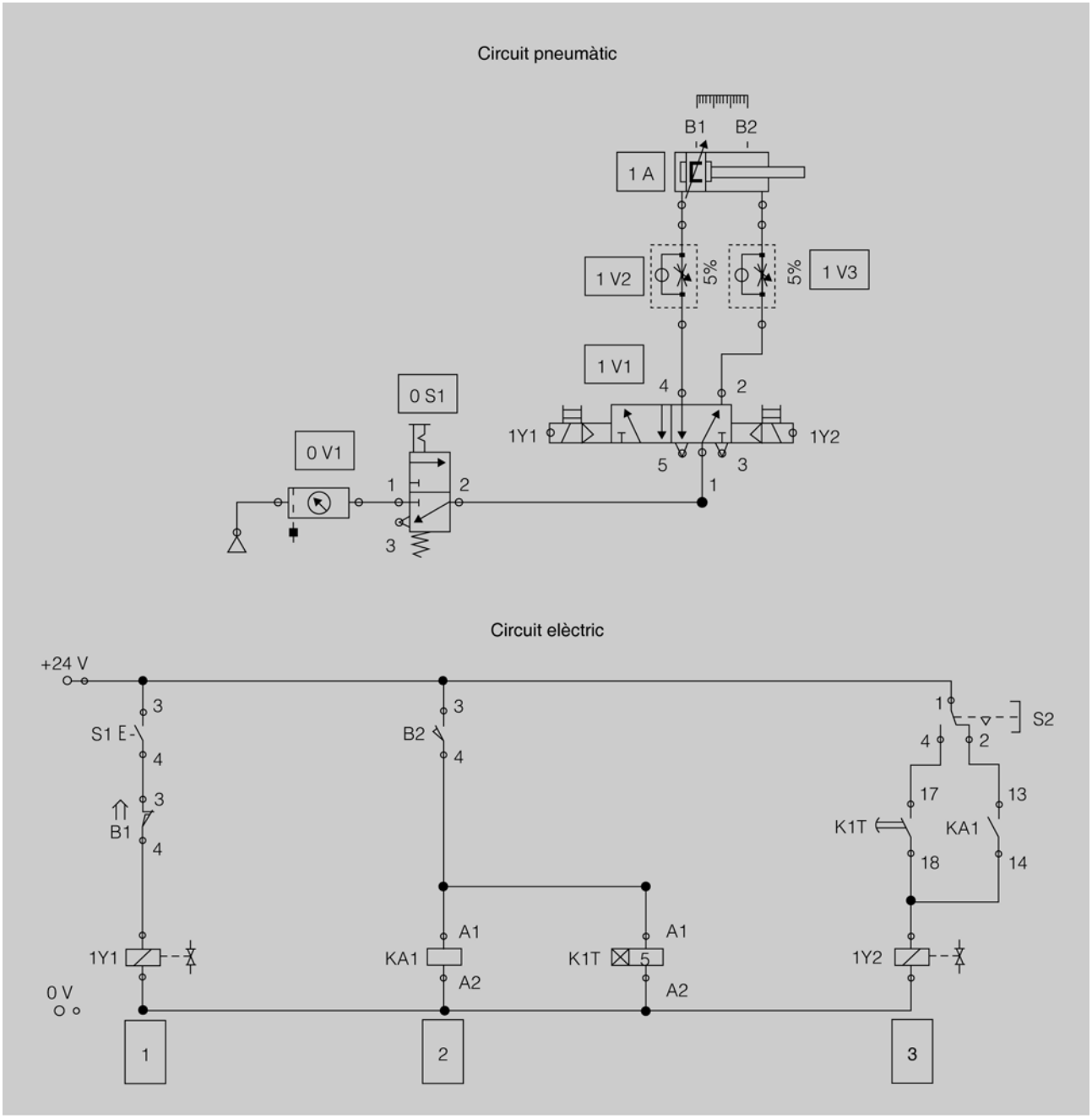
Els contactes que indiquen la posició dels cilindres es representen amb l'estat que tenen quan el cilindre es troba en la posició inicial. Així doncs, un contacte obert del detector de posició del cilindre retrocedit es representa tancat. En l'esquema queda reflectit perquè la numeració dels seus contactes acaba en 3-4 i perquè al símbol s'afegeix una fletxa que vol dir que el detector està accionat en aquell moment i per això s'observa com a tancat.

Esquema de muntatge

En la figura 87 podeu veure el circuit pneumàtic i elèctric corresponent al control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb selecció de retorn instantani o temporitzat. El cilindre fa els moviments en funció de la posició de l'electrovàlvula 1V1, comandada pels solenoides (bobines) 1Y1 per avançar i 1Y2 per retrocedir. L'ordre d'avançar la dóna el polsador S1 i el selector S2 defineix amb les dues posicions el tipus de retorn, instantani o temporitzat. Si està seleccionat el retorn instantani i mantenim accionat el polsador S1, el cilindre farà un moviment de vaivens de manera continuada fins que deixem d'accionar el polsador S1.

Podeu veure el funcionament de la selecció de retorn instantani o temporitzat d'un cilindre en l'espai de l'"Aula".

Figura 87. Esquema electropneumàtic d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb selecció de retorn instantani o temporitzat



Funcionament

Podeu veure l'aplicació de relés en l'espai de l'"Aula".

- Estant el circuit en repòs –per tant, amb el cilindre retrocedit–, si accioneu el polsador S1 s'activa 1Y1, i per tant la vàlvula 1V1 canvia d'estat i fa que el cilindre avanci. Quan avanci una mica el detector B1 deixa d'estar accionat, el contacte B1 s'obre i, tot i que mantingueu accionat el polsador S1, 1Y1 quedarà desconnectada, però l'electrovàlvula mantindrà la posició i el cilindre continuarà avançant.

- Quan el cilindre arriba al final del seu recorregut s'acciona el detector B2 i es connecten el relé KA1 i el temporitzador K1T. Els contactes de KA1 canvien de posició a l'instant; en canvi el del temporitzador trigarà a tancar el temps programat, en aquest cas 5 segons.

- Si el selector S2 està en repòs, hi ha contacte entre els borns 1 i 2 i arribarà tensió a la bobina 1Y2 de manera instantània i això farà que actuï l'electrovàlvula 1V1, retorni a la posició inicial i provoqui que el cilindre retrocedeixi.

Ara feu l'activitat "Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb selecció de retorn instantani o temporitzat", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

- Si el selector S2 està accionat, hi ha contacte entre els borns 1 i 4 però no arribarà tensió a la bobina 1Y2 mentre no tanqui el contacte 17-18 del temporitzador K1T; llavors actuarà l'electrovàlvula 1V1 i el cilindre retrocedirà.

3.2.7. Control de dos cilindres comandats per electrovàlvules biestables amb una seqüència simple de doblegament de peces

La majoria d'instal·lacions que utilitzen circuits electropneumàtics ho fan per fer seqüències de funcionament, és a dir, moviments de diversos cilindres que van actuant en un ordre determinat per acomplir una tasca determinada. Aquesta manera de dur a terme un procés de treball és defineix com a procés seqüencial.

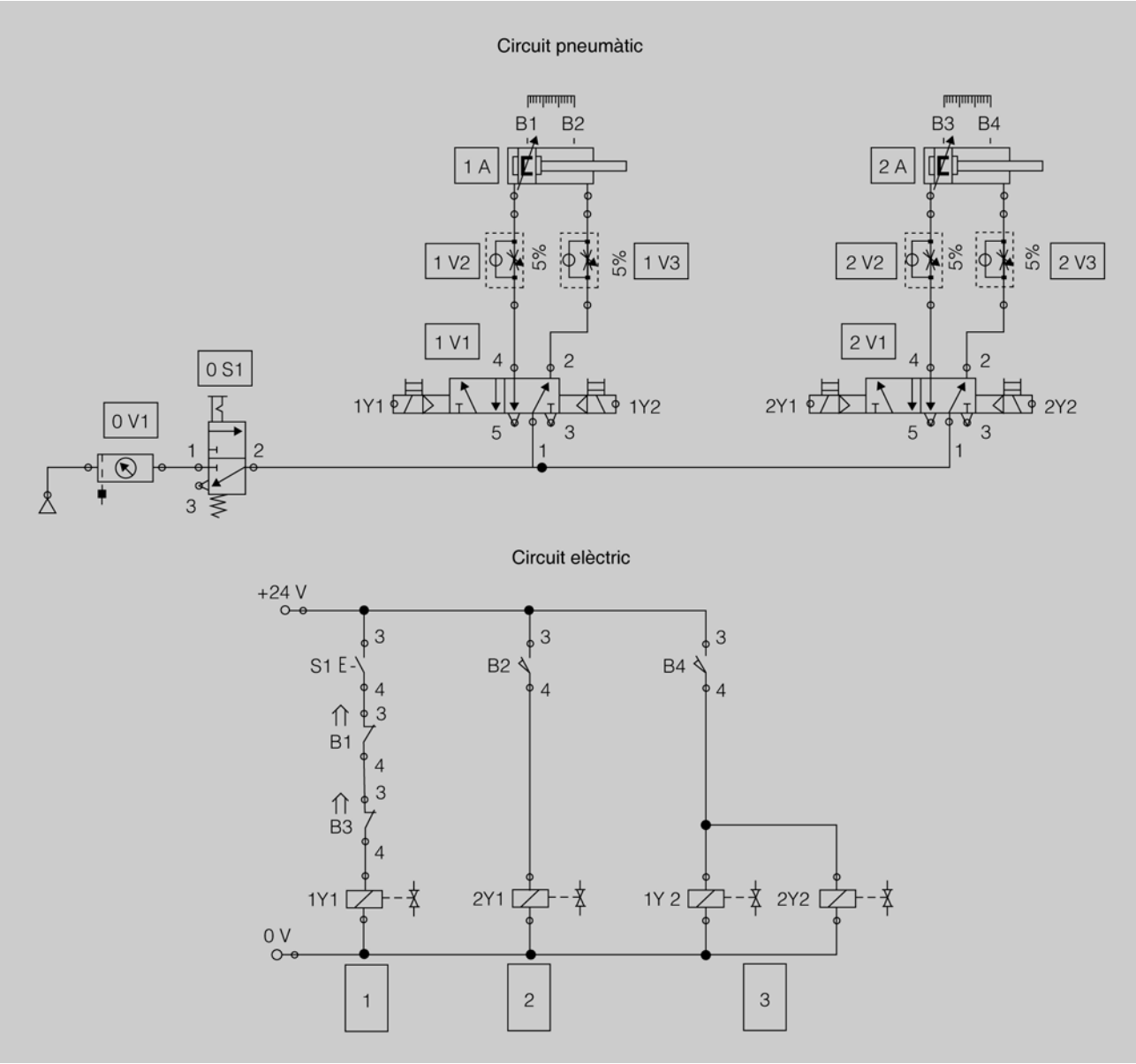
En la figura 88 teniu definit un procés seqüencial molt simple corresponent a una màquina per doblegar peces de ferro.

Esquema de muntatge

En la figura 88 podeu veure el circuit pneumàtic i elèctric corresponent al control de dos cilindres comandats per electrovàlvules biestables amb una seqüència de funcionament entre aquests que pot correspondre a una màquina per doblegar peces de ferro.

Quan avancen, el cilindre 1A subjecta la peça i el cilindre 2A la doblega 90 graus.

Figura 88. Esquema electropneumàtic de dos cilindres comandats per electrovàlvules biestables amb una seqüència simple de doblegament de peces



La seqüència de treball d'aquest circuit és la següent: primer avança el cilindre 1A i subjecta la peça, a continuació avança el cilindre 2A i fa el doblatge de la peça i a continuació retrocedeixen els dos cilindres a la vegada.

Funcionament

Podeu veure el funcionament de seqüència simple de doblegament de peces en l'espai de l'"Aula".

- Per començar el procés els dos cilindres han d'estar enrere. En aquesta posició el detector magnètic B1 estarà activat i, per tant, estarà tancat, i el B3 també estarà activat i, per tant, estarà tancat.

- En accionar el polsador S1, arribarà tensió a la bobina 1Y1; per tant l'electrovàlvula 1V1 canviarà de posició i farà que el cilindre 1A avanci.

- Quan el cilindre 1A està avançat s'acciona el detector magnètic B2, que farà que arribi tensió a la bobina 2Y1 i això farà que l'electrovàlvula 2V1 canviï de posició i, per tant, el cilindre 2A avançarà.

- Quan el cilindre 2A està avançat s'acciona el detector magnètic B4, que farà que arribi tensió al mateix temps a les bobines 1Y2 i 2Y2 i, per tant, les electrovàlvules 1V1 i 2V1 tornaran a la posició de repòs i faran que els cilindres 1A i 2A retrocedeixin; quedaran en la posició inicial i preparats per començar un altre cicle de funcionament.



Ara feu l'activitat "Control de dos cilindres comandats per electrovàlvules biestables amb una seqüència simple de doblegament de peces", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Autòmats programables

Lluís Martínez Novoa

Automatismes industrials

Índex

Introducció 5

Resultats d'aprenentatge 6

1. Maquinari i funcionament intern dels autòmats programables 7
1.1. Instal·lació electromecànica 7
1.1.1. Tipus de senyals elèctrics 9
1.1.2. Circuit d'automatisme amb autòmat programable 10
1.2. Programa de l'autòmat programable 11
1.2.1. Codificació interna dels programes dels autòmats programables 13
1.2.2. Memòries 15
1.3. Arquitectura i funcionament intern dels autòmats programables 16
1.3.1. Arquitectura dels autòmats programables 17
1.3.2. Funcionament intern dels autòmats programables 19
1.3.3. Interpretació del programa dels autòmats programables 21
1.3.4. Estructura i components dels autòmats programables ... 23
1.4. Perifèria dels autòmats programables 24
1.4.1. Entrades digitals 25
1.4.2. Sortides digitals 27
1.4.3. Senyals analògics 29
1.4.4. Entrades analògiques 31
1.4.5. Sortides analògiques 32
1.5. Funcionalitat dels autòmats programables 32
1.5.1. Llenguatges de programació 33
1.5.2. Característiques generals dels autòmats programables 34
1.5.3. Evolució dels autòmats programables 35

2. Instruccions bàsiques de programació dels autòmats programables 1 37
2.1. L'autòmat programable S7-200 de Siemens 37
2.1.1. Maquinari 37
2.1.2. Programari 38
2.1.3. Exemple de programació amb MicroWin i comprovació del programa amb el simulador S7-200 39
2.2. Programació d'entrades i sortides 40
2.2.1. Activació d'una sortida mitjançant una entrada 41
2.2.2. Activació de diverses sortides amb diverses entrades 42
2.2.3. Programació de contactes en sèrie i en paral·lel 42

2.2.4. Programació de contactes en connexió mixta sense parèntesis 43
2.2.5. Programació de contactes en connexió mixta amb parèntesis 44
2.2.6. Programació de contactes oberts i tancats de sortides 45
2.3. Programació de biestables 46
2.3.1. Circuit amb polsadors d'aturada i marxa 47
2.3.2. Programació de sortides amb instruccions de *set-reset* ... 48
2.3.3. Programació d'una mateixa sortida diverses vegades .. 49
2.3.4. Funcionament del registre de sortides 49
2.4. Flancs i modificador *not* 50
2.4.1. Programació de flancs positiu i negatiu 50
2.4.2. Programació del modificador *not* 52
2.5. *Merkers* 53
2.5.1. Programació de *merkers* 53

3. Instruccions bàsiques de programació dels autòmats programables 2 55
3.1. Temporitzadors 55
3.1.1. Programació del temporitzador a la connexió 56
3.1.2. Posada en marxa d'un contactor mitjançant polsadors i temporitzadors a la connexió 58
3.1.3. Posada en marxa progressiva de tres contactors mitjançant dos temporitzadors a la connexió 58
3.1.4. Programació del temporitzador a la desconnexió 59
3.1.5. Programació del temporitzador a la desconnexió accionat mitjançant flanc positiu 60
3.1.6. Programació del temporitzador acumulatiu 61
3.1.7. Control del temps de funcionament d'un contactor mitjançant un temporitzador acumulatiu 63
3.2. Comptadors 63
3.2.1. Comptador progressiu 64
3.2.2. Programació d'un comptador progressiu amb selecció d'inicialització manual o automàtica 65
3.2.3. Comptador regressiu 66
3.2.4. Comptador progressiu-regressiu 67
3.2.5. Control de fabricació de peces en un procés de producció 68
3.3. Multivibradors 69
3.3.1. Generador d'impuls 70
3.3.2. Funcions especials 71
3.4. Programació estructurada 73
3.4.1. Instruccions de salt 73
3.4.2. Subrutines 75

Introducció

Els autòmats programables van aparèixer l'any 1968 com els substituts dels armaris de relés i altres components de maniobra en els processos d'automatismes, i avui són els equips de control que s'utilitzen en la majoria d'instal·lacions automatitzades, des de la instal·lació més gran, com pot ser una planta petroquímica, a la més petita, com el control de llums, calefacció i altres equips d'una casa.

La majoria de tècnics en automatismes, quan es refereixen als autòmats programables, ho fan amb les sigles *PLC*, inicials del terme anglès *programable logic controller* ('controlador lògic programable').

La unitat "Autòmats programables" està dissenyada per estudiar els principis de funcionament dels autòmats programables, i també les principals instruccions de programació i la seva aplicació en els circuits de comandament i regulació.

Aquesta unitat està temporitzada dintre del mòdul, de manera que abans s'han tractat tots els aspectes relatius als sistemes de comandament i regulació de manera convencional, és a dir, mitjançant sistemes cablats, i que serviran de base per entendre millor les aplicacions dels autòmats programables.

En l'apartat "Maquinari i funcionament intern dels autòmats programables" es descriuen els components que configuren els autòmats programables, se n'estudia el funcionament i s'analitza la manera com la unitat central de processament (CPU) de l'autòmat executa el programa.

En els apartats "Instruccions bàsiques de programació dels autòmats programables 1 i 2", s'estudien exhaustivament les diferents instruccions que es poden programar en l'autòmat perquè la instal·lació es comporti segons les condicions definides en els esquemes d'automatització.

Per treballar els continguts d'aquesta unitat és convenient fer les activitats i els exercicis d'autoavaluació, llegir els annexos i consultar els recursos multimèdia.

Resultats d'aprenentatge

En acabar la unitat, heu de ser capaços de fer el següent:

1. Identificar els components i dispositius utilitzats en automatismes cablats i programables, a partir d'esquemes i documentació tècnica.

2. Diferenciar entre la part de comandament i la part de potència en automatismes cablats i programables, a partir d'esquemes i documentació tècnica.

3. Interpretar el programa de control d'un automatisme programable, a partir de les relacions de cada part o subrutina del programa amb les especificacions funcionals de l'equip.

4. Relacionar modificacions en elements del circuit o amb parts del programa de control amb variacions dels paràmetres característics de l'equip.

5. Elaborar el quadern de càrregues d'un automatisme a partir de les especificacions funcionals sol·licitades.

6. Seleccionar la solució més adient, mitjançant un sistema programable, per a cada aplicació que s'ha d'automatitzar, a partir de les seves característiques.

7. Codificar programes de control en algun llenguatge (contactes, llista d'instruccions i altres), a partir de les especificacions del projecte i de diagrames de seqüència.

1. Maquinari i funcionament intern dels autòmats programables

Abans d'estudiar els autòmats programables, heu de tenir clar què són i per a què s'utilitzen. Per aclarir aquests conceptes, fixeu-vos en les diferències entre un automatisme convencional, basat en el cablatge de tots els seus components, i un automatisme programat, basat en el programa que s'ha introduït a l'autòmat programable.

En l'**automatisme convencional o cablat** les condicions de funcionament de la instal·lació estan definides per les connexions mitjançant cables entre tots els elements de maniobra que componen la instal·lació, que connecten en sèrie o paral·lel els contactes de polsadors, tèrmics, relés, temporitzadors, etc., que acabaran connectant les bobines dels relés, temporitzadors, contactors, etc., que en activar-se faran que la instal·lació faci els moviments desitjats.

En l'**automatisme programat** tots els elements de control estan connectats mitjançant cables, directament a l'autòmat programable, i no estan interconnectats entre ells. És mitjançant les instruccions introduïdes al programa de l'autòmat que es defineixen com han d'estar connectats, en sèrie o paral·lel, i quan han d'obrir o tancar els contactes dels elements de comandament i, en definitiva, quan s'han de connectar les bobines dels contactors que activaran els actuadors de la instal·lació i faran que la instal·lació faci els moviments desitjats.

Exemples d'instal·lacions electromecàniques

D'instal·lacions electromecàniques n'hi ha moltes i de tot tipus, petites i molt senzilles com la porta automàtica d'un pàrquing, o grans i complexes com una cadena de producció de cotxes.

1.1. Instal·lació electromecànica

Entenem per **instal·lació electromecànica** qualsevol instal·lació que s'alimenta amb energia elèctrica i mitjançant components mecànics duu a terme una tasca determinada i produeix un producte final; es componen, com es veu en la figura 1, de tres parts:

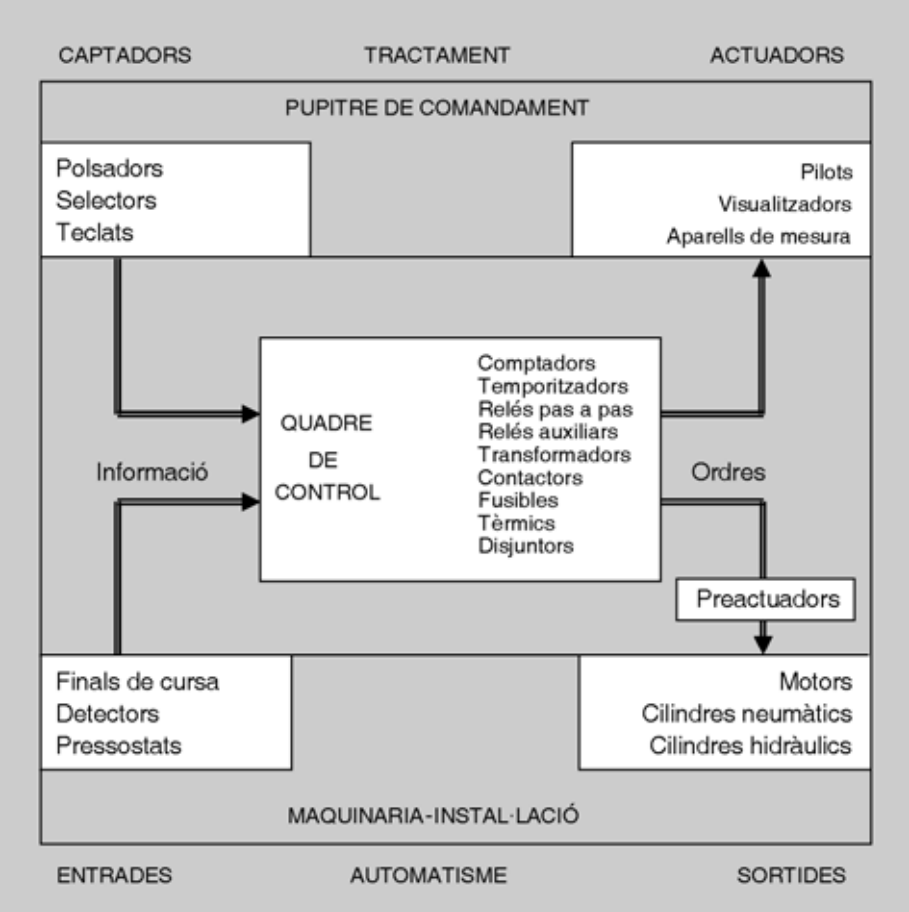
- **Pupitre de comandament**. El lloc des del qual els operaris poden intervenir en el funcionament de la instal·lació enviant informació al quadre de control mitjançant els captadors, com polsadors, selectors, etc., i on es pot visualitzar com funciona la instal·lació mitjançant les ordres que reben els actuadors, com pilots, visualitzadors, etc., des del quadre de control.

- **Maquinaria o instal·lació.** El conjunt d'elements que configuren l'estructura i components que fan la tasca per a la qual ha estat dissenyada la instal·lació; rep les ordres del quadre de control per activar els actuadors, com motors, cilindres, etc., i envia informació de l'estat de la instal·lació mitjançant els captadors, com finals de cursa, detectors, etc.

- **Quadre de control**. El lloc de la instal·lació on hi ha definit el tipus de funcionament o seqüència de treball que ha de fer la instal·lació; en funció de la informació que li envien els captadors dóna ordres de connexió als actuadors.

  Conté tots els elements de maniobra com comptadors, relés, temporitzadors etc., que poden ser substituïts per un autòmat programable, i també els elements de potència i protecció, com transformadors, contactors, fusibles, tèrmics, etc.

Figura 1. Components d'una instal·lació electromecànica



Preactuadors

Per adaptar el senyal elèctric del PLC, que és de petita potència, en els actuadors que acostumen a consumir més potència s'utilitzen els preactuadors, com els contactors.

Quan una instal·lació electromecànica tingui un autòmat programable en el quadre de control per definir la seqüència de treball, tots els **captadors**, és a dir, tots els elements que envien informació al quadre de control, es consideren entrades, i tots els **actuadors**, és a dir, tots els elements que reben ordres del quadre de control, sortides del PLC, independentment que estiguin situats al pupitre de comandament o a la instal·lació.

La informació que envien els captadors i les ordres que reben els actuadors es fan mitjançant senyals elèctrics.

!!

En la secció "Recursos de contingut" del web d'aquest mòdul podeu veure un vídeo amb exemples d'instal·lacions automatitzades.

1.1.1. Tipus de senyals elèctrics

El **senyal elèctric**, referit als circuits d'automatismes, és la quantitat d'energia elèctrica que circula pels components de comandament d'una instal·lació per enviar informació i rebre ordres del quadre de control.

Els senyals elèctrics poden ser de tensió o d'intensitat i de corrent continu o altern.

- Els **senyals de tensió** més freqüents són 10 V o 24 V en corrent continu i 220 V en corrent altern.
- Els **senyals d'intensitat** més freqüents són 0-20 mA (mil·liampers) o 4-20 mA en corrent continu.

Exemple del tipus de senyal

El senyal que envia l'interruptor d'una habitació quan l'accionem és de 220 V de corrent altern, i el senyal que envia el polsador d'un ascensor és de 24 V de corrent continu.

En els circuits d'automatismes hi ha dos tipus de senyals elèctrics, els digitals i els analògics.

- **Senyal digital**. Normalment són senyals de tensió, tant de corrent continu com d'altern; només poden tenir dos estats, que es representen utilitzant el sistema de numeració binari, que està format per zeros i uns.
  - Estat 0: relacionat amb: "no dóna senyal", "no funciona", "està desconnectat", "circuit obert".
  - Estat 1: relacionat amb: "sí que dóna senyal", "sí que funciona", "està connectat", "circuit tancat".
- **Senyal analògic**. Acostumen ser tant de tensió com d'intensitat de corrent continu; són senyals elèctrics que, entre un valor mínim i un màxim, poden tenir qualsevol valor, i per representar-los s'utilitza el sistema de numeració decimal. És a dir, el captador enviarà 1,2 V o 6,4 V, etc., el PLC convertirà aquest senyal analògic en digital per poder processar-lo, visualitzant-lo convertit en una magnitud física que puguem entendre. En la taula 1 tenim un exemple de captadors (entrades) i actuadors (sortides), que envien o reben informació mitjançant senyals elèctrics digitals i analògics.

Tractament del senyal analògic

Quan ens pesem en una bàscula electrònica, el senyal que es genera és una tensió entre 0 i 10 V, que la bàscula converteix en un valor binari per processar-lo i visualitzar-lo en la pantalla convertit en un valor proporcional expressat en kg.

Taula 1. Exemple d'entrades i sortides digitals i analògiques

	Digital	Analògica
Entrades	Sensor ultrasònic de presència. Quan detecta en qualsevol punt de la seva zona d'accés, dóna 1.	Cèl·lula fotoelèctrica. En funció de la distancia on detecti dintre de la seva zona d'acció, dóna un valor entre 0 i 10 V.
Sortides	Contactor per a l'accionament d'un motor. El motor funciona, girant a la velocitat nominal, o no funciona i està parat.	Variador de velocitat d'un motor. En funció de la tensió de consigna entre 0 i 10 V el motor gira a més o menys velocitat.

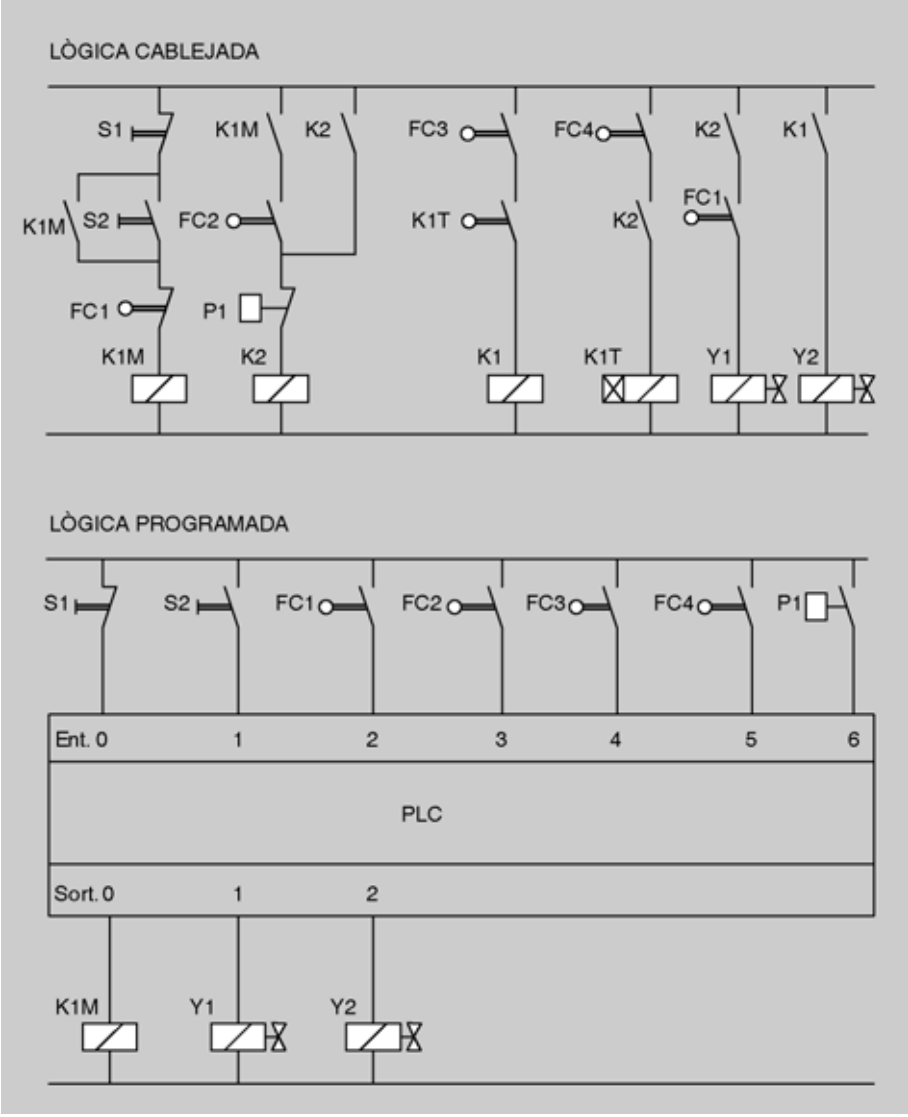
1.1.2. Circuit d'automatisme amb autòmat programable

L'autòmat programable simplifica i abarateix molt els circuits d'automatisme, i per això actualment estan molt introduïts, s'utilitzen molt i hi ha models de diferents configuracions per adaptar-se a les característiques de qualsevol instal·lació, des del més simple fins al més complex. En la figura 2 es mostren les diferències fonamentals entre un circuit fet amb lògica cablejada, el sistema convencional, és a dir, sense PLC, i amb lògica programada amb un PLC.

Aplicacions dels autòmats

Hi ha PLC per a aplicacions molt petites i molt econòmiques, pràcticament pel preu d'un parell de relés i un temporitzador, però també podeu trobar un PLC amb més de cent relés i deu temporitzadors interns, entre altres funcions.

Figura 2. Circuit d'automatisme amb lògica cablejada i programada



Els dos esquemes de la figura 2 representen un mateix circuit d'automatisme fet amb les dues tecnologies, cablada i programada. Si us fixeu bé en els esquemes podreu observar les diferències següents:

- El cablatge, és a dir, la interconnexió entre els elements que configuren la instal·lació, és molt més complexa en la lògica cablada, ja que hi ha connexions en sèrie, en paral·lel i mixtes, mentre que en la lògica

programada la connexió és molt senzilla i consisteix en un cable que uneix tots els captadors i un altre cable que uneix tots els actuadors, i després hi ha uns cables que uneixen cada captador i actuador amb el PLC.

- Amb la lògica cablada hi ha molts més contactes, en total quinze, i amb la programada només set. Això es deu al fet que:

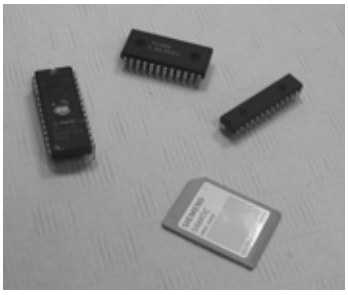
  – El captador FC1 (final de cursa) fa dues funcions i amb lògica cablada necessita dos contactes, però amb la programada amb un contacte n'hi ha prou.

  – Amb lògica cablada són necessaris els contactes auxiliars de contactors, com K1M, de relés, com K1 i K2, i de temporitzadors, com K1T, i amb lògica programada no cal connectar-los, ja que podem programar els que té el PLC internament.

- Amb la lògica cablada hi ha més bobines corresponents a actuadors, en total sis, i amb la programada només tres. Això es deu al fet que les bobines dels temporitzadors i relés auxiliars no cal connectar-les, ja que podem programar els que té internament el PLC.

- El circuit amb lògica programada utilitza un autòmat programable, que necessita un programa, i amb la cablada no cal.

La diferència fonamental entre el circuit amb lògica cablada i lògica programada és que en el primer circuit, si el connectem a la xarxa elèctrica i accionem el captadors, la instal·lació funciona, i per contra, el circuit amb lògica programada no ho fa, i això és degut al fet que el circuit amb autòmat programable necessita que aquest tingui un programa emmagatzemat a la memòria del PLC.

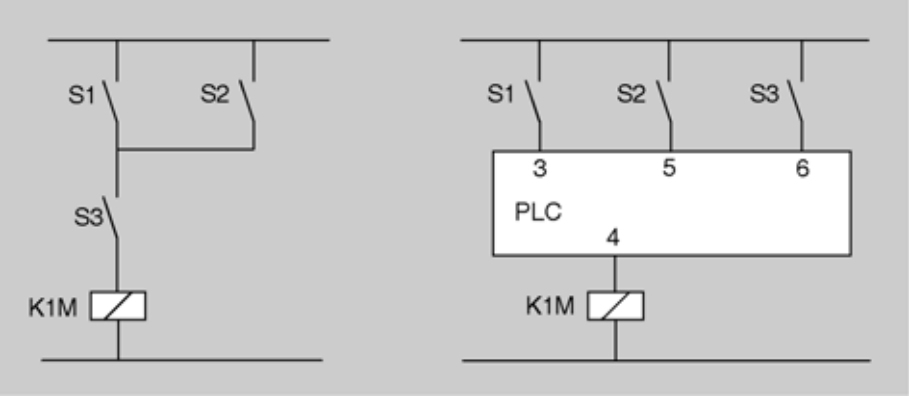


Memòries de PLC

1.2. Programa de l'autòmat programable

El programa de l'autòmat programable d'una instal·lació està format per una sèrie ordenada d'instruccions que corresponen a l'esquema elèctric que faríeu si realitzéssiu la instal·lació amb lògica cablejada; cada instrucció ha de contenir tota la informació necessària de cada element de l'esquema elèctric. En la figura 3 teniu un exemple d'un circuit molt elemental en què es veu com es connecten els elements d'un esquema amb lògica cablada, i com es connecten a l'autòmat programable per fer el mateix circuit amb lògica programada, que ens servirà d'exemple per raonar com hem de fer el programa del PLC, que consistirà a indicar com estan interconnectats aquests elements.

Figura 3. Connexió d'entrades i sortides al PLC



En l'esquema de l'esquerra de la figura 3, que correspon al circuit amb lògica cablada, podeu comprovar el funcionament de la instal·lació, i veureu que perquè funcioni l'actuador K1M han d'estar activats el captador S3 i un dels captadors S1 o S2.

A la dreta de la figura 3 teniu la interconnexió dels captadors i l'actuador amb el PLC, i podeu observar que S1 està connectat al born 3 del PLC, S2 al born 5 i S3 al born 6. Això implica que a partir d'aquest moment els captadors els considerem com a entrades del PLC i ja no seran S1, S2 i S3, sinó les entrades E3, E5 i E6, respectivament, i pel mateix motiu el captador K1M serà la sortida S4.

Com que l'esquema té quatre elements necessitarem quatre instruccions per fer el programa del PLC; cada instrucció del programa ha de contenir tota la informació de cada element i això ho aconseguim mitjançant tres dades:

1) Operació. Ha d'indicar què fa aquest element dintre del circuit o, dit d'una manera més entenedora, com està connectat. En principi descriurem les operacions més elementals per entendre aquest exemple, que són:

El conjunt d'operacions, operands i paràmetres d'un PLC es coneix com a *mapa de memòria del PLC*.

- Inici: si està connectat al principi de l'esquema, en aquest exemple correspondria a S1.
- Final: si està connectat al final de l'esquema, en aquest exemple correspondria a K1M.
- Paral·lel: si està connectat en paral·lel, en aquest exemple correspondria a S2.
- Sèrie: si està connectat en sèrie, en aquest exemple correspondria a S3.

2) Operand. Ha d'indicar quin tipus d'element és. De moment només descriurem els dos que necessitem per entendre aquest exemple, que són:

- Entrades: elements que envien senyals elèctrics al PLC.
- Sortides: elements que reben senyals elèctrics del PLC.

3) Paràmetre: ha d'indicar quina entrada o sortida és.

Cada instrucció del programa del PLC correspon a un element de l'esquema. Normalment l'ordre de programació es porta a terme amb els elements situats d'esquerra a dreta i de dalt a baix.

Totes les instruccions dels autòmats programables estan formades per tres dades, que són: operació, operand i paràmetre.

En la taula 2 s'indica com seria el programa corresponent a l'esquema de la figura 3.

Taula 2. Exemple de realització programa de PLC

Informació de l'element	Adreça	Operació	Operand	Paràmetre
S1	1	Inici	Entrada	3
S2	2	Paral·lel	Entrada	5
S3	3	Sèrie	Entrada	6
K1M	4	Final	Sortida	4

Aquest programa està format per quatre instruccions; s'han descrit les diferents operacions, operands i paràmetres amb unes denominacions molt generals i fàcils d'entendre, però heu de tenir en compte que cada fabricant d'autòmats utilitza uns codis diferents i que no corresponen a aquesta denominació general. Així doncs, la primera cosa que heu de fer per fer un programa per a un PLC és conèixer els codis del fabricant d'aquest autòmat, que es coneixen com a **àrees de memòria i funcions.** En la taula 3 s'indica com seria el programa de la taula 2 adaptat als codis de l'autòmat S7-200 de Siemens.

!!

Per veure les característiques del maquinari i programari de les diferents CPU de l'autòmat S7-200 de Siemens, aneu a la secció "Annexos" del web d'aquest mòdul.

Taula 3. Adaptació del programa de la figura 3 adaptat a l'autòmat S7-200 de Siemens

Adreça	Programa general	Programa S7-200 de Siemens
1	Inici entrada 3	LD I 0.3
2	Paral·lel entrada 5	O I 0.5
3	Sèrie entrada 6	A I 0.6
4	Final sortida 4	= Q 0.0

1.2.1. Codificació interna dels programes dels autòmats programables

Codi binari

És el codi utilitzat pels autòmats programables per realitzar totes les operacions internes. Cada dígit del sistema de numeració binari que pot tenir el valor zero o u, l'anomenem *bit*.

Quan nosaltres introduïm el programa corresponent a un esquema en un autòmat programable, ho fem escrivint directament amb la programadora els codis corresponents a l'operació, operand i paràmetre d'aquest autòmat (LD, O, I, Q, etc.), però, lògicament, dintre del PLC no es guarda

aquesta informació tal com l'escrivim, sinó que cada codi corresponent a l'operació, operand i paràmetre es converteix en una seqüència de zeros i uns, és a dir, es guarda codificat en binari.

L'operació que fa l'autòmat programable de guardar el programa codificat en binari s'anomena **compilació**.

Cada instrucció del programa necessita 16 bits per guardar la informació corresponent a cada element, i cada grup de 16 bits s'anomena **paraula**, encara que s'utilitza molt el terme anglès ***word***. El programa codificat en binari en *words* es guarda en la memòria del PLC. En la taula 4 teniu un exemple de com es codifiquen en binari les instruccions de programació d'un autòmat programable.

Taula 4. Exemple d'una possible codificació en binari de les instruccions d'un PLC

Instrucció	Codi operació bits 1 a 3	Codi operand bits 4 a 6	Codi paràmetre bits 7 a 16
Inici	000		
Sèrie	010		
Paral·lel	101		
Final	111		
Entrada		000	
Sortida		111	
Paràmetre 0			0000000000
Paràmetre 1			0000000001
Paràmetre 2			0000000010
Paràmetre 3			0000000011
Paràmetre 4			0000000100
Paràmetre 5			0000000101
Paràmetre 6			0000000110

En la taula 5 teniu com es guardaria el programa de la figura 3 segons la codificació que hem posat com a exemple en la taula 4.

Taula 5. Exemple de com queda codificat un programa a la memòria del PLC

Programa general	Programa codi S7-200 Siemens	Programa codificat en binari
Inici entrada 3	LD I 0.3	000 000 0000000011
Paral·lel entrada 5	O I 0.5	101 000 0000000101
Sèrie entrada 6	A I 0.6	010 000 0000000110
Final sortida 4	= Q 0.0	111 111 0000000100

1.2.2. Memòries

Els programes que fa l'usuari perquè la instal·lació faci una tasca concreta i els que introdueix el fabricant perquè l'autòmat faci les operacions internes necessàries es guarden en les **memòries del PLC**, que són un circuits integrats que emmagatzemen tota la informació codificada en binari.

El programa s'introdueix mitjançant una programadora, que actualment consisteix en un programari que s'instal·la en qualsevol ordinador personal; així doncs, mentre s'està confeccionant el programa s'utilitza la memòria de l'ordinador i quan es vol provar el funcionament es transfereix el programa a la memòria del PLC.



Programadores de PLC

Les memòries es poden dividir en dos grups segons la funció que fan: les memòries d'usuari i les de sistema.

- **Memòria d'usuari**. És la memòria on es guarda el programa fet pel tècnic en automatismes i que fa que la instal·lació funcioni executant la seqüència de treball dissenyada.

- **Memòries de sistema**. Són les memòries que programa el fabricant per emmagatzemar els programes i la informació necessàries per al funcionament intern correcte del PLC, entre d'altres:
  - Programa per convertir les instruccions introduïdes per l'usuari en un llenguatge que el PLC pugui processar, és a dir, per compilar el programa.
  - Dades de procés i de control.
  - Variables internes.
  - Dades de configuració del PLC.

  En funció de les tecnologies emprades i de seva funcionalitat, es pot donar la classificació següent de tipus de memòries:

- **RAM** (*random access memory*) o memòria d'accés aleatori

  És una memòria volàtil, i per això si falla l'alimentació elèctrica es perden les dades emmagatzemades; es pot posar una pila o una bateria per mantenir les dades en cas que es talli l'alimentació elèctrica i es poden modificar les dades en qualsevol moment.

- **ROM** (*read only memory*) o memòria únicament de lectura

  No perd la informació en cas de tall d'alimentació elèctrica; és una memòria amb un programa fix, muntada pel fabricant amb components electrònics, no està programada, l'usuari no hi té accés i no es pot modificar. Sol tenir les instruccions de funcions necessàries per al funcionament correcte de l'autòmat, com rutines d'inicialització, test, autodiagnòstic...

- **PROM** (*programmable read only memory*) o memòria únicament de lectura programable

  És com una memòria ROM, però que el fabricant ha programat, a diferència de la ROM, que està muntada físicament amb components electrònics, i una vegada programada no es pot modificar.

- **EPROM** (*erasable PROM*) o memòria únicament de lectura programable

  És possible esborrar-la totalment si se sotmet a l'exposició de rajos ultraviolats entre 10 i 20 min la finestreta que té a la part superior del circuit integrat.

- **EEPROM** (*erasable electrically PROM*, *programmable read only memory erasable electrically*) o memòria únicament de lectura programable i esborrable elèctricament

  És com una memòria PROM, però es pot esborrar tot o part del programa mitjançant la programadora, sense necessitat d'exposar-la als rajos ultraviolats, i no perd la informació si falla el corrent.

Els tipus de memòria d'usuari més utilitzats són la RAM, EPROM i EEPROM.

El programa que fabrica l'usuari normalment es fa en una memòria RAM, per la facilitat de fer modificacions, i una vegada que el programa és definitiu, es pot deixar en aquesta memòria amb el suport d'una bateria, o copiar-lo a una memòria EPROM si no es vol que es modifiqui, o a una memòria EEPROM si es preveu que durant el funcionament normal de la instal·lació s'hagi de modificar alguna dada.

Els programes propis del sistema utilitzen tots els tipus de memòria: RAM i EEPROM per a les dades que es modifiquen durant el processament del programa, i les ROM, PROM i EPROM per a les dades fixes.

1.3. Arquitectura i funcionament intern dels autòmats programables

L'autòmat programable és un equip electrònic programable que en funció de l'estat de les entrades i de l'algoritme de control que té introduït mitjançant el programa, dóna ordres de connexió o desconnexió a les sortides; a escala interna es pot dir que tots els autòmats programables estan constituïts per tres grans blocs:

El funcionament intern dels PLC està basat en un sistema amb microprocessador.

- **CPU** (*central processing unit*) o unitat central de processament.

  És l'encarregada d'organitzar el tràfic de dades, fer les operacions internes i controlar les entrades i sortides.

- **Memòries**. De diferents tipus de suport físic.

  Contenen el programa fet per l'usuari, les dades que es produeixen mentre s'executa el programa i els programes introduïts pel fabricant per al funcionament intern del PLC.

- **Entrades i sortides**

  Mitjançant els corresponents mòduls d'interfície per adaptar els senyals, s'encarreguen de comunicar la CPU amb l'exterior, reben senyals de les entrades i n'envien a les sortides.

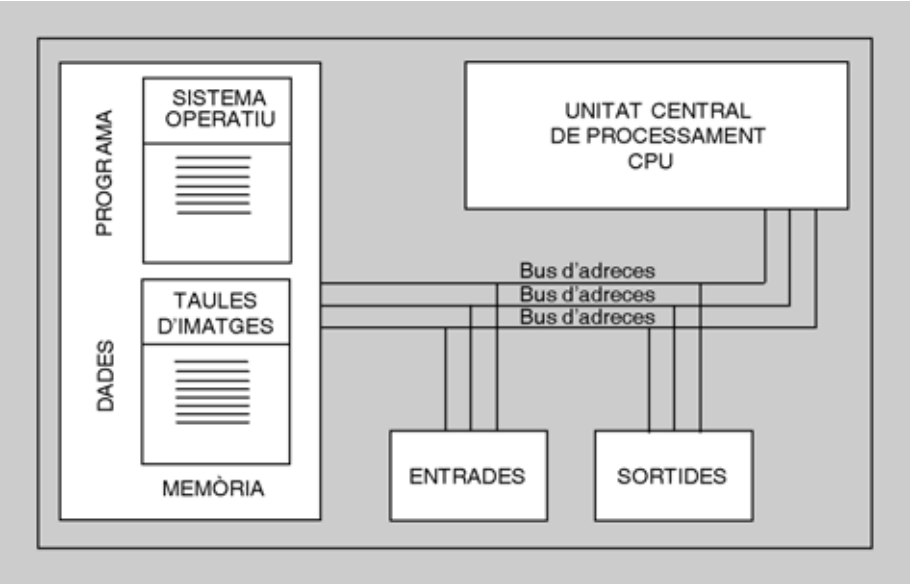
1.3.1. Arquitectura dels autòmats programables

Els tres grans blocs de què consten els PLC(CPU, memòries i entrades/sortides) es troben units mitjançant unes línies elèctriques per comunicar-se dades entre ells, anomenades **busos de comunicació**, que es divideixen en tres grups:

- **Bus d'adreces**. És per on el processador envia l'adreça de l'element al qual vol enviar informació o que vol que li enviï informació.
- **Bus de dades** És per on tots els elements envien les dades. És bidireccional, i la CPU pot posar dades perquè una adreça la llegeixi o pot llegir una dada que li enviï una adreça.
- **Bus de control**. És on el processador indica quina operació està fent; les més freqüents són llegir i escriure. Controla els blocs de memòria i d'entrades i sortides.

En la figura 4 teniu un exemple de com es comuniquen els diferents blocs que configuren els PLC.

Figura 4. Blocs constitutius dels autòmats programables

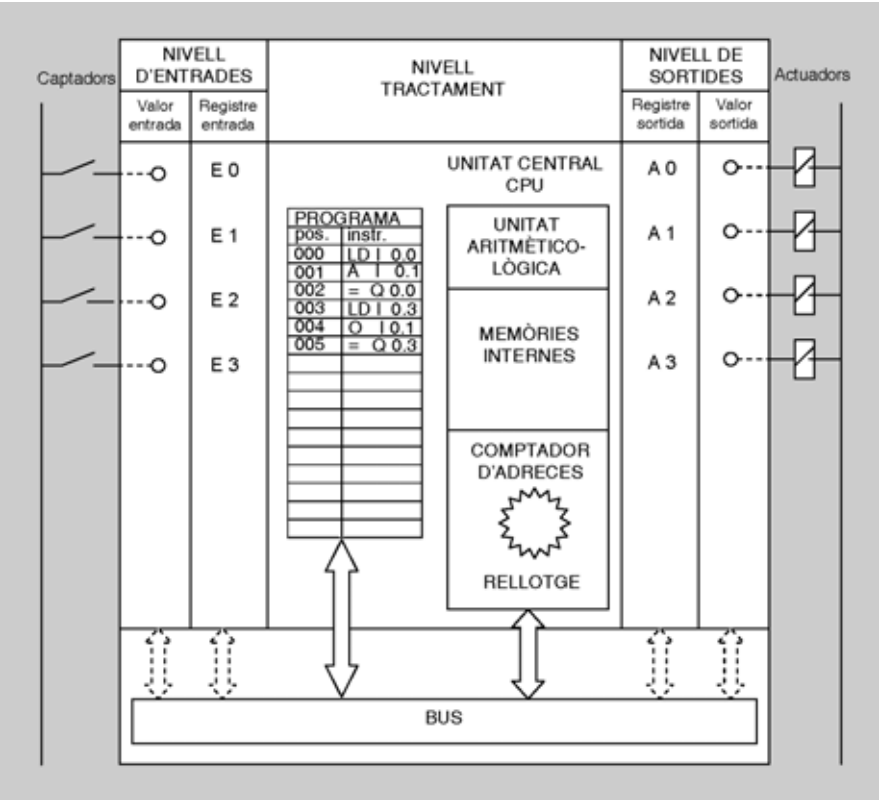


La **CPU** dels autòmats programables s'encarrega d'organitzar totes les tasques de control i comunicació entre els diferents blocs, per executar el programa fet perquè la instal·lació funcioni.

Els components que intervenen en el procés d'execució del programa (representats en l'esquema de la figura 5) són els següents:

- Valor d'entrada: es posa a 1 o 0 en funció de l'estat del captador.
- Registre d'entrada: emmagatzema el valor de l'entrada corresponent.
- Programa: instruccions corresponents a l'esquema elèctric que defineix el funcionament de la instal·lació.
- ALU (unitat aritmeticològica): és l'encarregada de fer les operacions aritmètiques, bàsicament sumes o productes, en funció del tipus de connexió dels contactes del circuit, paral·lel o sèrie.
- Memòries internes: emmagatzemen els resultats de les operacions aritmètiques fetes per l'ALU, les dades de configuració del PLC, i altres dades de control.
- Comptador d'adreces o rellotge: encarregat de dir en cada moment quina instrucció del programa s'ha d'executar. La CPU executa totes les instruccions del programa, d'una en una i en l'ordre que li marca el rellotge.
- Registre de sortides: emmagatzema el valor corresponent a la sortida en funció del resultat de l'execució del programa.
- Valor de sortida: es posa a 1 o 0 quan la CPU carrega el valor del registre de sortides a la sortida corresponent.

Figura 5. Components que intervenen en l'execució del programa



1.3.2. Funcionament intern dels autòmats programables

Els PLC poden tenir bàsicament dos estats: *run* i *stop*.

- ***Run***. El PLC està actiu, la CPU llegeix el programa i dóna ordres de connexió o desconnexió als actuadors.

- ***Stop***. El PLC està connectat al corrent però la CPU no llegeix el programa i, per tant, no es dóna cap ordre de connectar les sortides.

Quan el PLC està en *run*, la CPU, unitat central de processament de l'autòmat, executa el programa cíclicament, és a dir, llegeix contínuament el programa, instrucció rere instrucció.

Hi ha tres conceptes que heu de tenir clar quan treballeu amb autòmats programables, que són: *scan*, *temps de scan* i *watchdog*.

Watchdog significa 'gos de vigilància', i fa referència a la tasca que duu a terme de controlar el temps de cicle.

1) *Scan*

Cada cop que executa el programa una vegada, es diu que ha executat un cicle o un *scan*.

L'execució d'un *scan* consisteix en el següent:

a) La CPU fa un autodiagnòstic intern i dels perifèrics.

b) Mira el valor que tenen totes les entrades i guarda els valors en el registre d'entrades corresponent. Cada entrada té un bit que emmagatzema el seu valor en el registre d'entrades.

c) El rellotge marca la primera adreça per llegir-ne la instrucció.

d) La unitat aritmeticològica fa l'operació corresponent a la instrucció.

- Aquesta operació pot ser:
  - LD: inici, llegeix el valor de l'operand corresponent.
  - A: sèrie, fa l'operació aritmètica del producte.
  - O: paral·lel, fa l'operació aritmètica de la suma.
  - =: final, assigna el valor a l'operand corresponent.
- En aquest procés, quan ha de llegir el valor d'una entrada ho fa del registre de l'entrada, no de l'entrada directament, i si ha d'assignar un valor a una sortida, ho fa sobre el registre de la sortida.

e) Guarda en la memòria interna el resultat de l'operació aritmètica si aquesta és LD, O, A, o el guarda en el registre de sortides si l'operació aritmètica és =.

f) El rellotge marca l'adreça següent.

g) Es repeteixen el passos 3 i 4 fins que executa la darrera instrucció.

h) Mira els valors emmagatzemats en el registre de sortides i els assigna a les sortides corresponents.

i) Es torna a repetir el procés des del pas 1 de manera cíclica.

Scan és l'execució del programa una vegada i consisteix en el següent:

- Fer un autodiagnòstic.
- Llegir l'estat de totes les entrades i carregar els valors al registre d'entrades.
- Executar tot el programa llegint les dades de les entrades del registre d'entrades i escrivint els resultats de les combinacions en el registre de sortides.
- Copiar els valors del registre de sortides a les sortides.

2) Temps de *scan* o de cicle

És el temps que triga la CPU a executar un cicle; aquest temps és molt important, ja que les ordres de connexió o desconnexió en els actuadors connectats a les sortides es fan al final del cicle, encara que la instrucció corresponent estigui al principi. Per tant, si el temps és massa llarg, podria succeir que es donés l'ordre d'aturar un motor perquè ha saltat una alarma i aquesta trigués massa a executar-se.

Temps de cicle

Mentre s'executa el cicle, les ordres de connexió i desconnexió es fan en el registre de sortides, no en la sortida, que es fa en finalitzar el cicle.

El temps de cicle depèn del següent:

- Tipus de CPU: tots els fabricants d'autòmats disposen de diferents CPU per a cada model de PLC, i així s'adapten a les necessitats dels usuaris. Una de les característiques més importants que diferencien les diferents CPU és la velocitat de processament.

- Nombre i tipus d'instruccions del programa: com més instruccions tingui el programa, més temps trigarà la CPU a llegir-lo, de la mateixa manera que hi ha instruccions que són més complexes que altres i lògicament es tarda més a executar-les.

És més complex processar una entrada analògica que una de digital.

- Nombre i tipus de perifèrics: al principi de cada cicle es fa un autodiagnòstic dels perifèrics; per tant, com més n'hi hagi i més complexos siguin més temps trigarà la CPU.

3) *Watchdog*

El *watchdog* controla la durada del temps de cicle, i quan aquest supera els valors establerts, dóna ordre d'aturar l'autòmat i passa de *run* a *stop*; per tant, la CPU deixa d'executar el programa i es desconnecten totes les sortides.

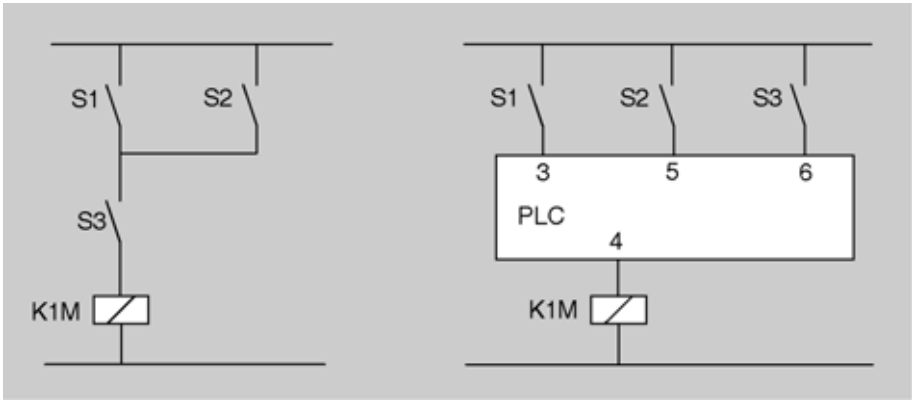
El **temps del *watchdog*** pot ser fix o programable, i depèn del tipus del CPU.

Les CPU petites, dirigides a instal·lacions senzilles i sense requeriments de seguretat, estan configurades de fabrica amb un temps de *watchdog* que el fabricant considera acceptable, i que pot arribar fins a 500 ms; en d'altres CPU, les més potents, el temps de cicle es pot definir en funció de la complexitat de la instal·lació i, com són molt més ràpides, es poden fixar temps entre 10 i 200 ms.

1.3.3. Interpretació del programa dels autòmats programables

Un **programa d'un PLC** és la traducció d'un esquema elèctric en un conjunt d'instruccions, però el PLC el que fa és interpretar el programa i no l'esquema elèctric. En la figura 6 tenim un esquema elèctric que correspon a un circuit que hem muntat amb un PLC; s'hi pot veure en quines entrades i sortides estan connectats els captadors i els actuadors.

Figura 6. Interpretació del programa. Connexió elèctrica



En les taules 6 i 7 tenim el programa corresponent a l'esquema amb les operacions que fa la CPU en cada línia de programa en funció de l'estat de les entrades.

Taula 6. Interpretació del programa. Lectura de la CPU amb el captador S3 accionat

Adreça	Programa	Valor d'entrades o sortides	Unitat aritmeticològica	Memòria interna
001	LD I 0.3	0	Carrega el valor 0	0

Adreça	Programa	Valor d'entrades o sortides	Unitat aritmeticològica	Memòria interna
002	O I 0.5	0	0 + 0 = 0	0
003	A I 0.6	1	0 × 1 = 0	0
004	= Q 0.0		Assigna el valor 0	0

Interpretació de la taula 6:

- Com que només està accionat el captador S3, fixeu-vos que el valor corresponent a la seva entrada, la I0.6, està a 1 i la resta d'entrades estan a 0.

- En la instrucció 001 hi ha programada l'operació LD; per tant, la CPU carrega el valor de l'entrada programada en aquesta instrucció, l'entrada I0.3, que val 0, en la memòria interna.

- En la instrucció 002 està programada la instrucció O, que correspon a una connexió en paral·lel, però la CPU del PLC, que no interpreta cap esquema elèctric, fa l'operació de sumar i suma el valor guardat a la memòria interna, que és 0, al valor de l'entrada programada en aquesta instrucció, I0.5, que també és 0, i el resultat de l'operació, que és 0, el torna a guardar en la memòria interna.

- En la instrucció 003 està programada la instrucció A, que correspon a una connexió en sèrie, però la CPU del PLC fa l'operació de multiplicar i multiplica el valor guardat en la memòria interna, que és 0, amb el valor de l'entrada programada en aquesta instrucció, I0.5, que és 1, i el resultat de l'operació, que és 0, el torna a guardar en la memòria interna.

- En la instrucció 004 està programada l'operació =, que correspon a l'ordre d'assignar el valor guardat en la memòria interna, que és 0, al registre de la sortida programada en aquesta instrucció, que és la Q0.0.

Ara podeu analitzar el funcionament del circuit quan estan accionats els captadors S2 i S3 (taula 7), que corresponen a les entrades I0.5 i I0.6, seguint el mateix raonament que hem fet amb la taula 6.

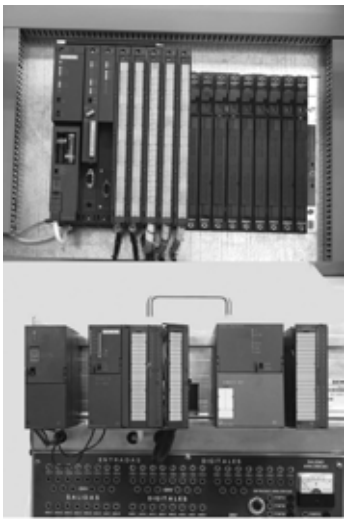
Taula 7. Interpretació del programa. Lectura de la CPU amb els captadors S2 i S3 accionats

Adreça	Programa	Valor d'entrades o sortides	Unitat aritmeticològica	Memòria interna
001	LD I 0.3	0	Carrega el valor 0	0
002	O I 0.5	1	0 + 1 = 1	1
003	A I 0.6	1	1 × 1 = 1	1
004	= Q 0.0		Assigna el valor 1	1

La CPU del PLC, sense interpretar cap esquema elèctric, però llegint el programa i fent les operacions aritmètiques en funció de les operacions programades, arriba a la mateixa conclusió que raonant l'esquema, i dóna ordre de desconnectar la sortida Q0.0 en l'exemple de la taula 6 i de connectar-la en el de la taula 7.

1.3.4. Estructura i components dels autòmats programables

Hi ha molts tipus d'autòmats programables, i la classificació que se'n pot fer és molt diversa, en funció dels criteris que es vulguin aplicar, però la més usual és segons l'estructura física que té i segons com estan ubicats tots els components del PLC; atenent a aquest criteri els podem dividir en dos grans grups: compactes i modulars.



PLC modulars

- **Estructura modular**

Cada component del PLC es troba en un mòdul diferent, anomenats normalment *targetes*, que es munten damunt d'un bastidor, que pot ser un carril DIN o un perfil específic de cada fabricant, i que s'uneixen elèctricament mitjançant els busos de comunicació, que poden estar incorporats al bastidor mateix, o mitjançant uns cables amb connectors que uneixen tots les targetes.

- **Estructura compacta**

En un únic element, hi ha tots els components del PLC: CPU, bateries, memòries, mòdul d'entrada i de sortida, etc.



PLC compactes

Molts dels PLC compactes de gama baixa i amb poques entrades i sortides tenen incorporada una petita consola de programació. Es coneixen com a **microautòmats**, i actualment la majoria d'aquests autòmats tenen la possibilitat d'ampliar les funcions mitjançant mòduls perifèrics, com ho fan els modulars.

Independentment de l'estructura constructiva que tinguin els autòmats, tots estan configurats per una sèrie de components per fer les diferents funcions; els més comuns són:

- **Unitat central de processament o CPU**. La CPU és l'encarregada d'organitzar el trànsit de dades, executar el programa i controlar les entrades i sortides.

- **Mòdul d'alimentació**. És l'encarregat de subministrar totes les tensions auxiliars a la resta de components.

- **Mòdul de bateries**. Conté la pila que alimenta els relés amb memòria, el temporitzador horari o rellotge i la memòria RAM perquè no perdi la informació quan falla l'alimentació elèctrica.

- **Mòdul de memòries**. Conté el xip amb la memòria del programa.

- **Mòdul de temporitzadors**. La majoria de temporitzadors són programables, és a dir, el temps es pot variar mitjançant les instruccions de programació, però també n'hi ha d'ajustables, que tenen l'avantatge que el temps es pot modificar externament, ajustant un petit potenciòmetre, sense haver d'entrar en el programa.

Els temporitzadors ajustables són adequats quan el personal que ha d'ajustar els temps no és tècnic en PLC.

- **Mòduls d'entrada i sortida digitals**. Són els mòduls on es connecten les entrades i sortides digitals que hi ha a la instal·lació, i tenen uns LED que ens indiquen en cada moment quins elements estan activats; en funció de les necessitats de l'usuari hi ha mòduls:
  - Per a diferents tensions: 24 V CC, 24 V CA, 127 V CA, etc.
  - Que suporten diferents intensitats: 20 mA, 2,5 A, etc.

  També n'hi ha amb el següent:

  - Separació galvànica, amb la qual cosa es protegeix el circuit interior del mòdul.
  - Sense separació galvànica.

- **Mòduls d'entrada i sortida analògics**. N'hi ha de molts tipus:
  - Amb senyals d'intensitat o tensió.
  - Amb diferents resolucions, com 8, 10 o 12 bits.
  - Amb diferents codificacions: binari, BCD.

Rangs de les entrades i sortides analògiques

La majoria d'entrades i sortides analògiques treballen amb els senyals elèctrics de 0-10 V CC (volts de corrent continu) i 4-20 mA (mil·liamperes).

- **Mòduls especials**. Dissenyats per fer tasques complexes, s'utilitzen en PLC modulars i de gran potència; els més freqüents són: controladors PID, control d'eixos i comunicacions.

1.4. Perifèria dels autòmats programables

La característica més important dels autòmats programables és que són uns equips totalment oberts, ampliables i dissenyats per admetre la connexió de molts tipus diferents de components; els més comuns en tots els PLC són les **entrades** i **sortides**, tant digitals com analògiques.

La majoria d'autòmats tenen incorporades a la CPU (unitat central de processament) una sèrie d'entrades i sortides que es coneixen com a *perifèria integrada*.

Per connectar o desconnectar les targetes al PLC, el PLC ha d'estar sense alimentar.

1.4.1. Entrades digitals

Les entrades digitals subministren informació al PLC de l'estat de la instal·lació mitjançant les targetes d'entrada.

Tipus d'entrades

Les entrades poden ser amb contacte elèctric i sense contacte elèctric.

- Amb contacte elèctric: polsadors, interruptors, finals de cursa, contactes auxiliars de contactors, contactes auxiliars de relés de protecció, *encoders*, etc.
- Sense contacte elèctric: detectors inductius, capacitatius, fotoelèctrics, ultrasònics, etc.

Poden estar preparades per funcionar amb corrent continu o altern. N'hi ha que donen el senyal elèctric amb lògica positiva o negativa, i aquesta polaritat ha de coincidir amb la del tipus de targeta en què es connectin.

Tipus de detectors

Els detectors són entrades sense contacte elèctric, és a dir, no tenen un contacte físic que obre o tanca per transmetre el senyal, sinó que envien el senyal mitjançant un component electrònic. Hi ha detectors de dos o de tres fils.

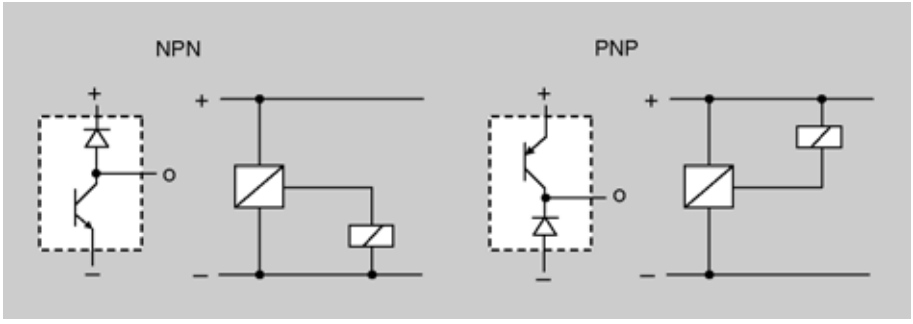


Tipus de detectors

- Detectors de dos fils: s'ha de tenir en compte el corrent residual, que és el corrent que necessita el detector en estat obert per funcionar i que pot arribar a activar l'entrada del PLC. N'hi ha de dos tipus: no polaritzats i polaritzats.
  - No polaritzats: no importa la polaritat; n'hi ha per treballar amb corrent continu i amb corrent altern i alguns funcionen indistintament en totes dues tensions.
  - Polaritzats: només poden treballar amb corrent continu i se n'ha de controlar la polaritat. No tenen corrents residuals, necessiten alimentació externa i poden ser amb **lògica positiva (NPN)** o amb **lògica negativa (PNP).** En la figura 7 podeu veure la polaritat a la sortida dels detectors NPN i PNP.
- Detectors de tres fils: tots els detectors de tres fils són polaritzats.

Si intercanviem els cables de connexió en un detector polaritzat, es pot avariar.

Figura 7. Esquema detectors NPN i PNP



Connexió de detectors de tres fils

Si el detector és del tipus NPN, vol dir que dóna sortida + a la bobina i, per tant, el comú de la bobina s'ha de connectar al –. Si és del tipus PNP, és a l'inrevés.

Condicionament del senyal de les entrades

Les targetes d'entrada s'encarreguen d'adaptar i filtrar el senyal procedent de les entrades, normalment a 24 V, a les característiques del funcionament intern del PLC, que solen treballar a 5 V.

Les targetes d'entrada poden ser de dos tipus, amb el senyal d'entrada aïllat galvànicament o sense aïllar.

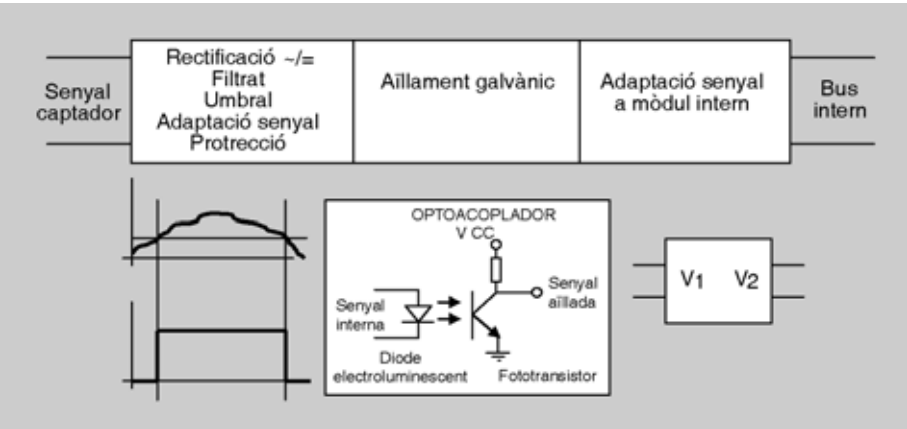
L'aïllament galvànic del senyal pot ser:

a) Inductiu: per a entrades amb senyals de corrent altern; es fa mitjançant un transformador.

b) Òptic: per a entrades amb senyals de corrent continu; es fa mitjançant un *optoacoblador*.

En la figura 8 podeu veure el procés d'adaptació del senyal.

Figura 8. Condicionament del senyal d'entrada



Optoacoblador

El senyal que arriba a l'optoacoblador produeix un raig de llum en el díode electroluminiscent que capta el fototransistor i el converteix un altre cop en un senyal elèctric proporcional al raig de llum.

Fixeu-vos que el senyal del captador que arriba a la targeta d'entrades és tractat en tres fases per adaptar-la al bus intern del PLC:

1) Si el senyal és de corrent altern:

a) Es converteix a corrent continu.

b) El senyal passa per un filtre per evitar que hi entrin paràsits.

c) Es defineixen els valors mínims i màxims del senyal, en què es considera l'entrada activada o no, s'eliminen les petites fluctuacions i es converteix el senyal en un valor digital, que serà 1 o 0.

d) Es disposen els elements de protecció per evitar sobretensions.

2) S'aïlla galvànicament el senyal que arriba de l'exterior del senyal interior, és a dir, no hi ha contacte elèctric entre tots dos senyals; en aquest exemple es fa mitjançant un optoacoblador.

3) S'adapta la tensió generada per l'optoacoblador als valors en què treballa internament la targeta d'entrades.

Els mòduls o targetes d'entrada s'encarreguen del següent:

- Amplificar el senyal que arriba del captador.
- Adaptar els nivells de tensió del captador als del PLC.
- Filtrar el senyal per evitar comportaments no volguts.
- Codificar el senyal perquè pugui ser processat pel PLC.

1.4.2. Sortides digitals

Les sortides digitals reben ordres del PLC i en posar-se en funcionament fan que la instal·lació faci les tasques per a la qual ha estat concebuda.

Els **actuadors** o elements de sortida més freqüents són:

- Pilots i pantalles per subministrar informació.
- Motors i cilindres pneumàtics i hidràulics per realitzar moviments.

Els motors no es poden connectar directament a les targetes de sortida, ja que acostumen a ser trifàsics i de molta potència, i els cilindres realitzen els moviments mitjançant les electrovàlvules, que també tenen una potència superior a la que subministren les targetes; així doncs, aquests elements es posen en funcionament des del PLC a través dels **preactuadors**, que adapten el senyal elèctric que subministra la targeta al senyal que necessiten els actuadors per funcionar correctament.

Preactuadors

Els preactuadors més freqüents són els contactors; tenen la bobina amb un consum molt baix i es pot connectar directament a la targeta de sortida, i mitjançant els seus contactes de potència es pot activar qualsevol actuador.

Tipus de targetes de sortida

- Amb sortida de tensió alterna o contínua.
- Amb lògica positiva o negativa.
- Lliures de potencial o a una tensió determinada.
- Aïllades galvànicament o sense aïllar.
- Tipus d'aïllament:
  - Aïllament inductiu o magnètic mitjançant relé.
  - Aïllament òptic mitjançant optotriac o optoacoblador.

Targetes de sortida a corrent continu

El senyal de sortida pot ser per transistor o per relé.

- Per transistor (estat sòlid):

  – Entra en conducció quan la sortida s'activa.
  – És adequat per accionar elements de petita potència.
  – Pot ser amb negatiu comú o positiu comú.

- Per relé (lliure de potencial):

  – Són sortides lliures de potencial, la sortida es connecta a un contacte del relé que no està alimentat elèctricament.
  – Cada sortida pot accionar una sortida a tensió diferent.
  – Té l'inconvenient de la velocitat de resposta.

Targetes de sortida de corrent altern

El senyal de sortida pot ser per triac o per relé.



Targetes PLC

- Per triac (estat sòlid):

  – Entra en conducció quan la sortida s'activa.
  – Quan la sortida es desactiva, el triac continua conduint fins al primer pas per zero del corrent, i per aquest motiu no serveix en corrent continu.

- Per relé (lliure de potencial):

  – Contacte lliure de potencial.
  – Cada sortida pot accionar un accionador a tensió diferent.
  – Té l'inconvenient de la velocitat de resposta.

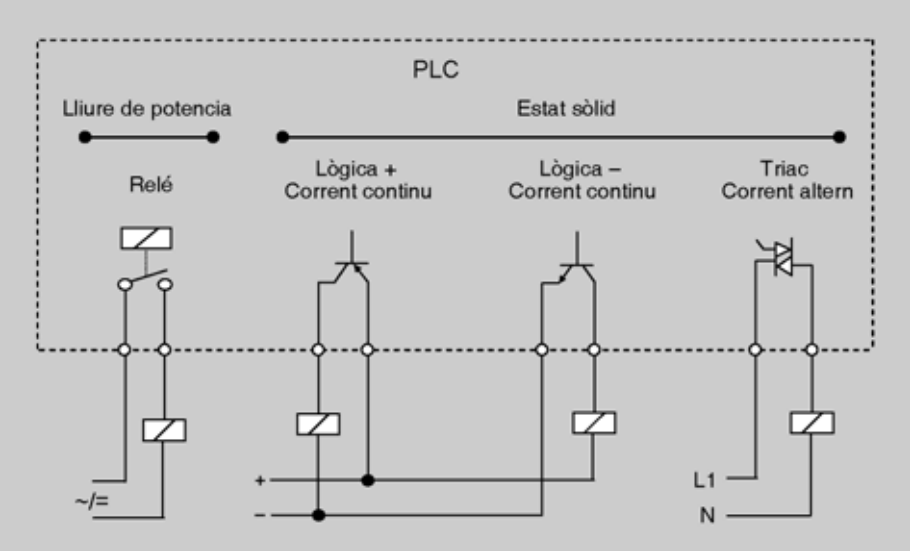
Els **mòduls** o **targetes de sortida** s'encarreguen de:

- Descodificar la informació procedent del registre de sortides (rebre els valors 0 i 1).
- Amplificar i codificar el senyal de sortida que s'envia a l'actuador.
- Adaptar el nivells de tensió del senyal al tipus d'actuadors.

Les targetes de sortida que envien el senyal a l'exterior mitjançant un relé s'anomenen **lliures de potencial** i les que ho fan mitjançant un component electrònic com díodes o triacs, s'anomenen d'**estat sòlid**.

En la figura 9 podeu veure com es connecten els actuadors a la targeta de sortides en funció del tipus de senyal que envia el mòdul de sortida.

Figura 9. Connexió de les sortides



1.4.3. Senyals analògics

Els **senyals analògics** s'utilitzen per convertir magnituds físiques, com temperatures, cabals, pressions, etc., en senyals elèctrics, mitjançant una relació entre els valors mínims i màxims de totes dues magnituds.

La temperatura d'una sala amb un calefactor augmenta de manera progressiva, sense fer salts.

Les variacions produïdes en la magnitud física produeixen una variació del senyal elèctric directament proporcional a aquest senyal elèctric analògic, que obté infinits valors entre els seus valors mínim i el màxim, i necessita convertir-se en un senyal digital per poder ser tractat per l'autòmat. Aquest senyal digital també serà proporcional al senyal elèctric analògic, però no obtindrà valors infinits, sinó que entre el valor mínim i màxim canviarà d'unitat en unitat i en funció del nombre de bits del seu convertidor tindrà més o menys resolució.

Característiques dels senyals analògics

Els senyals analògics poden ser de:

- Tensió:
  - Els valor més freqüents són 0 a 10 V i –10 a +10 V.
  - Poden tenir caigudes de tensió en funció de la distància.
- Intensitat:
  - Els valors més freqüents són 0 a 20 mA i 4 a 20 mA; aquest últim és el més emprat perquè detecta si el fil es trenca.
  - Els senyals d'intensitat no els afecta la distància.

En un senyal analògic de 0 a 20 mA, no hi diferència entre el valor mínim de la magnitud física, que donaria 0 mA, i la trencadora de fil, que també donaria 0 mA.

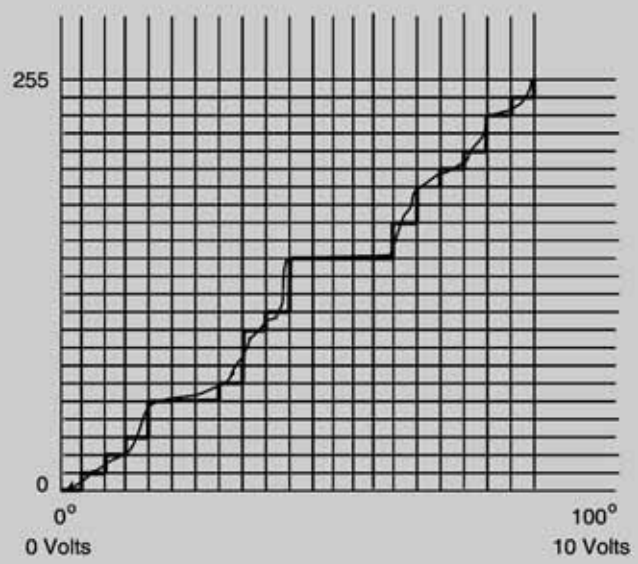
Els senyals d'entrada requereixen un convertidor A/D (analògic/digital) per convertir el senyal analògic en digital, i els de sortida un convertidor D/A (digital/analògic); aquests convertidors poden ser de 8, 10 o 12 bits.

La resolució del convertidor varia en funció del nombre de bits; com més bits millor resolució, i per tant més precisió.

La **resolució d'un convertidor A/D** o **D/A** és la capacitat que té per discernir entre dos valors molts similars de la magnitud d'entrada.

En la figura 10 podeu observar la relació entre el valor analògic i el digital d'un senyal, i com el senyal analògic varia de manera progressiva sense esglaons i el digital fa salts d'un en un, entre 0 i 255 unitats, en un exemple amb un codificador A/D de 8 bits.

Figura 10. Gràfic d'un senyal analògic



Codificador A/D de 8 bits		
Magnitud Física	Senyal elèctric	Senyal elèctric
Temperatura	Analògic	Digital
0°	0 V	0
25°	2,5 V	63
50°	5 V	127
75°	7,5 V	191
100°	10 V	255

Càlcul de la resolució d'un convertidor

Amb un convertidor de 8 bits es poden fer 256 combinacions binàries diferents, des de 0000 0000, fins a 1111 1111, corresponents als valors en decimal de 0 a 255, i si el senyal analògic que li entra és 0-10 V, vol dir que la sortida digital incrementarà positivament o negativament una unitat el seu valor cada: 10/256 = 0,03906 ~ 39 mV.

En la taula 8 podeu comprovar la diferència de resolució entre els convertidors de 8, 10 i 16 bits.

Taula 8. Càlcul de la resolució dels codificadors A/D o D/A

Nre. de bits	Valor de tensió	Valor decimal	Càlcul de la resolució	Valor de la resolució
8	0-10 V	0-255	10 / 256 = 0,0390	39 mV
10	0-10 V	0-1.023	10 / 1.024 = 0,0097	9,8 mV
12	0-10 V	0-4.095	10 / 4.096 = 0,0024	2,4 mV

Observeu com passant d'un convertidor de 8 bits a un de 10 augmentem la resolució 4 vegades, i amb un de 12 bits, 16 vegades.

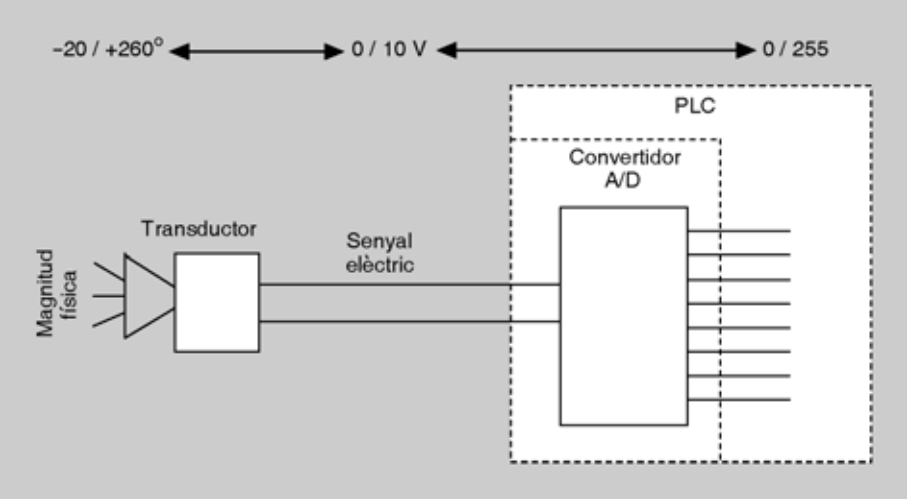
1.4.4. Entrades analògiques

Les entrades analògiques s'utilitzen per fer mesures de totes les magnituds físiques que es produeixen en un procés de fabricació, com nivells, pressions, cabals, nivell de CO_2, etc.

El captador per a senyals analògics consta bàsicament de dues parts:

- **Transductor**, que s'encarrega de convertir la magnitud física a mesurar en una magnitud elèctrica.
- **Convertidor A/D**, analògic/digital, que converteix el senyal elèctric analògic en un senyal digital (figura 11), quan aquest senyal s'ha d'enviar a un PLC, un autòmat programable, s'utilitzen captadors sense convertidor A/D, ja que les entrades analògiques dels PLC tenen incorporats els convertidors.

Figura 11. Exemple del procés de transformació de l'entrada analògica



Procés de transformació del senyal analògic

El valor de la temperatura es troba entre –20 i +260°, es converteix en un valor de tensió entre 0 i 10 V i mitjançant el convertidor A/D es torna a convertir en un valor binari entre 0 i 255.

Per a la connexió de les entrades analògiques, convé utilitzar fil trenat i apantallat per evitar pertorbacions i obtenir valors incorrectes, i s'ha de connectar la pantalla al terra al costat del PLC, i el negatiu al costat del captador.

Les entrades analògiques requereixen un convertidor A/D (analògic/digital) per adaptar el senyal del captador al PLC. Aquest convertidor el pot tenir el captador mateix, o si es treballa amb PLC el té incorporat el mòdul d'entrades analògiques mateix del PLC.

1.4.5. Sortides analògiques

Les sortides analògiques permeten accionar vàlvules proporcionals, variadors de velocitat i tot tipus d'actuadors en què convingui que el funcionament no sigui tot o res, sinó que es pugui ajustar.

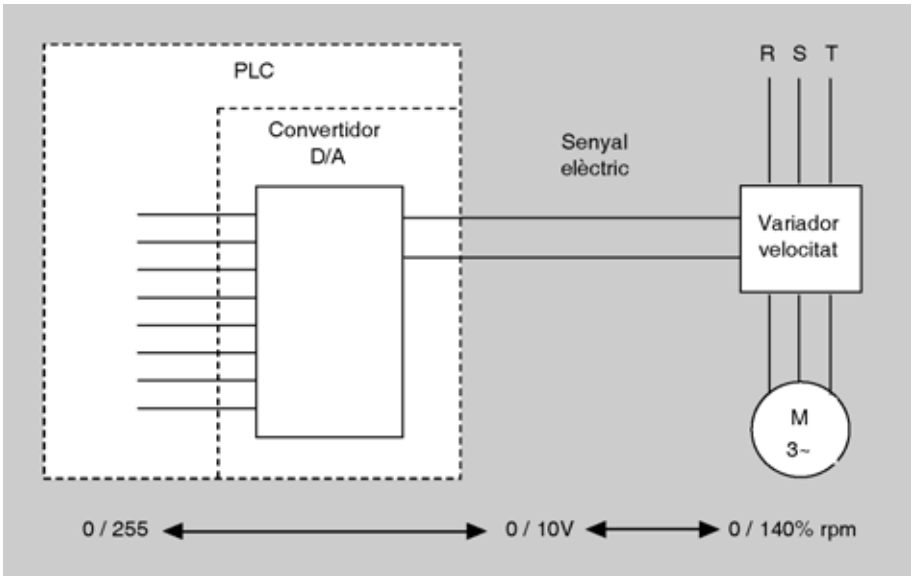
Sortida analògica

Una vàlvula proporcional permet obrir més o menys la comporta d'un dipòsit en funció de la quantitat de producte que volem que caigui.

Les sortides analògiques requereixen un convertidor D/A (digital/analògic) per adaptar el senyal del PLC. Aquest convertidor el pot tenir l'actuador mateix, o si es treballa amb PLC el té incorporat el mòdul de sortides analògiques mateix del PLC.

En la figura 12 podeu comprovar el procés de transformació del valor binari que processa el PLC en un valor analògic de tensió entre 0 i 10 V, que produeix en el variador de velocitat uns canvis de freqüència que fa que el motor giri entre el 0% i el 140% de la seva velocitat nominal.

Figura 12. Exemple del procés de transformació de la sortida analògica





Variador de velocitat

Per a la connexió de les sortides analògiques, convé utilitzar fil trenat i apantallat, i s'ha de connectar la pantalla al terra al costat del PLC, i el negatiu al costat de l'actuador, atès que el negatiu de les diferents sortides del mateix PLC sol ser comú.

1.5. Funcionalitat dels autòmats programables

Programadora d'autòmats programables

Fa uns quants anys cada PLC tenia la seva consola de programació, i actualment tots els fabricants de PLC utilitzen ordinadors portàtils amb els programaris corresponents, com programadores.

Tots els autòmats tenen una sèrie de característiques comunes i que és important conèixer, com l'estat de funcionament, que pot ser:

- *Stop*: està connectat a l'alimentació però la CPU (unitat central de processament) no executa el programa i, per tant, la instal·lació no funciona.

- *Run*: la CPU executa el programa i la instal·lació funciona.

La programadora pot treballar en dues situacions respecte al PLC:

- *Off line*: la programadora treballa sense estar connectada al PLC.
- *On line*: la programadora està connectada al PLC i pot intercanviar informació.

Quan el PLC treballa en línias'ha de tenir molta cura amb les operacions que es fan, ja que pot variar el funcionament de la instal·lació, i per això només ho ha de fer personal especialitzat.

Quan s'elabora un programa es poden fer moltes funcions que ajuden a l'edició d'aquest; les més comunes són:

- Esborrar un element o conjunt d'elements.
- Inserir un element o conjunt d'elements.
- Modificar el tipus, adreça o dades associades a l'element.
- Esborrar, copiar o afegir blocs o subrutines.
- Cercar o substituir elements.
- Crear taules d'ocupació d'elements i referències creuades.

Mentre la instal·lació està funcionant és molt interessant poder monitorar i intervenir en l'execució del programa; tots els PLC tenen funcions com:

- Visualització de l'estat dels elements.
- Visualització de l'estat del programa.
- Forçar entrades, sortides, registres, temporitzadors, etc.

1.5.1. Llenguatges de programació

Els autòmats han adaptat els llenguatges de programació als usuaris d'aquests equips i són molt intuïtius; els més usuals són:

- Esquema de contactes: es programa amb un esquema elèctric.
- Diagrama de funcions: es programa mitjançant un circuit de portes lògiques.
- Llista d'instruccions: utilitza unes instruccions relacionades amb l'àlgebra de Boole.
- GRAFCET, *graphe de comande étape-transition*: es descriu el funcionament de la instal·lació sense necessitat de raonar el circuit elèctric o electrònic.
- Llenguatges d'alt nivell: per fer programes molt complexos es poden confeccionar en BASIC, Pascal, C, etc.

Per veure un exemple de com es pot realitzar un programa en els diferents llenguatges de programació que podeu utilitzar amb els autòmats programables, aneu a la secció "Annexos" del web d'aquest mòdul.

El programari del PLC converteix automàticament els programes fets en un llenguatge de programació concret, en els altres llenguatges disponibles en el programari.

1.5.2. Característiques generals dels autòmats programables

Es pot definir un PLC com un equip que té les característiques següents:

- És una caixa "negra" configurada per mòduls estàndards, de configuració fàcil per a l'usuari o programador.
- És de dimensions reduïdes i amb gran capacitat de compactació.
- És fàcil de muntar i instal·lar.
- És fàcil de programar amb programaris molt intuïtius.
- Disposa de programaris que generen molta documentació del projecte.
- Disposa de programaris que subministren molta informació en línia.
- Disposa de la possibilitat d'emmagatzemar molts programes.
- És de reutilització fàcil per part d'altres aplicacions.

Un **autòmat programable** és un equip electrònic amb un microprocessador, que rep uns senyals de les entrades i que, en funció de l'algoritme de control que s'hagi programat, dóna unes ordres de connexió a les sortides.

La utilització dels PLC en el camp de l'automatització ha representat una sèrie d'avantatges molt importants, com ara els següents:

- Menys temps dedicat a la realització del projecte, ja que:
  - No és necessari dibuixar esquemes de manera detallada, perquè els genera el programari del PLC mateix.
  - Disposa de molta memòria i no és necessari simplificar les equacions.
  - S'utilitzen menys materials i components, ja que el PLC té incorporades moltes funcions.
- Possibilitat d'introduir modificacions sense canviar el cablatge i sense haver d'afegir components.
- Menys cost de mà d'obra en la instal·lació.
- Economia en el manteniment, ja que en el PLC mateix es poden programar funcions per a la detecció d'errors i tasques de manteniment.
- S'utilitzen pocs elements amb accionament electromecànics.
- Possibilitat de governar diverses màquines amb un sol PLC. En cas de necessitar-ne diversos es poden comunicar fàcilment.
- Com són modulars és fàcil d'adaptar la seva constitució i funcionalitat.
- Hi ha la possibilitat d'introduir modificacions en línia, sense haver d'aturar la producció.
- Simplificació de les posades en marxa.

Amb tota la gamma d'autòmats que hi ha al mercat, és molt important tenir en compte una sèrie de dades a l'hora de seleccionar el més adequat per a cada projecte; entre altres, poden ser:

- Dades de catàleg: marca, model, fabricant, data de comercialització.
- Mapa de memòria: nombre màxim d'entrades, sortides, temporitzadors, etc.
- Dades de la CPU (unitat central de processament): temps de *scan* per a 1 kB de memòria, operacions que fa, etc.
- Ampliacions: tipus i quantitat de mòduls que es poden acoblar.
- Comunicacions: tipus de xarxes de comunicació que es poden configurar.
- Programació: llenguatges de programació disponibles, possibilitat de programació en línia, etc.
- Criteris econòmics: preu de l'equip, formació, assessorament, manteniment, servei tècnic, etc.

1.5.3. Evolució dels autòmats programables

Els autòmats programables van aparèixer l'any 1968 per encàrrec de l'empresa automobilística General Motors, ja que en les seves cadenes de producció es trobaven que hi havia:

- Excessives avaries en components electromecànics com els relés, dels quals n'hi havia milers en els quadres de control.

- Gran varietat de targetes electròniques: cada targeta estava dissenyada per a una funció concreta.

- Dificultat per fer modificacions en els processos de producció quan es volia introduir alguna millora.

El PLC apareix l'any 1968 com el substitut del següent:

- **Armaris de relés**. Internament disposen de multitud de relés, temporitzadors i altres components de comandament.
- **Targetes electròniques**. El PLC està basat en un microprocessador i es poden programar totes les funcions electròniques que calguin.
- **Rigidesa en els processos automatitzats**. Els PLC són programables, i per això és fàcil fer modificacions en els processos de producció.

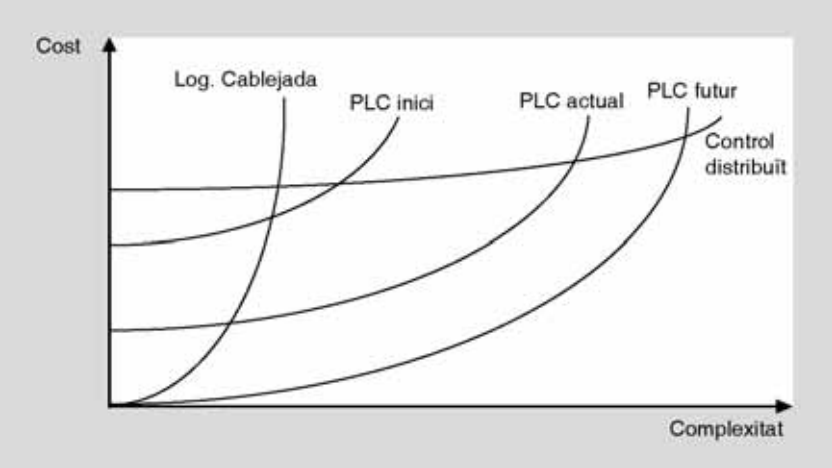
Actualment disposen de funcions de càlcul complexes, com operacions matemàtiques, llaços de control, control numèric, etc., disposen de mò-

duls de comunicació per a diferents xarxes, com PROFIBUS, ethernet, etc. Poden comunicar-se amb sistemes SCADA (sistemes d'adquisició i visualització de dades en processos de control) per visualitzar i controlar el procés des d'un ordinador, poden treballar en sistema redundant en el qual dos PLC controlen un procés i comparen en cada *scan* els registres d'entrades i sortides i, si detecten discrepàncies, porten el procés a una posició estable i segura i s'aturen els dos, o poden tenir un sistema que determini quin dels dos equips falla.

En un futur no molt llunyà serà el substitut dels ordinadors de processos i dels equips de control distribuït en aplicacions mitjanes.

En la figura 13 podeu observar l'evolució dels PLC des de la seva aparició: fixeu-vos que en un principi resultava car per a petites aplicacions i no servia per a aplicacions molt complexes, però actualment la relació cost-complexitat és molt competitiva, i comprèn quasi tot el terreny de la lògica cablejada i moltes aplicacions dels controls distribuïts, i la tendència en un futur molt pròxim és agafar tot el camp de la lògica cablejada i la majoria d'aplicacions dels controls distribuïts.

Figura 13. Evolució dels PLC



2. Instruccions bàsiques de programació dels autòmats programables 1

L'autòmat programable és un equip electrònic amb un microprocessador que rep uns senyals de les entrades i que, en funció de l'algoritme de control que s'hagi programat, dóna unes ordres de connexió a les sortides. Cada fabricant d'autòmats programables utilitza un programari de programació propi; per tant, heu de conèixer l'autòmat i el programari de l'autòmat S7-200 de Siemens, amb el qual fareu tots els exemples de programació.

Amb els autòmats podeu fer programes per a instal·lacions molt senzilles, i en aquest cas parlaríem d'**automatismes**, o molt complexes, i en aquest cas parlaríem d'**automatització i control industrial.** La diferència està en el tipus d'instruccions que utilitzem: normalment es diu que en automatismes s'utilitzen molt les instruccions de bit i en control industrial les instruccions de paraula o *word*.

2.1. L'autòmat programable S7-200 de Siemens

L'autòmat programable S7-200 de Siemens és un PLC compacte, ja que incorpora en una mateixa carcassa la CPU (unitat central de processament), una font d'alimentació integrada, les memòries i els mòduls d'entrades i sortides, però a més és ampliable, per la qual cosa es poden connectar al bloc de la CPU altres mòduls d'entrades i sortides digitals i analògiques, mòduls de comunicació, etc. Totes les característiques d'aquest autòmat, tant de maquinari com de programari, són molt semblants a la majoria de PLC d'altres fabricants.

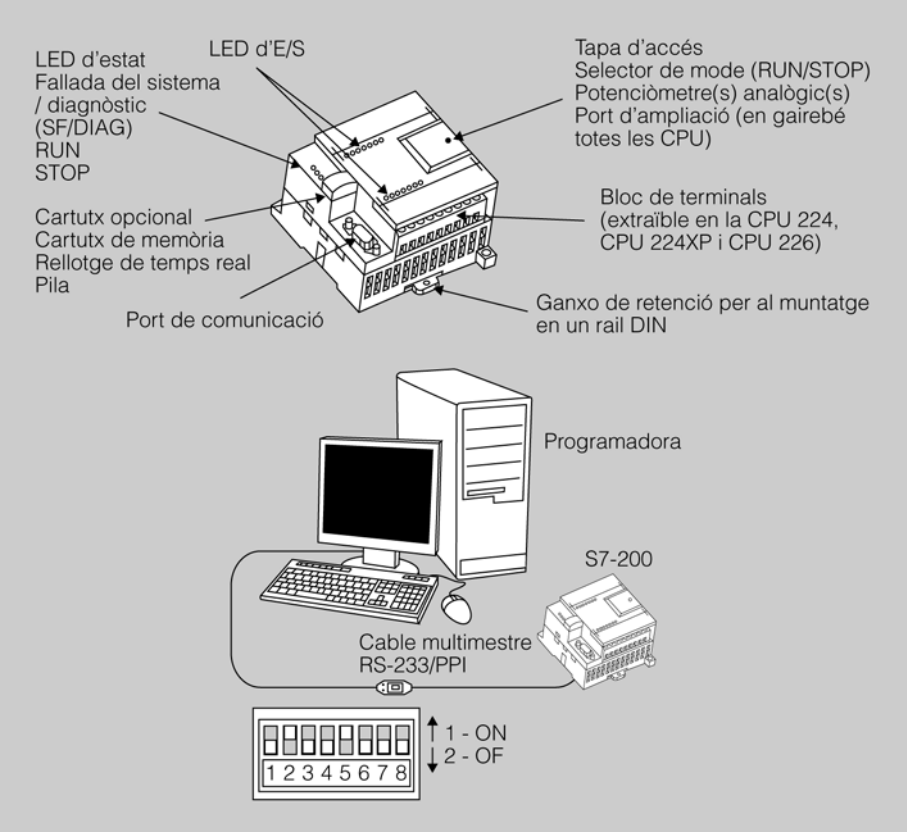
2.1.1. Maquinari

La CPU 224 de l'autòmat S7-200 té unes dimensions molt petites, 120 × 80 × 62 mil·límetres, però unes característiques molt potents, com:

- Memòria de programa de 12 MB.
- 14 entrades i 10 sortides digitals.
- Ampliable fins a 7 mòduls.
- 2 potenciòmetres analògics.
- Rellotge en temps real.
- Port de comunicació.
- 32 bytes de registres interns.
- 256 temporitzadors.
- 256 comptadors.

En la figura 14 podeu veure les característiques del maquinari de l'autòmat S7-200 i com es connecta a la programadora.

Figura 14. Maquinari autòmat programable



2.1.2. Programari

El programari que es fa servir per programar el PLC S7-200 és el **MicroWin**, que us permet escriure els programes en tres llenguatges de programació:

- KOP, o esquema de contactes.
- FUP, o diagrama de funcions.
- AWL, o llista d'instruccions.

Per poder escriure un programa heu de conèixer el mapa de memòria del PLC que esteu treballant; en la taula 9 teniu un resum del mapa de memòria del PLC S7-200 amb els elements mínims necessaris per començar a treballar amb el MicroWin.

!!

En l'espai de l'"Aula", trobareu les carpetes amb els arxius necessaris per instal·lar els programaris MicroWin i el simulador S7-200.

Els autòmats de Siemens treballen amb els paràmetres en format de byte, és a dir, en agrupacions de 8 bits, i per això tots els bits van del 0 al 7 i no existeixen els bits 8 i 9; per tant, el bit següent a 0.7 és 1.0, i el següent a 3.7 és 4.0.

Taula 9. Mapa memòria Autòmat S7-200

Operand	Codi	Paràmetres
Entrada	I	I 0.0 a I 1.5
Sortida	Q	Q 0.0 a Q 1.1
Registre (marca)	M	M 0.0 a M 31.7
Temporitzador	T	T 0 a T 255
Comptador	C	C 0 a C 255

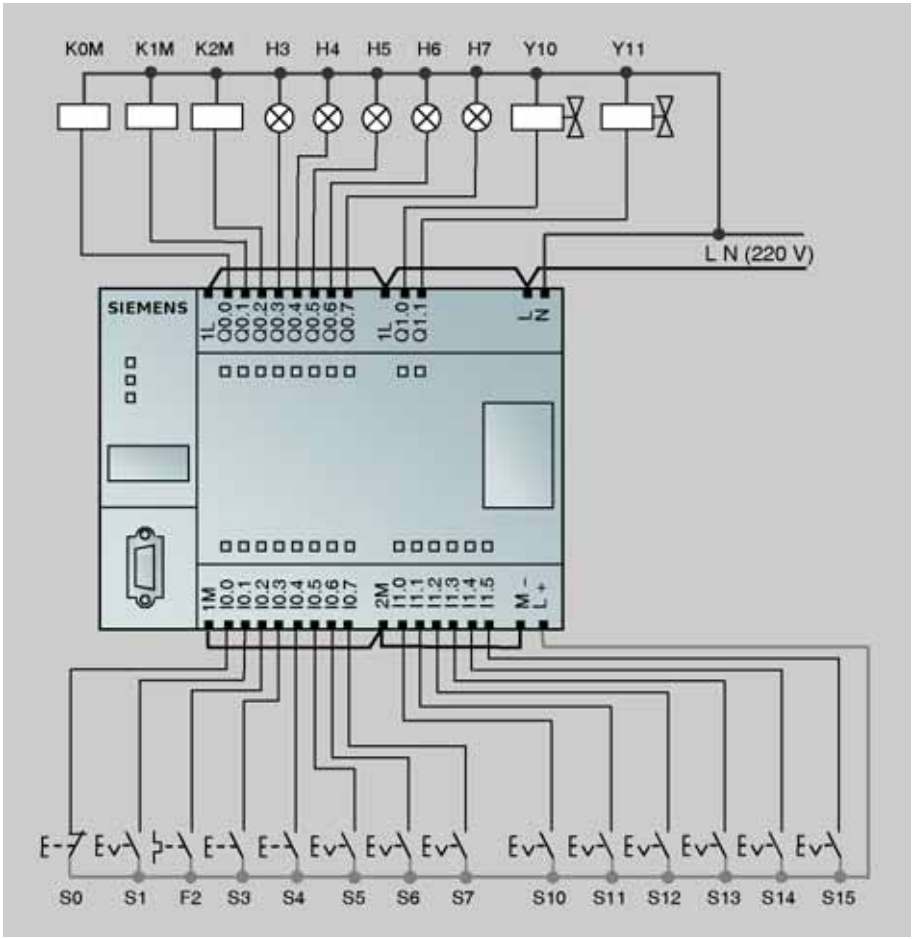
2.1.3. Exemple de programació amb MicroWin i comprovació del programa amb el simulador S7-200

Per poder introduir un esquema d'automatismes en l'autòmat programable, és a dir, per escriure un programa per a un PLC, heu de conèixer en primer lloc en quins borns de connexió del PLC estan connectades les entrades i les sortides de l'esquema; en aquest exemple estan representades en la figura 15, i podeu veure, per exemple, que l'interruptor S1 està connectat al born corresponent a l'entrada I0.1 i el pilot H3 al born de la sortida Q0.3.

Paràmetres dels operands

Per simplificar els exemples, encara que en la realitat en la indústria no coincideix pràcticament mai, fem coincidir el número de l'element amb el de l'entrada o sortida: S1 connectat a l'entrada I0.1 i K3M a la sortida Q0.3.

Figura 15. Connexions d'entrades i sortides al PLC



Connexió d'entrades i sortides al PLC

Fixeu-vos que en les sortides Q0.0 a Q0.2 hi ha connectades bobines de contactor, en la Q0.3 a la Q0.7 hi ha bombetes i en Q1.0 i Q1.1 electrovàlvules.

En l'entrada I0.2 hi ha connectat el tèrmic F2, en la I0.0 i I0.3 interruptors normalment tancats i en la resta interruptors normalment oberts.

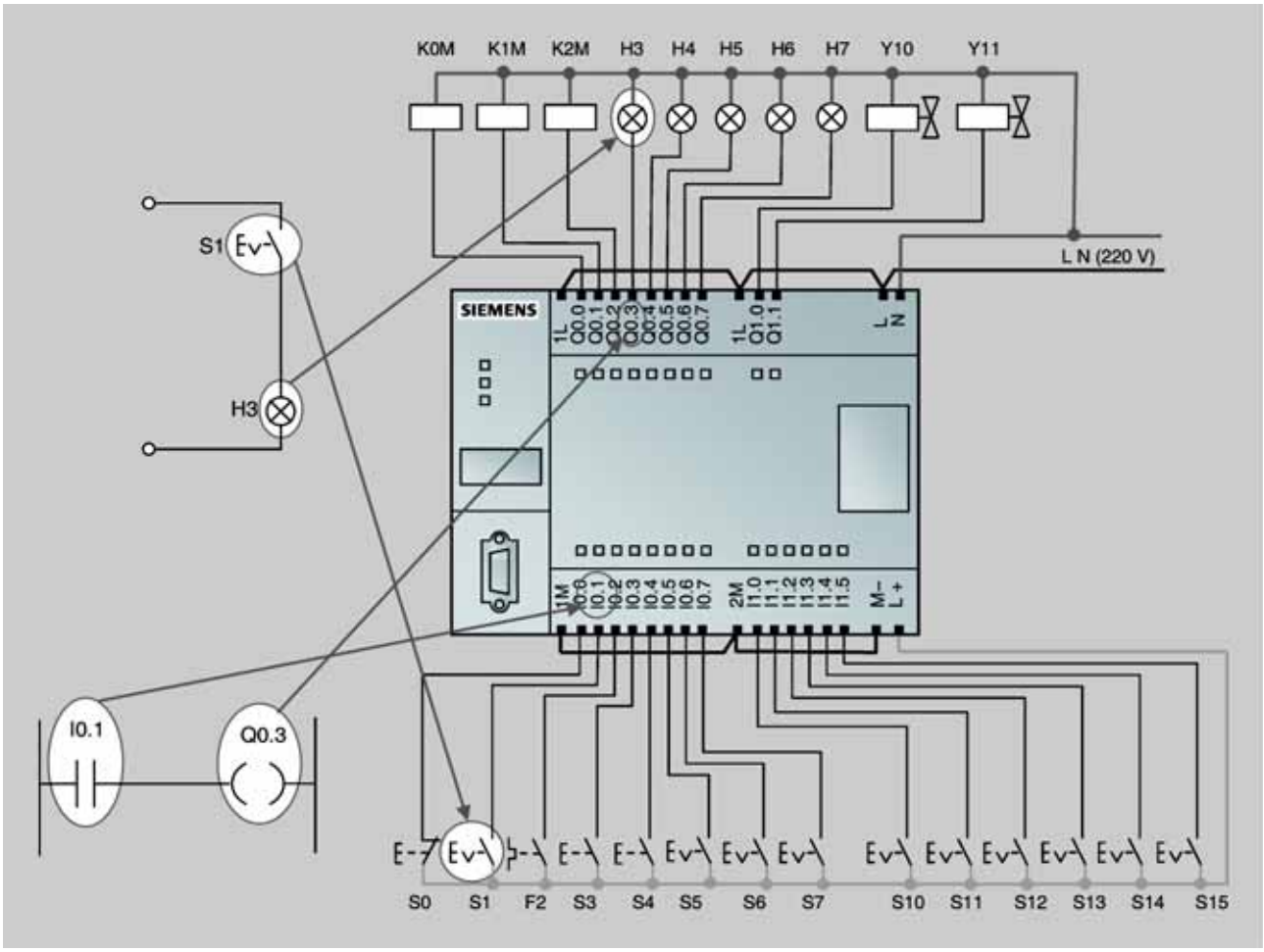
També heu de saber que l'algoritme de control, és a dir, les condicions de funcionament de la instal·lació, està representat en aquest exemple en l'esquema de lògica cablada de la figura 17.

Una vegada que teniu això clar, només es tracta de convertir l'esquema simplificat segons la norma europea, amb esquema de lògica cablada, a la representació americana, amb representació KOP i esquema de contactes, i amb els paràmetres d'entrades i sortides corresponents.

En la figura 16 es mostren els passos per fer un programa per al PLC a partir de l'esquema en lògica cablejada.

Ara feu l'activitat "Instal·lació i comprovació del funcionament dels programaris MicroWin i el simulador de PLC S7_200 SIMU en l'ordinador personal de l'alumne", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 16. Conversió de l'esquema d'automatisme en programa per al PLC



Mentre no treballeu connectats amb el PLC, comproveu el funcionament dels programes corresponents a les activitats i exercicis fets amb MicroWin amb el simulador S7-200.

En la secció "Recursos de contingut" del web del mòdul trobareu el programa d'aprenentatge per a la comprovació dels programes de l'autòmat S7-200 de Siemens amb els programaris MicroWin i S7_200 SIMU.

2.2. Programació d'entrades i sortides

Les instruccions més senzilles que es poden programar en els autòmats programables són les corresponents a entrades i sortides, però també són

les que més s'utilitzen, i per això és important entendre com es programen i com les tracta la unitat central del PLC, ja que us servirà per raonar amb fonament programes més complexos.

2.2.1. Activació d'una sortida mitjançant una entrada

En la figura 17 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

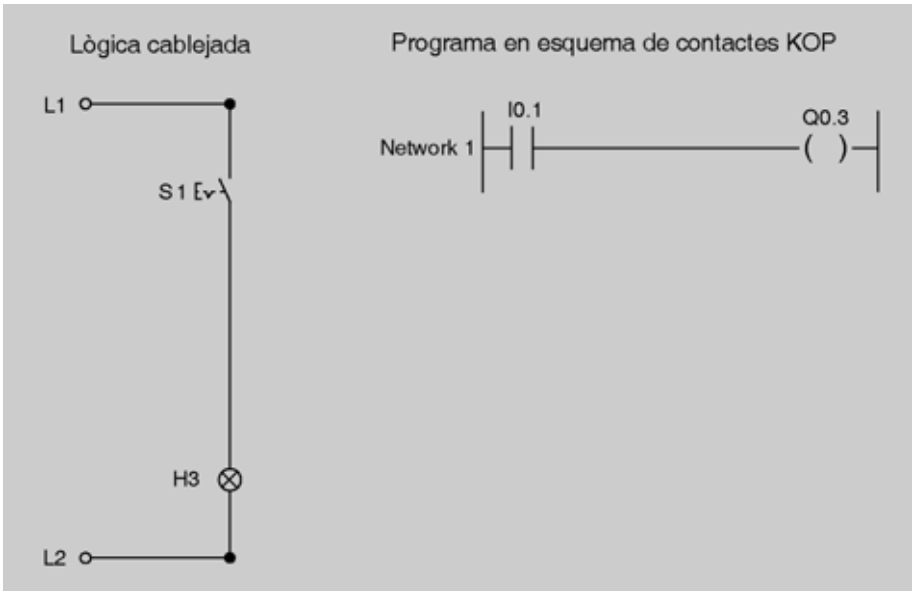
Si analitzeu l'esquema de lògica cablejada de la figura 17 veureu que, en tancar l'interruptor S1, arriba la línia L1 al born superior de la bombeta H3 mitjançant el fil que uneix els dos elements, i com a la part inferior de la bombeta arriba la línia L2, aquesta s'il·lumina en arribar-li les dues línies d'alimentació.

Amb el PLC no hi ha connexió elèctrica entre l'interruptor i la bombeta; és el programa que fa que en funció de l'estat de l'interruptor doni ordre de connectar o desconnectar la bombeta, i ho fa de la manera següent:

- L'autòmat llegirà el valor que tingui l'entrada I0.1 i ho assignarà a la sortida Q0.3; per tant, si l'interruptor està obert, no deixarà passar corrent i no arribarà tensió al born corresponent a l'entrada I0.1, i per això el PLC prendrà aquesta informació com un "zero" i carregarà aquest zero a la sortida Q0.3, és a dir, no subministrarà tensió al born corresponent i no funcionarà la bombeta H3.

- Quan es tanqui l'interruptor, arribarà tensió al born de l'entrada I0.1, i per això el PLC prendrà aquesta informació com un "u", que assignarà a la sortida Q0.3 i llavors s'il·luminarà la bombeta H3.

Figura 17. Activació d'una sortida mitjançant una entrada



Ara feu l'activitat "Activació d'una sortida mitjançant una entrada", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

2.2.2. Activació de diverses sortides amb diverses entrades

En la figura 18 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

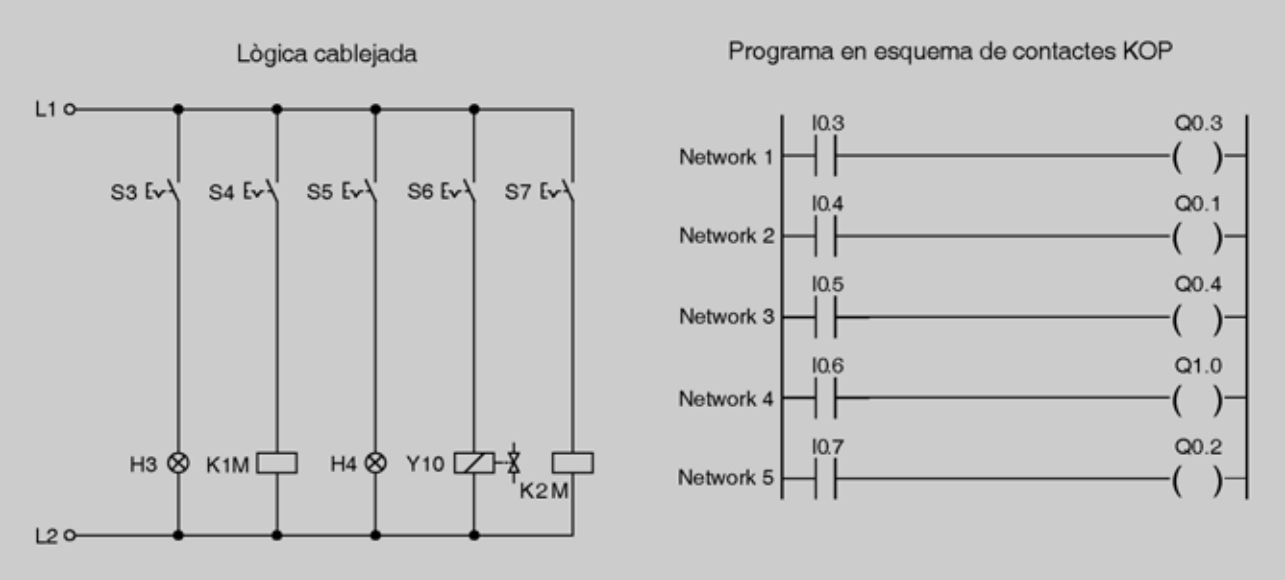
Si analitzeu l'esquema veureu que les condicions perquè funcioni, per exemple la bombeta H3, són diferents de les que necessita qualsevol altra sortida, és a dir, que siguin circuits independents, encara que estiguin representats en el mateix esquema. Cadascun d'aquests circuits independents normalment s'anomenen *branques*; per tant, en aquest esquema teniu cinc branques.

En el programari de Siemens s'ha de programar cada branca en un *network*, en un segment diferent; si no ho feu així, veureu que a l'hora de transferir el programa al PLC, quan aquest es compili perquè el PLC el pugui executar, us donarà un error de compilació i no es podrà transferir.

Hi ha autòmats que permeten programar totes les branques juntes, és a dir, que no divideixen el programa en segments.

En la secció "Recursos de contingut" del web del mòdul trobareu una animació en què podeu veure com es pot editar un programa.

Figura 18. Connexió de diverses entrades amb diverses sortides



2.2.3. Programació de contactes en sèrie i en paral·lel

En la figura 19 podeu veure l'esquema de lògica cablada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat, i podeu comprovar la diferència entre la lògica cablada i la programada. En la cablada es veu que l'interruptor S3 té dues funcions diferents i, per tant, necessita dos contactes, és a dir, serà un interruptor de doble càmera, fet que encareix el producte. En la lògica programada l'interruptor S3 només té

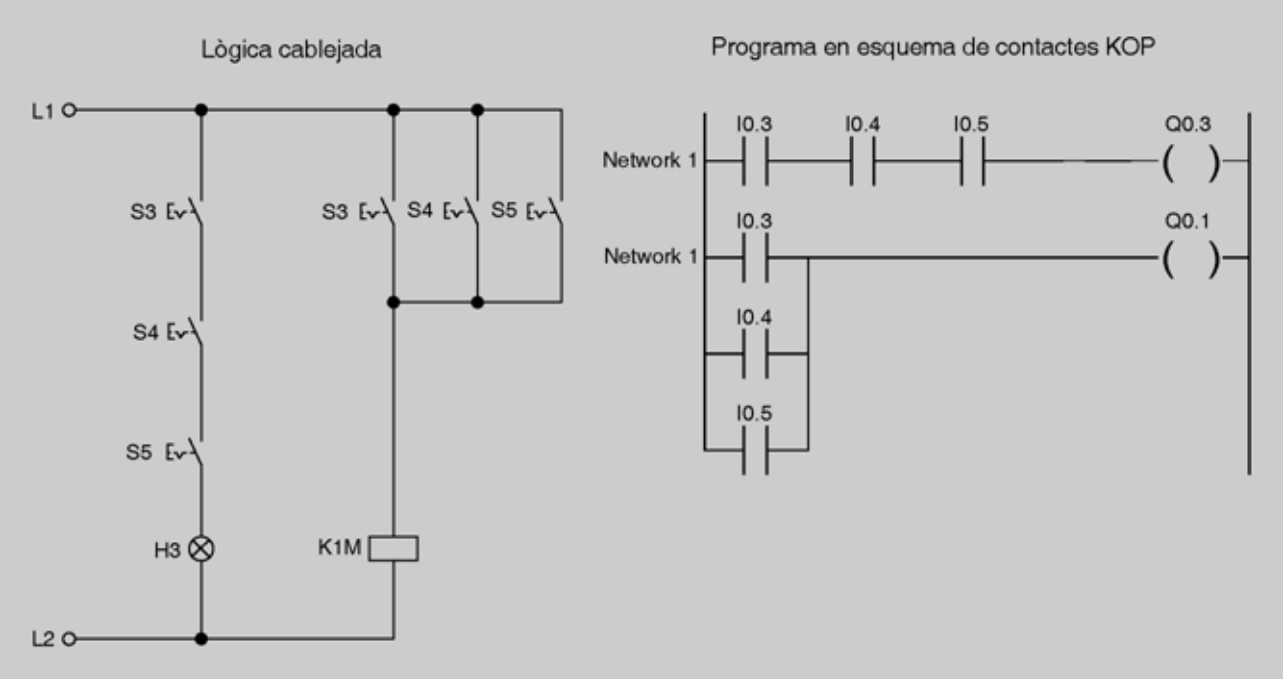
Ara feu l'activitat "Connexió de diverses entrades amb diverses sortides", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

un contacte, que està connectat a l'entrada I0.3, encara que després es programi dues vegades.

En un programa es poden programar, repetir, els contactes de les entrades tantes vegades com sigui necessari, encara que només hi hagi una entrada física. El PLC, en llegir el programa, consulta l'estat de l'entrada cada vegada que la trobi programada i multiplica o suma el valor d'aquesta amb el resultat anterior emmagatzemat en la memòria interna en funció de l'operació en sèrie o paral·lel que tingui l'entrada.

En la secció "Recursos de contingut" del web del mòdul trobareu una animació en què podeu veure com es poden programar contactes connectats en sèrie o en paral·lel.

Figura 19. Programació de contactes en sèrie i en paral·lel



2.2.4. Programació de contactes en connexió mixta sense parèntesis

Ara feu l'activitat "Programació de contactes en sèrie i en paral·lel", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

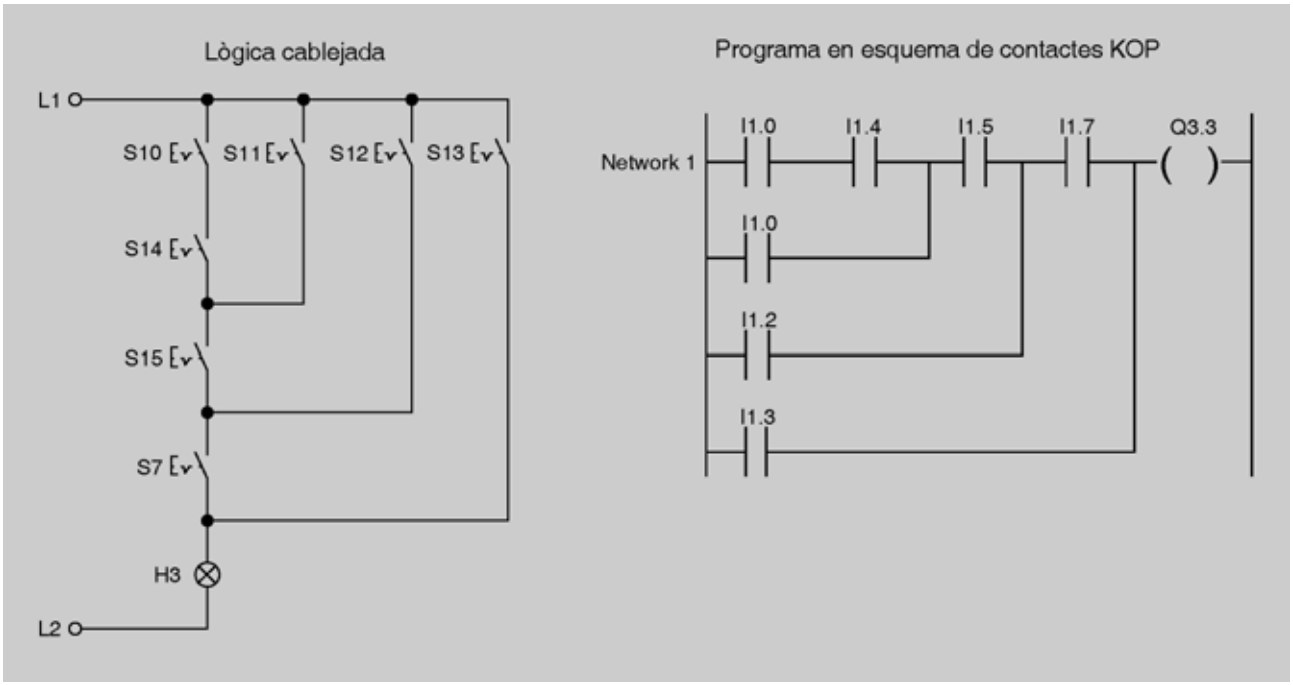
En la figura 20 podeu veure l'esquema de lògica cablada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

Un **programa sense parèntesis** és aquell en què, cada vegada que programem un contacte en sèrie o en paral·lel, està en sèrie o en paral·lel amb tots els contactes programats abans en la mateixa branca.

Vegeu la figura 20 i comproveu com l'entrada I1.4 està en sèrie amb I1.0, i la I1.1 està en paral·lel amb les dues anteriors, i la I1.5 en sèrie amb tot l'anterior, i així successivament. Això vol dir que, encara que l'esquema és llarg, el programa és senzill, ja que l'expressió algebraica corresponent no conté parèntesis: $I1.0 \times I1.4 + I1.1 \times I1.5 + I1.2 \times I1.7 + I1.3 = Q0.3$

En la secció "Recursos de contingut" del web del mòdul trobareu una animació en què podeu veure com es poden programar contactes en connexió mixta (connectats en sèrie i en paral·lel entre ells).

Figura 20. Programació de contactes en connexió mixta sense parèntesis



2.2.5. Programació de contactes en connexió mixta amb parèntesis

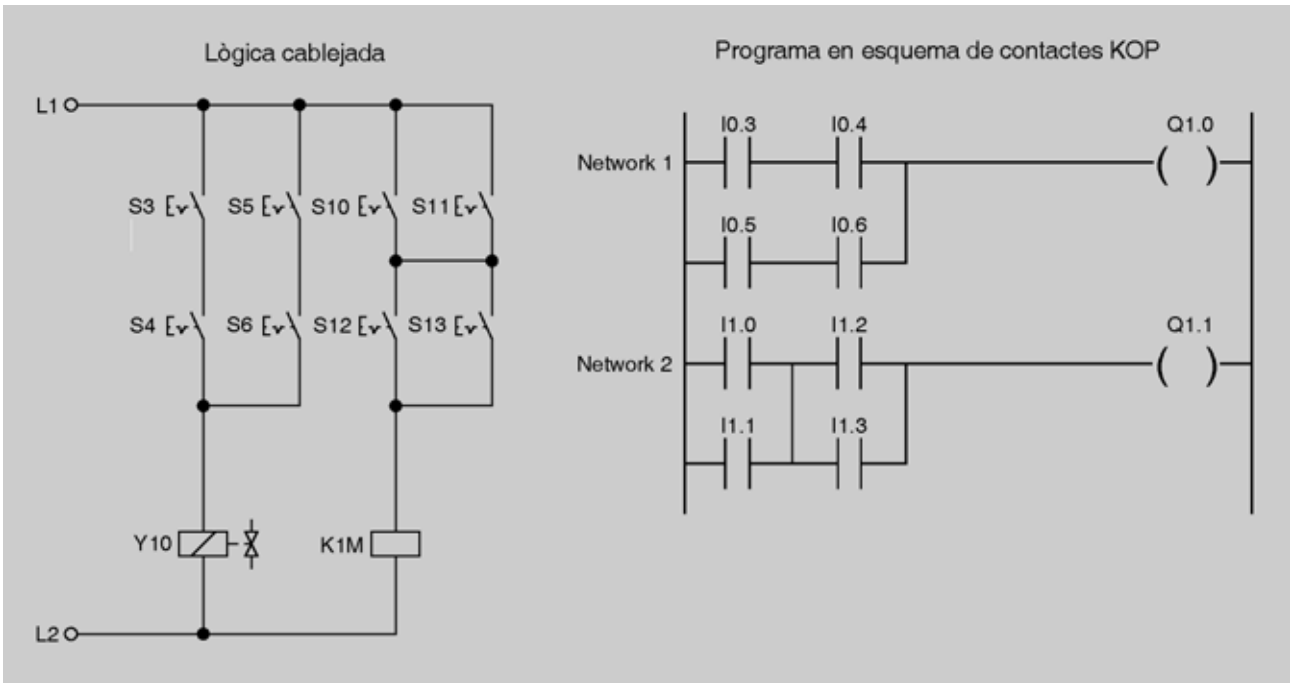
Ara feu l'activitat "Programació de contactes en connexió mixta (sense parèntesis)", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

En la figura 21 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

Funcionament de la branca corresponent a l'electrovàlvula Y10:

- L'interruptor S3 està en sèrie amb l'S4.
- L'interruptor S5 està en sèrie amb l'S6.
- El conjunt de S3 i S4 està en paral·lel amb el conjunt format per S5 i S6.

Figura 21. Programació de contactes en connexió mixta amb parèntesis



Això correspon a l'expressió algebraica (S3 × S4) + (S5 × S6) = Y10, que, com podeu veure, conté parèntesis.

De la mateixa manera a la segona branca li correspon l'expressió algebraica (S10 + S11) × (S12 + S13) = K1M.

Ara feu l'activitat "Programació de contactes en connexió mixta (amb parèntesis)", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

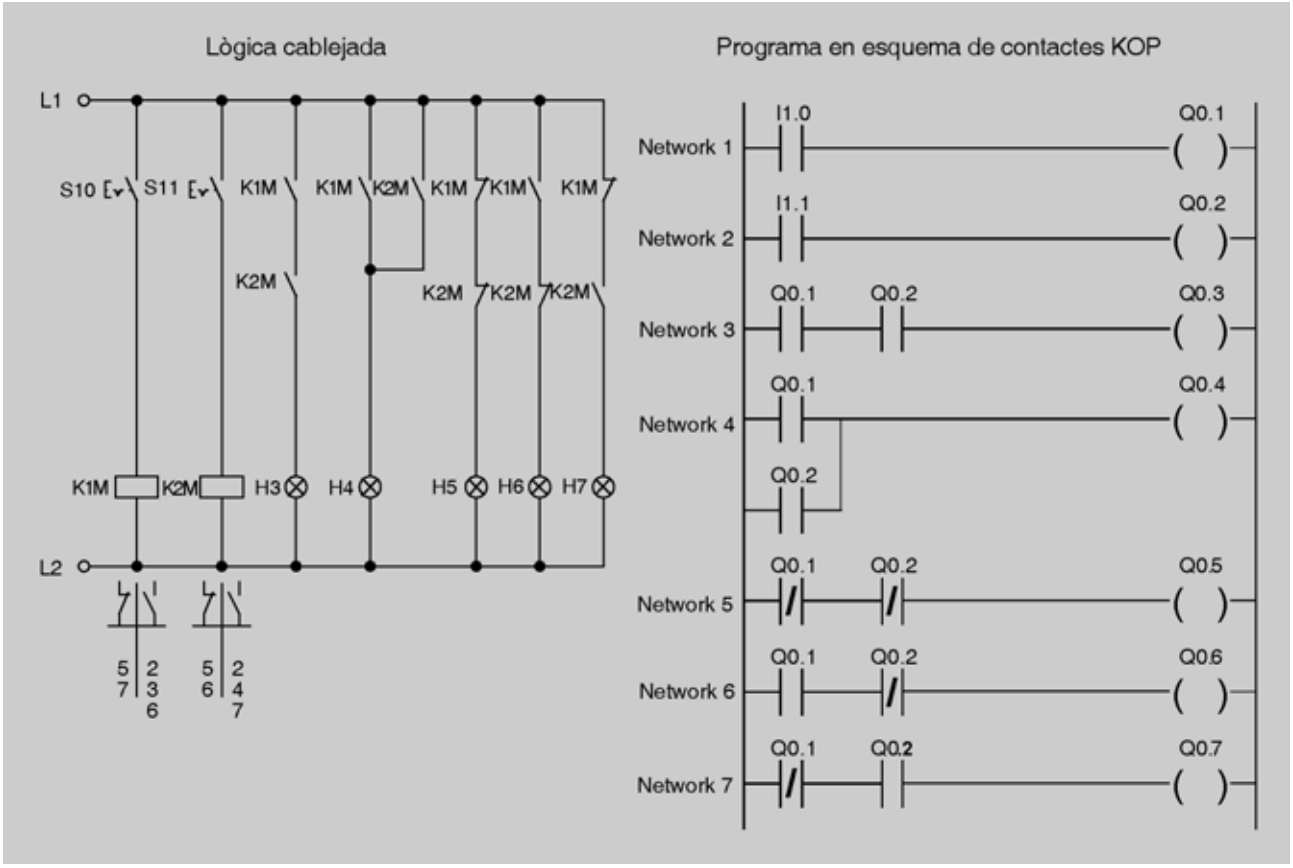
2.2.6. Programació de contactes oberts i tancats de sortides

En la figura 22 podeu veure l'esquema de lògica cablada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

Fixeu-vos que en aquest exemple hi ha contactes que no corresponen a entrades, és a dir, contactes que no podeu accionar manualment com feu amb les entrades, sinó que es tanquen i obren automàticament quan funciona la bobina corresponent. Aquests contactes, que corresponen a la bobina del preactuador identificats amb el símbol KxM, es programen en el PLC amb l'operand de la sortida corresponent, i són uns contactes interns, o millor dit, uns registres interns que tenen valor 1 quan s'activa la sortida. Per tant, els contactes oberts valen 0 quan la sortida està a 0, i 1 quan aquesta sortida s'activa. Per contra, els contactes negats valen 1 quan la sortida està a 0, i 0 quan aquesta sortida s'activa. Com que són contactes interns, es poden programar tants contactes de sortides com se'n necessitin; l'únic límit és la capacitat de la memòria del PLC.

Ara feu l'activitat "Programació de contactes oberts i tancats de sortides", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 22. Programació de contactes oberts i tancats de sortides



2.3. Programació de biestables

Els **biestables** són elements de memòria que amb un impuls d'entrada conserven indefinidament qualsevol dels dos estats de sortida 1 o 0. S'anomenen *bàscules*, *flip-flop*, *forrellat*, *multivibrador biestable*, i n'hi ha de dos tipus:

- **Asíncrons**. No necessiten cap senyal de rellotge per activar la sortida.

- **Síncrons**. Els senyals d'entrada han de coincidir amb un senyal de rellotge perquè les sortides siguin connectades. Aquest senyal de rellotge pot ser:
  – Amb flanc de pujada: val 1 quan el senyal del rellotge passa de 0 a 1.
  – Amb flanc de baixada: val 1 quan el senyal del rellotge passa d'1 a 0.
  – Que valgui 1: val 1 mentre el senyal del rellotge està a 1.

S'anomena **senyal de rellotge** l'entrada que ha de coincidir en el temps amb els senyals que activen els biestables; no són, per tant, senyals proporcionats per cap rellotge.

Hi ha diferents tipus de biestables depenent del valor que pren la sortida en funció de l'estat de les entrades.

- **Biestable R-S**. Amb un impuls a l'entrada S i ordre de connectar *set*, connecta la sortida, i amb un altre impuls a l'entrada R i ordre de desconnectar *reset*, la desconnecta. En el cas d'enviar senyal a la vegada a les entrades S i R, la sortida es posa a 0 sigui quin sigui el seu valor anterior. Aquests biestables són els que es poden programar en la majoria d'autòmats programables, però amb la diferència que en el cas d'enviar senyal a la vegada a les instruccions *set* i *reset*, no posa a 0 la sortida, sinó que predomina la que estigui programada en últim lloc.

  Les instruccions de *set*/*reset* s'utilitzen molt en circuits d'automatismes i realitzen la mateixa funció que un circuit d'aturada i marxa, amb l'avantatge que el circuit *set*/*reset* es programa en dues branques independents i el d'aturada i marxa ho fa en una de sola, per la qual cosa no es poden separar les condicions d'aturada de les de marxa. La instrucció *set* correspon a l'ordre de marxa, és a dir, amb un impuls a la bobina *set* és suficient perquè aquesta es connecti, i resta connectada fins que arribi un altre impuls a la bobina del *reset*, que correspon a l'ordre d'aturada, i es fa, com podeu veure, la mateixa funció que els polsadors de marxa i aturada.

- **Biestable J-K**. Amb un impuls a l'entrada J i ordre de connectar, connecta la sortida, i amb un altre impuls a l'entrada K i ordre de descon-

nectar, la desconnecta. En el cas d'enviar senyal a la vegada, en les entrades J i K la sortida inverteix el valor que tenia anteriorment.

- **Biestable T**. És un biestable J-K en el qual s'han unit les dues entrades; així doncs, sempre tenim el mateix valor en les entrades J i K i cada vegada que arriba senyal a les entrades, canvia el valor de la sortida.

- **Biestable D**. És un biestable síncron, i cada vegada que arriba un sincronisme, és a dir, cada vegada que arriba senyal a l'entrada del rellotge, posa a la sortida el mateix valor que hi ha a l'entrada D.

2.3.1. Circuit amb polsadors d'aturada i marxa

En la figura 23 podeu veure l'esquema de lògica cablada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

Podeu observar que els polsadors d'aturada S3 de l'esquema de lògica cablada són tancats, i en el programa en esquema de contactes KOP estan programats oberts; això és degut al fet que en l'entrada I0.3 del PLC hi ha connectat un polsador normalment tancat i, per tant, en repòs deixa passar corrent i l'entrada I0.3 té el valor 1.

> Les entrades, que tenen el contacte normalment tancat, es programen obertes quan en l'esquema de lògica cablejada estan tancats, i negades quan en l'esquema de lògica cablejada estan oberts.

Si mireu l'esquema de lògica cablada i n'analitzeu el funcionament, veureu el següent:

- En accionar el polsador de marxa S4, es posen en funcionament les bobines K1M i K2M i en deixar el polsador continuen funcionant, i s'autoalimenten, doncs, pels contactes oberts de les bobines.

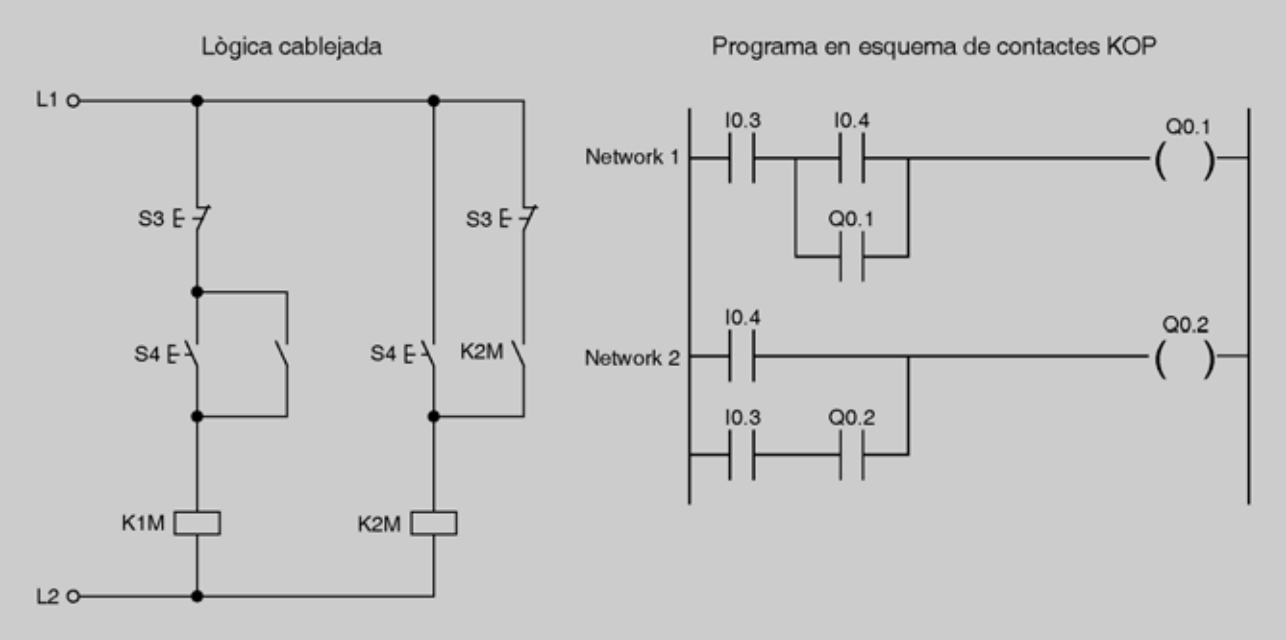
- Quan les bobines estan funcionant i accioneu el polsador d'aturada S3, deixen de funcionar.

Aparentment el funcionament de les dues bobines és igual, però si accioneu a la vegada els polsadors de marxa i aturada, podeu comprovar com només funcionarà la bobina K2M, i això vol dir que, en el circuit de K1M predomina l'ordre d'aturada i en el de K2M predomina l'ordre de marxa.



Ara feu l'activitat "Circuit amb polsadors d'aturada i marxa", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 23. Circuit amb polsadors d'aturada i marxa



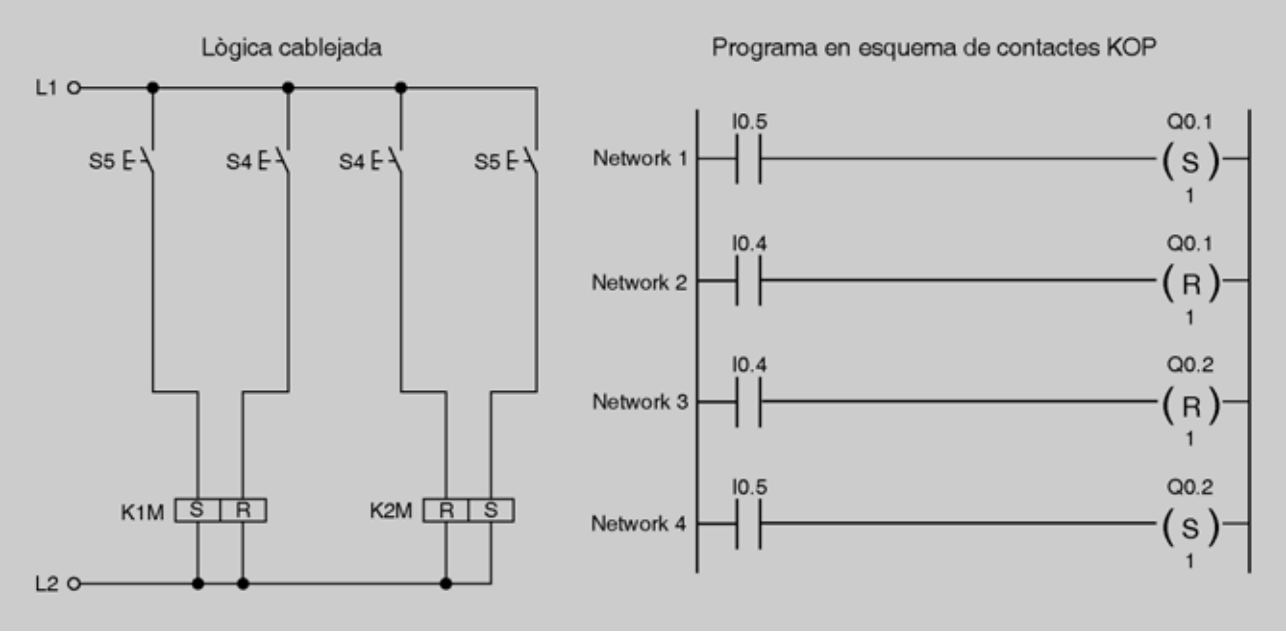
2.3.2. Programació de sortides amb instruccions de *set-reset*

En la figura 24 podeu veure l'esquema de lògica cablada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

Una sortida accionada mitjançant les instruccions *set-reset* es connecta quan li arriba tensió, és a dir, un 1, a la bobina *set*, i continua connectada encara que es posi a 0. Per desconnectar-la hem de donar tensió, és a dir, un 1, a la bobina *reset*, i heu de tenir en compte que si arriba a la vegada un 1 a les bobines *set* i *reset*, predomina la que està programada en últim lloc.

Ara feu l'activitat "Programació de sortides amb instruccions de *set-reset*", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

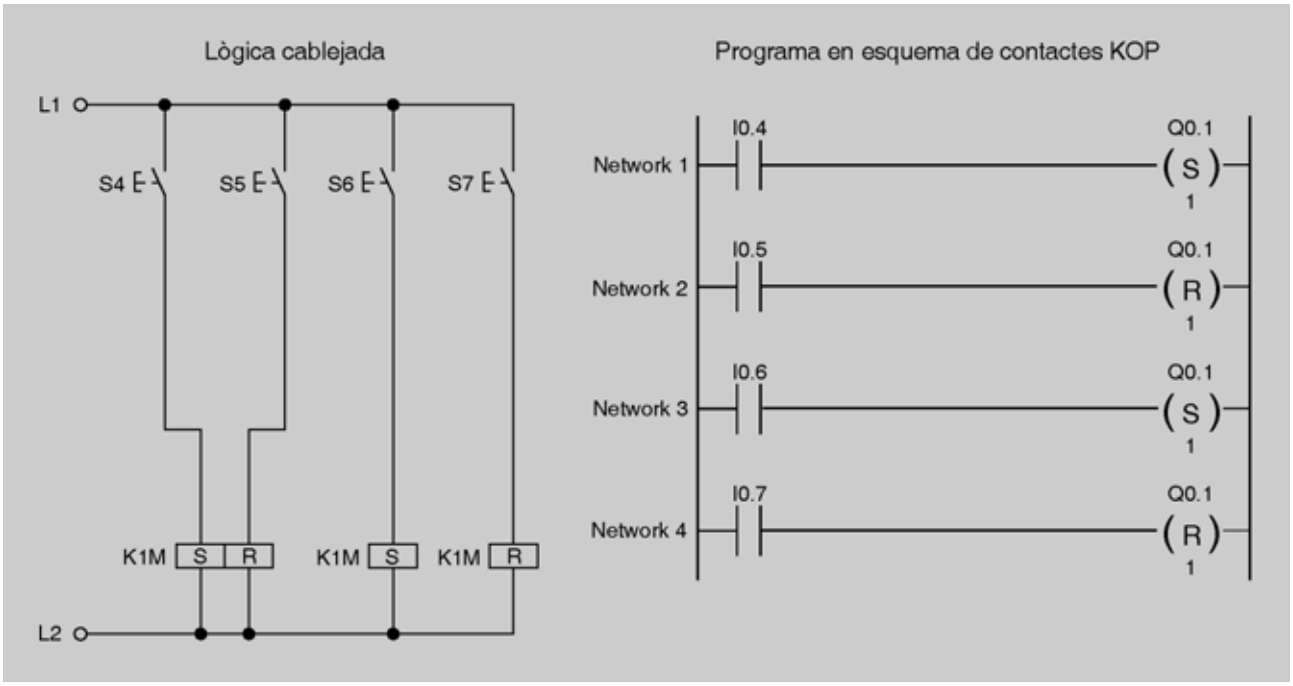
Figura 24. Programació de sortides amb instruccions de *set-reset*



2.3.3. Programació d'una mateixa sortida diverses vegades

En la figura 25 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

Si programeu una sortida diverses vegades, heu de tenir en compte que físicament només existeix una sortida i, per tant, totes les diferents ordres de connexió i de desconnexió actuen sobre aquesta sortida real; si programeu una mateixa sortida diverses vegades mitjançant les instruccions *set-reset*, aquesta es connectarà cada vegada que arribi un 1 a qualsevol de les bobines *set*, i es desconnectarà cada vegada que arribi un 1 a qualsevol de les bobines *reset*. Si arriba un 1 a la vegada a una bobina *set* i a una *reset*, predominarà la programada en últim lloc.



Ara feu l'activitat "Programació d'una mateixa sortida diverses vegades", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 25. Programació d'una mateixa sortida diverses vegades

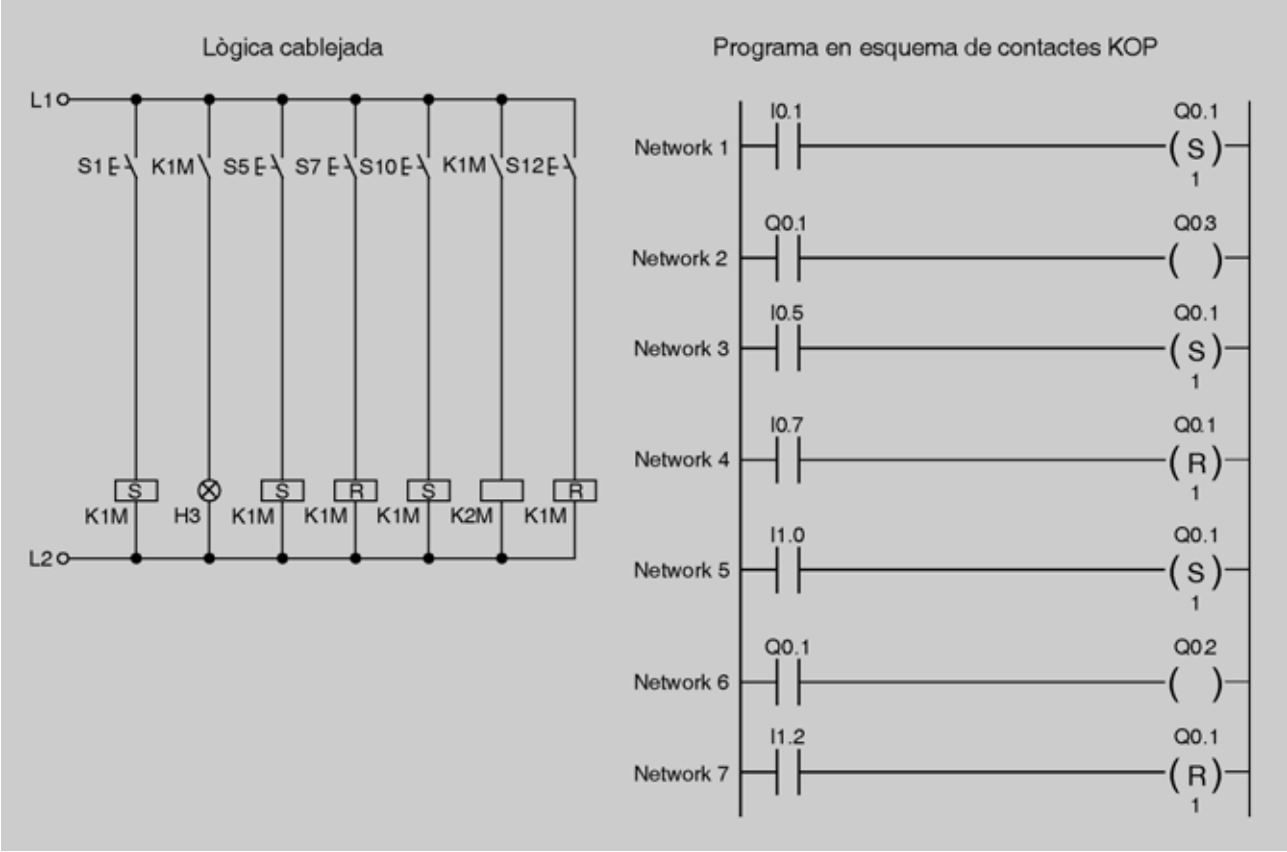
2.3.4. Funcionament del registre de sortides

En la figura 26 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

Quan programeu diverses vegades una mateixa sortida, el registre d'aquesta sortida pren el valor que correspon a la instrucció programada i, per tant, pot tenir diferents valors en diferents llocs del programa, encara que el valor que transfereix a l'actuador connectat a la sortida serà el que tingui el registre al final del programa, que correspondrà a la darrera instrucció programada.

Ara feu l'activitat "Funcionament del registre de sortides", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 26. Funcionament del registre de sortides



2.4. Flancs i modificador *not*

Els autòmats programables fonamenten la seva programació en la conversió de l'esquema de contactes corresponent al circuit d'automatismes en una llista d'instruccions, però poden utilitzar moltes instruccions basades en l'electrònica digital que no corresponen a cap circuit elèctric, i això fa que augmenti la potència dels programes que es poden fer amb els autòmats programables. Entre d'altres instruccions, les més bàsiques són els **flancs positiu i negatiu**, i el **modificador *not***.

2.4.1. Programació de flancs positiu i negatiu

Un **flanc** és un registre intern de l'autòmat que converteix un senyal permanent en un pols que dura un *scan*. En la figura 27 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

Els flancs positius també es coneixen com a *ascendents* i els negatius com a *descendents*.

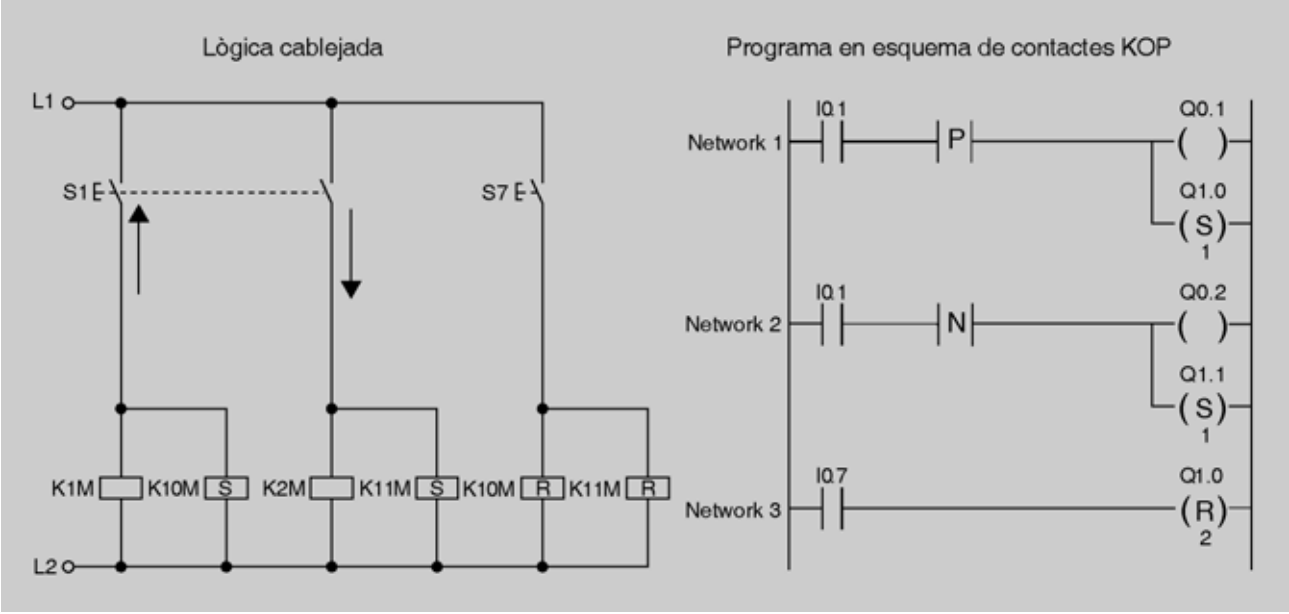
El funcionament és el següent: en accionar l'entrada I0.1 es produeix el flanc positiu i arriba senyal a les sortides Q0.1 i Q1.0; la primera només funcionarà durant un cicle, que és el temps que dura el flanc, i la segona es manté activada, ja que està programada amb la instrucció *set*. De la mateixa manera, en deixar l'entrada I0.1 es produeix el flanc negatiu i arriba

senyal a les sortides Q0.2 i Q1.1; la primera només funcionarà durant un cicle, que és el temps que dura el flanc, i la segona es manté activada, ja que està programada amb la instrucció *set*. Amb l'entrada I0.7 es fa el *reset* de les sortides Q1.0 i Q1.1.

Els **flancs positius i negatiu** donen senyal només durant un cicle en activar o desactivar l'entrada corresponent.

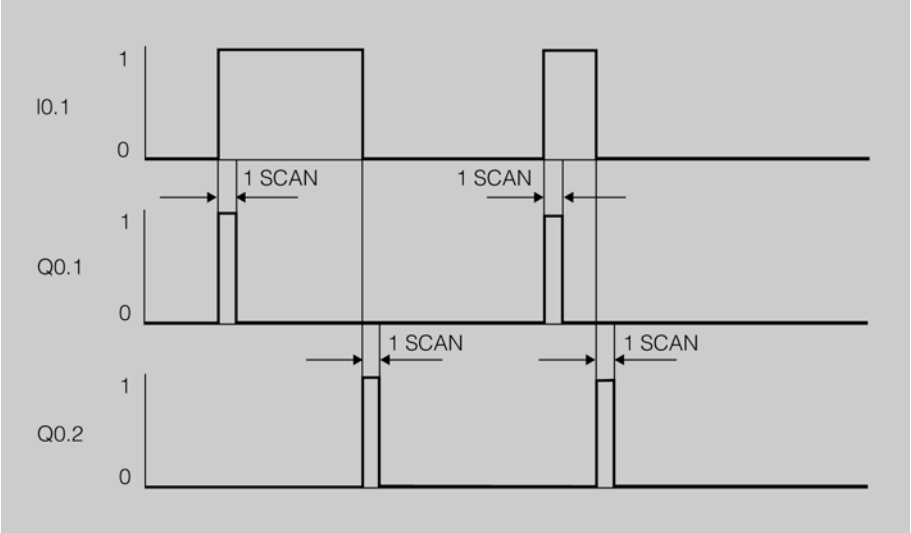
En la figura 28 es mostra el diagrama de funcionament de les entrades amb flancs, i podeu veure com, en el moment que l'entrada passa de l'estat 0 a 1, que és quan s'executa el flanc positiu, es connecta la sortida Q0.1, però ho fa només durant un cicle, de la mateixa manera en el moment que l'entrada passa de 1 a 0, que és quan s'executa el flanc negatiu, es connecta la sortida Q0.2 també només durant un cicle.

Figura 27. Programació de flancs positius i negatius



Observeu que fem el *reset* de les sortides Q1.0 i Q1.1 amb només una instrucció posant 2 a la instrucció *reset*.

Figura 28. Funcionament dels flancs

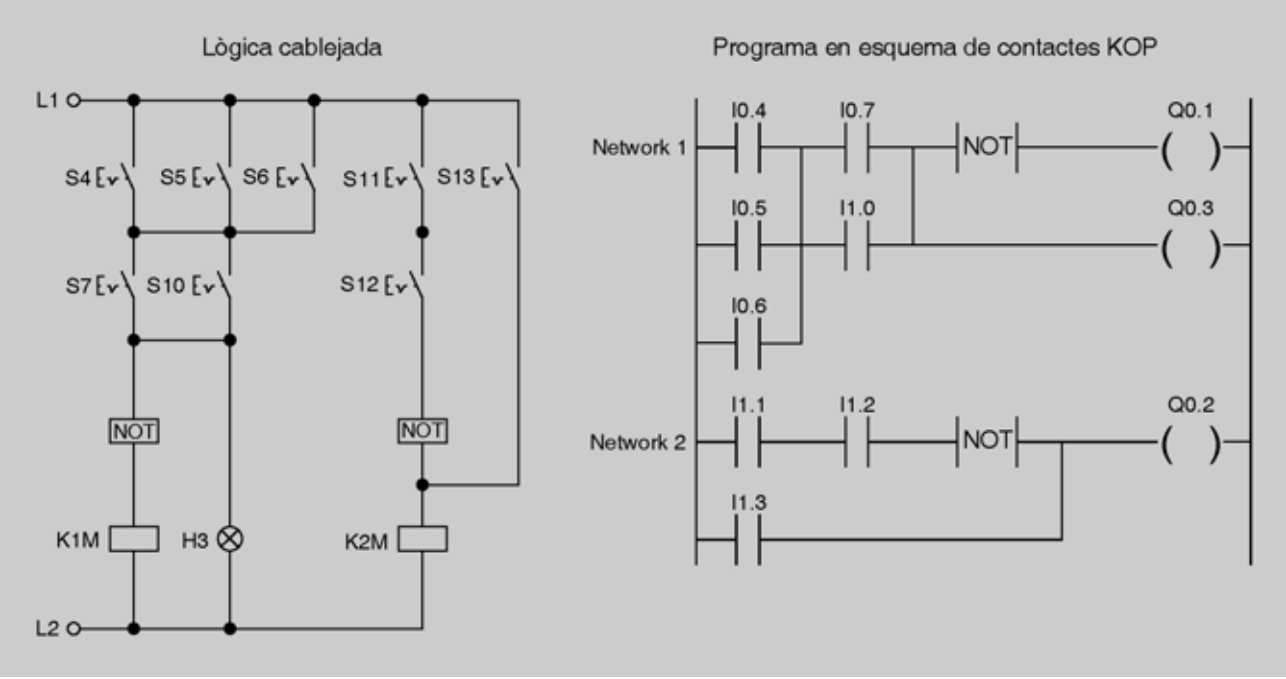


Ara feu l'activitat "Funcionament de flancs positius i negatius", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

2.4.2. Programació del modificador *not*

El **modificador *not*** és un registre intern de l'autòmat que inverteix el valor que li arriba; per tant, si el resultat de la combinació de contactes programats abans del modificador és 1, en la instrucció següent del *not* hi haurà 0, és a dir, si en l'entrada tenim 1 a la sortida tindrem 0, i a l'inrevés, si a l'entrada tenim 0 en la sortida tindríem 1. En la figura 29 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat. Hi podeu veure que en el *network* 1, el modificador *not* no afecta el funcionament de la sortida Q0.3, i que en el *network* 2 el modificador *not* no inverteix el valor de l'entrada I1.3.

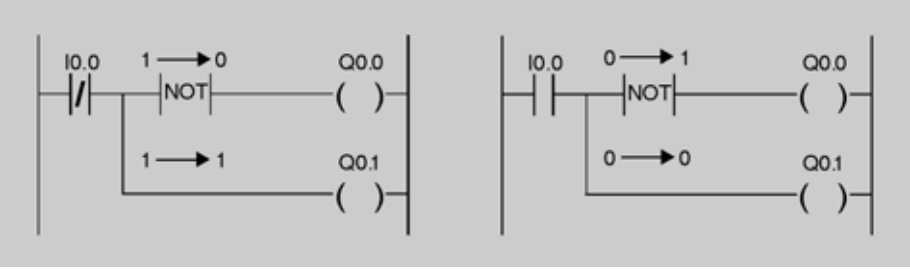
Figura 29. Programació del modificador *not*



En la figura 30 es mostra l'esquema de funcionament del modificador *not*; hi podeu veure com, quan l'entrada I0.0 val 1, arriba un 0 a la sortida Q0.0 connectada mitjançant el modificador *not*, i en canvi, a la sortida Q0.1, que no té el modificador *not*, li arriba el mateix valor de l'entrada, és a dir, un 1. En l'esquema de la dreta podeu veure que quan l'entrada I0.0 val 0, la sortida que funciona és la Q0.0, ja que el modificador inverteix el valor que li arriba a l'entrada.

Ara feu l'activitat "Funcionament de modificador *not*", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 30. Funcionament de modificador *not*



2.5. *Merkers*

Un ***merker*** és un registre intern de l'autòmat programable que es posa a 1 o 0 en funció de l'expressió algebraica corresponent a la interconnexió dels contactes que l'activen. Es representen amb la lletra M i estan agrupats en bytes, és a dir, en grups de vuit bits. Així doncs, els paràmetres dels *merker*s són iguals que els de les entrades i sortides.

M12.4 representa el *merker* del byte 12 i bit 4.

El primer dígit del paràmetre d'un *merker* correspon al byte i el segon al bit.

El funcionament dels *merker*s és similar al de les sortides; l'única diferència és que la sortida dóna un senyal extern i el *merker* no, però es representa igual, és a dir, per activar-lo es programa una bobina, igual que es fa amb les sortides, i es poden programar tants contactes oberts i tancats d'aquesta bobina com calguin.

Els relés que s'utilitzen en els circuits d'automatismes equivalen, quan treballem amb els autòmats programables, als registres interns, coneguts com a ***merkers*** o **marques**.

2.5.1. Programació de *merkers*

En la figura 31 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

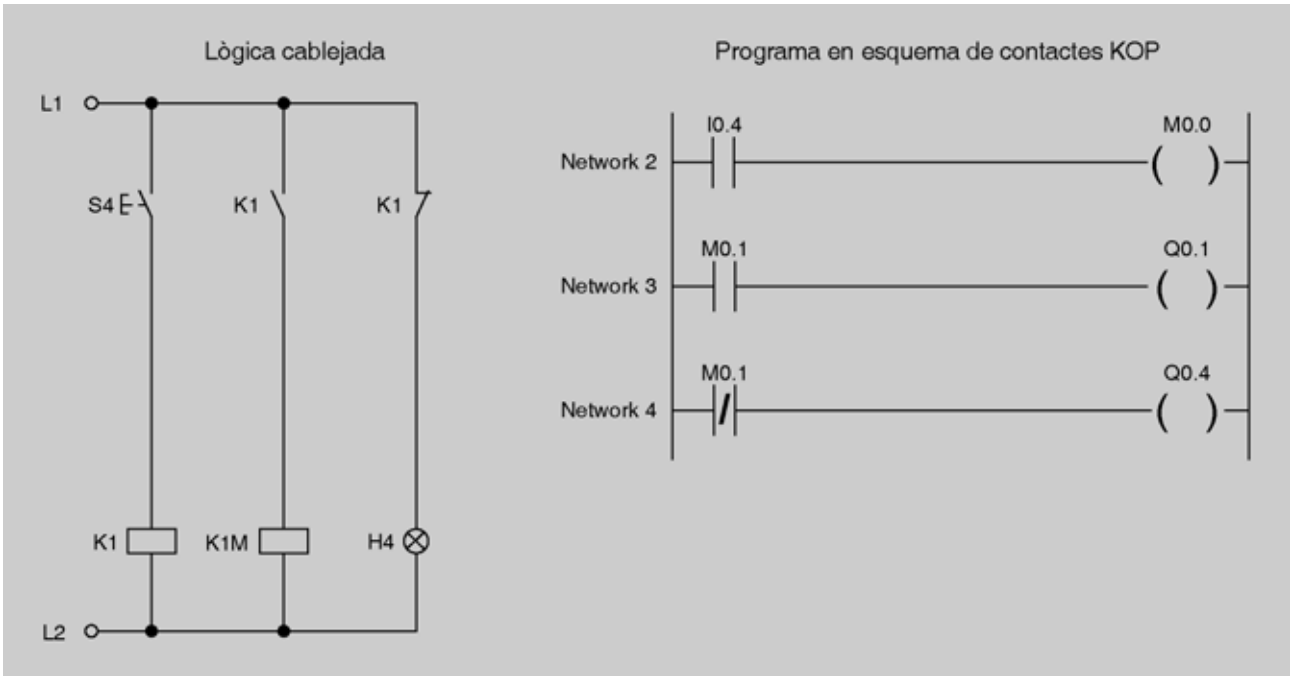
El funcionament és el següent: amb la instal·lació en repòs el contacte tancat del relé K0 deixa passar corrent i, per tant, la bombeta H4 funciona. Quan accioneu l'interruptor S1 es connectarà el contactor K1M i el relé K0, i en aquest moment els contactes del relé canviaran d'estat, el contacte obert es tancarà i connectarà la bombeta H3, i el contacte tancat s'obrirà i desconnectarà la bombeta H4.

El contactor K1M i el relé K0 estan connectats en paral·lel, i funcionen a la vegada; ara bé, si mireu el PLC veureu que el contactor està connectat a la sortida Q0.1 i, per tant, hi ha un LED que s'encén quan funciona la sortida, però el relé no està connectat a cap born i, per tant, externament no tenim proves del seu funcionament, ja que és un registre intern, encara que podeu veure com, mitjançant contactes d'aquest registre, podeu accionar elements externs, en aquest exemple les bombetes H3 i H4.



Ara feu l'activitat "Programació de *merkers*", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 31. Programació de *merkers*



3. Instruccions bàsiques de programació dels autòmats programables 2

Els autòmats programables han evolucionat molt des que van aparèixer: en un principi només s'utilitzaven com a substituts dels elements electromecànics com relés, contactors, temporitzadors, etc., però en l'actualitat tenen funcions molt avançades que permeten realitzar el control d'instal·lacions automàtiques molt complexes, que abans requerien equips molt cars com els controls distribuïts. Els autòmats programables actuals incorporen funcions que permeten realitzar el programa de manera estructurada, dividint-lo en parts, programant cada part en una subrutina diferent i mitjançant instruccions de *Salt executar* en cada moment la subrutina necessària per al funcionament correcte de la instal·lació o per realitzar funcions avançades com control de la producció, control de qualitat o tasques de manteniment.

Els autòmats programables porten incorporats molts temporitzadors, comptadors, multivibradors, generadors d'impulsos, *merkers* especials i moltes més funcions que simplifiquen i abarateixen el muntatge, posada en marxa i manteniment de les instal·lacions automatitzades.

Relés, temporitzadors i comptadors

Un autòmat programable de gamma petita, com pot ser l'S7-200 de Siemens, pot tenir incorporats un mínim de 250 temporitzadors i 250 comptadors.

3.1. Temporitzadors

Els **temporitzadors** són elements semblants als relés, formats per una bobina i uns contactes que, quan els arriba senyal a la bobina, compten temps, com si fossin rellotges amb alarma, és a dir, que podeu prefixar un temps i quan aquest ha transcorregut els contactes del temporitzador canvien d'estat.

El comptatge del temps d'un temporitzador es pot fer de manera ascendent o descendent, i cada fabricant d'autòmats ho fa de manera diferent. L'autòmat S7-200 de Siemens ho fa ascendent, és a dir, si volem que conti 300 ms, ho farà de 0 a 300; en canvi els autòmats que fan el comptatge descendent ho farien de 300 a 0. Hi ha autòmats que quan arriben al valor prefixat, deixen de comptar: és el cas més freqüent. Però l'autòmat S7-200 de Siemens, quan arriba al valor prefixat, canvia l'estat dels contactes però continua comptant.

Hi ha molts tipus de temporitzadors, però bàsicament tots es basen en dos, que són:

- **Temporitzadors a la connexió.** Fan l'operació de comptar quan arriba senyal a la bobina.
- **Temporitzador a la desconnexió.** Fan l'operació de comptar quan es treu el senyal de la bobina.

Els temporitzadors es poden programar en la majoria d'autòmats de dues maneres:

- Mitjançant operands: representant els símbols de la bobina amb el temps i els corresponents contactes oberts i tancats.

- Mitjançant funcions: representant una caixa amb les entrades corresponents al temps i l'ordre de marxa a la dreta, i la sortida que s'ha d'activar al final del l'operació de comptatge a l'esquerra. Aquestes entrades i sortides cada autòmat les identifica amb unes sigles diferents, però totes són molt semblants; així doncs, si coneixeu com es programen els temporitzadors de l'autòmat S7-200 de Siemens, us serà molt fàcil programar els temporitzadors d'altres autòmats.

Hi ha autòmats en què en tots els seus temporitzadors podem indicar, entre un mínim i un màxim, qualsevol temps i en diferents unitats, com per exemple: 100 ms, 3 s, 2 min i 20 s, etc. Però l'autòmat S7-200 de Siemens no ho fa així: aquest autòmat agrupa diferents temporitzadors i cada grup té una base de temps fixa. En la taula 10 s'indica la base de temps que tenen assignats els diferents temporitzadors a la connexió i desconnexió.

Els temporitzadors representats en la taula 10 es poden programar a la connexió o a la desconnexió, però quan un temporitzador s'ha programat d'una manera, ja no es pot tornar a programar de cap altra.

Taula 10. Base de temps dels temporitzadors a la connexió i desconnexió

Base de temps	Número temporitzador
1 ms	T32 i T96
10 ms	T33 a T36 i T97 a T100
100 ms	T37 a T63 i T101 a T255

Observant la taula podeu comprovar que podeu obtenir el mateix temps combinant valors prefixats i diferents bases. Així doncs, si volem un temps d'1 s podeu programar, per exemple:

- T32 amb valor 1.000: 1.000×1 ms = 1.000 ms = 1 s
- T33 amb valor 100: 100×10 ms = 1.000 ms = 1 s
- T37 amb valor 10: 10×100 ms = 1.000 ms = 1 s

El temps programat en els tres casos serà igual, però heu de tenir en compte que el temps real no ho és, ja que els temporitzadors poden tenir un error equivalent a la base de temps; així doncs, el T32 pot arribar a tenir un error d'1 ms, i el T37 de 100 ms.

3.1.1. Programació del temporitzador a la connexió

Els **temporitzadors a la connexió** es representen en l'autòmat programable S7-200 de Siemens amb les sigles **TON**. En la figura 32 podeu veure

l'esquema de lògica cablada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat, i també el diagrama de temps, en què podeu veure que el temporitzador comença a comptar quan l'entrada es posa a 1, i que quan ha transcorregut el temps prefixat es connecta la sortida; també podeu veure com quan l'entrada es posa a 0, la sortida es desconnecta, i que si l'entrada està connectada menys temps del que s'ha programat la sortida no arriba a connectar-se.

El funcionament és el següent: en repòs, està accionada la sortida Q0.3, ja que el contacte negat de T37 li dóna senyal; quan accioneu l'entrada I0.4 arriba senyal a l'entrada IN, i llavors el temporitzador comença a comptar i quan arriba a 100, que és el valor programat en l'entrada PT, els contactes del temporitzador canvien d'estat, es connecta la sortida Q0.1 i es desconnecta la Q0.3, i el temporitzador continua contant fins a arribar al valor màxim, que és 32.767. Quan obrim l'entrada I0.4, és a dir, quan traiem el senyal IN, els contactes del temporitzador tornen a l'estat inicial i, per tant, la sortida Q0.1 es desconnecta i es torna a activar la Q0.3.

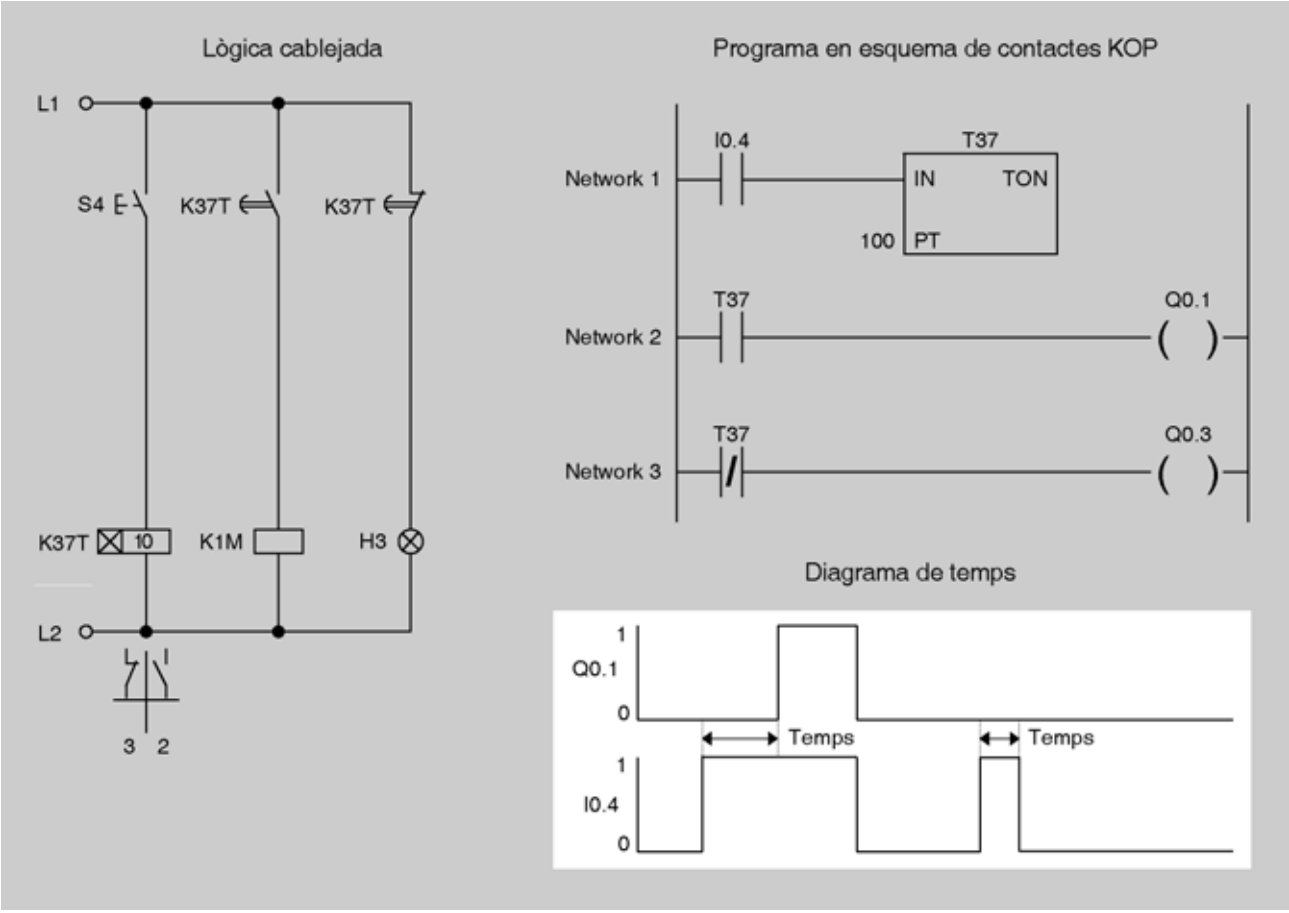
La base de temps de T37 és 100 ms; com que en l'entrada PT hi ha el valor 100, comptarà 100 vegades 100 ms, que és igual a 10.000 ms o 10 s.

Si l'entrada està accionada menys temps del que està programat, els contactes del temporitzador no canvien d'estat, i si torneu a activar l'entrada el temporitzador començarà a comptar de nou, i per tant el temps no s'acumula d'una ordre de connexió a una altra.

!!

Ara feu l'activitat "Programació del temporitzador a la connexió", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 32. Programació del temporitzador a la connexió



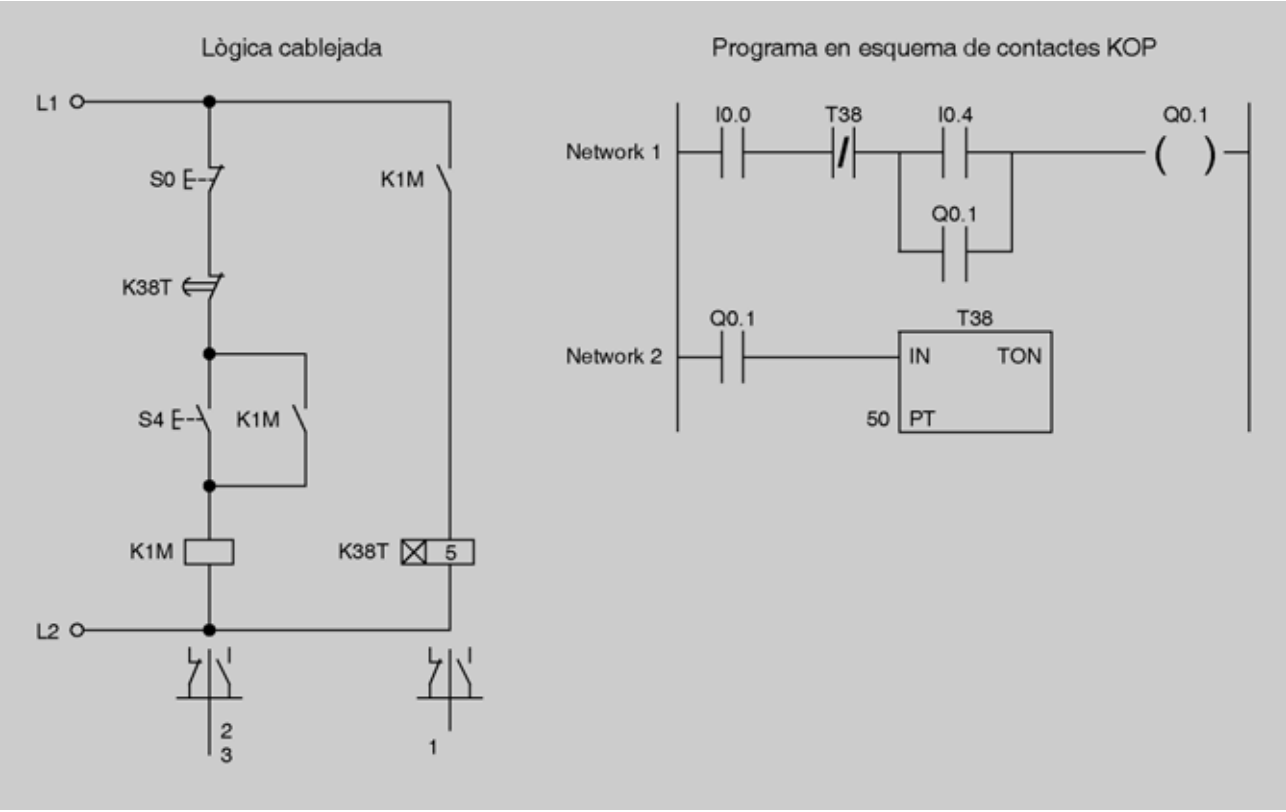
3.1.2. Posada en marxa d'un contactor mitjançant polsadors i temporitzadors a la connexió

En la figura 33 podeu veure l'esquema de lògica cablada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

El funcionament és el següent: la sortida Q0.1 es posa en marxa amb el polsador I0.4 i s'atura de manera manual mitjançant el polsador d'aturada I0.0 o automàticament en estar 5 s en funcionament mitjançant el contacte negat de T38.

Ara feu l'activitat "Posada en marxa d'un contactor mitjançant polsadors i temporitzadors a la connexió", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 33. Posada en marxa d'un contactor mitjançant polsadors i temporitzador a la connexió



3.1.3. Posada en marxa progressiva de tres contactors mitjançant dos temporitzadors a la connexió

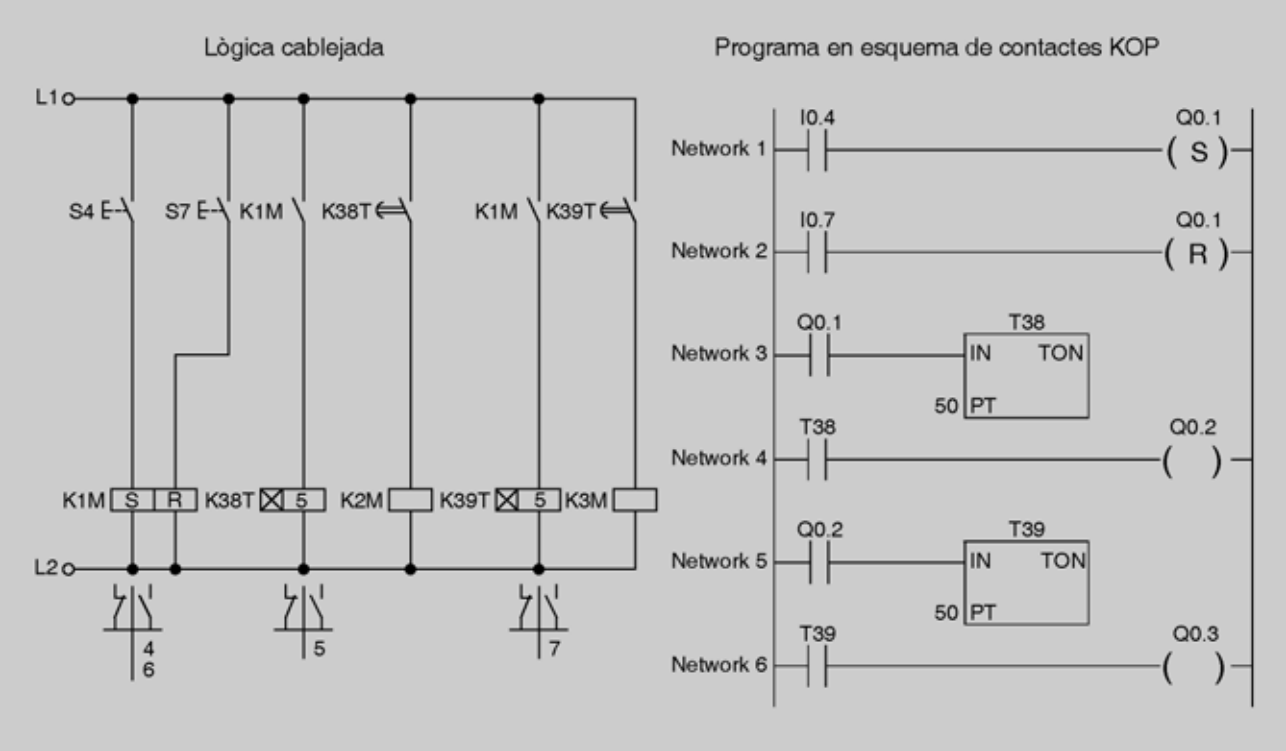
En la figura 34 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

El funcionament és el següent: teniu tres sortides, Q0.1, Q0.2 i Q0.3; la primera es posa en marxa mitjançant instruccions *set-reset* accionant els polsadors I0.4 per posar-la en marxa i I0.7 per aturar-la. Quan funciona Q0.1 a través del seu contacte obert programat en el *network* 3, posa en marxa el temporitzador T38, que en passar 5 s accionarà la sortida Q0.2 mitjançant el seu contacte obert programat en el *network* 4. Al mateix temps

tancarà el contacte de Q0.2 programat en el *network* 5, que posarà en marxa el temporitzador T39, que en passar 5 s i mitjançant el seu contacte obert programat en el *network* 6 accionarà la sortida Q0.3. En el moment que s'accioni el polsador I0.7 que dóna ordre de *reset* a la sortida Q0.1, s'aturaran totes les sortides que estiguin en marxa.

Ara feu l'activitat "Posada en marxa progressiva de tres contactors mitjançant temporitzadors a la connexió", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 34. Posada en marxa progressiva de tres contactors mitjançant temporitzadors a la connexió



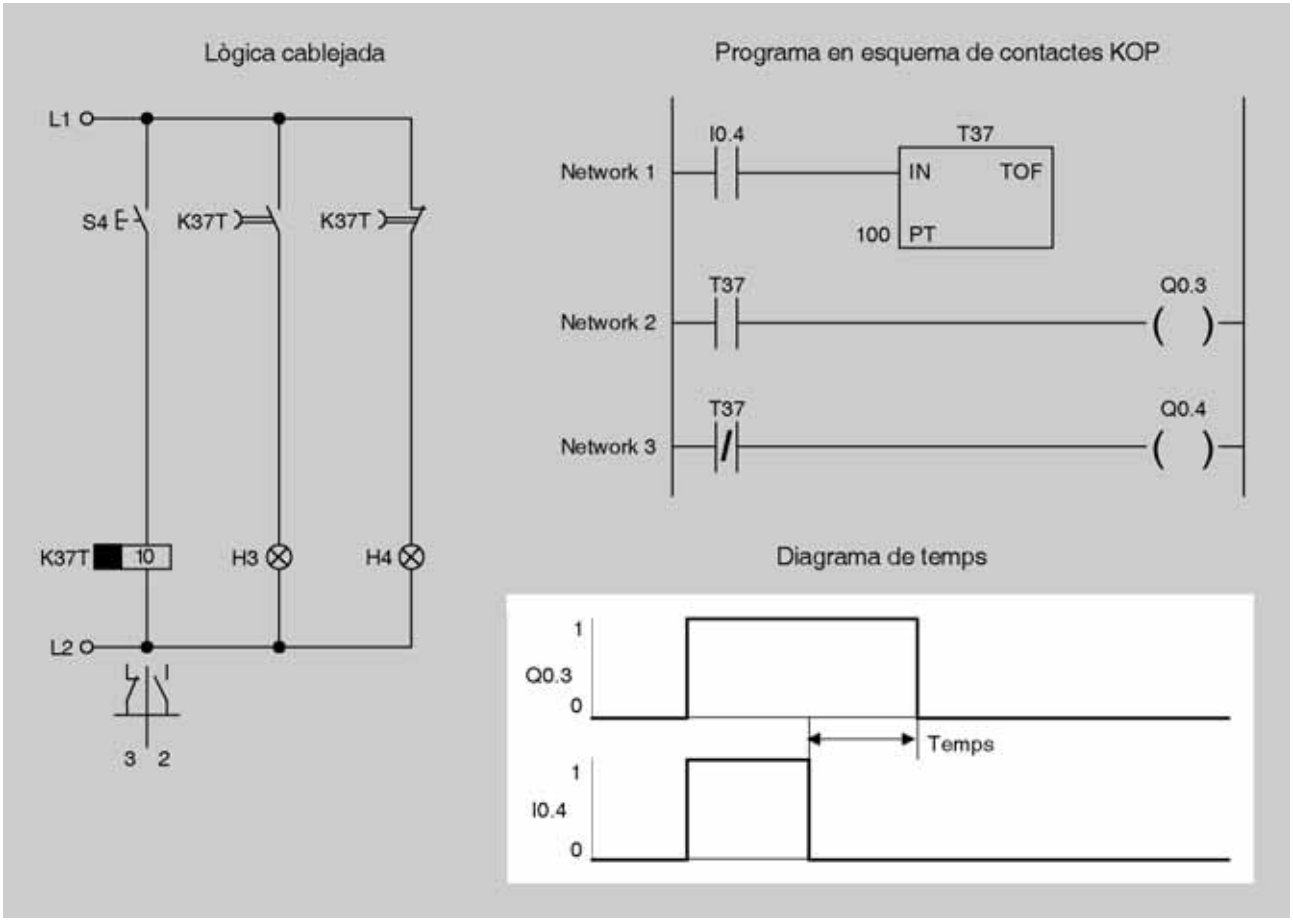
3.1.4. Programació del temporitzador a la desconnexió

Els temporitzadors a la desconnexió es representen en l'autòmat programable S7-200 de Siemens amb les sigles *TOF*. En la figura 35 podeu veure l'esquema de lògica cablada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat, i també el diagrama de temps, en què podeu veure que la sortida es connecta al mateix moment que es connecta l'entrada, és a dir, quan l'entrada es posa a 1; quan aquesta es posa a 0, la sortida continua funcionant, i és en aquest moment quan el temporitzador comença a comptar i una vegada que ha transcorregut el temps prefixat es desconnecta la sortida.

El funcionament és el següent: en repòs, està accionada la sortida Q0.4, ja que el contacte negat de T37 li dóna senyal; quan accioneu l'entrada I0.4 li arriba senyal a l'entrada IN, i en aquest moment canvien d'estat els contactes del temporitzador, i accionen la sortida Q0.3 i desconnecten la Q0.4, però el temporitzador no fa l'operació de comptar. Quan desconnecteu l'entrada I0.4 el temporitzador comença a comptar i quan arriba al valor prefixat, en aquest cas 10 s, els contactes tornen a la posició inicial, activen la sortida Q0.4 i desactiven la Q0.3.

Ara feu l'activitat "Programació del temporitzador a la desconnexió", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 35. Programació del temporitzador a la desconnexió



3.1.5. Programació del temporitzador a la desconnexió accionat mitjançant flanc positiu

En la figura 36 podeu veure l'esquema de lògica cablada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

El funcionament és el següent: cada vegada que accioneu l'entrada I0.4 i mitjançant la instrucció del flanc positiu, arriba senyal durant un cicle a l'entrada IN del temporitzador T38; per tant, com que li arriba senyal, canvia l'estat dels seus contactes, es connecta la sortida Q0.5 i es desconnecta la Q0.7, però com que al cicle següent ja no arriba senyal, el temporitzador comença a comptar i 5 s després (50 × 100 ms = 5.000 ms) els contactes tornen a la posició inicial, connecten de nou la sortida Q0.7 i desconnecten la Q0.5.

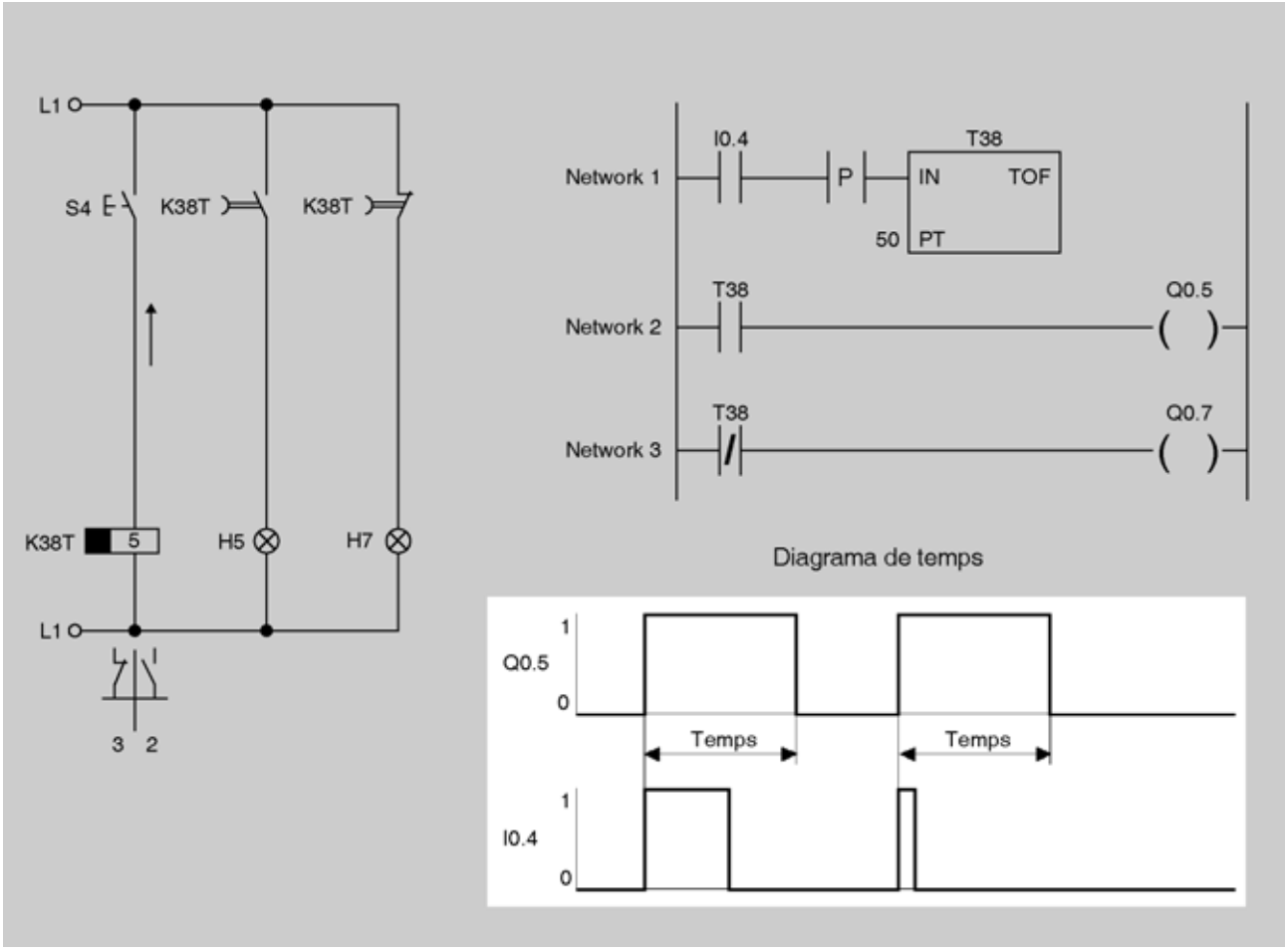
Els flancs positius converteixen el senyal elèctric permanent que li arriba en un senyal instantani, que dura un cicle d'execució del PLC.

Si mentre el temporitzador està comptant torneu a accionar l'entrada I0.4, el temporitzador es posa a zero, però els seus contactes continuen en el mateix estat, per tant continua connectada la sortida Q0.3 i, un cicle després d'haver tornat a accionar l'entrada I0.4, el temporitzador inicia el comptatge de nou.



Ara feu l'activitat "Programació del temporitzador a la desconnexió accionat mitjançant flanc positiu", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 36. Programació del temporitzador a la desconnexió accionat mitjançant flanc positiu



3.1.6. Programació del temporitzador acumulatiu

En la taula 11 s'indica la base de temps que tenen assignats els temporitzadors acumulatius amb numeracions diferents de les dels temporitzadors a la connexió i desconnexió.

Taula 11

Base de temps	Núm. de temporitzador
1 ms	T0 i T64
10 ms	T1 a T4 i T65 a T68
100 ms	T5 a T31 i T69 a T95

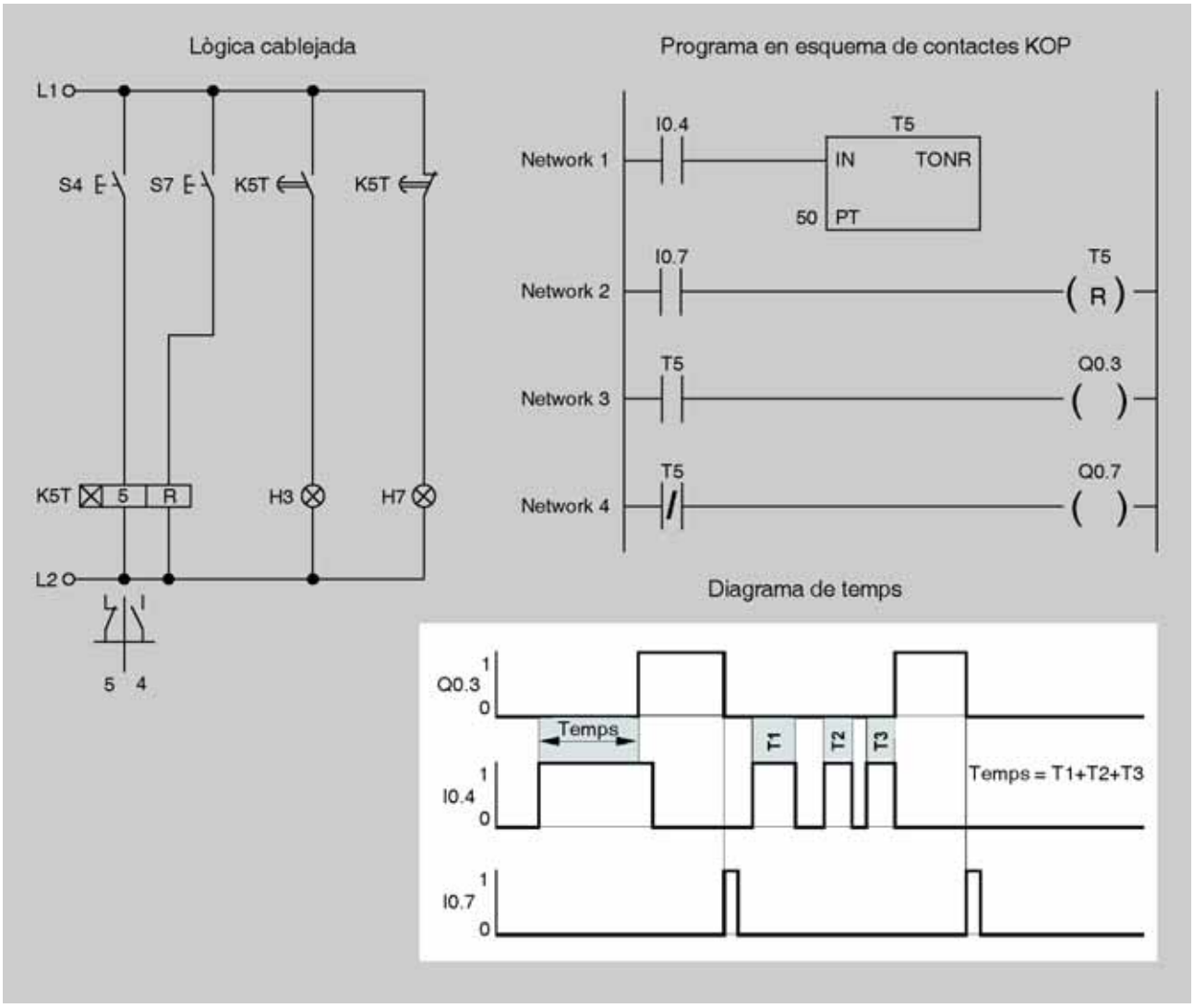
Els temporitzadors acumulatius es representen en l'autòmat programable S7-200 de Siemens amb les sigles *TONR*. En la figura 37 podeu veure l'esquema de lògica cablada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat, i també el diagrama de temps, en què podeu veure que el temporitzador incrementa el seu valor mentre mantinguem el valor 1 en l'entrada I0.4, i que quan ha transcorregut el temps prefixat es connecta la sortida. També podeu veure que, quan l'entrada I0.4 es posa a 0, la

sortida no es desconnecta, i que si l'entrada està connectada menys temps del que hi ha programat, el temporitzador guarda el valor acumulat i cada vegada que es connecta l'entrada el temporitzador incrementa el seu valor a partir d'aquest valor, no des de zero. Per desconnectar la sortida s'ha de fer mitjançant una instrucció de *reset*.

El funcionament és el següent: en repòs, està accionada la sortida Q0.7, ja que el contacte negat de T5 li dóna senyal; quan tanqueu l'entrada I0.4 i mentre arribi el valor 1 a l'entrada IN del temporitzador, va incrementant el seu valor. Si obriu l'entrada I0.4, per tant, posem un 0 a l'entrada IN, i el temporitzador manté el valor; si tornem a tancar l'entrada I0.4 el temporitzador incrementa el valor partint del valor anterior, no de zero. Quan el valor del temporitzador arribi al valor preseleccionat, en aquest cas 5 s, els contactes canvien d'estat, es connecta la sortida Q0.3 i es desconnecta la Q0.7. A partir d'aquest moment, si es manté el senyal en l'entrada IN del temporitzador, aquest continua comptant fins al valor màxim de 32.767, però l'estat dels seus contactes no varia. Si accioneu l'entrada I0.7, es fa el *reset* del temporitzador i els contactes tornen a la posició inicial, i tornen a connectar la sortida Q0.7 i a desconnectar la Q0.3

Ara feu l'activitat "Programació del temporitzador acumulatiu", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 37. Programació del temporitzador acumulatiu



3.1.7. Control del temps de funcionament d'un contactor mitjançant un temporitzador acumulatiu

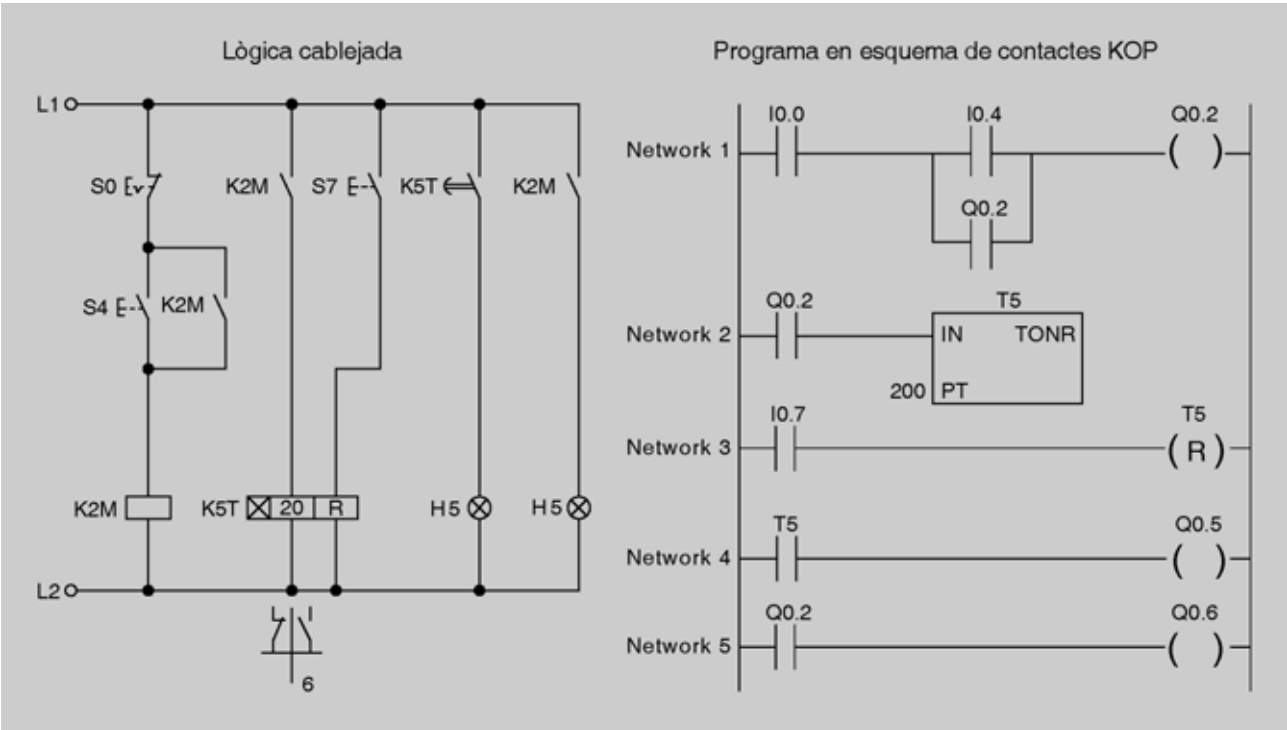
En la figura 38 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

El funcionament és el següent: el contactor K2M connectat a la sortida Q0.2 de l'autòmat programable es posa en marxa cada vegada que accioneu el polsador de marxa S4 connectat a l'entrada I0.4 i s'atura cada vegada que accioneu el polsador d'aturada S0 connectat a l'entrada I0.0. Mentre funciona la sortida Q0.2, el seu contacte programat en el *network* 2 està tancat i dóna senyal a l'entrada IN del temporitzador T5; així doncs, el temporitzador incrementa el seu valor sempre que funciona la sortida i, per tant, controla el temps de funcionament del contactor K2M. Aquesta és una funció molt interessant en tasques de manteniment, ja que mitjançant el contacte obert programat en el *network* 5 connectarà la bombeta de senyalització H5 i indicarà que ha transcorregut el temps fixat per fer l'operació de manteniment pertinent. La bombeta de senyalització H6 indica que el contactor està funcionant, i amb el polsador S7 connectat a l'entrada I0.7 es pot posar el temporitzador a zero una vegada feta la tasca de manteniment.



Ara feu l'activitat "Control del temps de funcionament d'un contactor mitjançant un temporitzador acumulatiu", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 38. Control del temps de funcionament d'un contactor mitjançant un temporitzador acumulatiu



3.2. Comptadors

Els **comptadors** són elements que compten els impulsos elèctrics que els arriben. Aquests impulsos poden ser senyals elèctrics, que per exemple,

els envia una fotocèl·lula que detecta el pas de persones per una zona determinada, o senyals d'un detector de proximitat, que indiquen que una ampolla ha estat dipositada en una caixa.

Bàsicament hi ha dos tipus de comptadors: sense preselecció i amb preselecció.

- Comptadors sense preselecció: es dediquen a comptar el nombre de senyals que els arriben, i guarden el valor en un registre intern.

- Comptadors amb preselecció: a més de comptar els impulsos i guardar el valor en un registre, permeten preseleccionar un valor concret i quan el comptador arriba a aquest valor, envien un senyal mitjançant els contactes oberts i tancats de què disposen.

Exemple de comptadors

La pantalla dels partits de basquet disposa d'un comptador sense preselecció, que és el comptador de cistelles realitzades, i d'un comptador amb preselecció, que és el comptador de temps de cada part del partit i que quan arriba al final del temps, fa sonar una sirena.

Els comptadors amb preselecció poden fer el comptatge de manera ascendent o descendent.

El **comptador amb preselecció ascendent** s'inicialitza posant el comptador a zero; per fer el comptatge de 0 al valor preseleccionat, normalment es duu a terme aquesta operació mitjançant la instrucció *reset*. En canvi, el **descendent** s'inicialitza posant el comptador al valor preseleccionat, i fa el comptatge des d'aquest valor fins a zero; normalment es fa aquesta operació mitjançant la instrucció *set* o *load*.

La majoria de comptadors, tant si són amb preselecció o sense, poden incrementar impulsos positivament o negativament, ja que encara que la funció bàsica és comptar, ha de tenir l'opció de descomptar en el cas que es faci una operació errònia.

El comptador de cistelles d'un partit de bàsquet permet descomptar una cistella que l'àrbitre havia donat com a triple i que només era de dos punts.

L'autòmat S7-200 de Siemens disposa de 256 comptadors, que s'identifiquen amb la lletra C; per tant, es poden programar des de C0 fins a C255, i tots es poden utilitzar amb o sense preselecció, poden ser progressius, regressius o progressius-regressius, i el nombre màxim d'impulsos que poden comptar és 32.767.

3.2.1. Comptador progressiu

El **comptador progressiu** de l'autòmat S7-200 de Siemens s'identifica amb les sigles CTU, compta impulsos endavant i, per tant, incrementa el seu valor quan li arriba un 1 a l'entrada CU; s'inicialitza, és a dir, es posa a zero, quan li arriba un 1 a l'entrada R (*reset*) i els seus contactes canvien d'estat quan el comptador ha comptat un nombre d'impulsos igual o major que el valor preseleccionat.

Si voleu que el comptador funcioni com a comptador amb preselecció, heu d'indicar el nombre d'impulsos de l'entrada PV. Si es posa 0, es comporta com un comptador sense preselecció.

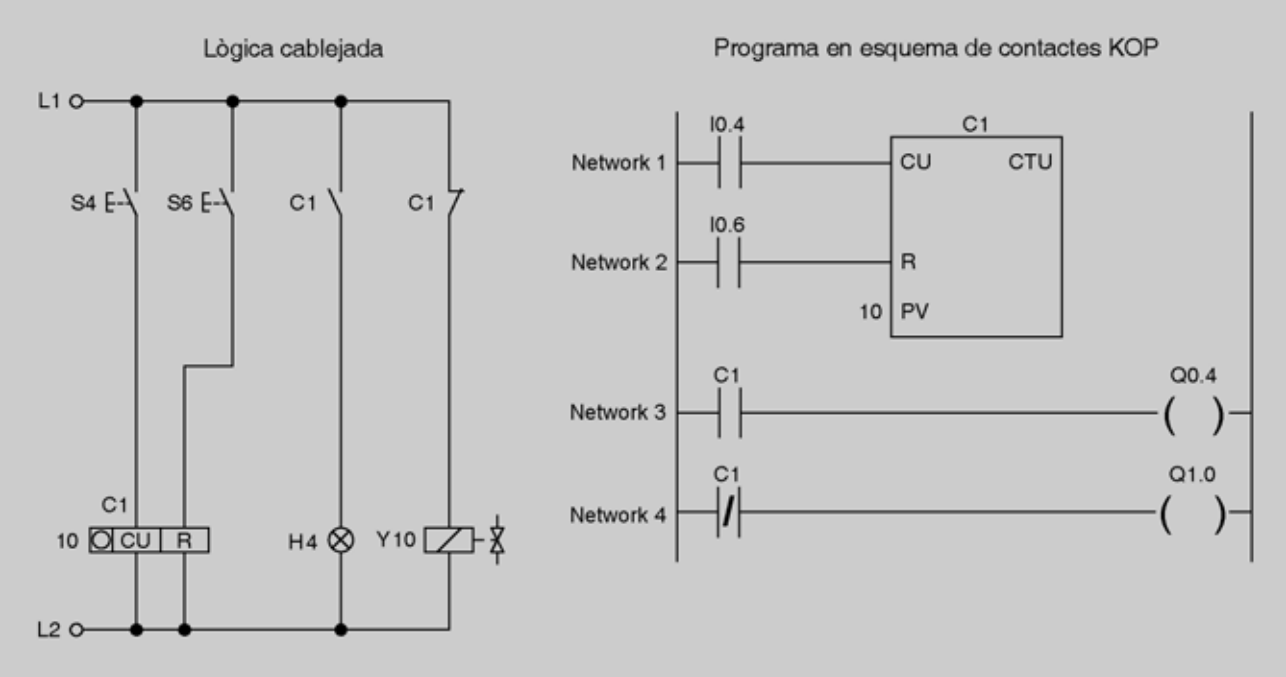
En la figura 39 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

El funcionament és el següent: el comptador s'inicialitza fent un *reset* mitjançant l'entrada I0.6; en aquest moment funciona la sortida Q0.1, i cada vegada que s'acciona l'entrada I0.4 el comptador incrementa una unitat el seu valor i quan aquest és igual o superior a 10 (que és el valor preseleccionat), canvia l'estat dels contactes, acciona la sortida Q0.4 i desconnecta la Q1.0.

!!

Ara feu l'activitat "Comptador progressiu", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 39. Comptador progressiu



3.2.2. Programació d'un comptador progressiu amb selecció d'inicialització manual o automàtica

Inicialització automàtica o comptador cíclic

Un comptador cíclic és aquell que quan compta un nombre d'impulsos igual que el de la preselecció es torna a posar a zero i inicialitza el procés de comptatge, mitjançant un contacte del comptador mateix. En aquest cas els seus contactes canvien d'estat només durant un cicle o *scan*.

En la figura 40 podeu veure l'esquema de lògica cablada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

El funcionament és el següent:

- El comptador C3 compta els impulsos (incrementa el seu valor) mitjançant l'entrada I0.4.

- Amb l'entrada I0.7 seleccioneu el tipus d'inicialització:

  – En repòs, comptador cíclic. Es posa a zero mitjançant el contacte del comptador C3 quan aquest arriba al valor preseleccionat, en aquest cas 20.
  – Accionada, inicialització manual. Es posa a zero quan accioneu l'entrada I0.5.

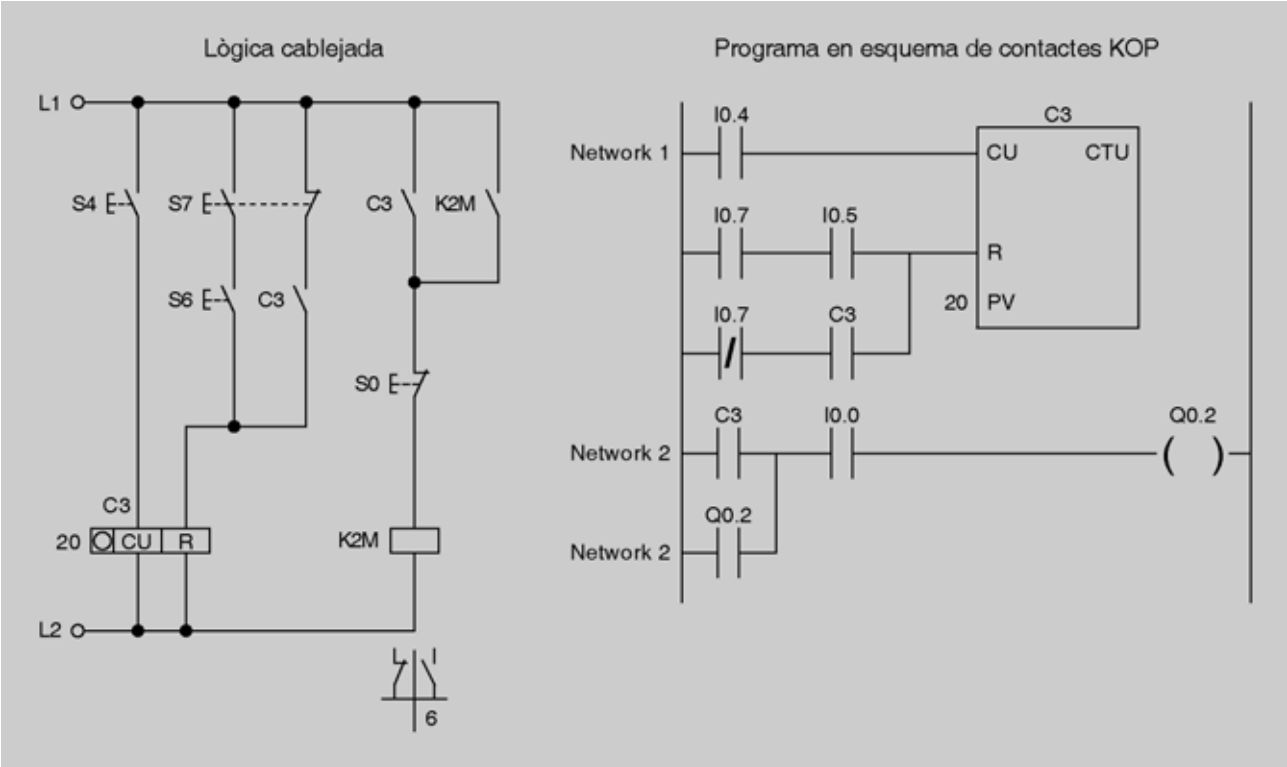
- Quan el comptador hagi comptat vint impulsos tanca el contacte C3 programat en el *network* 2 i dóna ordre de marxa a la sortida Q0.2, que es realimenta pel contacte que la sortida mateixa té connectat en paral·lel amb el contacte de C3, que només està connectat durant un cicle.

- L'entrada I0.0 actua com a polsador d'aturada de la sortida Q0.2



Ara feu l'activitat "Programació d'un comptador progressiu amb selecció d'inicialització manual o automàtica", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 40. Programació d'un comptador progressiu amb selecció d'inicialització manual o automàtica



3.2.3. Comptador regressiu

El **comptador regressiu** de l'autòmat S7-200 de Siemens s'identifica per les sigles CTD, compta impulsos endarrere i, per tant, incrementa negativament el seu valor quan li arriba un 1 a l'entrada CD; s'inicialitza, és a dir, es posa en el valor preseleccionat, quan li arriba un 1 a l'entrada LD (*load*): en aquest moment els seus contactes estan en repòs i canvien d'estat quan el comptador, després de comptar impulsos incrementant negativament el seu valor, arriba a zero.

El comptador regressiu s'atura quan arriba a zero.

En la figura 41 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

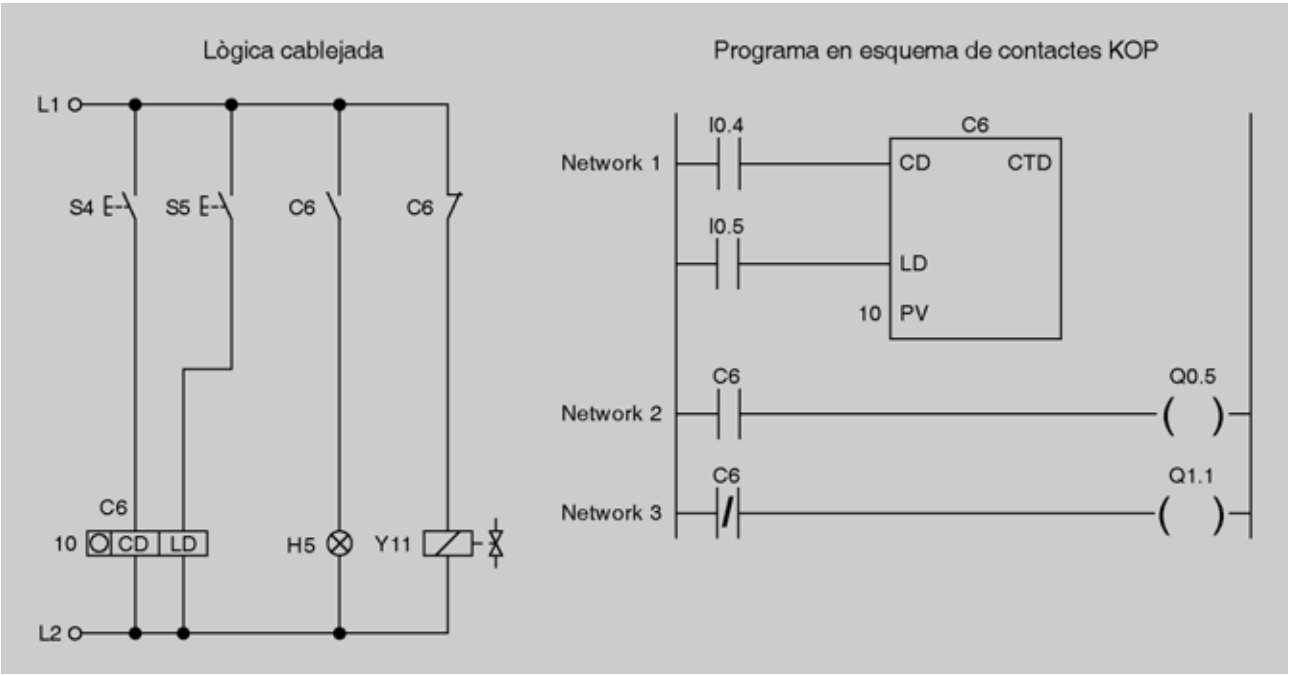
El funcionament és el següent:

- El comptador s'inicialitza, és a dir, es posa en el valor 10, quan accioneu l'entrada I0.5.
- En aquest moment està connectada la sortida Q1.1.
- Cada vegada que accioneu l'entrada I0.4 el comptador incrementa negativament una unitat el seu valor.
- Quan arriba a zero canvia l'estat dels contactes, es connecta la sortida Q0.5 i es desconnecta la Q1.1.



Ara feu l'activitat "Comptador regressiu", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 41. Comptador regressiu



3.2.4. Comptador progressiu-regressiu

El **comptador progressiu-regresiu** es coneix també com a **comptador reversible** i en l'autòmat S7-200 de Siemens s'identifica amb les sigles *CTUD*; compta impulsos endavant quan li arriba senyal a l'entrada CU i endarrere quan li arriba senyal a l'entrada CD. S'inicialitza, posant el comptador a zero, quan li arriba senyal a l'entrada R, i els seus contactes canvien d'estat quan el valor del comptador és igual o superior al valor de preselecció, que pot estar entre 32.767 i –32.768.

En la figura 42 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a l'enunciat.

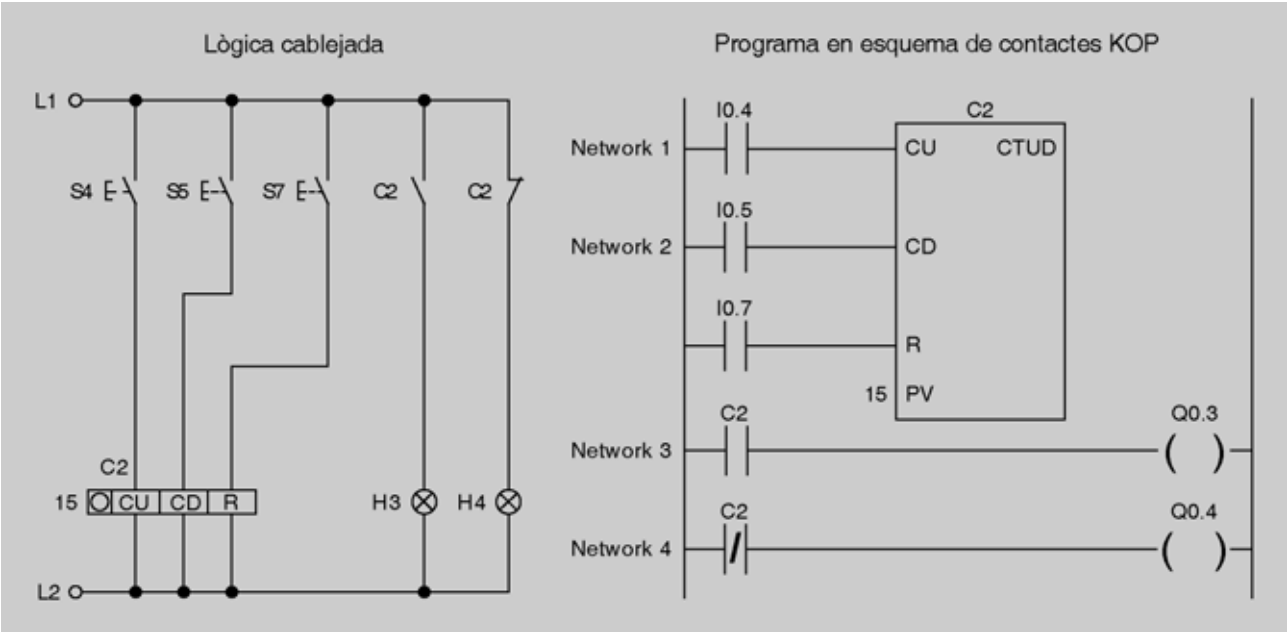
El funcionament és el següent:

- El comptador s'inicialitza, és a dir, es posa a zero quan accioneu l'entrada I0.7.
- En aquest moment està connectada la sortida Q0.4.
- Cada vegada que accioneu l'entrada I0.4 el comptador incrementa positivament una unitat el seu valor.
- Cada vegada que accioneu l'entrada I0.5 el comptador incrementa negativament una unitat el seu valor.
- Quan el valor del comptador sigui igual o superior a 15 canvia l'estat dels contactes, es connecta la sortida Q0.3 i es desconnecta la Q0.4.



Ara feu l'activitat "Comptador progressiu-regressiu", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 42. Comptador progressiu-regressiu



3.2.5. Control de fabricació de peces en un procés de producció

En la figura 43 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a un circuit en què s'utilitzen els tres tipus de comptadors, CTU, CTD i CTUD, com a comptadors sense preselecció.

El circuit de la figura 44 formaria part d'un circuit més complex d'un procés de fabricació i s'encarregaria de controlar les peces que produeix aquest procés. El sensor S1 donaria senyal cada vegada que surt una peça acabada i el sensor S4 donaria senyal cada vegada que la peça és rebutjada pel sistema de control de qualitat.

Com l'entrada PV de tots els comptadors té el valor 0, són comptadors sense preselecció.

El funcionament és el següent:

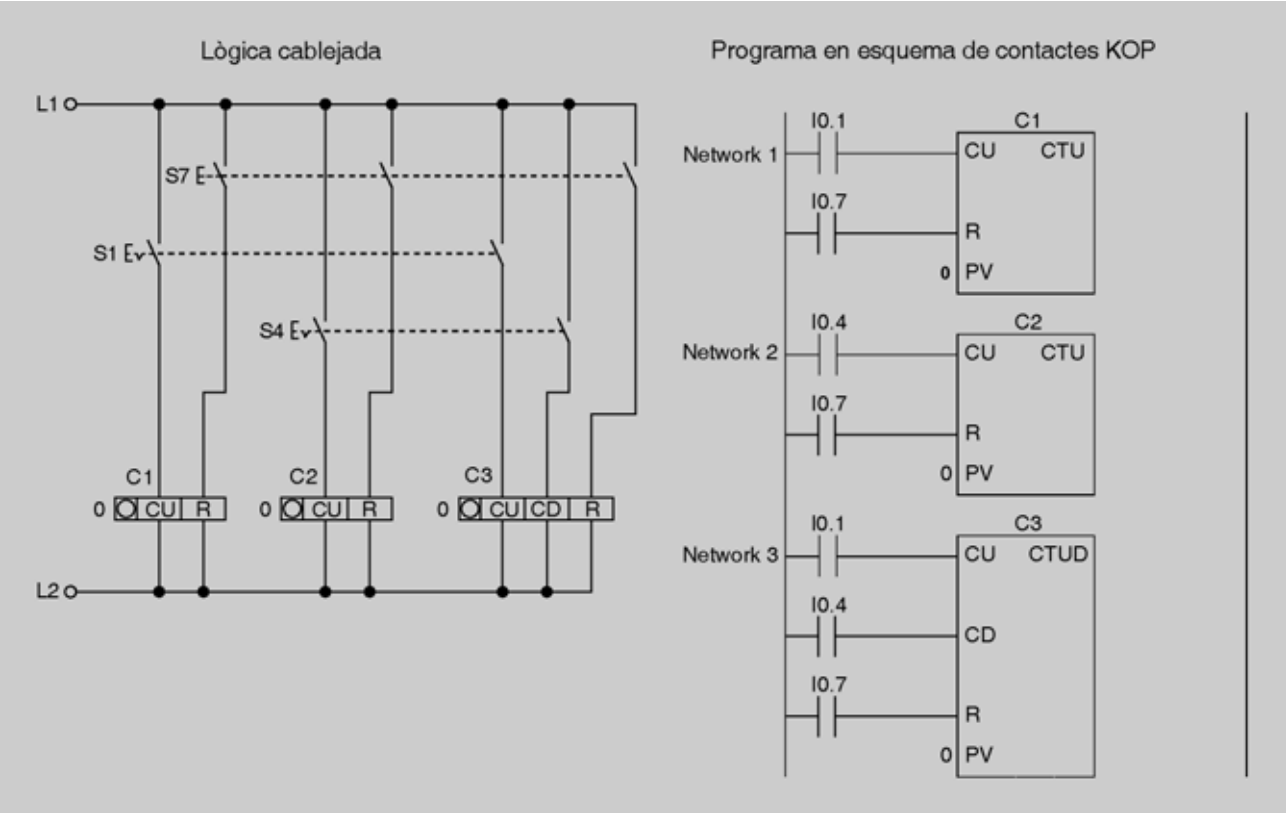
- El comptador C1 compta el total de peces fabricades, incrementa el seu valor mitjançant l'entrada I0.1, el sensor de peces totals, i es posa a zero amb el polsador de *reset* I0.7.

- El comptador C2 compta les peces dolentes, incrementa el seu valor mitjançant l'entrada I0.4, el sensor de peces dolentes, i es posa a zero amb el polsador de *reset* I0.7.

- El comptador C3 compta les peces bones, incrementa el seu valor mitjançant l'entrada I0.1, el sensor de peces totals, i si la peça és dolenta la descompta mitjançant l'entrada I0.4, el sensor de peces dolentes, i es posa a zero amb el polsador de *reset* I0.7.

Ara feu l'activitat "Control de fabricació de peces en un procés de fabricació", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 43. Control de fabricació de peces en un procés de producció



3.3. Multivibradors

El **multivibrador** és un generador de pols que, quan li arriba un senyal elèctric a l'entrada, produeix un senyal elèctric i polsa la sortida.

S'entén per *pols* els canvis d'estat d'un senyal elèctric que pren valors de 0 i 1.

Hi ha tres tipus de multivibradors:

- **Astable** Genera un flux continu de pols, i s'anomena **multivibrador autònom** (*free running*); normalment en els programaris dels autòmats programables es coneixen com a *generadors d'impulsos*.

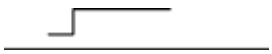
- **Biestable** Un senyal a l'entrada genera un canvi d'estat a la sortida que sempre està en un dels dos estats, 0 o 1; s'anomena ***flip-flop*** i normalment en els programaris dels autòmats programables es coneixen com a **instruccions *set-reset***.

- **Monoestable** Un senyal a l'entrada genera un pols a la sortida de durada fixa; s'anomena **multivibrador d'un tret** (*one shot*) i normalment en els programaris dels autòmats programables es coneixen com a **funcions especials**. Els PLC tenen diverses d'aquestes funcions especials, en les quals el pols de sortida pot ser:

  – De durada fixa o ajustable.
  – De senyal elèctric positiu o negatiu.

En la taula 12 es mostra el tipus de senyal elèctric que donen els diferents tipus de multivibradors.

Taula 12. Pols generats per multivibradors

Tipus	Senyal de sortida	Aplicació del PLC
Astable		Generador d'impulsos
Biestable		Set-reset
Monoestable		Funcions especials

3.3.1. Generador d'impuls

El **generador d'impuls** és un multivibrador astable que genera un senyal elèctric d'ona quadrada en el qual les freqüències dels valors 0 i 1 poden ser iguals o diferents. Tots els autòmats disposen de diferents generadors d'impulsos, i en els cas concret de l'autòmat S7-200 de Siemens, en té tres i tots generen un senyal en el qual els temps de valor 0 i 1 són iguals i envien els senyals mitjançant un registres interns identificats amb les sigles *SM* (*special merker* o marques especials) i són:

Els termes *on*/*off* són els més emprats en els manuals tècnics dels autòmats programables per definir els valors 1 i 0.

- SM0.4: està 30 s en *on* (valor 1) i 30 s en *off*.
- SM0.5: està 0,5 s en *on* i 0,5 s en *off*.
- SM0.6: està 1 *scan* en *on* i 1 *scan* en *off*.

En la figura 44 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a un circuit en què s'utilitzen els tres tipus de generadors d'impulsos.

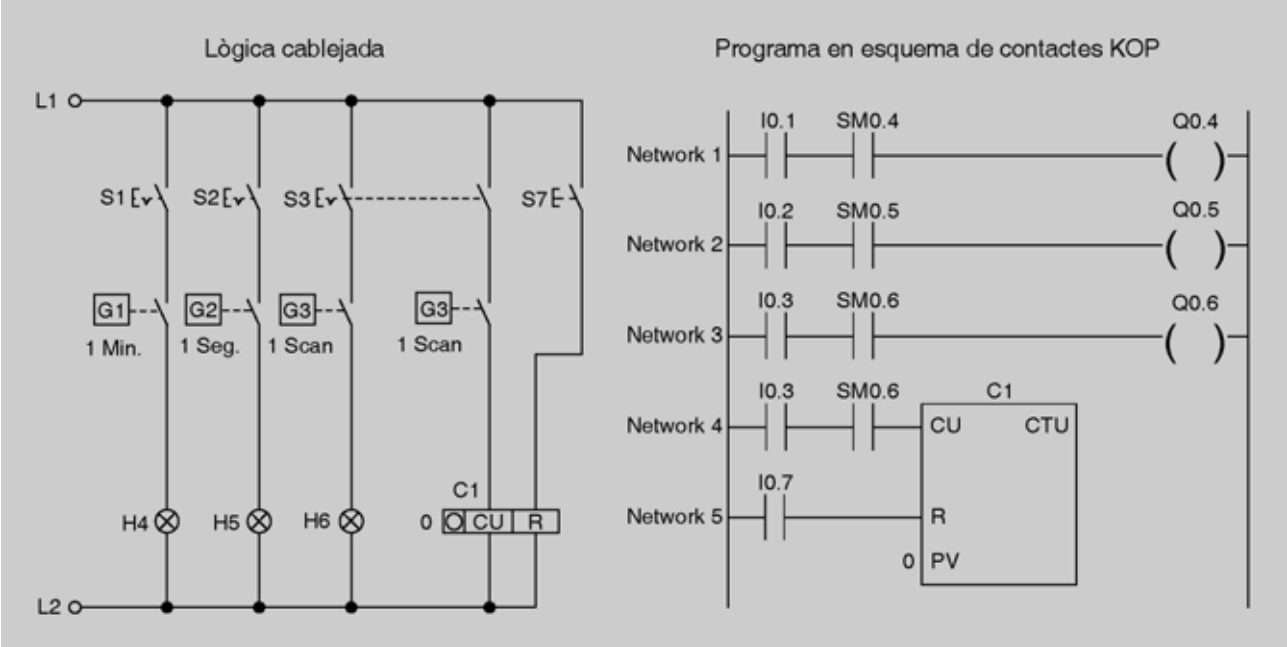
El funcionament del programa és el següent:

- Els contactes de les marques especials generen els polsos corresponents de manera automàtica quan el PLC està en mode *run*.

- Quan connecteu l'entrada I0.1 funcionarà de manera intermitent la sortida Q0.4 a través de SM0.4 i, per tant, veureu que genera un pols cada minut, en el qual està 30 s activada i 30 s desactivada.
- Amb I0.2 funcionarà de manera intermitent la sortida Q0.5 amb un pols que dura 1 s.
- Amb I0.3 funcionarà de manera intermitent la sortida Q0.6 i estarà 1 *scan* activada i un altre desactivada, i el comptador C1 incrementarà el seu valor cada dos *scan*.
- Amb l'entrada I0.7 es posa a zero el comptador.

Ara feu l'activitat "Generadors d'impulsos", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 44. Generadors d'impulsos



3.3.2. Funcions especials

Tots els autòmats tenen moltes funcions especials; d'aquestes en destaquem dues, que corresponen als multivibradors monoestables, i que en l'autòmat S7-200 de Siemens envien els senyals mitjançant els registres interns SM, que són:

- SM0.0: registre intern, que sempre té valor 1.
- SM0.1: es posa a 1 durant 1 *scan* sempre que el PLC passa de *stop* a *run*.

El temps de *scan* d'un programa normal d'un PLC pot ser de 30 ms.

La funció que fa el registre intern SM0.0 és molt útil quan es necessita fer un pont a un element que està avariat, connectant un contacte de SM0.0 en paral·lel amb aquest element, o quan interessa que una bobina no funcioni per fer tasques de manteniment, connectant un contacte negat de SM0.0 en sèrie amb la bobina.

El contacte negat del registre SM0.0 sempre tindrà valor 0.

En la figura 45 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a un circuit en què s'utilitzen les dues funcions especials.

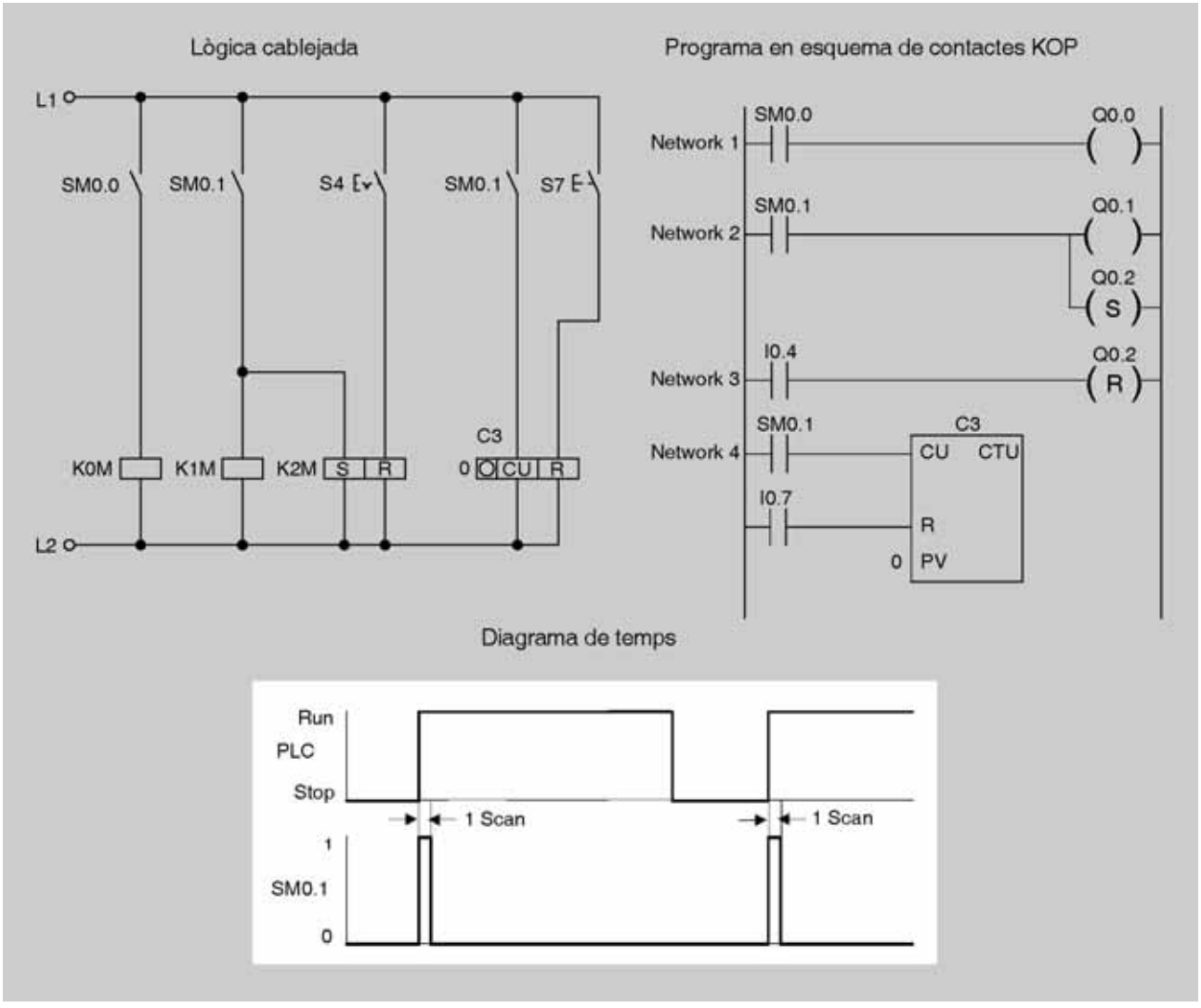
El registre SM0.1 s'utilitza per inicialitzar dades cada cop que es posa l'autòmat en *Run*. Aquesta és una opció molt interessant, per exemple per carregar valors de temporitzadors o comptadors amb preselecció en un procés, o per posar els comptadors sense preselecció a zero.

El funcionament del programa és el següent:

- La sortida Q0.0 està connectada permanentment, ja que el contacte SM0.0 sempre està a 1.
- En el *network* 2 el contacte SM0.1 es posarà a 1 durant 1 *scan* i activarà les sortides Q0.1 i Q0.2. La Q0.1 es connectarà només durant 1 *scan* i la Q0.2, com que està programada mitjançant la instrucció *set*, romandrà connectada fins que es doni l'ordre de *reset* programada en el *network* 3.
- En el *network* 4, el comptador C3 comptarà les vegades que el PLC es posa a *run* mitjançant el contacte SM0.1 connectat a l'entrada CU.

Ara feu l'activitat "Programació SM0.0 i SM0.1", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 45. Programació SM0.0 i SM0.1



3.4. Programació estructurada

El programa de l'autòmat programable corresponent al procés d'automatització d'una instal·lació es pot executar de manera lineal o estructurada.

- **Programació lineal**. Tot el programa està escrit en un únic bloc, de manera que el microprocessador del PLC, quan executa el programa, llegeix totes les instruccions programades.
- **Programació estructurada**. El programa està dividit en parts, de manera que el microprocessador del PLC, quan executa el programa, llegeix les parts del programa que en aquell moment han d'intervenir en el funcionament de la instal·lació.

En una instal·lació petita no és gaire important el nombre d'instruccions que ha de llegir la CPU en l'execució del programa, però en una de gran heu de tenir en compte que el temps de cicle augmenta en funció del nombre d'instruccions i, per tant, si hi ha parts del programa que no estan actives, no cal que la CPU dediqui temps a llegir-les. Per exemple, imagineu una instal·lació que ha de treballar en manual i en automàtic; és clar que quan col·loqueu el selector en manual, no circula corrent pel circuit d'automàtic i a l'inrevés i, per tant, quan la CPU llegeix el programa corresponent al funcionament en manual no és necessari que llegeixi les instruccions corresponents al funcionament en automàtic.

Els elements més comuns a l'hora de fer una programació estructurada són els **salts** i les **subrutines**.

3.4.1. Instruccions de salt

Les instruccions de salt permeten interrompre l'execució lineal del programa i continuar en un punt diferent. Estan sempre associades a una etiqueta, anomenada normalment **meta**, i es poden realitzar cap endavant o cap endarrere, però sempre dintre del mateix bloc. L'autòmat S7-200 de Siemens identifica la instrucció d'inici del salt amb les sigles *JMP*, i la de la destinació del salt o meta amb LBL, i relaciona les dues instruccions amb un nom que pot estar format per lletres o xifres amb un màxim de quatre dígits.

No es pot programar un salt en un bloc i la meta en un altre bloc del programa.

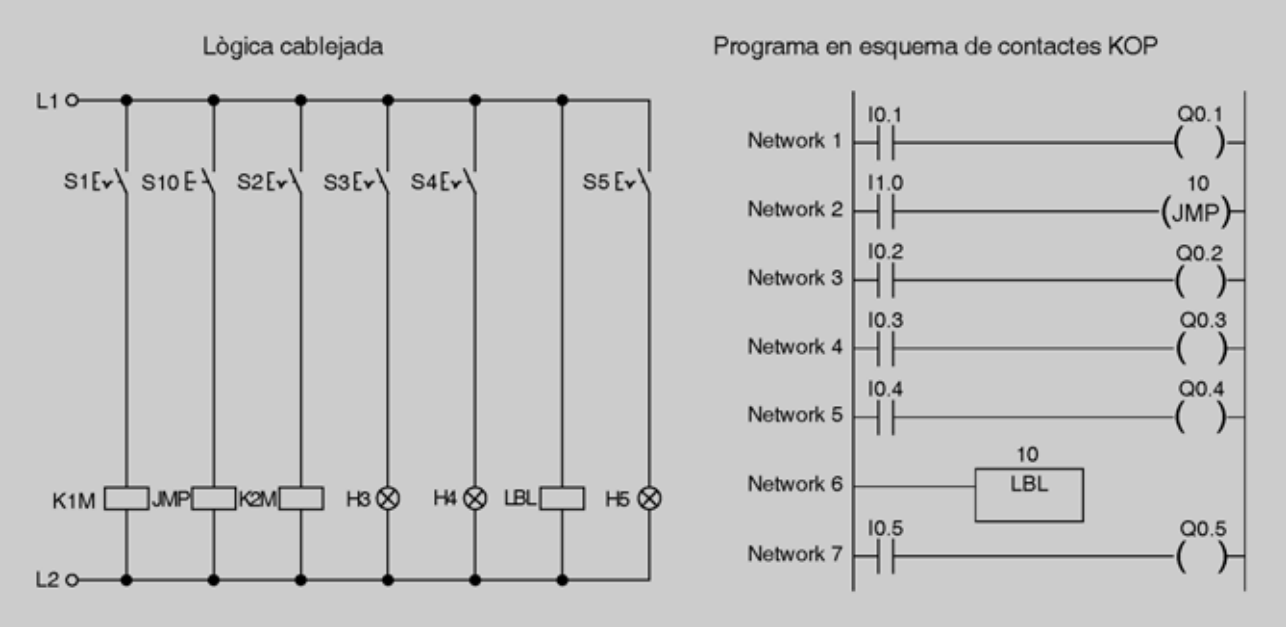
Els salts poden ser condicionals o incondicionals, i els primers només s'executen si es compleix la condició de salt, com, per exemple, que un contacte estigui accionat, mentre que els segons s'executen sempre que la CPU llegeix la instrucció.

Instruccions de salt

Les instruccions JMP i LBL les trobareu en la icona *Control de programa* del menú de navegació del programari MicroWin.

En la figura 46 podeu veure l'esquema de lògica cablejada i el programa en esquema de contactes corresponent a un circuit en què, en funció de l'estat de l'entrada I1.0, la CPU de l'autòmat no llegirà les instruccions corresponents als *networks* 3, 4 i 5.

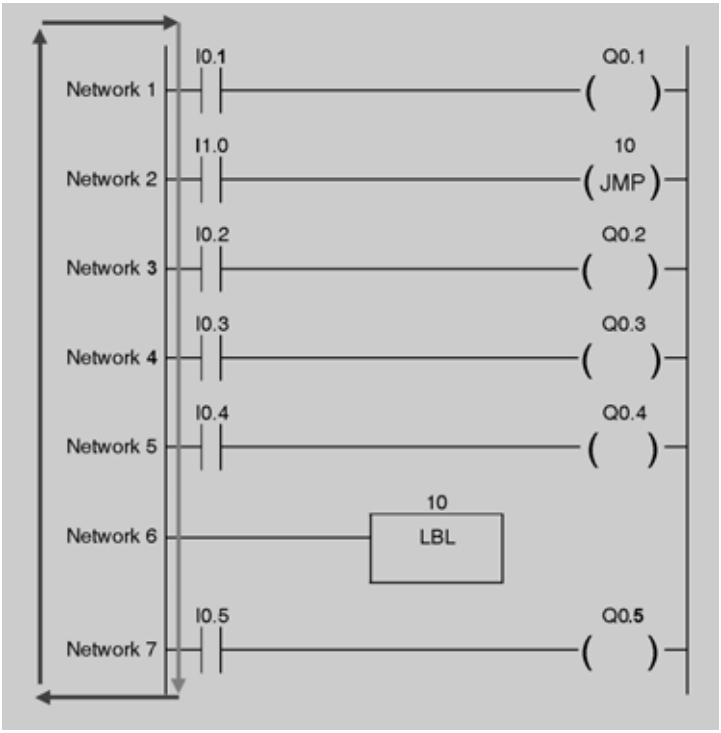
Figura 46. Salt condicional



Que la CPU **no llegeix les instruccions** vol dir que no executa les operacions programades i, per tant, encara que es connectin les entrades que han d'activar una sortida, aquesta no es connectarà.

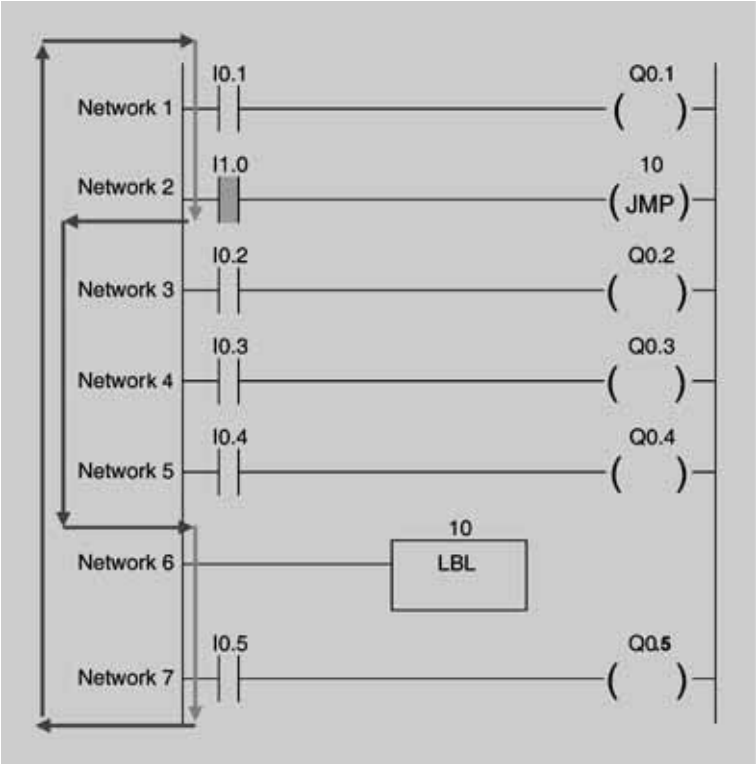
En la figura 47 teniu representat com llegiria la CPU el programa si l'entrada I1.0, que és la condició de salt, estigués a 0. Podeu veure que s'executen les instruccions de tots els *networks* i, per tant, es poden accionar totes les sortides programades mitjançant les entrades corresponents.

Figura 47. Lectura del programa sense execució del salt



En la figura 48 teniu representat com llegiria la CPU el programa si l'entrada I1.0 estigués a 1; observeu que les instruccions corresponents als *networks* 3, 4 i 5 no s'executen, ja que la CPU salta del *network* 2 al 6.

Figura 48. Lectura del programa amb execució de salt



Quan una instrucció no s'executa, no vol dir que no funcioni, sinó que com que la CPU no llegeix la instrucció, no assigna cap valor a les sortides i, per tant, aquestes mantindran el valor que tenien abans de l'execució del salt.

Ara feu l'activitat "Salt condicional", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Mirant la figura 48 podeu comprovar, que mentre s'executa el salt, si poseu a 1 les entrades I0.2, I0.3 o I0.4, no es connectaran les sortides Q0.2, Q0.3 i Q0.4.

3.4.2. Subrutines

Tots els autòmats disposen de diferents blocs per introduir els programes. L'autòmat S7-200 de Siemens, igual que la majoria d'autòmats, els anomena **subrutines**. Es pot dividir el programa en parts i programar cada part en una subrutina diferent, per simplificar-ne l'execució.

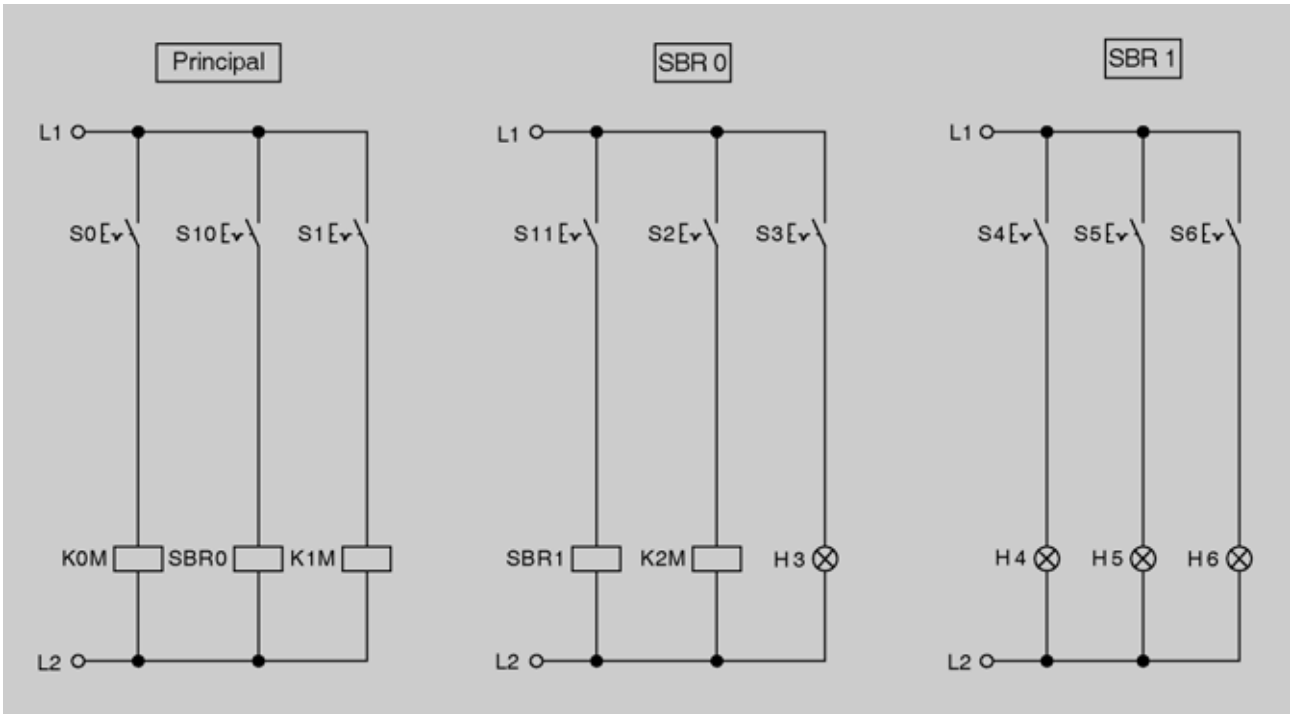
Hi ha diferents tipus de subrutines; les més comunes són les destinades a la introducció dels programes normals per part de l'usuari, però n'hi ha d'altres, com les **subrutines de sistema**, que estan creades pel fabricant

per a tasques concretes, o **subrutines d'interrupció**, que s'executen fora del cicle normal de funcionament quan es produeix algun esdeveniment concret, etc. Però per moltes subrutines que tingui un PLC, la CPU només en llegeix una, que és la **subrutina principal**, i que cada fabricant d'autòmats l'anomena de manera diferent; la resta de subrutines s'han de cridar mitjançant alguna instrucció perquè s'executin.

La instrucció més freqüent per fer la crida a una subrutina és *call*.

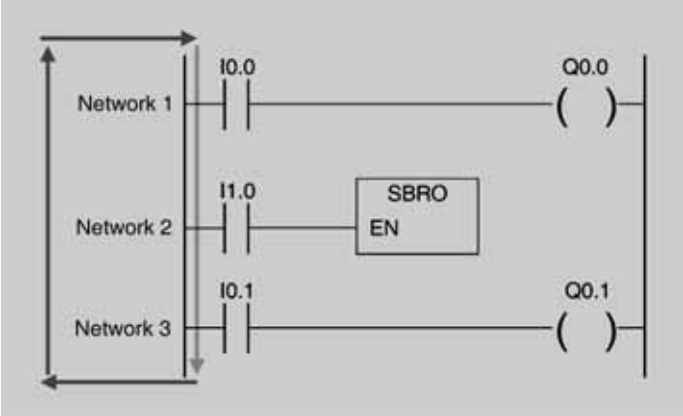
En la figura 49 podeu veure l'esquema de lògica cablada en esquema de contactes corresponent a un circuit que està dividit en tres parts: una corresponent als contactors K0M i K1M, que està programat a la subrutina principal i que, per tant, funcionaran sempre; una altra part, corresponent al contactor K2M i a la bombeta H3, programada a la subrutina 0, i que només funcionaran quan es cridi aquesta subrutina des de la principal mitjançant l'interruptor S10; i una altra part, programada en la subrutina 1 corresponent a les bombetes H4, H5 i H6, que només funcionaran quan aquesta subrutina sigui cridada des de la subrutina 0 mitjançant l'interruptor S11.

Figura 49. Programació en diferents subrutines



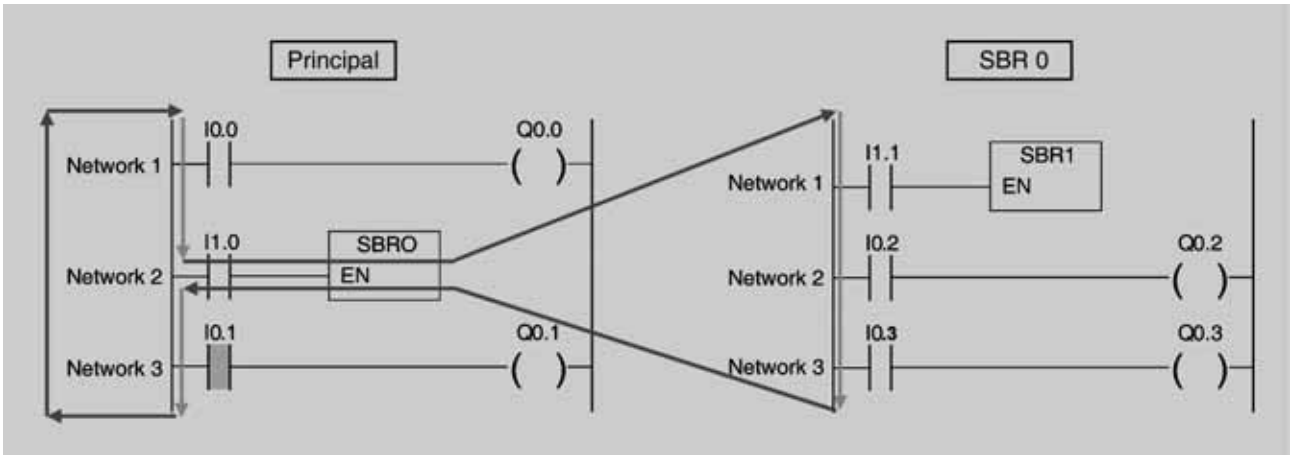
En la figura 50 podeu veure l'execució del programa si l'entrada I1.0 està oberta (a zero); per tant, no es fa la crida de la subrutina 0. Observeu que només s'executen les instruccions corresponents als *networks* 1, 2 i 3 de la subrutina principal. Per tant, amb les entrades I0.0 i I0.1 es poden connectar les sortides Q0.0 i Q0.1, respectivament.

Figura 50. Execució del programa amb l'entrada I1.0 = 0



En la figura 51 podeu veure l'execució del programa si l'entrada I1.0 està activada (està a 1); per tant, crida la subrutina 0 i s'executen les instruccions programades a les subrutines principal i SBR0. Observeu l'ordre en què la CPU executa les instruccions: comença el cicle en la principal, llegeix els *networks* 1 i 2 i des d'aquest últim salta a la subrutina 0, la llegeix sencera i torna a la principal al *network* 3, que és la instrucció següent des de la qual havia fet el salt.

Figura 51. Execució del programa amb l'entrada I1.0 = 1 i I1.1 = 0



En la figura 52 podeu veure l'execució del programa si les entrades I1.0 i I1.1 estan activades; per tant, ara sí que s'executen totes les instruccions de totes les subrutines.

En la taula 13 es mostra l'ordre en què la CPU de l'autòmat programable executa les instruccions corresponents al programa de la figura 52 quan estan accionades les entrades I1.0 i I1.1.

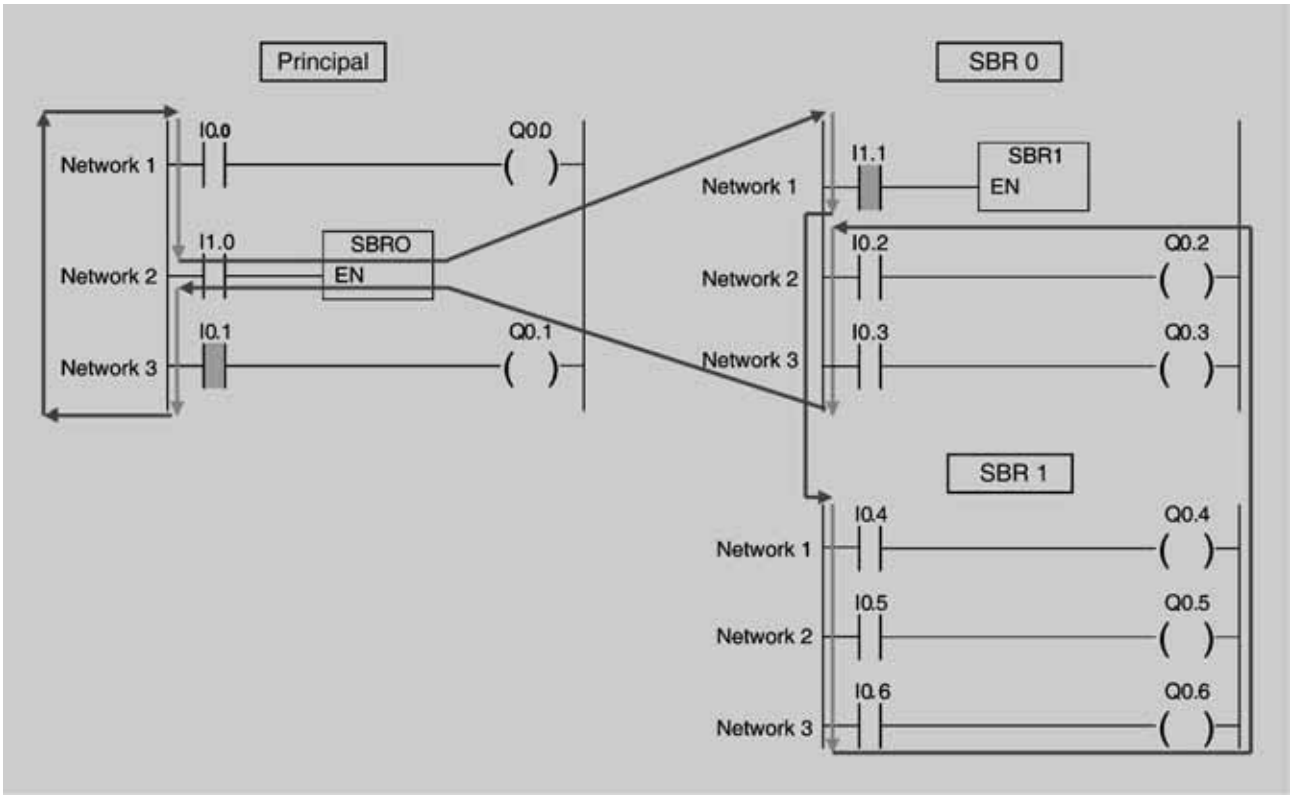
Ara feu l'activitat "Programació en diferents subrutines", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Taula 13. Ordre d'execució d'instruccions amb crides condicionals a subrutines

Subrutina	*Network*
Principal	1
Principal	2

Subrutina	*Network*
O	1
1	1
1	2
1	3
0	2
0	3
Principal	3
Principal	1

Figura 52. Execució del programa amb l'entrada I1.0 = 1 i I1.1 = 1



Automatització programable

Lluís Martínez Novoa

Automatismes industrials

Índex

Introducció 5

Resultats d'aprenentatge 7

1. Instal·lacions d'automatismes programables industrials aplicats a motors 9
1.1. Automatismes programables amb motors de corrent altern 9
1.1.1. Comprovació del funcionament de circuits amb automatismes amb la maqueta PC_SIMU 11
1.1.2. Connexions d'entrades i sortides 16
1.2. Inversió de gir d'un motor III passant per zero 18
1.3. Inversió de gir d'un motor III sense passar per zero 19
1.4. Arrencada d'un motor III temporitzat a la connexió 20
1.5. Arrencada d'un motor III temporitzat a la desconnexió 21
1.6. Arrencada d'un motor III en estrella-triangle 22
1.7. Arrencada d'un motor III en estrella-triangle amb inversió del sentit de gir 23
1.8. Arrencada d'un motor III mitjançant resistències rotòriques 24
1.9. Arrencada d'un motor III mitjançant resistències rotòriques i amb inversió del sentit de gir 26
1.10.Arrencada d'un motor Dahlander 27
1.10.1.Inversió del sentit de gir d'un motor Dahlander 28

2. Programació mitjançant Grafcet d'instal·lacions automatitzades controlades per autòmats programables 29
2.1. Representació del Grafcet 30
2.1.1. Nivells del Grafcet 31
2.1.2. Etapes del Grafcet 32
2.1.3. Transicions del Grafcet 32
2.1.4. Receptivitats del Grafcet 33
2.1.5. Línies d'unió 34
2.1.6. Regles d'evolució 35
2.1.7. Accions associades a etapes 37
2.2. Estructures bàsiques del Grafcet 39
2.2.1. Seqüència única 39
2.2.2. Selecció de seqüència 40
2.2.3. Salts d'etapes 40
2.2.4. Seqüències simultànies 42
2.3. Implementació del Grafcet 42

2.3.1. Esquema d'activació d'etapes del Grafcet 43
2.3.2. Esquema d'activació d'accions 49
2.3.3. Implementació d'estructures bàsiques del Grafcet 52

3. Disseny i posada en marxa de programes amb PLC per a la detecció i diagnosi d'avaries 63
3.1. Tipus de manteniment de les instal·lacions 63
3.1.1. Manteniment preventiu 63
3.1.2. Manteniment predictiu 63
3.1.3. Manteniment correctiu 64
3.2. Avaries en els autòmats programables 64
3.2.1. Causes externes de les avaries 64
3.2.2. Causes internes de les avaries 66
3.3. Programes per detectar avaries en el funcionament d'una instal·lació d'automatisme 67
3.3.1. Actuador que pot fer dos moviments 67
3.3.2. Actuador que inicia un moviment 68
3.3.3. Element que té diversos punts d'aturada 69
3.3.4. Confirmació de senyal 70
3.3.5. Utilització d'un contacte del preactuador 72
3.3.6. Predeterminació del temps d'execució 72
3.3.7. Pèrdua de tensió 74
3.3.8. Pèrdua de pressió d'aire 74
3.3.9. Dispositius d'aturada 74
3.3.10.Dispositius d'emergència 75
3.4. Grafcet per al tractament d'avaries 76
3.4.1. Modificació Grafcet per detectar avaria en un sensor 79
3.4.2. Modificació per detectar una avaria en l'evolució d'un Grafcet 80
3.4.3. Modificació de Grafcet per aturar la màquina en un estat determinat 81
3.5. Guia GEMMA 82
3.5.1. Grup F. Procés de funcionament 85
3.5.2. Grup A. Procediments d'aturada 86
3.5.3. Grup D. Procés en defecte 87
3.6. Implementació de la guia GEMMA 87
3.6.1. Estat A1. Aturada en l'estat inicial 90
3.6.2. Estat F1. Producció normal 90
3.6.3. Estat A2. Aturada demanada a final de cicle 91
3.6.4. Estat D3. Producció malgrat els defectes 92
3.6.5. Estat F2. Marxa de preparació 93
3.6.6. Programa de la guia GEMMA 94

Introducció

Els autòmats programables, des que van aparèixer l'any 1968 com els substituts dels armaris de relés, han evolucionat i s'han convertit en elements indispensables en el control de totes les instal·lacions automatitzades per la seva fiabilitat, facilitat d'utilització i la informació que faciliten mitjançant els sistemes de visualització i control de les instal·lacions.

La unitat "Instal·lacions automatitzades" està dissenyada per estudiar com es poden convertir els esquemes bàsics d'automatització en programes per als autòmats programables, mantenint la seguretat en les instal·lacions i millorant els sistemes de control.

La unitat "Instal·lacions automatitzades" està temporitzada dintre del mòdul, de manera que abans s'han tractat tots els aspectes relatius als sistemes de comandament i regulació fets de manera convencional mitjançant motors elèctrics i cilindres electropneumàtics, i que serviran de base per entendre'n millor el control des dels autòmats programables.

En l'apartat "Instal·lacions d'automatismes programables aplicats a motors", es descriuen els circuits de potència i comandament corresponents a l'arrencada de diferents tipus de motors de corrent altern, s'especifica com cal fer les connexions de tots els elements que intervenen en el circuit, a les entrades i sortides de l'autòmat programable, i s'estudia com es pot convertir l'esquema de comandament en un programa per controlar la instal·lació des d'un autòmat programable. Amb la posada en marxa des dels PLC d'aquests programes, es comproven els avantatges de la utilització dels autòmats programables en les instal·lacions automatitzades.

En l'apartat "Programació mitjançant Grafcet de processos seqüencials controlats per autòmats programables", s'analitzen les normes del diagrama funcional Grafcet, les diferents estructures que pot tenir un Grafcet per representar el funcionament d'instal·lacions automatitzades i com es poden convertir aquests diagrames de funcionament en circuits elèctrics que es puguin traduir en programes per al control des dels autòmats programables.

Finalment, en l'apartat "Disseny i posada en marxa de programes amb autòmats programables per a la detecció i diagnosi d'avaries" s'estudia la normativa de protecció i seguretat en automatismes i els circuits elèctrics que es poden programar amb els autòmats programables per dur a terme les tasques de manteniment i localització d'avaries en instal·lacions auto-

matitzades controlades per motors elèctrics i cilindres electropneumàtics.

Per treballar els continguts d'aquesta unitat, és convenient fer les activitats i els exercicis d'autoavaluació i consultar els recursos multimèdia.

Resultats d'aprenentatge

En acabar la unitat, heu de ser capaços del següent:

1. Elaborar el quadern de càrregues d'un automatisme a partir de les especificacions funcionals sol·licitades.

2. Seleccionar la solució més adient, mitjançant un sistema programable o no programable, per a cada aplicació que s'ha d'automatitzar, a partir de les seves característiques.

3. Elaborar diagrames de seqüències de controls automàtics programables amb metodologia Grafcet o diagrames de flux.

4. Codificar programes de control en algun llenguatge (contactes, llista d'instruccions i altres), a partir de les especificacions de projecte i diagrames de seqüències.

5. Posar a punt el conjunt equip-programa dins del sistema en què hagi de funcionar, mitjançant proves funcionals especificades en la documentació de projecte.

6. Verificar el correcte funcionament del quadre de comandament connectat al sistema controlat, mitjançant proves funcionals especificades en documentació de projecte.

7. Identificar els efectes de disfuncions i avaries en instal·lacions automàtiques.

8. Relacionar cada part de les instal·lacions automàtiques amb les funcions que duen a terme i els efectes observables en cas de mal funcionament.

1. Instal·lacions d'automatismes programables industrials aplicats a motors

En tots els processos industrials les accions que executen els diferents mecanismes per fabricar o manipular un producte les fan els actuadors, que bàsicament són motors elèctrics o cilindres.

De motors n'hi ha de moltes classes,...

... però els més utilitzats són els motors trifàsics de corrent altern, i de cilindres us podeu trobar els pneumàtics, que funcionen amb aire, i els hidràulics, que funcionen amb oli.

Aquests actuadors es poden utilitzar amb automatismes cablejats o programats. Els circuits de control són molt semblant, però a l'hora de fer els programes amb un autòmat programable, s'han de tenir en compte alguns detalls, ja que l'autòmat no té components electromecànics i els canvis d'estat es produeixen molt ràpidament, normalment en mil·lisegons, a diferència dels relés i la resta de components electromecànics, que per la inèrcia i les característiques mecàniques triguen una mica més. Això farà que en automatismes programables, en què sigui important que dos preactuadors no puguin funcionar a la vegada com és el cas dels dos contactors d'una inversió de gir d'un motor, s'hagin de posar enclavaments mecànics i elèctrics per garantir la seguretat.

1.1. Automatismes programables amb motors de corrent altern

Per controlar un motor des d'un autòmat programable, el primer que s'ha de fer és connectar al PLC tots els elements que intervenen en el procés, i s'hauran de connectar com a entrades o com a sortides; els més freqüents en instal·lacions petites són:

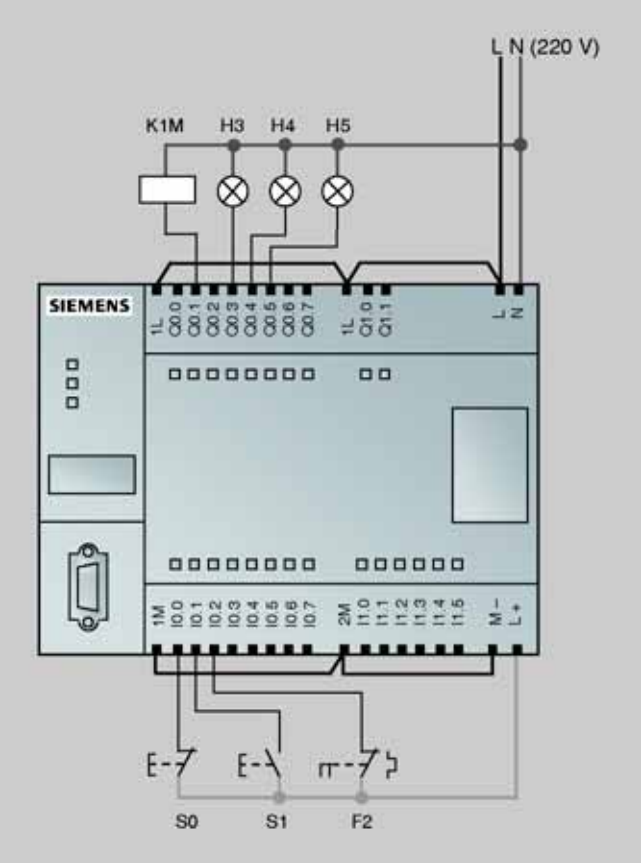
- Entrades: polsadors, selectors, detectors, contactes auxiliars de tèrmics i disjuntors, etc.
- Sortides: contactors, electrovàlvules, pilots, sirenes, etc.

En la figura 1 podeu veure les connexions de tots els elements que intervenen en el procés d'automatització que podeu simular amb la maqueta de la figura 2 del programari PC_SIMU. Fixeu-vos que els contactes del polsador d'aturada i el tèrmic són contactes normalment tancats NC i el del polsador de marxa és normalment obert NO.

Amb el programari PC_SIMU es poden dissenyar processos d'automatització fets amb motors elèctrics i cilindres electropneumàtics.

Quan hi ha un contacte normalment tancat NC connectat a l'entrada d'un PLC, heu de tenir en compte que estant sense activar arriba senyal elèctric al PLC i, per tant, l'entrada corresponent té valor lògic 1 en repòs.

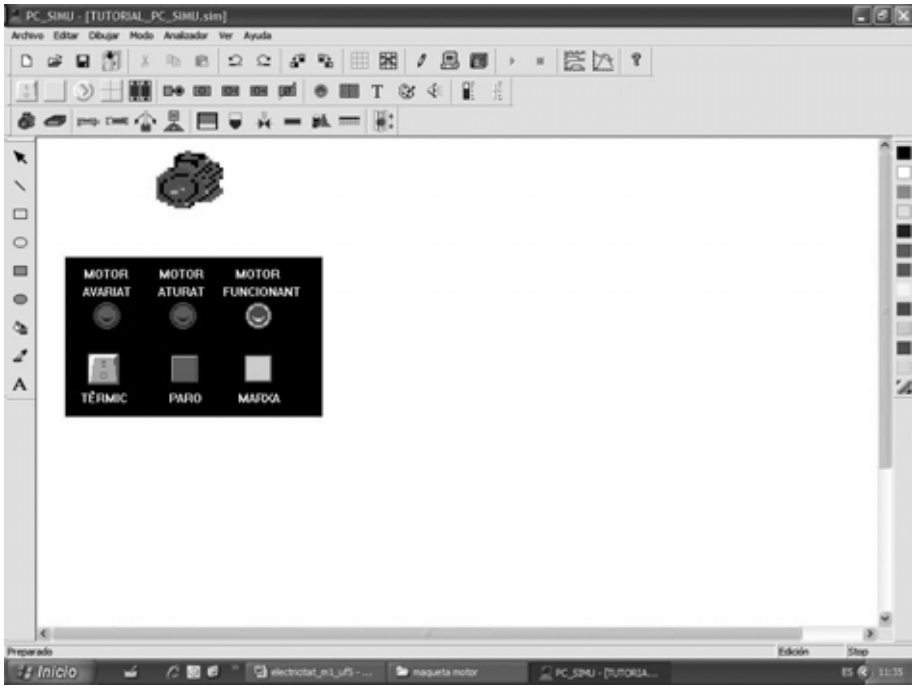
Figura 1. Connexió d'entrades i sortides de la maqueta de la figura 2



En la figura 2 podeu veure la maqueta d'una instal·lació automatitzada molt senzilla (feta amb el programari simulador de maquetes PC_SIMU), formada per un motor amb tres bombetes de senyalització, els polsadors d'aturada i marxa i el relé tèrmic de protecció.

En la secció "Recursos de contingut" del web d'aquest mòdul podeu trobar l'arxiu *maqueta8a.sim* corresponent al disseny de la maqueta.

Figura 2. Maqueta del programari PC_SIMU per a motors



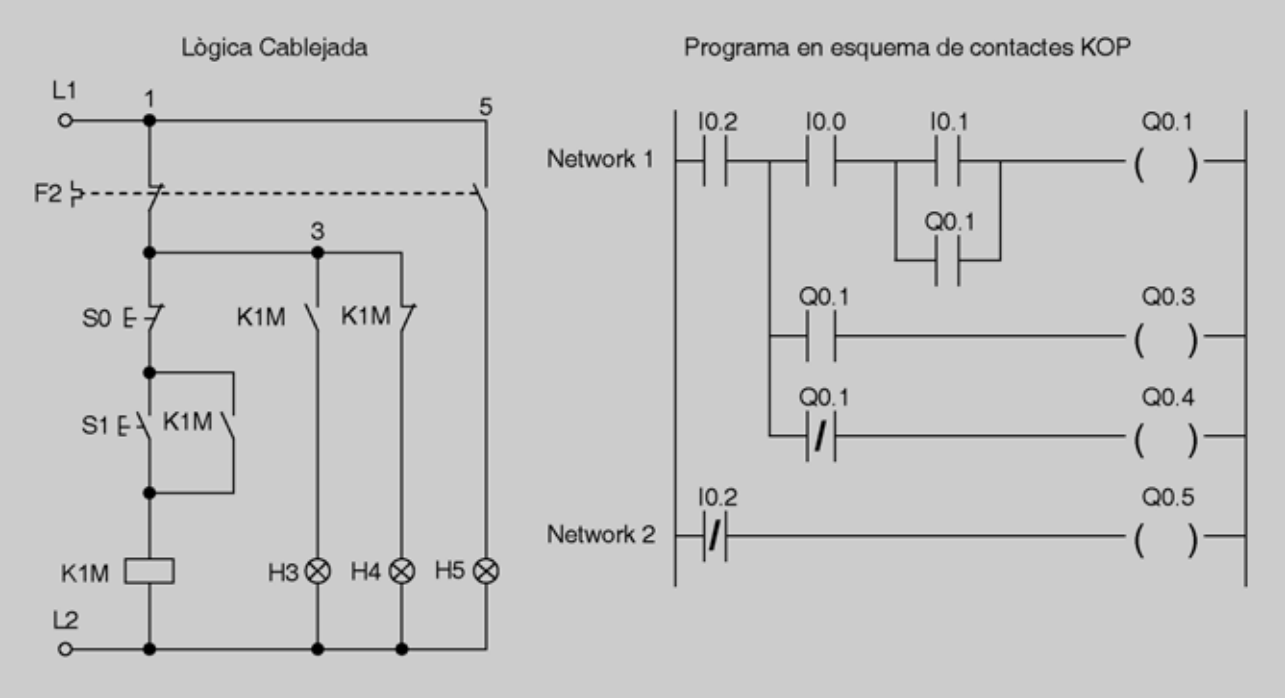
El programari simulador de maquetes PC_SIMU el trobareu a l'espai de l'"Aula".

1.1.1. Comprovació del funcionament de circuits amb automatismes amb la maqueta PC_SIMU

Abans de carregar els programes dels PLC a la instal·lació real és convenient comprovar-ne el funcionament. Això es pot fer de diverses maneres: quan es vol provar el programa per parts el que s'acostuma a fer és carregar el programa a un PLC que tingui uns interruptors connectats simulant les entrades, però quan es vol provar tot el programa i fer-ho de manera que s'aproximi al funcionament real de la instal·lació, la manera més segura és utilitzar programaris de simulació, el PC_SIMU és un d'aquests programaris que destaca per la facilitat d'ús.

Podeu comprovar el funcionament de programes fets amb el programari MicroWin corresponents a instal·lacions automàtiques simulant els procés amb maquetes dissenyades amb el programari PC_SIMU. En la figura 3 teniu l'esquema de lògica cablada i el programa en esquemes de contactes corresponent a la posada en marxa d'un motor III amb polsadors de marxa-aturada i protecció contra sobreintensitat mitjançant relé tèrmic amb bombetes de senyalització de motor aturat sense avaria, motor en marxa i motor aturat per disparament del tèrmic.

Figura 3. Posada en marxa d'un motor III



Per comprovar el funcionament d'un programa escrit amb el programari MicroWin amb el programari PC_SIMU, heu de seguir el passos següents:

1) Escriptura i arxivament del programa. Escriviu el programa amb el programari MicroWIN i deseu-lo amb l'opció *Exportar*, que el desa en el

format ***.awl**, que és el que accepta el programari S7_200 SIMU (en la figura 4 podeu veure com es fa). Si el deseu amb l'opció *Guardar* ho fa amb el format ***.mwp**, que és per al PLC; d'aquesta manera tindreu el programa corresponent a l'esquema preparat per comprovar el funcionament amb el simulador o directament amb el PLC.

2) Carregar el programa en el programari S7_200 SIMU. Carregueu el programa que voleu provar amb el programari de simulació de l'autòmat programable S7_200 SIMU (en la figura 5 podeu veure com es fa).

Figura 4. Escriptura i arxivament del programa

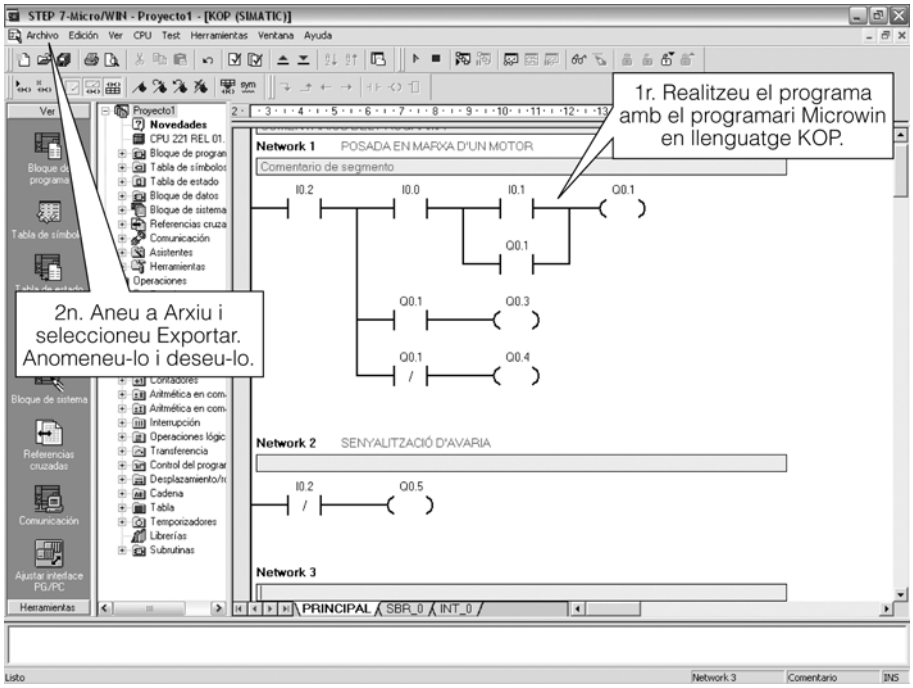
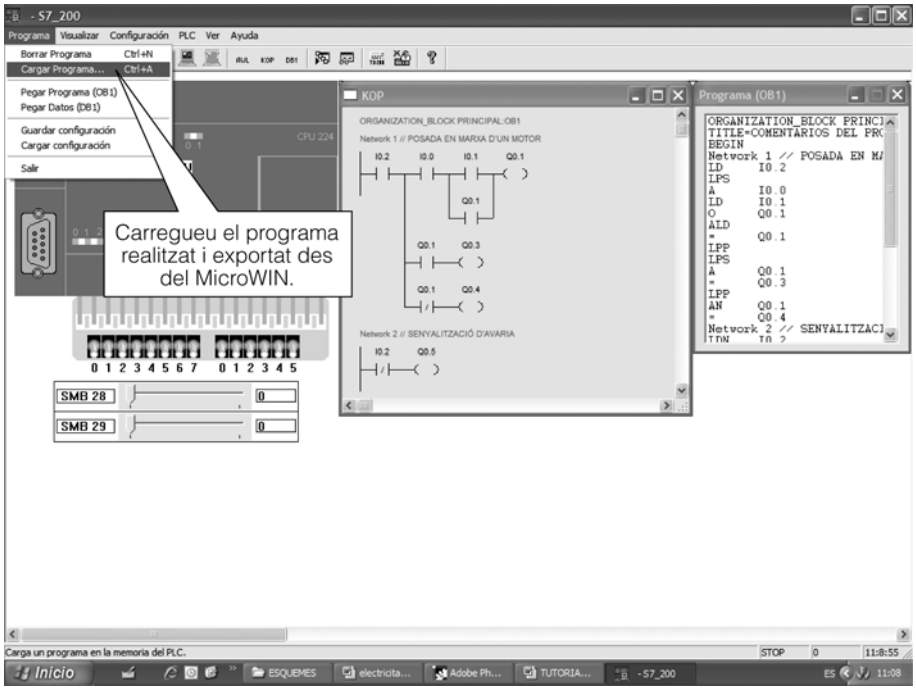


Figura 5. Càrrega de programa des del programari S7_200 SIMU



3) Obrir el programari PC_SIMU. En la figura 6 teniu els arxius del programari PC_SIMU i podeu veure l'arxiu executable, en el qual heu de fer clic perquè arranqui. En la figura 7 teniu la primera pantalla que surt, la de presentació, amb l'acció que heu de fer per continuar, i en la figura 8 teniu la manera d'introduir la clau que demana per poder treballar amb el programari. Aquest programari no és necessari que estigui instal·lat en l'ordinador, els seus arxius poden ser en una carpeta en qualsevol dispositiu d'emmagatzematge i una vegada en marxa podeu dissenyar instal·lacions automatitzades senzilles formades per motors, cilindres, detectors, polsadors, etc.

Figura 6. Arrencada del programari PC_SIMU

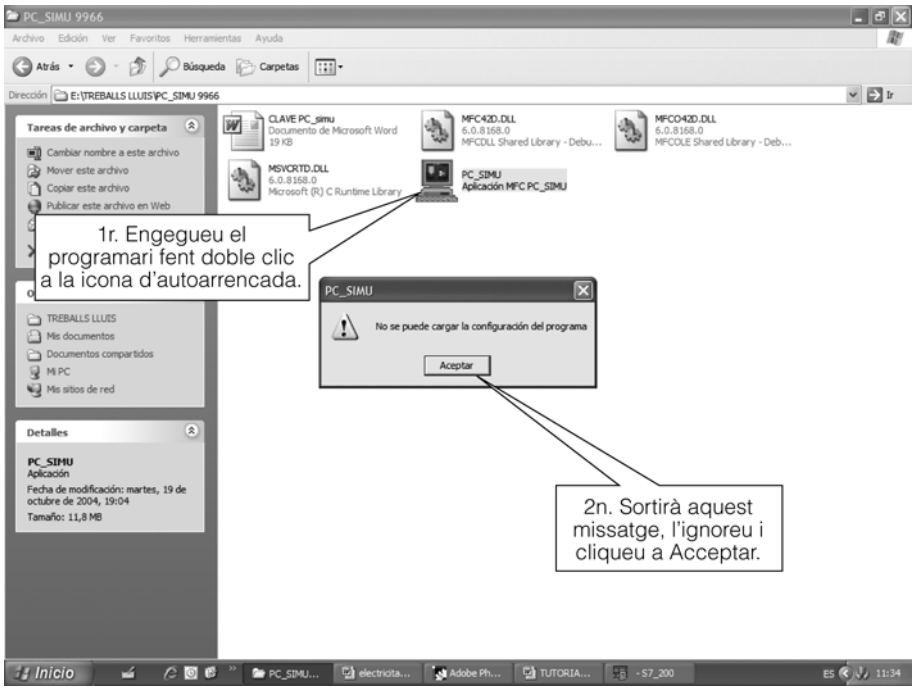


Figura 7. Pantalla de presentació del programari PC_SIMU

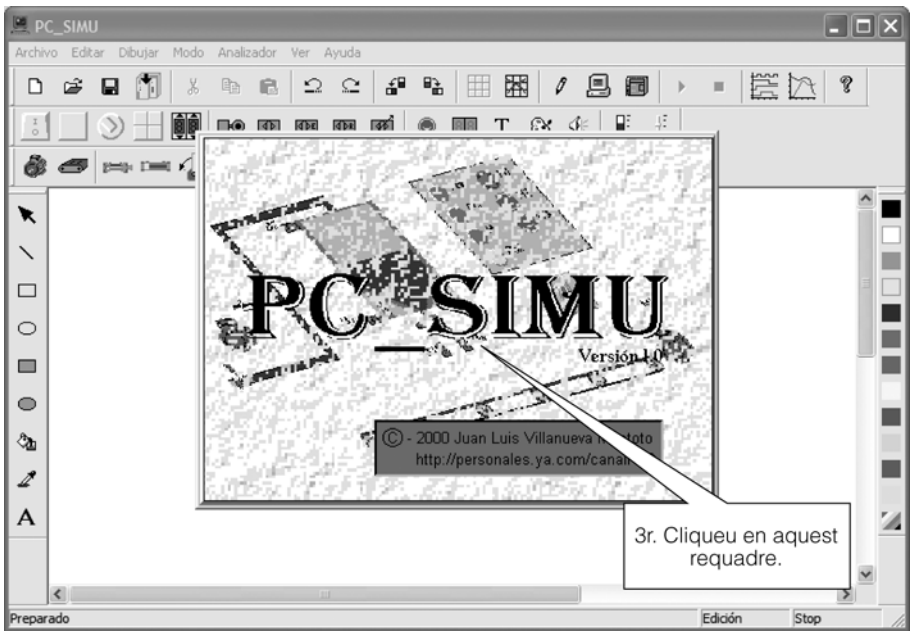
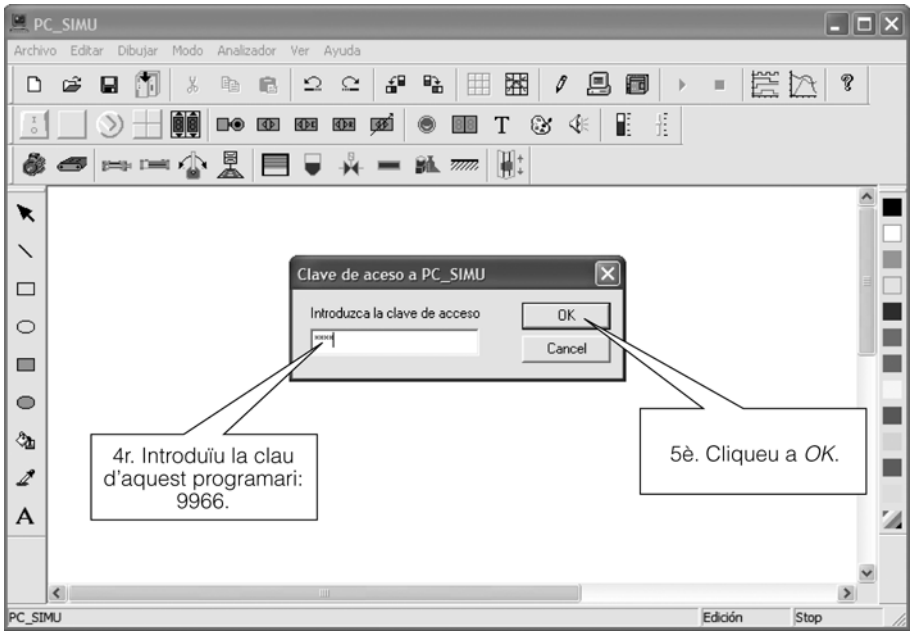
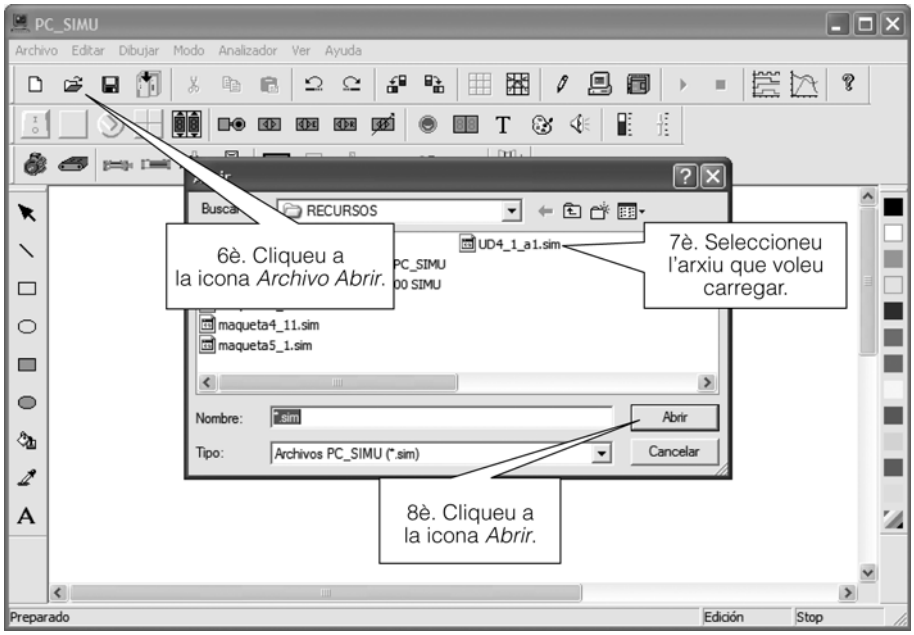


Figura 8. Introducció de la clau del programari PC_SIMU



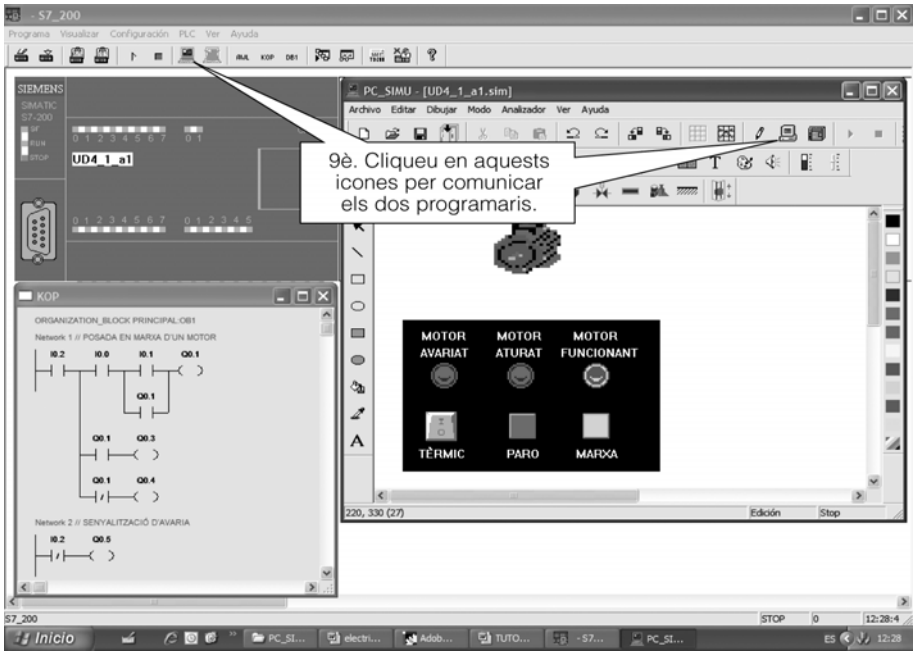
4) Obrir el disseny de la maqueta. Heu de seleccionar l'arxiu de la maqueta que voleu utilitzar per comprovar els programes fets; en la figura 9 teniu representats els passos que heu de seguir.

Figura 9. Selecció de l'arxiu de la maqueta



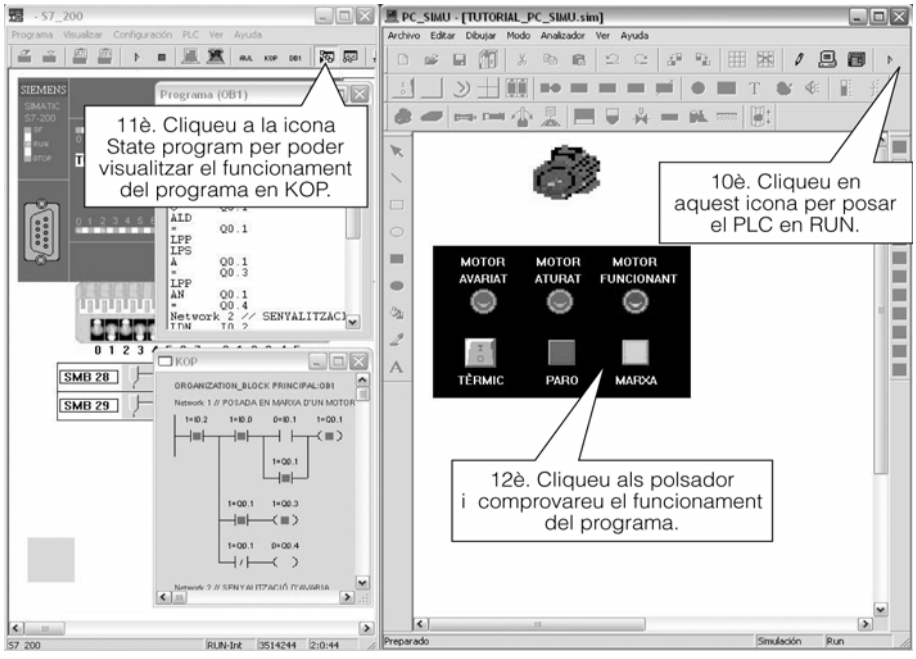
5) Comunicar els programaris S7_200 SIMU i PC_SIMU. Per comunicar els dos programaris, la primera cosa que heu de fer és visualitzar en pantalla el dos programaris amb els arxius corresponents carregats; a continuació moveu les finestres i col·loqueu-les al vostre gust i, per acabar, accioneu les icones corresponents a cada programari per dur a terme la comunicació, de manera que puguin intercanviar les dades entre ells. En la figura 10 teniu representada la manera de fer-ho.

Figura 10. Comunicació dels programaris S7_200 SIMU i PC_SIMU



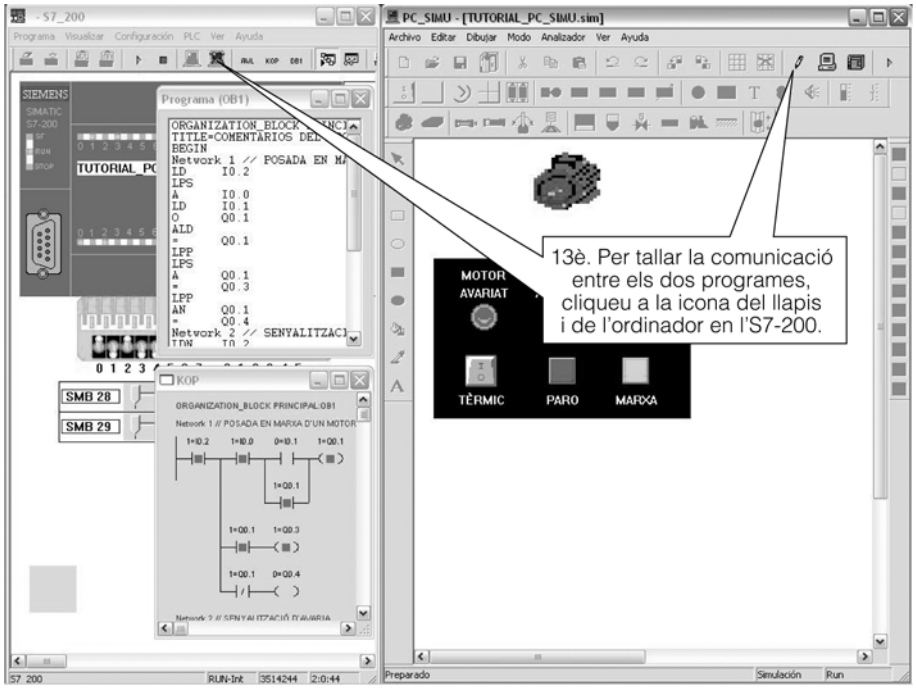
6) Comprovar el funcionament del programa. Per comprovar el funcionament del programa fet amb el programari MicroWin que, una vegada exportat, heu obert amb el simulador d'autòmat programable S7_200 SIMU, amb la maqueta virtual d'una màquina dissenyada amb el programari PC_SIMU, heu de posar el simulador de l'autòmat en *run* des del programari PC_SIMU, i a continuació la maqueta es comporta com la màquina real; teniu els polsadors de marxa i aturada i, si els accioneu, posen en marxa el motor, i es visualitza en la pantalla el gir del motor i l'encesa dels pilots de senyalització. En la figura 11 teniu representades les diferents opcions de posada en marxa de la maqueta.

Figura 11. Posada en marxa de la maqueta



7) Finalització de la comprovació: una vegada realitzada la comprovació del funcionament del programa, heu de tallar la comunicació entre els dos programaris, aquesta operació és necessària per poder editar programes nous (en la figura 12 teniu representat la manera de fer-ho).

Figura 12. Tall de la comunicació entre els programaris S7_200 SIMU i PC_SIMU



Ara feu l'activitat "Posada en marxa d'un motor III", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

1.1.2. Connexions d'entrades i sortides

Tots els models d'autòmats fan la connexió d'entrades i sortides de manera molt semblant: sempre hi ha un fil de línia comú per a totes les entrades o sortides, l'altre fil de línia que alimenta la targeta corresponent d'entrades o sortides i un fil que va de cada sensor o actuador, és a dir, de cada entrada o sortida, a un born de connexió de l'autòmat, que en determina el paràmetre. En la figura 13 teniu un exemple de connexió d'entrades i sortides a un PLC que correspon als elements d'una instal·lació que està simulada en la maqueta representada en la figura 14.

Observeu que hi ha unes bobines que tenen una sèrie de contactes negats d'altres bobines; aquests contactes reben el nom d'**enclavament elèctric**, i es posen per assegurar que dues bobines, normalment de contactors, no puguin funcionar mai a la vegada.

Per evitar possibles curtcircuits, quan dos contactors fan la inversió de gir o l'arrencada estrella-triangle d'un motor, s'utilitzen els enclavaments elèctrics, a més dels enclavaments mecànics.

Figura 13. Connexions d'entrades i sortides d'una instal·lació de motors

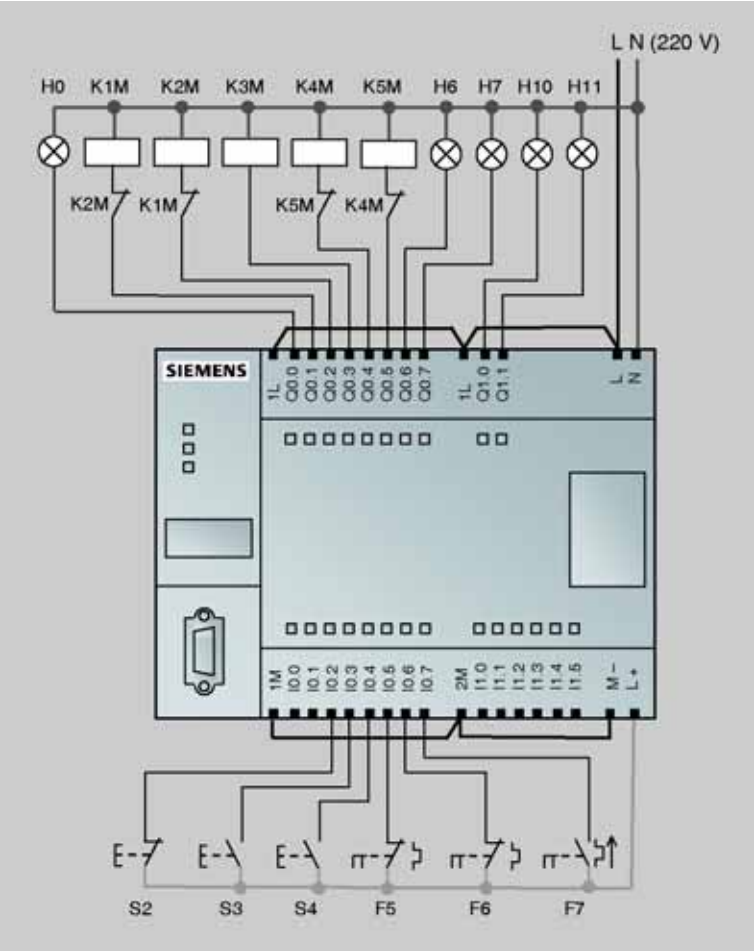
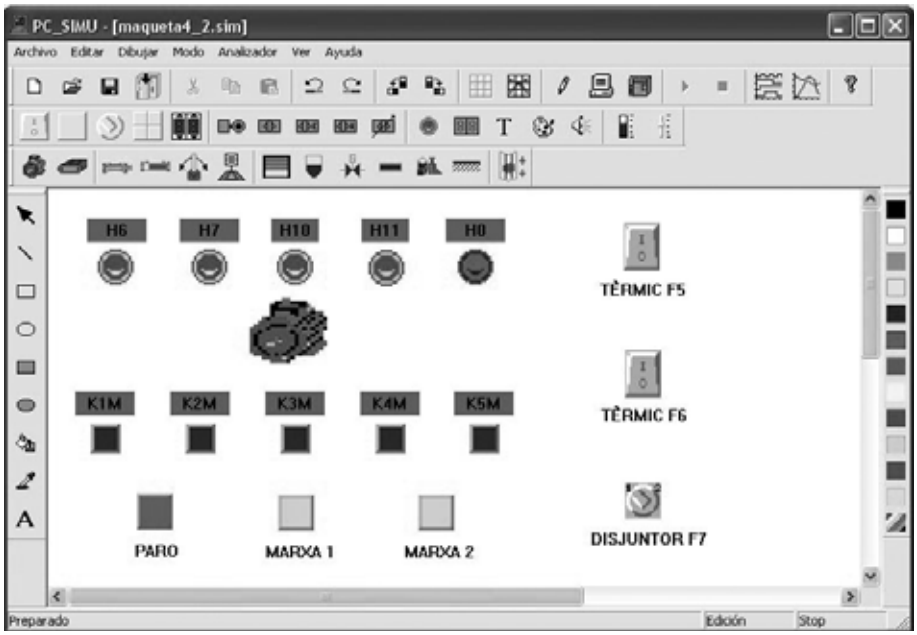


Figura 14. Maqueta d'arrencada de motors



!!

En la secció "Recursos de contingut" del web d'aquest mòdul podeu trobar l'arxiu *maqueta8b.sim*.

!!

El programari simulador de maquetes PC_SIMU el trobareu a l'espai de l"Aula".

En la figura 14 podeu veure el disseny d'una maqueta fet amb el programari PC_SIMU, que conté un motor, una sèrie d'elements de protecció, polsadors i bombetes de senyalització, que són les mateixes que estan connectades al PLC representat en la figura 13; podeu comprovar en la maqueta el funcionament dels programes que feu amb el programari MicroWin.

1.2. Inversió de gir d'un motor III passant per zero

En la figura 15 podeu veure l'esquema de potència i comandament de la posada en marxa d'un motor III amb inversió del sentit de gir sense passar per zero. El programa que s'ha de confeccionar per fer-ne el control des d'un PLC correspon a l'esquema de comandament, i cal destacar el següent:

- Quan dispari el relé tèrmic de protecció F5, obrirà el contacte 95-96 i tallarà el senyal elèctric a tot el circuit de comandament; tancarà el contacte 97-98 i encendrà la bombeta de senyalització H0.
- Quan està en marxa un contactor obre el contacte 21-22 i impedeix que es pugui posar en marxa l'altre contactor.
- El contacte 13-14 de cada contactor realimenta el circuit una vegada que es deixa d'accionar el polsador de marxa.
- Per canviar el sentit de gir del motor, s'ha d'accionar el polsador d'aturada S2 i quan no funciona cap contactor ja es pot donar l'ordre de marxa amb el sentit de gir que es vulgui.
- Els contactes 43-44 de cada contactor accionen una bombeta de senyalització que indica el sentit de gir del motor.
- La bombeta de senyalització H10 s'encén quan no funciona el motor per mitjà dels contactes 31-32 de cada contactor.
- Com que els contactes del tèrmic F5 i del polsador d'aturada S2 connectats al PLC són NC, és a dir, normalment tancats, en repòs l'entrada corresponent té valor lògic 1 i, per tant, els contactes que estan tancats en l'esquema s'han de programar oberts, i els oberts negats.



Ara feu l'activitat "Inversió de gir d'un motor III passant per zero", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 15. Inversió de gir d'un motor III passant per zero

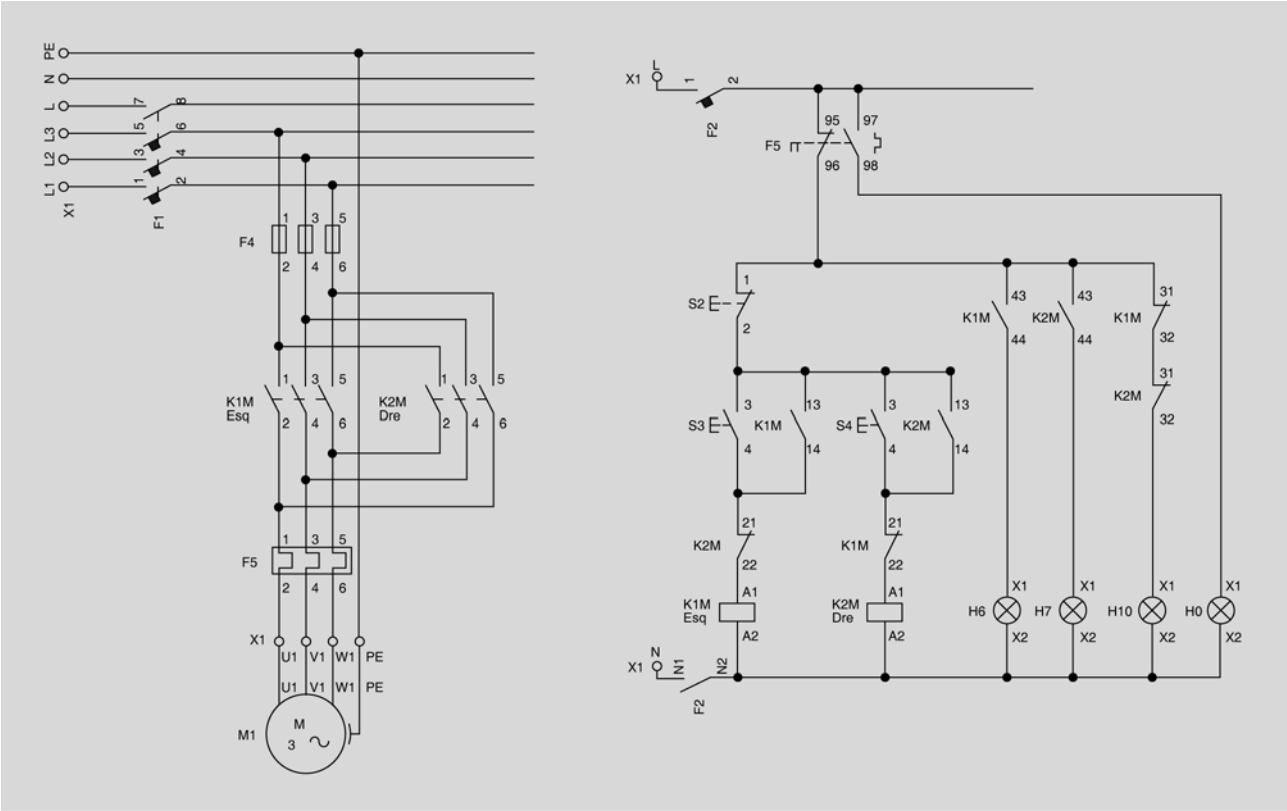
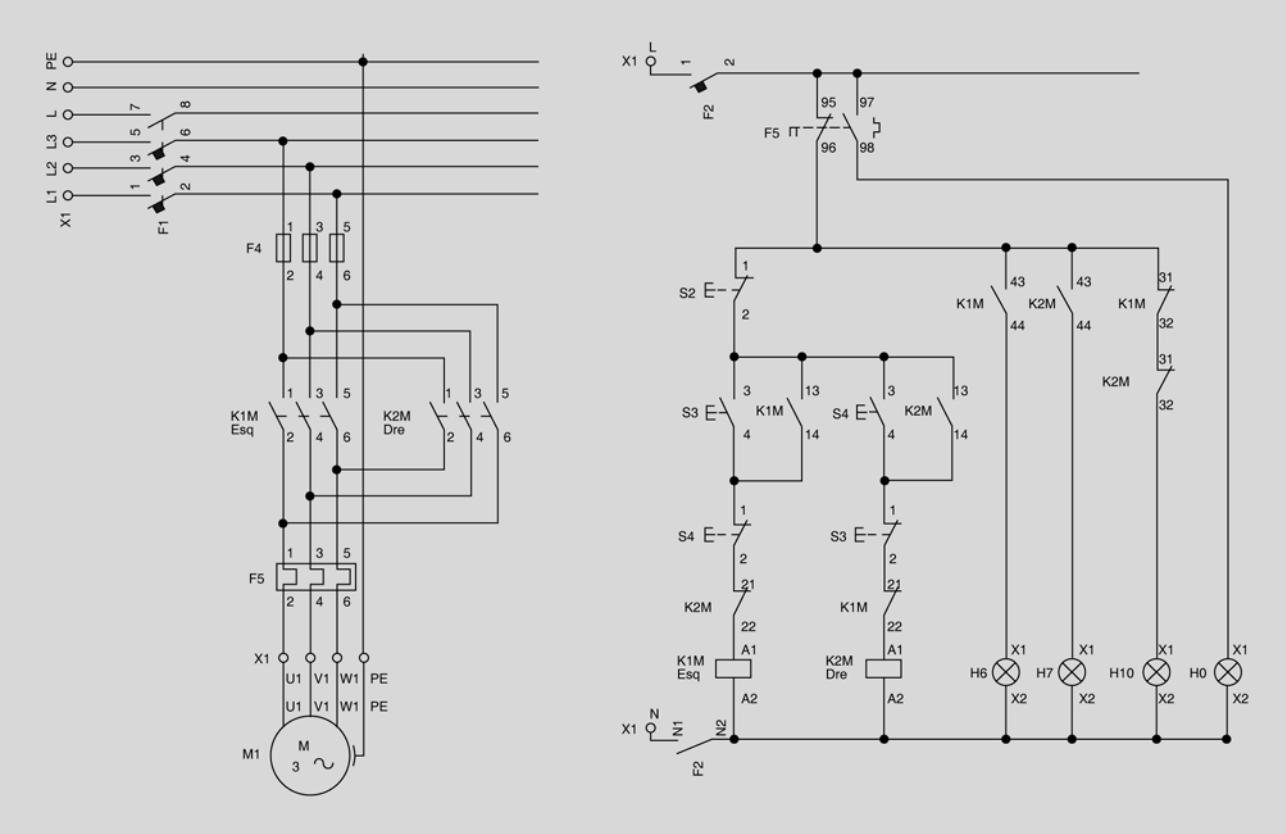


Figura 16. Inversió de gir d'un motor III sense passar per zero



1.3. Inversió de gir d'un motor III sense passar per zero

En la figura 16 podeu veure l'esquema de potència i comandament de la posada en marxa d'un motor III amb inversió del sentit de gir passant per zero. El programa que s'ha de confeccionar per fer-ne el control des d'un PLC correspon a l'esquema de comandament, i cal destacar el següent:

- Quan dispari el relé tèrmic de protecció F5, obrirà el contacte 95-96 i tallarà el senyal elèctric a tot el circuit de comandament, i quan tanqui el contacte 97-98 encendrà la bombeta de senyalització H0.

- Quan un contactor està en marxa obre el contacte 21-22 i impedeix que els dos contactors puguin funcionar a la vegada.

- Quan accioneu un polsador de marxa, aquest tanca el contacte 3-4 i dóna l'ordre de marxa al contactor corresponent, però a la vegada obre el contacte 1-2 i desconnecta l'altre contactor; així doncs, el canvi de sentit de gir és automàtic, i no cal accionar el polsador d'aturada S2. Cada vegada que accioneu un polsador el motor gira en el sentit corresponent i si accioneu els dos polsadors de marxa a la vegada el motor no funciona, ja que estan oberts els dos contactes 1-2 dels polsadors.

- El contacte 13-14 de cada contactor realimenta el circuit una vegada que es deixa d'accionar el polsador de marxa.

- Els contactes 43-44 de cada contactor accionen una bombeta de senyalització que indica el sentit de gir del motor.

- La bombeta de senyalització H10 s'encén quan no funciona el motor per mitjà dels contactes 31-32 de cada contactor.

- Com que els contactes del tèrmic F5 i del polsador d'aturada S2 connectats al PLC són NC, és a dir, normalment tancats, en repòs l'entrada corresponent té valor lògic 1 i, per tant, els contactes que estan tancats en l'esquema s'han de programar oberts, i els oberts negats.



Ara feu l'activitat "Inversió de gir d'un motor III sense passar per zero", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

1.4. Arrencada d'un motor III temporitzat a la connexió

En la figura 17 podeu veure l'esquema de potència i comandament per a l'arrencada d'un motor III temporitzat a la connexió. El programa que s'ha de confeccionar per fer-ne el control des d'un PLC correspon a l'esquema de comandament, i cal destacar-ne que:

- El polsador d'aturada i marxa no acciona directament el contactor, sinó que actua sobre el relé K1.

- Quan el relé està accionat es posa en marxa el temporitzador i una vegada transcorregut el temps programat tanca el contacte 15-18 del temporitzador i es posa en marxa el contactor.

- Quan el contactor s'ha posat en marxa obre el contacte 21-22 i desconnecta el relé que, a la vegada, mitjançant el contacte 23-24, desconnecta el temporitzador.

- La bombeta H6 indica el funcionament del relé, la H7 del temporitzador i la H10 del contactor.

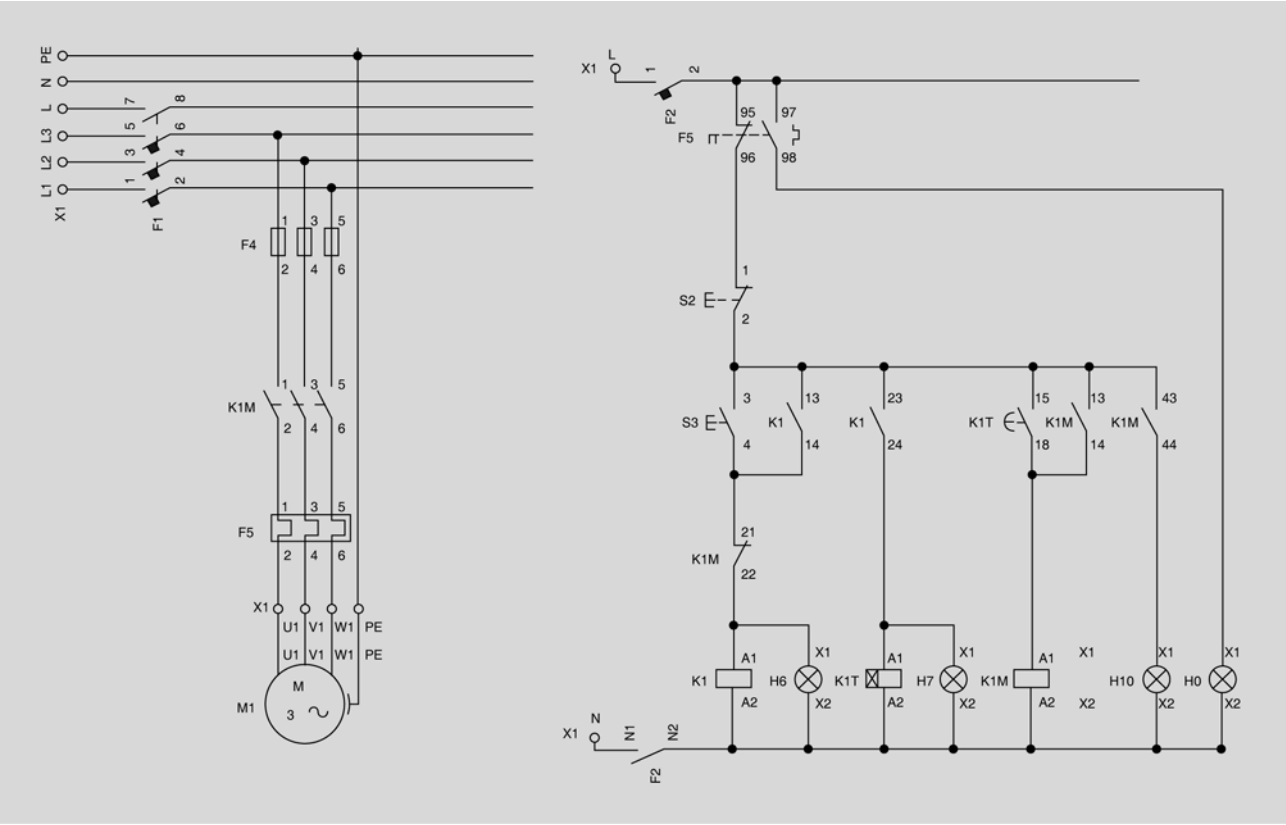
- Quan dispari el relé tèrmic de protecció F5, obrirà el contacte 95-96 i tallarà el senyal elèctric a tot el circuit de comandament, i quan tanqui el contacte 97-98 encendrà la bombeta de senyalització H0.

- Com que els contactes del tèrmic F5 i del polsador d'aturada S2 connectats al PLC són NC, és a dir, normalment tancats, en repòs l'entrada corresponent té valor lògic 1 i, per tant, els contactes que estan tancats en l'esquema s'han de programar oberts, i els oberts negats.



Ara feu l'activitat "Arrencada d'un motor III temporitzat a la connexió", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 17. Arrencada d'un motor III temporitzat a la connexió



1.5. Arrencada d'un motor III temporitzat a la desconnexió

En la figura 18 podeu veure l'esquema de potència i comandament per a l'arrencada d'un motor III temporitzat a la desconnexió. El programa que s'ha de confeccionar per fer-ne el control des d'un PLC correspon a l'esquema de comandament, i cal destacar el següent:

- El polsador d'aturada-marxa no acciona directament el contactor, sinó que actua sobre el relé K1.

- Quan el relé està accionat, mitjançant el contacte 33-34 acciona el temporitzador, que tanca immediatament el contacte 1-3 i connecta el contactor; per tant, el contactor es posa en marxa en el mateix moment que es dóna l'ordre amb el polsador de marxa S3.

- Quan s'acciona el polsador d'aturada S2, es desconnecta el relé, obre el contacte 33-34 i desconnecta la bobina del temporitzador, però el seu contacte 1-3 continua tancat i, per tant, el contactor segueix en marxa; en aquest moment comença a comptar el temps programat i quan ha transcorregut aquest temps obre el contacte 1-3 i desconnecta el contactor.

- La bombeta H6 indica el funcionament del relé, la H7 del temporitzador i la H10 del contactor.

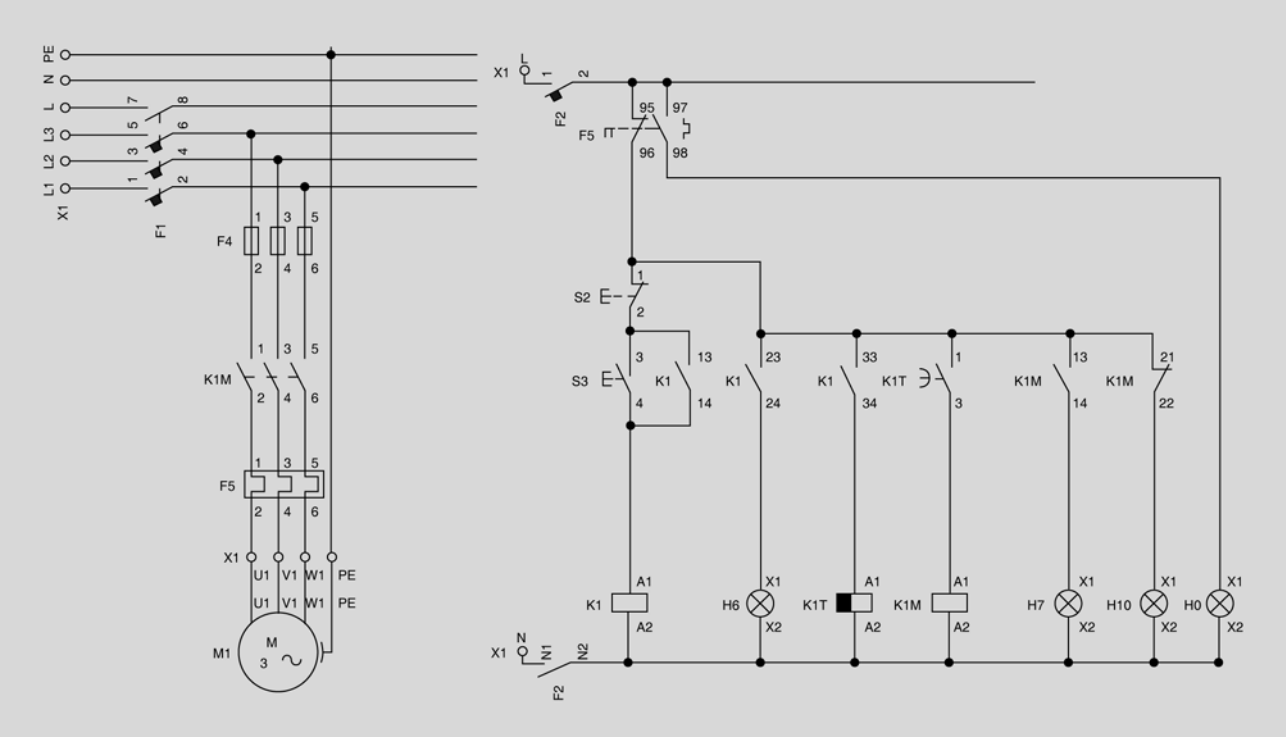
- Quan dispari el relé tèrmic de protecció F5, obrirà el contacte 95-96 i tallarà el senyal elèctric a tot el circuit de comandament, i quan tanqui el contacte 97-98 s'encendrà la bombeta de senyalització H0.

- Com els contactes del tèrmic F5 i del polsador d'aturada S2 connectats al PLC són NC, és a dir, normalment tancats, en repòs l'entrada corresponent té valor lògic 1 i, per tant, els contactes que estan tancats en l'esquema s'han de programar oberts i els oberts negats.

!!

Ara feu l'activitat "Arrencada d'un motor III temporitzat a la desconnexió", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 18. Arrencada d'un motor III temporitzat a la desconnexió



1.6. Arrencada d'un motor III en estrella-triangle

En la figura 19 podeu veure l'esquema de potència i comandament per a l'arrencada d'un motor III en estrella-triangle. El programa que s'ha de confeccionar per fer-ne el control des d'un PLC correspon a l'esquema de comandament, i cal destacar el següent:

- El motor està protegit mitjançant un disjuntor protector de motor amb el contacte 13-14 NO, normalment obert, que es tanca quan s'acciona i que obre quan dispara; per tant, aquest s'ha de programar obert i el contacte tancat 11-12 negat.

- Quan accioneu el polsador de marxa es connecta el contactor general K1M, el temporitzador K1T i el contactor estrella K5M; en aquest moment el temporitzador comença a comptar el temps programat i quan aquest ha finalitzat canvia l'estat dels seus contactes i obre el 15-16, que desconnecta el contactor K5M, i tanca el 15-18, que connecta el

contactor K4M, de manera que deixa al motor funcionant en triangle fins que s'accioni el polsador d'aturada S2.

- Els contactors K4M i K5M tenen l'enclavament elèctric mitjançant els contactes 21-22.

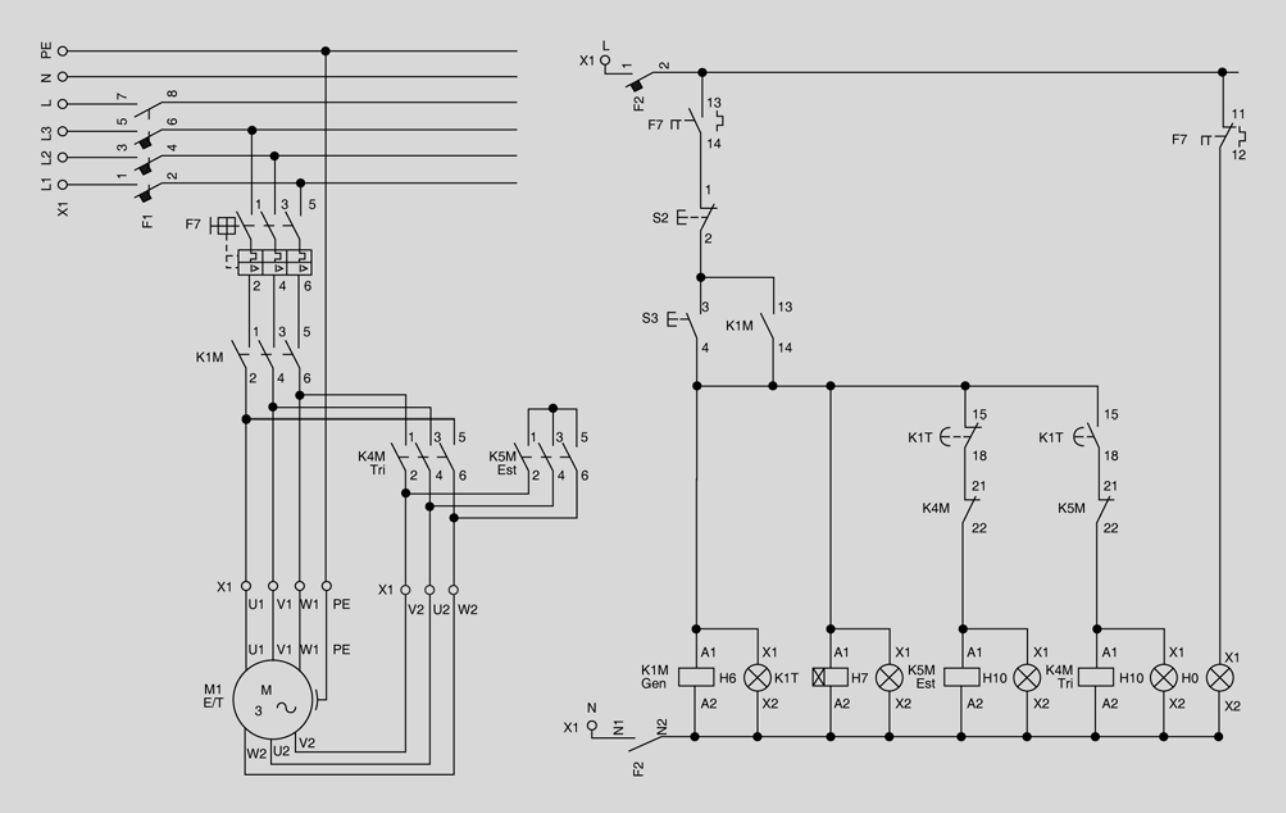
- La bombeta H6 indica el funcionament del contactor general, la H7 del temporitzador, la H10 del contactor d'estrella i la H11 del contactor triangle.

- Quan dispari el disjuntor protector de motor F7, s'obrirà el contacte 13-14 i es tallarà el senyal elèctric a tot el circuit de comandament, i quan es tanqui el contacte 11-12 s'encendrà la bombeta de senyalització H0.

!!

Ara feu l'activitat "Arrencada d'un motor III en estrella-triangle", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 19. Arrencada d'un motor III en estrella-triangle



1.7. Arrencada d'un motor III en estrella-triangle amb inversió del sentit de gir

En la figura 20 podeu veure l'esquema de potència i comandament per a l'arrencada d'un motor III en estrella-triangle amb inversió del sentit de gir. El programa que s'ha de confeccionar per fer-ne a terme el control des d'un PLC correspon a l'esquema de comandament, i cal destacar el següent:

- El motor està protegit mitjançant un disjuntor protector de motor amb el contacte 13-14 NO, normalment obert, que es tanca quan s'acciona i

que s'obre quan dispara el disjuntor; per tant, aquest s'ha de programar obert i el contacte tancat 11-12 negat.

- Quan accioneu un dels polsadors de marxa S3 o S4 es connecta el contactor K1M o K2M i gira el motor en el sentit accionat; mitjançant els contactes 43-44 es connecta el temporitzador i el contactor estrella K5M, el temporitzador comença a comptar i quan finalitza el temps programat obre el contacte 31-32 i desconnecta el contactor K5M, i tanca el contacte 15-18 i connectant el contactor K4M, de manera que deixa el motor funcionant en triangle.

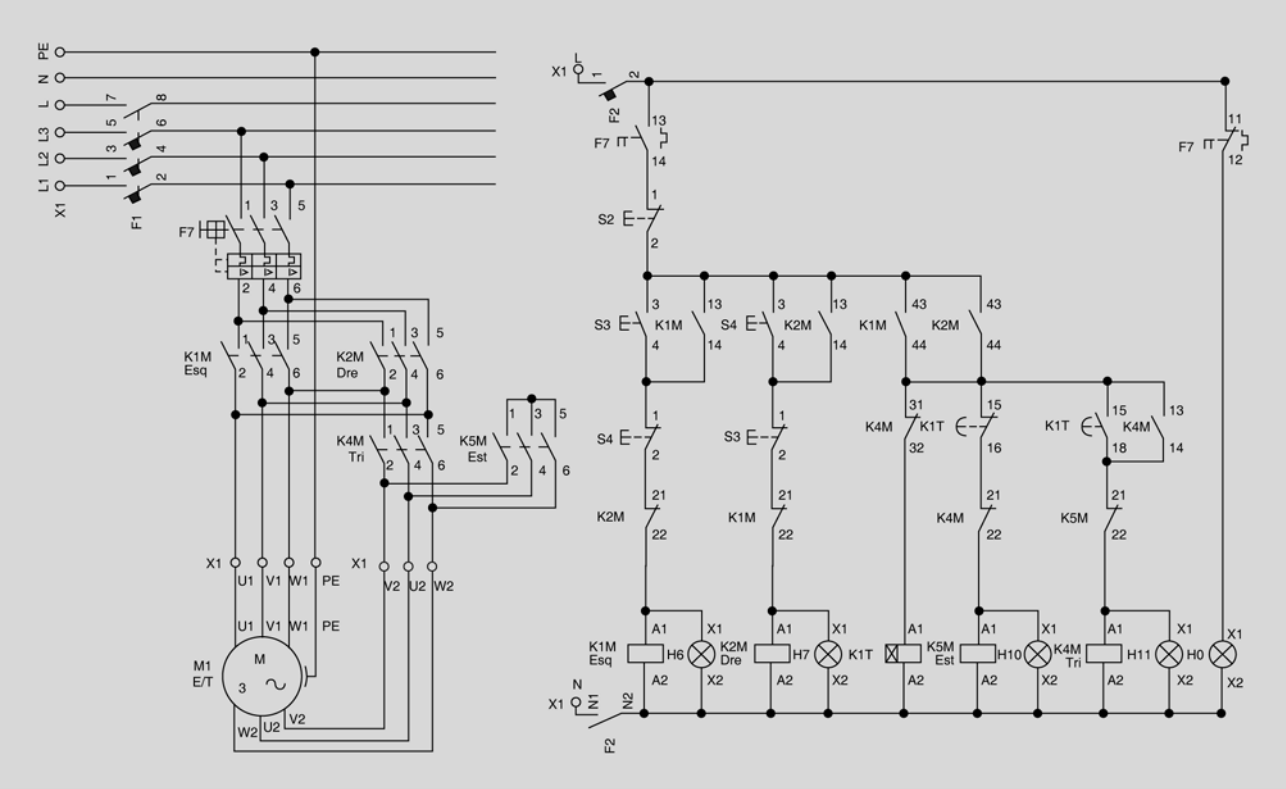
- Els contactors K1M i K2M estan enclavats mecànicament, ja que fan la inversió de gir, i K4M i K5M també fan la connexió estrella-triangle.

- Les bombetes H6 i H7 indiquen el sentit de gir del motor, la H10 i H11 si el motor està en connexió estrella o triangle.

- Quan dispari el disjuntor protector de motor F7, obrirà el contacte 13-14 i tallarà el senyal elèctric a tot el circuit de comandament, i quan tanqui el contacte 11-12 encendrà la bombeta de senyalització H0.

Ara feu l'activitat "Arrencada d'un motor III en estrella-triangle amb inversió del sentit de gir", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 20. Arrencada d'un motor III en estrella-triangle amb inversió del sentit de gir



1.8. Arrencada d'un motor III mitjançant resistències rotòriques

En la figura 21 podeu veure l'esquema de potència i comandament per a l'arrencada d'un motor III mitjançant resistències rotòriques. El progra-

ma que s'ha de confeccionar per fer-ne el control des d'un PLC correspon a l'esquema de comandament, i cal destacar el següent:

- El motor està protegit mitjançant un disjuntor protector de motor amb el contacte 13-14 NO, normalment obert, que es tanca quan s'acciona i que obre quan dispara; per tant, aquest s'ha de programar obert i el contacte tancat 11-12 negat.

- Quan accioneu el polsador de marxa S3 es connecta el contactor general K1M i el temporitzador K1T, i en aquest moment el debanat del rotor funciona amb les resistències R1 i R2 en sèrie; quan ha transcorregut el temps programat en K1T, per mitjà del contacte 15-18 es connecta el contactor K3M i el temporitzador K2T, i en aquest moment queden anul·lades les resistències R1 i el debanat del rotor funciona en sèrie amb les resistències R2; quan ha transcorregut el temps programat en K2T es tanca el contacte 15-18 i es connecta el contactor K5M, i el debanat del rotor funciona en curtcircuit sense cap resistència. A la vegada, el contactor K5M obre el contacte 21-22 i desconnecta els temporitzadors i el contactor K3M, i es realimenta pel contacte 13-14.

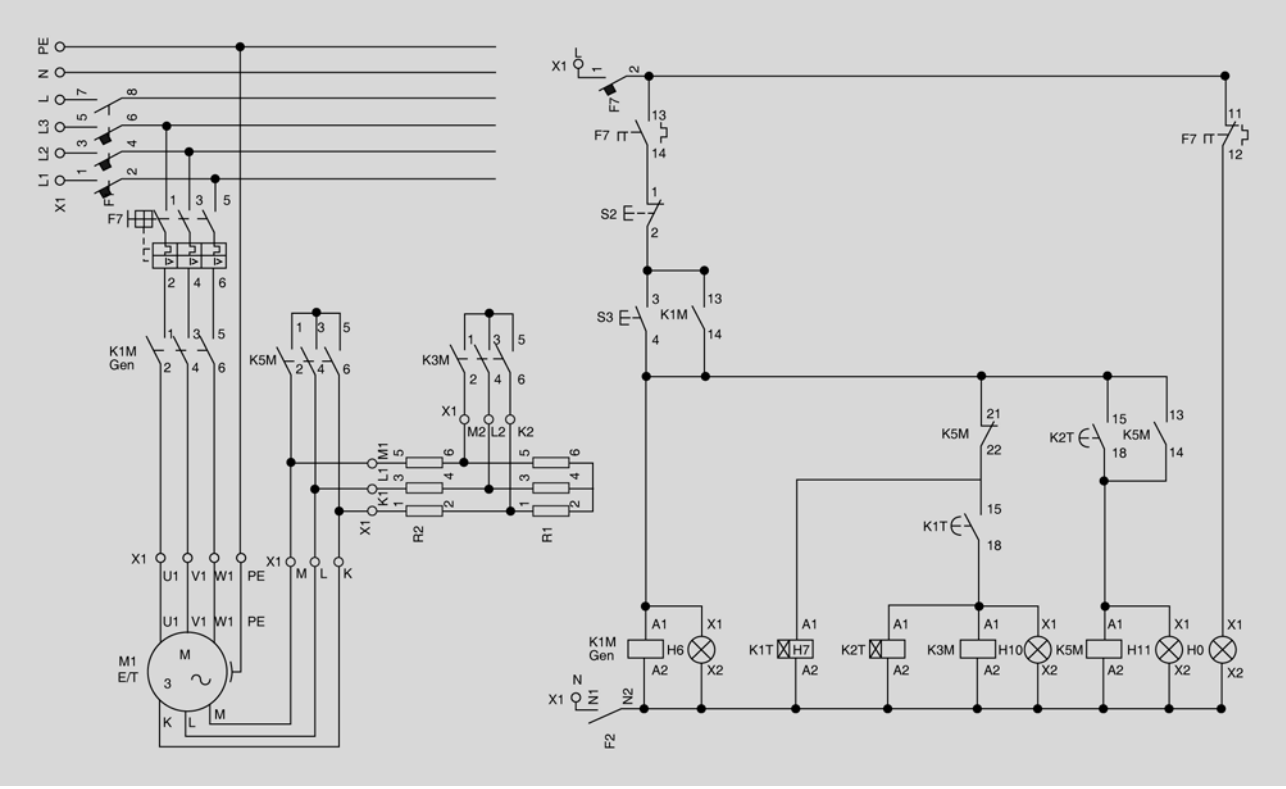
- La bombeta H6 indica que està connectat el contactor K1M, la H10 que ho està K3M i la H11 que ho està K5M.

- Quan dispari el disjuntor protector de motor F7, obrirà el contacte 13-14 i tallarà el senyal elèctric a tot el circuit de comandament, i quan tanqui el contacte 11-12 s'encendrà la bombeta de senyalització H0.

!!

Ara feu l'activitat "Arrencada d'un motor III mitjançant resistències rotòriques", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

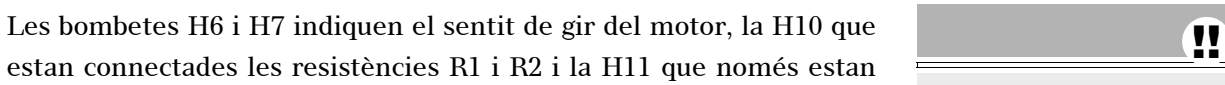
Figura 21. Arrencada d'un motor III mitjançant resistències rotòriques



1.9. Arrencada d'un motor III mitjançant resistències rotòriques i amb inversió del sentit de gir

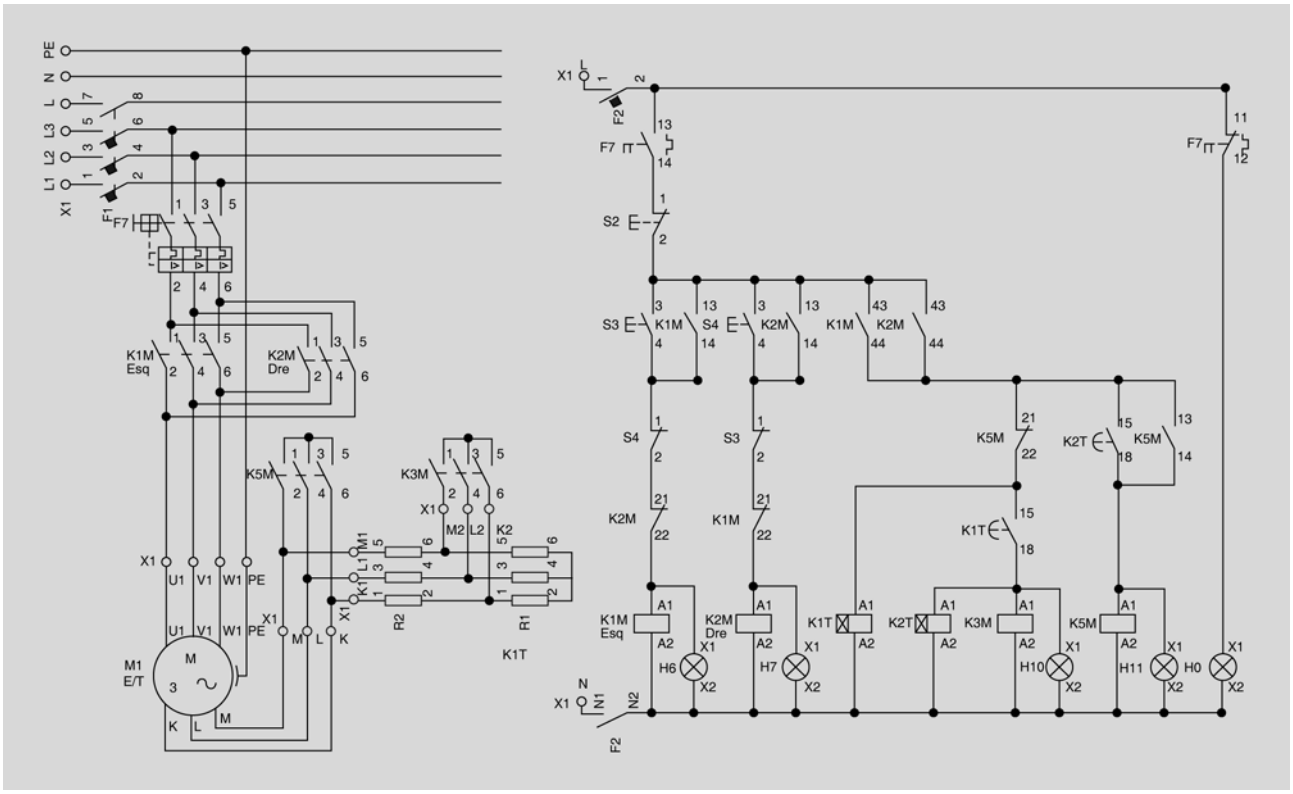
En la figura 22 podeu veure l'esquema de potència i comandament per a l'arrencada d'un motor III mitjançant resistències rotòriques i amb inversió de gir. El programa que s'ha de confeccionar per fer-ne el control des d'un PLC correspon a l'esquema de comandament, i cal destacar el següent:

- El motor està protegit mitjançant un disjuntor protector de motor amb el contacte 13-14 NO, normalment obert, que es tanca quan s'acciona i que obre quan dispara; per tant, aquest s'ha de programar obert i el contacte tancat 11-12 negat.
- Quan accioneu un dels polsadors de marxa S3 o S4 es connecta el contactor K1M o K2M i gira el motor en el sentit accionat; mitjançant els contactes 43-44 es connecta el temporitzador K1T, i quan ha transcorregut el temps programat per mitjà del contacte 15-18 es connecta el contactor K3M i el temporitzador K2T; quan ha transcorregut el temps programat en K2T es tanca el contacte 15-18 i es connecta el contactor K5M, que obre el contacte 21-22 i desconnecta els temporitzadors i el contactor K3M, que es realimenta pel contacte 13-14.
- Les bombetes H6 i H7 indiquen el sentit de gir del motor, la H10 que estan connectades les resistències R1 i R2 i la H11 que només estan connectades les resistències R2.
- Quan dispari el disjuntor protector de motor F7, obrirà el contacte 13-14 i tallarà el senyal elèctric a tot el circuit de comandament, i quan tanqui el contacte 11-12 s'encendrà la bombeta de senyalització H0.



Ara feu l'activitat "Arrencada d'un motor III mitjançant resistències rotòriques i amb inversió del sentit de gir", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

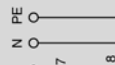
Figura 22. Arrencada d'un motor III mitjançant resistències rotòriques i amb inversió del sentit de gir



1.10. Arrencada d'un motor Dahlander

En la figura 23 podeu veure l'esquema de potència i comandament per a l'arrencada d'un motor Dahlander, que pot funcionar a dues velocitats diferents. El programa que s'ha de confeccionar per fer-ne el control des d'un PLC correspon a l'esquema de comandament, i cal destacar el següent:

- El motor està protegit mitjançant dos relés tèrmics de protecció: F6 per a la velocitat lenta i F5 per a la ràpida.
- Si accioneu el polsador S3, mitjançant el contacte 3-4 es connecta el contactor K5M, que posa en marxa el motor a velocitat lenta.
- Si accioneu el posador S4, mitjançant el contacte 3-4 es connecten els contactors K4M i K3M, que posen en marxa el motor a velocitat ràpida.
- Observeu que el polsador de marxa lenta S3 té un contacte normalment tancat 1-2 en sèrie amb el circuit de la marxa ràpida, i impedeix que es pugui accionar el circuit de marxa ràpida mentre es dóna l'ordre de marxa lenta. A l'inrevés passa el mateix: quan accioneu el polsador de marxa ràpida S4, s'obre el contacte 1-2 en el circuit de marxa lenta.
- Els contactes 21-22 de K4M i K5M actuen d'enclavament elèctric i impedeixen que aquests contactors puguin funcionar a la vegada.
- Les bombetes H7 i H11 indiquen la velocitat a la qual gira el motor i la H0 es connecta quan es disparen qualsevol dels dos relés tèrmics de protecció.



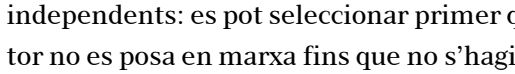
Ara feu l'activitat "Arrencada d'un motor Dahlander", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 23. Arrencada d'un motor Dahlander

1.10.1. Inversió del sentit de gir d'un motor Dahlander

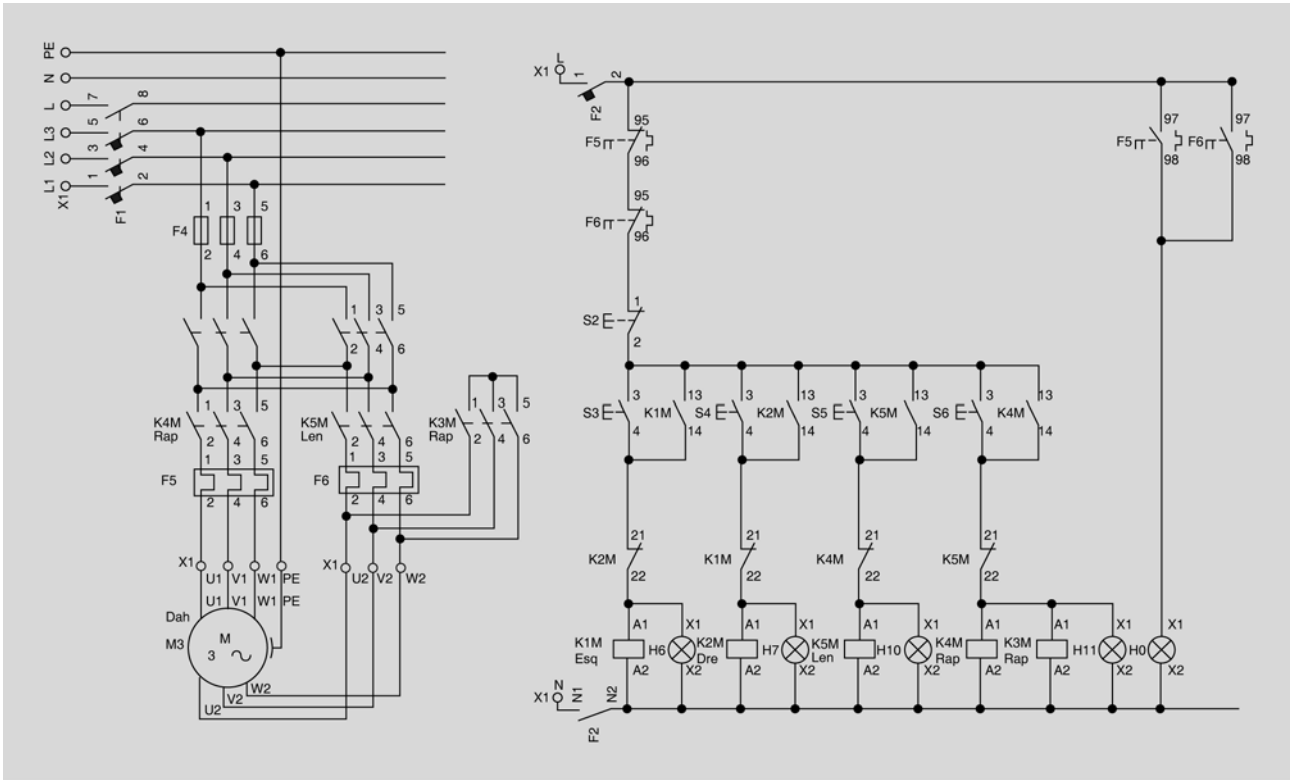
En la figura 24 podeu veure l'esquema de potència i comandament per a l'arrencada d'un motor Dahlander, que pot funcionar a dues velocitats diferents amb inversió del sentit de gir. El programa que s'ha de confeccionar per fer-ne el control des d'un PLC correspon a l'esquema de comandament, i cal destacar-ne el següent:

- El motor està protegit mitjançant dos relés tèrmics de protecció, F6 per a la velocitat lenta i F5 per a la ràpida.
- El polsador S3 connecta el contactor K1M, que fa que el motor giri a l'esquerra, i el S4 connecta K2M, que fa que giri a la dreta.
- Els contactes 21-22 dels contactors K1M i K2M actuen d'enclavament elèctric; per tant, per canviar el sentit de gir s'ha d'accionar abans el posador d'aturada S2.
- El polsador S5 connecta el contactor K5M, que fa que el motor giri a marxa lenta, i el polsador S6 connecta els contactors K4M i K3M, que fan que el motor giri a marxa ràpida.
- Els circuits de selecció del sentit de gir i el de velocitat del motor són independents: es pot seleccionar primer qualsevol dels dos, però el motor no es posa en marxa fins que no s'hagi seleccionat un sentit de marxa i una velocitat.
- Les bombetes de senyalització H6 i H7 indiquen el sentit de gir, les bombetes H10 i H11 la velocitat del motor i la H0 el disparament de qualsevol dels dos relés tèrmics de protecció.



Ara feu l'activitat "Inversió del sentit de gir d'un motor Dahlander", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 24. Inversió del sentit de gir d'un motor Dahlander



2. Programació mitjançant Grafcet d'instal·lacions automatitzades controlades per autòmats programables

El funcionament de les instal·lacions automatitzades es pot definir mitjançant circuits combinacionals o seqüencials.

Un **circuit combinacional** és un sistema lògic en el qual les sortides, en un moment donat, depenen només dels valors binaris de les entrades; correspon a la realització física de les funcions booleanes i, per tant, es pot definir mitjançant la taula de la veritat. Per implementar els circuits combinacionals senzills es poden utilitzar portes lògiques, circuits integrats que tenen funcions més complexes, i els quals és més freqüent la combinació de diferents circuits integrats.

Un **automatisme seqüencial** és aquell en què les sortides en cada instant no depenen únicament de les entrades, sinó que també depenen dels estats anteriors i de la seva evolució.

El **Grafcet** és una de les diferents maneres en què es pot representar un quadern de càrregues, com els diagrames de flux, diagrames espai-fase, espai-temps, etc. necessaris, entre altres motius, per les dificultats que comporta la descripció d'automatismes seqüencials de manera literal, que acostuma a ser un procés llarg, incòmode, imprecís i a vegades incomplet. Grafcet descriu les especificacions tecnològiques i funcionals d'una instal·lació i permet l'estudi de l'automatisme de manera rigorosa i fàcil d'aplicar a la indústria.

Quadern de càrregues

Nom genèric que reben tots els gràfics que representen el funcionament dels automatismes seqüencials.

El **Grafcet** és un diagrama funcional que permet descriure els comportaments de l'automatisme en relació amb les informacions que rep, defineix un funcionament rigorós, clar i entenedor, i evita incoherències, bloquejos o conflictes en el funcionament.

El Grafcet ('gràfic funcional de comandament d'etapes i transicions'), fou creat l'any 1970 fruit de la col·laboració de dues empreses elèctriques, Telemecanique i Aper, i dues associacions, AFCET (Associació Francesa per a la Cibernètica, Economia i Tècnica) i ADEPA (Agència Nacional per al Desenvolupament de la Producció Automatitzada), totes franceses. El mes de juny de 1982 es va crear la norma francesa UTE NF C 03-190 Grafcet per a la descripció dels sistemes lògics de comandament. Actualment és un mètode homologat a França i Alemanya, amb la norma DIN, i l'any 1988 es reconegué amb la norma

internacional IEC 848, però no amb el nom de Grafcet sinó amb el terme *preparació de diagrames funcionals per a sistemes de control*. Avui dia és una eina imprescindible per automatitzar processos seqüencials complexos mitjançant PLC.

2.1. Representació del Grafcet

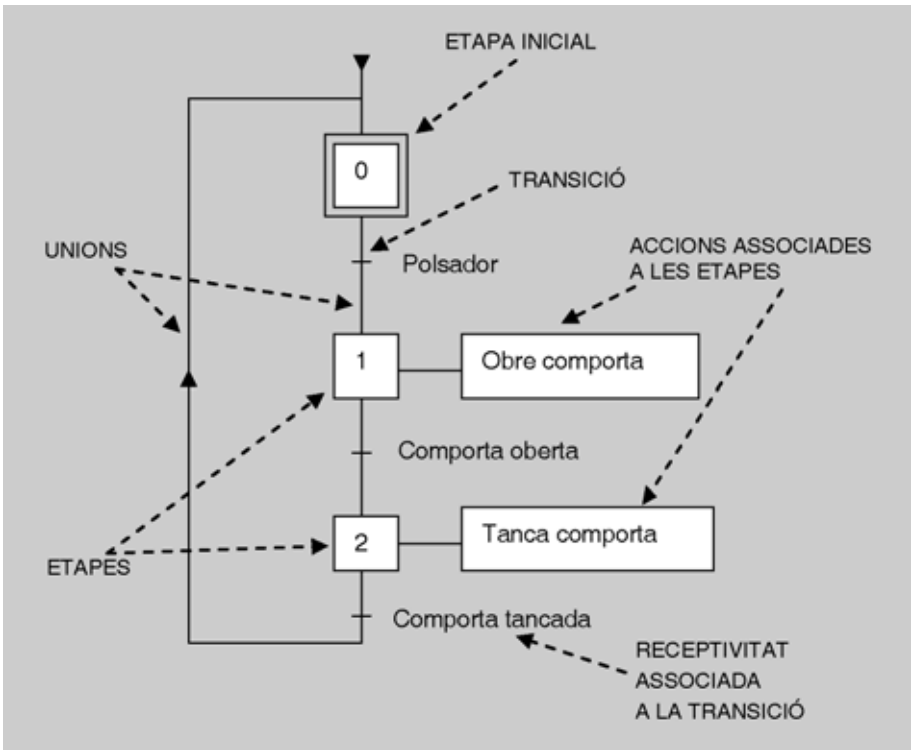
Un Grafcet és una successió d'etapes que tenen les seves accions associades de manera que quan l'etapa està activa es duen a terme les accions que hi té associades.

Les etapes estan unides mitjançant línies d'unió i, enmig de cada línia, entre dues etapes, hi ha una transició, i a cada transició correspon una **receptivitat**, és a dir, una condició que s'ha de complir per poder franquejar la transició. Es diu que una transició està validada quan l'etapa immediatament anterior està activa, i que en aquest moment si la receptivitat associada es compleix la transició és franquejable. En franquejar una transició es desactiven totes les etapes anteriors i s'activen les posteriors.

Les etapes inicials es representen amb doble línia i s'han d'activar automàticament en posar en marxa el sistema.

En la figura 25 podeu veure la representació d'un Grafcet amb els elements que el configuren.

Figura 25. Elements d'un Grafcet



2.1.1. Nivells del Grafcet

En funció del tipus de descripció que feu en el Grafcet, s'estableixen tres nivells d'especificació. En la taula 1 podeu veure representats aquests tres nivells.

Taula 1. Nivells del Grafcet

Grafcet de nivell 1	Grafcet de nivell 2	Grafcet de nivell 3
Descripció funcional	**Descripció tecnològica**	**Descripció operativa**
Es descriuen els moviments que fa la instal·lació.	Es representen els símbols dels components.	Es representen les entrades i sortides del PLC.

1) Descripció funcional

En el primer nivell es fa una descripció global de l'automatisme en què es reflecteixen els moviments que fa la instal·lació i que permeten comprendre'n ràpidament el funcionament. És el tipus de gràfic que faríeu per explicar de manera concreta i entenedora el que voleu que faci la instal·lació als tècnics que l'han de dissenyar.

En aquest nivell no es fa cap referència a les tecnologies utilitzades, és a dir, no s'especifica si la comporta s'obrirà utilitzant un cilindre pneumàtic o un motor, ni quin tipus de detector senyalitzarà que la comporta està oberta. En la figura 26 teniu representat un gràfic de nivell 1 amb la descripció funcional.

2) Descripció tecnològica

En aquest nivell es fa una descripció a escala tecnològica i operativa de l'automatisme, representant els símbols que corresponen als components de la instal·lació que fan els moviments; per tant, han de quedar perfectament definides les tecnologies utilitzades per a cada funció i les tasques que han de dur a terme els elements escollits.

En la descripció tecnològica es concreta, per exemple, si una comporta s'obre mitjançant un motor o un cilindre pneumàtic.

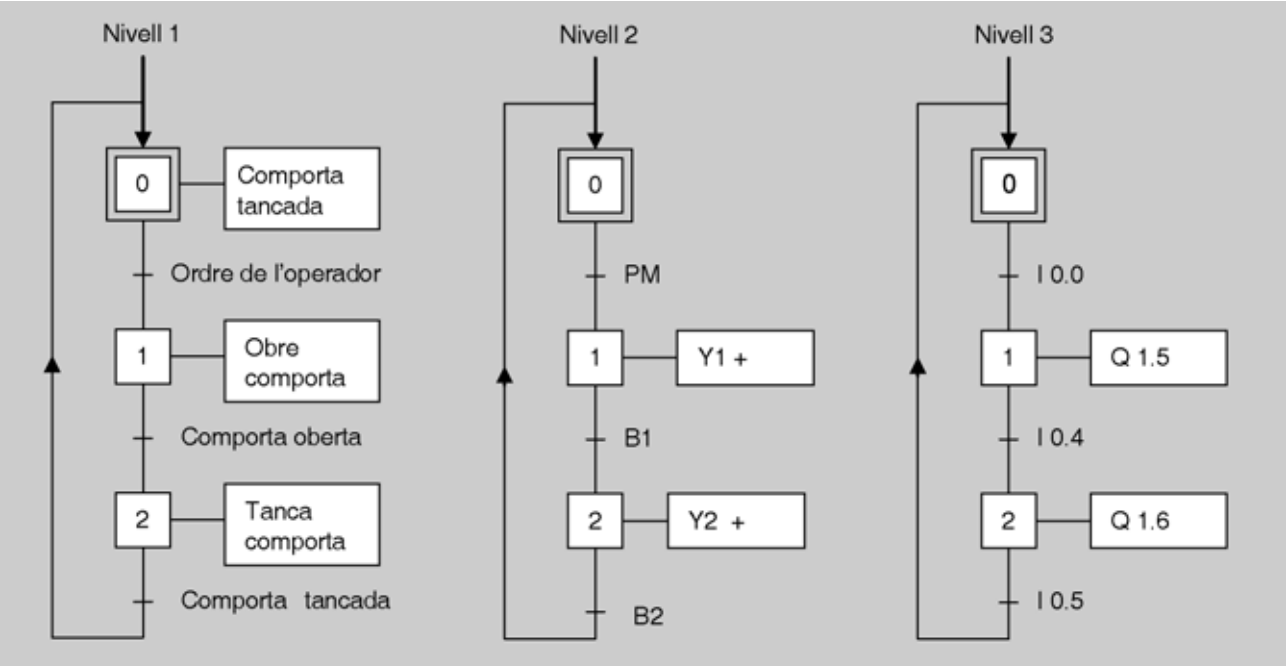
En la figura 26 podeu observar que és un gràfic idèntic al de nivell 1, substituint la descripció dels moviments pels moviments que els fan, i es veu que en aquest nivell s'especifica el tipus de tecnologia emprat, tot indicant, per exemple, que l'actuador, que fa que la comporta s'obri, és un cilindre pneumàtic (Y1), i que el senyal que indica que està oberta és un detector inductiu (B1).

3) Descripció operativa

Es representen les entrades i sortides de l'autòmat programable en què estan connectats tots els components.

En la figura 26 podeu observar que és un gràfic idèntic al de nivell 2, substituint els símbols dels elements que representen els actuadors i sensors per les entrades i sortides per on estan connectats al PLC.

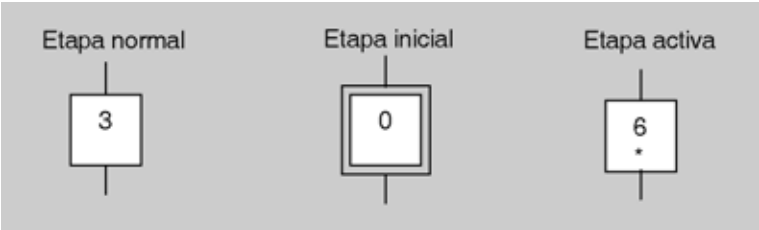
Figura 26. Representació dels tres nivells del Grafcet



2.1.2. Etapes del Grafcet

Les etapes defineixen la seqüència de funcionament de la instal·lació. Es representen per un quadrat amb un nombre en la part superior per identificar-la, una línia a la part superior, que correspon a l'entrada, i una altra a la part inferior, que correspon a la sortida. Poden estar actives o inactives. Una etapa està activa quan correspon al moment concret de l'evolució de l'automatisme d'una instal·lació i es representa mitjançant un punt a la part inferior. Les etapes inicials es representen amb doble requadre. En la figura 27 podeu veure la representació de diferents tipus d'etapes

Figura 27. Representació d'etapes

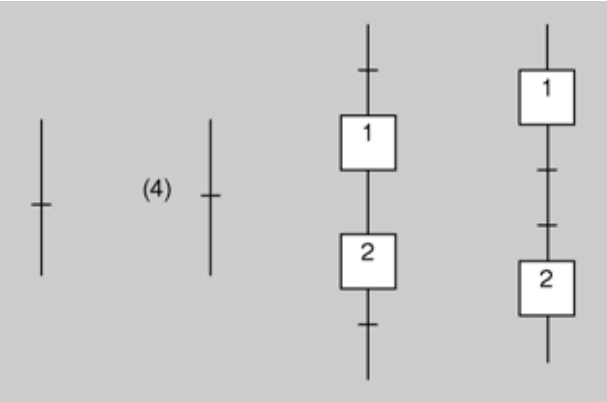


2.1.3. Transicions del Grafcet

Les transicions indiquen la possibilitat d'evolució entre etapes; es representen mitjançant una línia perpendicular a la línia d'unió entre les dues eta-

pes. No és obligatori enumerar-les però si es fa, el nombre ha d'anar entre parèntesis a l'esquerra de la transició, i no hi pot haver mai dues transicions consecutives sense una etapa entre mig ni dues etapes consecutives sense una transició. En la figura 28 teniu diversos exemples de representació de les transicions.

Figura 28. Representació de les transicions



2.1.4. Receptivitats del Grafcet

La receptivitat correspon a una expressió algebraica i sempre està associada a una transició; es representa a la dreta de la transició i és la condició que s'ha de complir per franquejar la transició i que el Grafcet evolucioni i passi d'una etapa a una altra.

En la taula 2 teniu uns exemples de diferents expressions algebraiques corresponents a receptivitats.

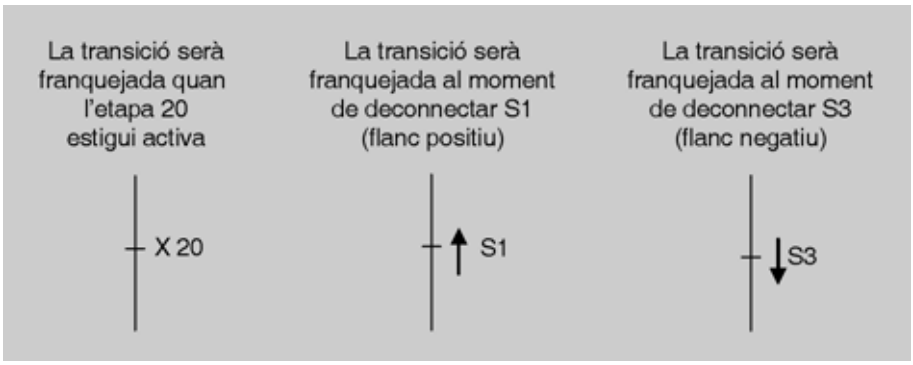
Taula 2. Exemples de receptivitats

Expressió	Condició per franquejar la transició
T > 25 °C	Temperatura superior a 50 graus
C 3	El comptador 3 ha arribat al valor preseleccionat
S2 + B3	Estan accionats el polsador S23 i el detector B3
B1 * B4	Estan accionats els detectors B1 i B4
S2 * (B4 + S3)	Està accionat el polsador S2 i el detector B4 o B3
= 1	Receptivitat sempre validada

Les receptivitats normalment corresponen a elements externs que estan connectats al PLC, com entrades o interns del PLC mateix, com temporitzadors, comptadors, registres, etc., però també hi pot haver receptivitats condicionades per altres etapes del Grafcet o per senyals amb flancs positius o negatius.

En la figura 29 teniu uns exemples d'aquests tipus de receptivitats.

Figura 29. Tipus de receptivitats

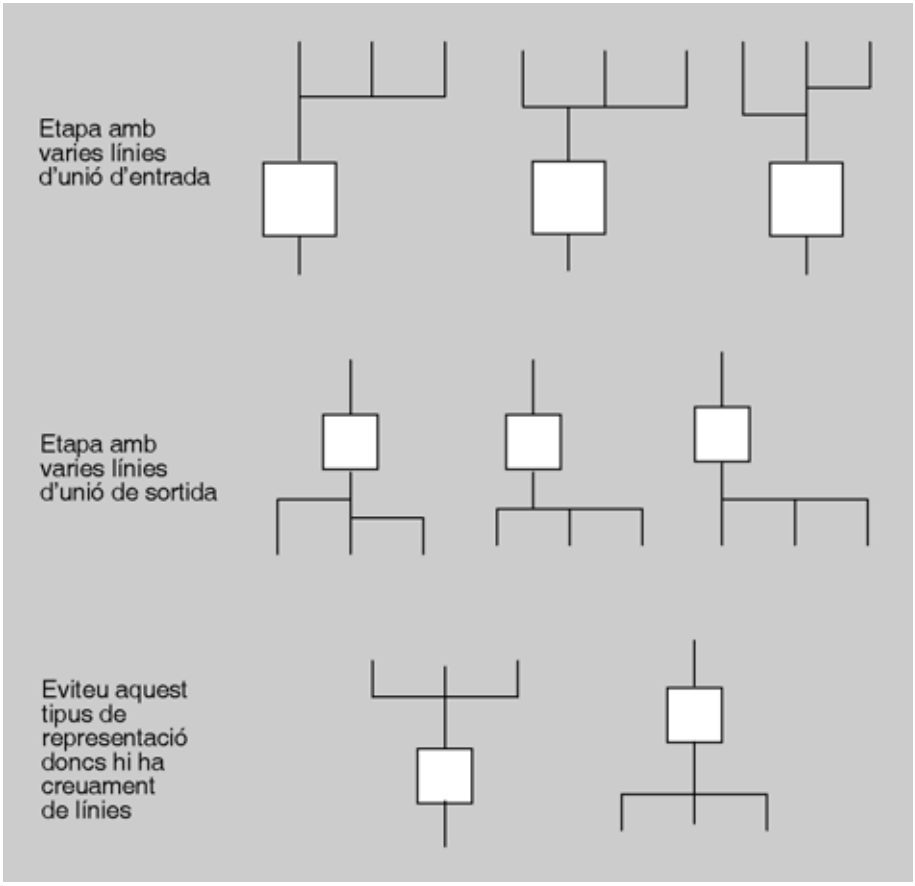


2.1.5. Línies d'unió

Les línies d'unió uneixen les etapes amb les transicions i les transicions amb les etapes, indiquen el camí de les evolucions. Es dibuixen habitualment en sentit vertical o horitzontal i aquesta evolució és sempre en sentit descendent; en cas que no sigui així s'ha d'especificar el sentit amb una fletxa.

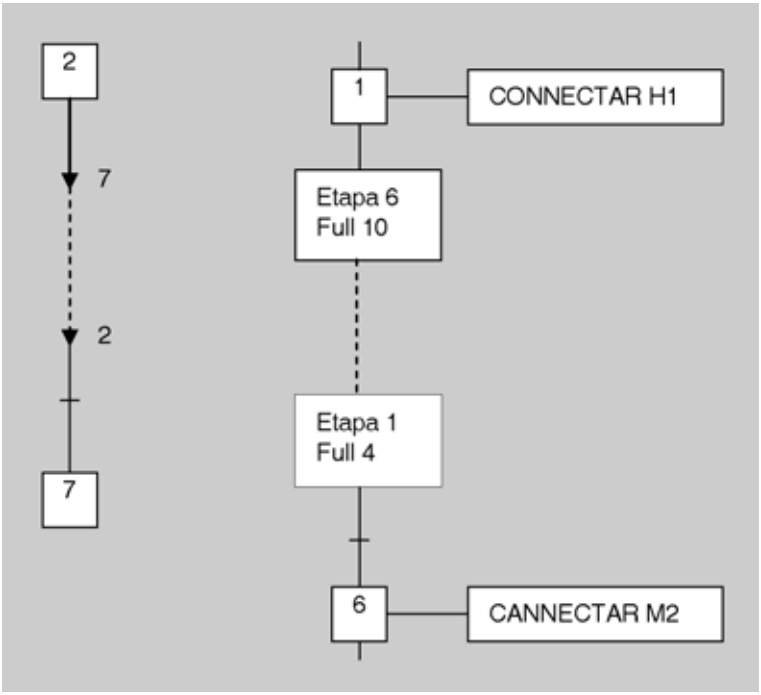
És molt freqüent trobar etapes amb diverses línies d'entrades o de sortida; en aquests casos s'han d'encreuar línies per evitar confusions. En la figura 30 teniu uns exemples de com es poden solucionar els casos d'etapes amb diverses entrades o sortides.

Figura 30. Representació d'etapes amb diverses entrades o sortides



Quan una línia uneix dues etapes que estan molt allunyades o fins i tot en diferents fulls del plànol es pot representar com indica la figura 31.

Figura 31. Representació de línies d'unió complexes



2.1.6. Regles d'evolució

El Grafcet representa el funcionament d'una instal·lació automatitzada amb un procés seqüencial. En cada etapa es fa una acció concreta, i a mesura que passa d'etapa dóna les ordres als actuadors perquè el procés dugui a terme les tasques concretes. El pas d'una etapa a una altra del Grafcet s'entén com **evolució del Grafcet**.

Perquè un Grafcet evolucioni, és a dir, perquè executi la seqüència de funcionament etapa a etapa, s'han de complir les regles següents:

Regla 1. Inicialització

En la inicialització del sistema s'han d'activar totes les etapes inicials, i només les inicials. Les etapes inicials poden començar per qualsevol nombre. En la figura 32 teniu un exemple de representació d'etapes inicials, amb doble requadre i amb el nombre corresponent.

Figura 32. Representació d'etapes inicials



Regla 2. Evolució de les transicions

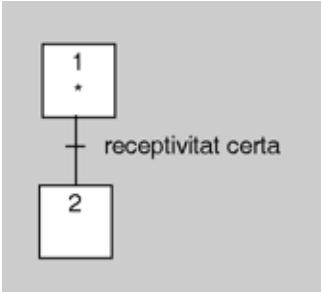
Una transició està validada quan totes les etapes immediatament anteriors a aquesta estan actives.

Una transició és franquejable quan està validada i la seva receptivitat és certa. Tota transició franquejable ha de ser immediatament franquejada.

Una **transició evoluciona** quan les etapes anteriors estan actives i les seves receptivitats associades són certes.

En la figura 33 teniu representades les condicions perquè evolucioni una transició, l'etapa anterior activa i la receptivitat associada certa.

Figura 33. Evolució d'una transició

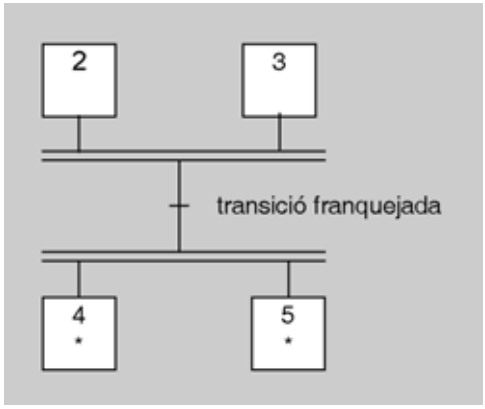


Regla 3. Evolució de les etapes actives

En franquejar una transició s'han d'activar totes les etapes immediatament posteriors i desactivar simultàniament totes les immediatament anteriors.

En la figura 34 podeu veure com quan la transició està franquejada estan actives les etapes anteriors 4 i 5 i desactivades les posteriors 2 i 3.

Figura 34. Evolució d'etapes actives



Regla 4. Simultaneïtat en el franquejament de les transicions

Les transicions simultàniament franquejables han de ser simultàniament franquejades. Normalment s'assenyalen amb un * i un nombre.

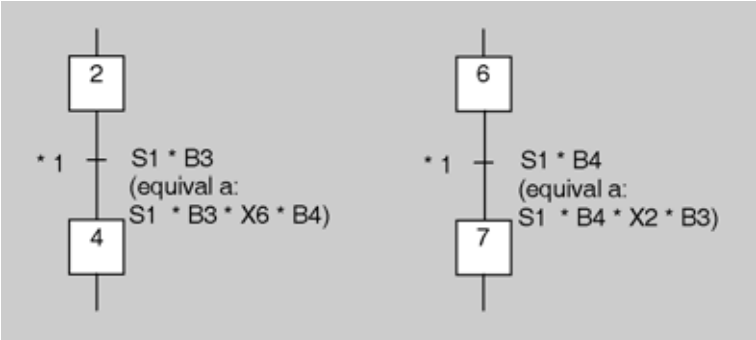
Transicions simultàniament franquejables

Us podeu trobar una instal·lació amb diferents processos que en un moment determinat han de coincidir per continuar; per tant, els Grafcet de cada procés estaran aturats en una etapa concreta esperant que l'altre procés també arribi a l'etapa determinada. Els Grafcet no evolucionen fins que estiguin actives aquestes etapes, que han de ser franquejades a la vegada.

En la figura 35 s'han assenyalat les dues etapes amb un "* 1"; podeu veure que en aquest exemple hi ha una condició comuna S1 i altres d'específiques de cada transició. Com les dues etapes s'han de franquejar simultà-

niament, fixeu-vos que les receptivitats d'una etapa s'han de tenir en compte a l'hora de franquejar l'altra, per això cada transició té les seves receptivitats més les que siguin diferents de l'altra transició.

Figura 35. Franquejament simultani de transicions



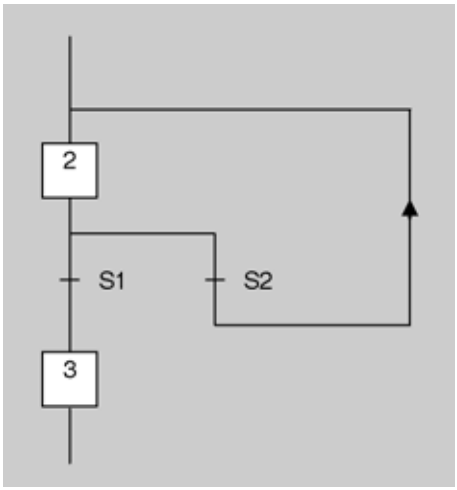
Regla 5. Prioritat de l'activació

Si en evolucionar un Grafcet, una etapa ha de ser activada i desactivada al mateix temps, haurà de romandre activa.

Prioritat de l'activació

Fixeu-vos en el Grafcet de la figura 36: si estem en l'etapa 2 i la receptivitat S2 és certa, segons la regla 3 s'ha d'activar l'etapa posterior, és a dir, la 2, i desactivar l'etapa anterior, la 2 també; per tant, segons la regla 5, haureu de deixar l'etapa 2 activa.

Figura 36. Prioritat d'activació

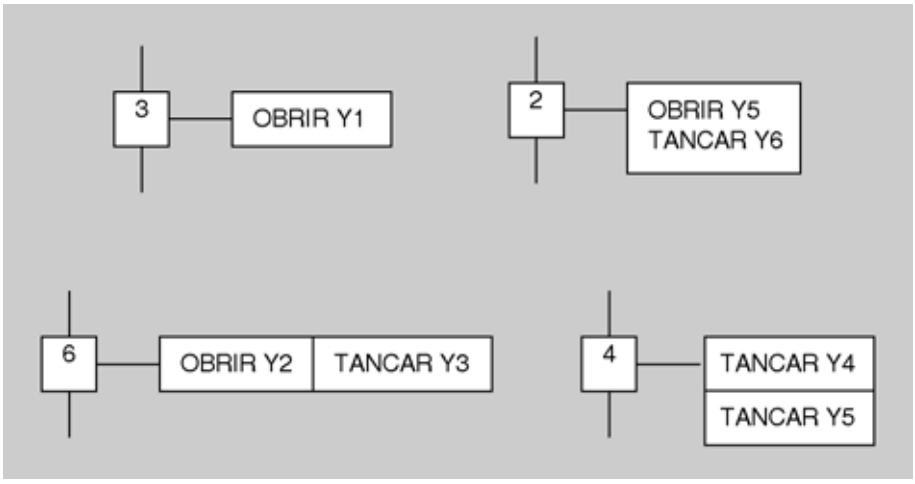


2.1.7. Accions associades a etapes

La norma IEC-848 (Preparació de diagrames funcionals per a sistemes de control) presenta de manera general la descripció de les accions associades a les etapes, mitjançant un rectangle unit amb una línia a l'etapa corresponent.

En la figura 37 podeu veure les diferents maneres en què es poden representar les accions associades a les etapes.

Figura 37. Representació de les accions

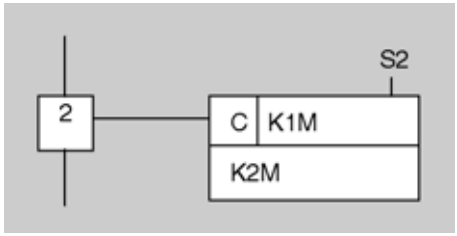


Segons les necessitats es pot dividir el rectangle en dues parts, i es pot indicar a l'esquerra de la descripció de l'acció mitjançant una lletra el comportament de l'acció una vegada que s'activa l'etapa, i que pot ser:

1) Acció condicionada

L'acció condicionada s'identifica amb la lletra C i indica que l'acció només s'executarà quan, estant l'etapa activa, s'acompleixi la condició. En l'exemple de la figura 38 teniu dues accions associades a una etapa i una està condicionada: quan l'etapa 1 estigui activa el contactor K2M funcionarà sempre però el K1M només ho farà si, a més, està connectat el polsador S2.

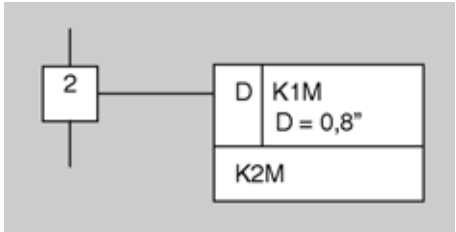
Figura 38. Acció condicionada



2) Acció retardada

L'acció retardada s'identifica amb la lletra D i implica que l'acció comença un cert temps després de l'activació de l'etapa. En l'exemple de la figura 39 el contactor K2M es connectarà al mateix moment que s'activi l'etapa 2, però el K1M ho farà 8 s després, i si el Grafcet evoluciona a l'etapa següent abans de transcórrer el temps programat, no arribaria a connectar-se.

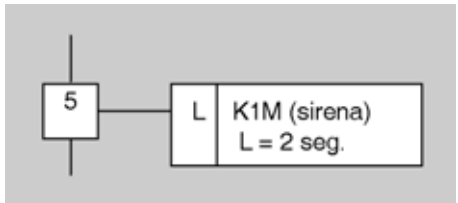
Figura 39. Acció retardada



3) Acció limitada en el temps

L'acció limitada en el temps s'identifica amb la lletra L i implica que l'acció finalitza un cert temps després de l'activació de l'etapa. En l'exemple de la figura 40 la sirena accionada pel contactor K1M començarà a sonar quan s'activi l'etapa 5 i deixarà de sonar 2 s després; si l'etapa 5 està activada menys de 2 s la sirena no arribaria a connectar-se.

Figura 40. Acció limitada en el temps



4) Acció impulsional

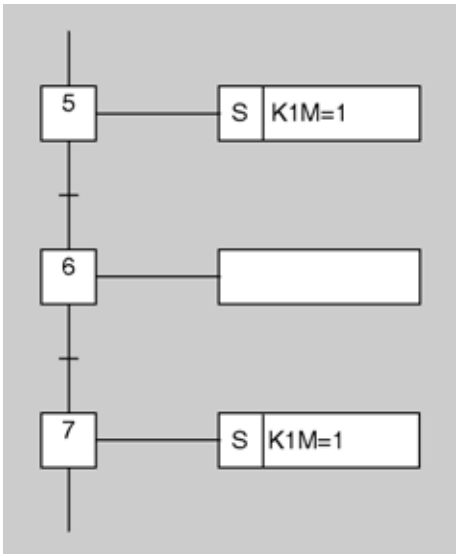
Figura 41. Acció impulsional



L'acció impulsional s'identifica amb la lletra P i correspon a una acció limitada a un temps molt curt però suficient per aconseguir l'efecte desitjat. En el cas dels PLC aquest temps acostuma a ser la durada d'un cicle, i l'exemple de la figura 41 el contactor K3M es connectarà quan s'activi l'etapa 4 i es desconnectarà immediatament.

5) Acció memoritzada

Figura 42. Acció memoritzada



L'acció memoritzada implica que l'acció s'activa en una etapa determinada i es desactiva en una altra. En l'exemple de la figura 42 el contactor K1M es connecta en l'etapa 6 i es desconnecta en l'etapa 8. Aquest tipus d'acció s'utilitza molt per connectar actuadors monoestables com motors o cilindres de simple efecte per evitar haver de donar l'ordre de connectar en totes les etapes intermèdies que hi ha entre la que dóna l'ordre de connectar i la de desconnectar.

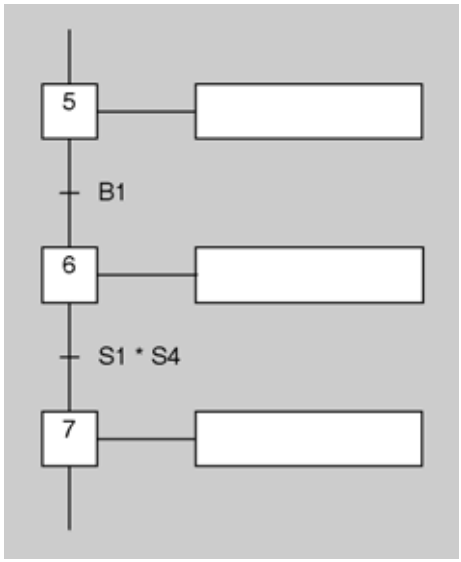
2.2. Estructures bàsiques del Grafcet

La majoria de processos seqüencials es poden descriure mitjançant la combinació de les tres estructures bàsiques d'un Grafcet: seqüència única, selecció de seqüència i seqüències simultànies.

2.2.1. Seqüència única

Una seqüència única està formada per una successió d'etapes que són activades una a continuació de l'altra, amb la característica que cada etapa té en la sortida una única transició i cada transició és validada per una única etapa. En la figura 43 podeu veure un exemple d'un Grafcet de seqüència única.

Figura 43. Seqüència única

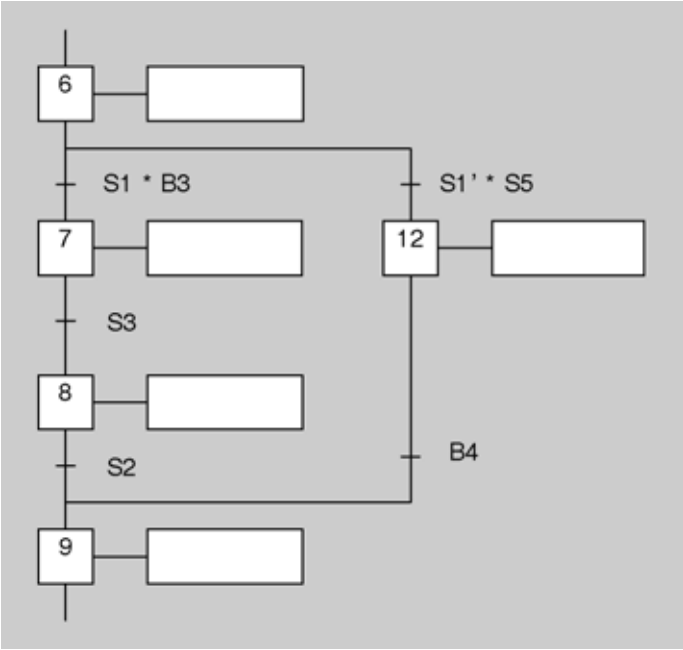


Es diu que una **seqüència està activa** si com a mínim hi ha una etapa activada, i que està inactiva si totes les etapes estan desactivades.

2.2.2. Selecció de seqüència

Una selecció de seqüència es presenta quan en la sortida d'una etapa la línia d'unió es bifurca i hi ha diverses transicions i, per tant, la seqüència pot evolucionar en distintes etapes. Les receptivitats d'aquestes transicions han de ser exclusives, és a dir, no poden ser certes les dues a la vegada, i el Grafcet ha d'evolucionar solament en un dels diversos camins possibles. En la figura 44 podeu veure un exemple d'un Grafcet amb selecció de seqüència, en què des de l'etapa 6 el Grafcet pot evolucionar cap a l'etapa 7 o l'etapa 12. Fixeu-vos que la receptivitat S1 fa que les transicions siguin exclusives: si S1 està accionat, és a dir, si S1 és cert, podrà evolucionar cap a l'etapa 7, i si no és cert ho podrà fer cap a l'etapa 12.

Figura 44. Selecció de seqüència



2.2.3. Salts d'etapes

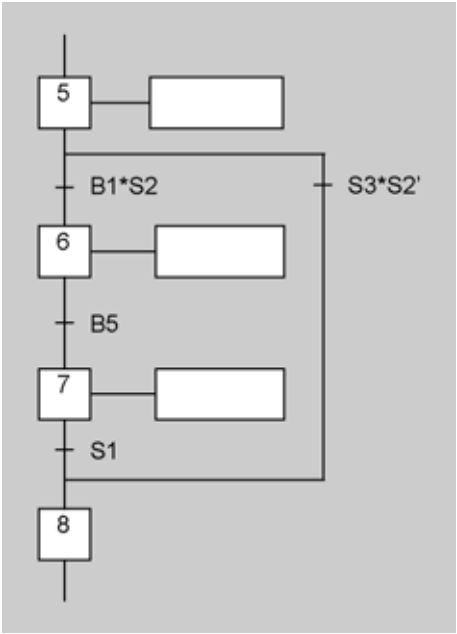
Un salt d'etapes és una variant de l'estructura de selecció de seqüència que permet saltar una o diverses etapes; el salt es pot fer de dues maneres:

1) Salt cap endavant

Anomenat normalment *salt*, permet en una seqüència única saltar l'evolució d'una o diverses etapes quan les accions que es fan en aquestes etapes no siguin necessàries. En la figura 45 podeu veure un exemple de

Grafcet amb salt d'etapes, en què des de l'etapa 5, si és certa la transició S2, el Grafcet evoluciona per l'etapa 6, 7, etc., i si no és certa, S2 salta a l'etapa 8 i deixa d'executar les accions associades a les etapes 6 i 7.

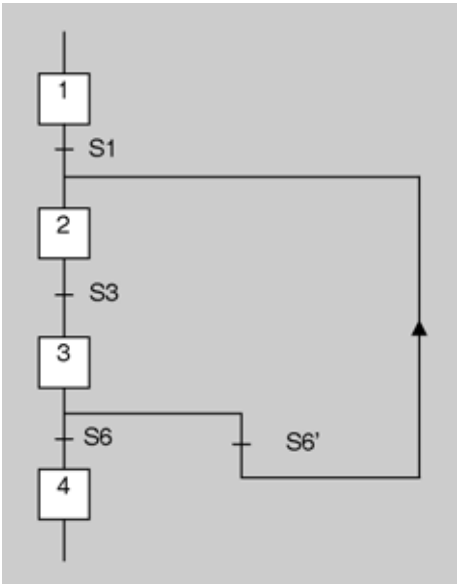
Figura 45. Salt d'etapes



2) Salt endarrere

Anomenat normalment *repetició de seqüència*, permet tornar a començar la mateixa seqüència mentre la receptivitat corresponent no sigui certa. Aquesta estructura és molt habitual en instal·lacions en què un procés s'ha de repetir diverses vegades, i hi ha un comptador que en valida la receptivitat. En la figura 46 podeu veure un exemple de Grafcet amb repetició de seqüència en què des de l'etapa 3, i mentre no sigui certa la receptivitat S6, es repetiran les accions associades a les etapes 2 i 3 i, en el moment que S6 sigui certa, el Grafcet evolucionarà a l'etapa 4 i continuarà el seu procés.

Figura 46. Salt endarrere

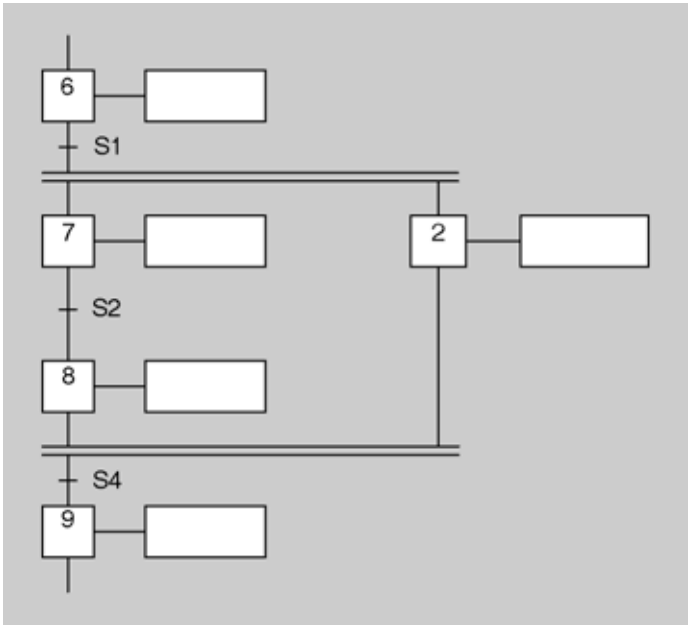


2.2.4. Seqüències simultànies

Una estructura de seqüències simultànies és aquella en què, quan es franqueja una transició, s'activen diverses etapes simultàniament, amb la característica que a partir d'aquest moment aquestes etapes inicien unes seqüències independents: quan una finalitza la seva tasca espera que ho faci l'altra, i així, quan les darreres etapes de cada seqüència estan actives i sigui certa la receptivitat associada a la transició, la transició estarà franquejada i el Grafcet evolucionarà a l'etapa següent.

L'inici i el final de les seqüències simultànies es representa amb doble línia. En la figura 47 podeu veure un exemple de Grafcet amb seqüències simultànies, en què les etapes 7 i 2 s'activaran simultàniament quan, estant l'etapa 6 activa, hi hagi receptivitat S1 i per activar l'etapa 9 és necessari que estiguin actives les darreres etapes de cada seqüència, és a dir, les etapes 2 i 8 i que sigui certa la receptivitat S4.

Figura 47. Seqüències simultànies



2.3. Implementació del Grafcet

Una vegada dissenyat el Grafcet corresponent al procés que es vol fer, heu de confeccionar l'esquema elèctric que controli aquest procés i, per tant, heu de programar dos esquemes:

1) Esquema corresponent a les condicions d'activació de les etapes.

A partir del Grafcet dissenyat, s'obtenen les condicions d'activació i desactivació de les etapes tenint en compte el següent:

- Una etapa s'activa quan les etapes immediatament anteriors estan actives i la transició està franquejada.

- Quan activeu una etapa heu de desactivar les etapes immediatament anteriors.

- A cada línia d'unió correspon una ordre d'activació d'una etapa i desactivació de les anteriors, i es duu a terme en una branca elèctrica.

- Cada branca elèctrica estarà formada per un contacte de l'etapa actual, en sèrie amb els contactes corresponents a les receptivitats de la transició que donen l'ordre de *set* a l'etapa destinació i a la vegada *reset* a l'etapa origen.

2) Esquema corresponent a l'activació de les accions associades a les etapes.

A partir del Grafcet dissenyat, s'obtenen les condicions d'activació i desactivació de les accions associades a les etapes tenint en compte el següent:

- Les accions s'executen mentre l'etapa a la qual està associada està activa.

- L'esquema corresponent a l'activació de cada acció es fa en una branca diferent.

2.3.1. Esquema d'activació d'etapes del Grafcet

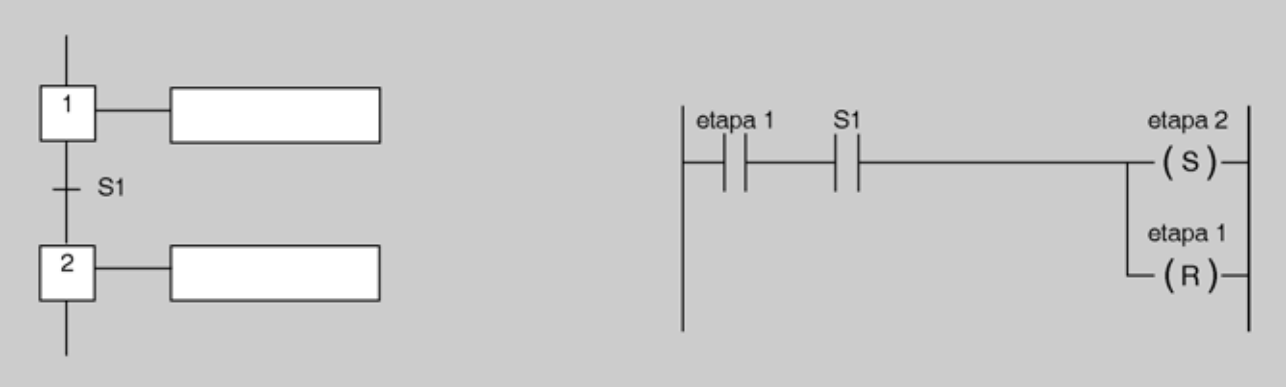
El circuit elèctric corresponent a l'activació de les etapes del Grafcet perquè aquest evolucioni, a mesura que la instal·lació funciona, consisteix en branques elèctriques que activen l'etapa següent i desactiven l'actual quan la transició entre les dues etapes sigui franquejable. Les branques estan formades per un contacte corresponent a l'etapa origen, en sèrie amb els contactes de les receptivitats que donen l'ordre *set* a l'etapa destinació, i a la vegada l'ordre de *reset* a l'etapa origen.

En les transicions us podeu trobar diferents tipus de receptivitats i haureu d'adaptar l'esquema a les seves característiques.

1) Receptivitat condicionada per un sol element

En la figura 48 podeu veure l'esquema corresponent a l'activació d'una etapa condicionada per un sol element. Observeu que la branca elèctrica està formada per uns contactes de l'etapa origen 1 en sèrie amb un contacte de la receptivitat S1 que donen l'ordre *set* de l'etapa destinació, la 2, i *reset* de l'etapa origen, la 1.

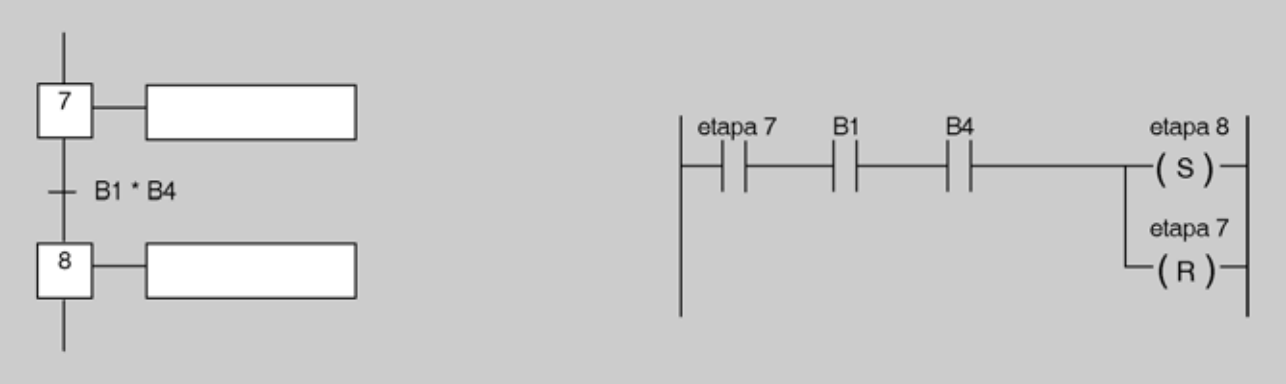
Figura 48. Activació d'etapa amb receptivitat condicionada per un sol element



2) Receptivitat condicionada per dos elements en sèrie

En la figura 49 podeu veure l'esquema corresponent a l'activació d'una etapa condicionada per dos elements en sèrie. Observeu que l'expressió algebraica de la transició és B1 * B4, i per això en el circuit aquests contactes estan en sèrie.

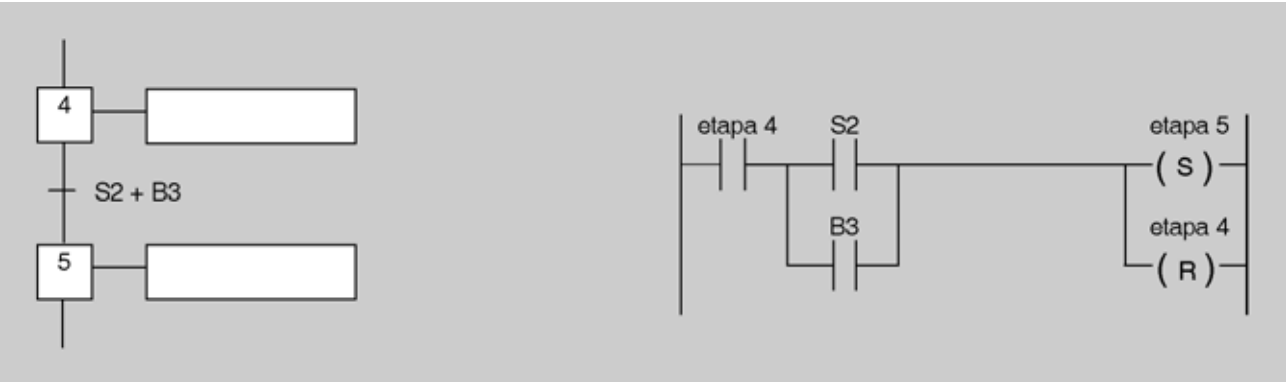
Figura 49. Activació d'etapa amb receptivitat condicionada per dos elements en sèrie



3) Receptivitat condicionada per dos elements en paral·lel

En la figura 50 podeu veure l'esquema corresponent a l'activació d'una etapa condicionada per dos elements en paral·lel. Observeu que l'expressió algebraica de la transició és S2 + B3, i per això en el circuit aquests contactes estan en paral·lel entre ells i en sèrie amb el contacte corresponent a l'etapa.

Figura 50. Activació d'etapa amb receptivitat condicionada per dos elements en paral·lel



4) Receptivitat condicionada per diversos elements en connexió mixta

En la figura 51 podeu veure l'esquema corresponent a l'activació d'una etapa condicionada per diversos elements en connexió mixta. Observeu que l'expressió algebraica de la transició és S2' * (B4 + S3), és a dir, un contacte negat de S2 que està en sèrie amb el conjunt dels contactes B4 i S3, que estan en paral·lel entre ells.

Figura 51. Activació d'etapa amb receptivitat condicionada per diversos elements en connexió mixta



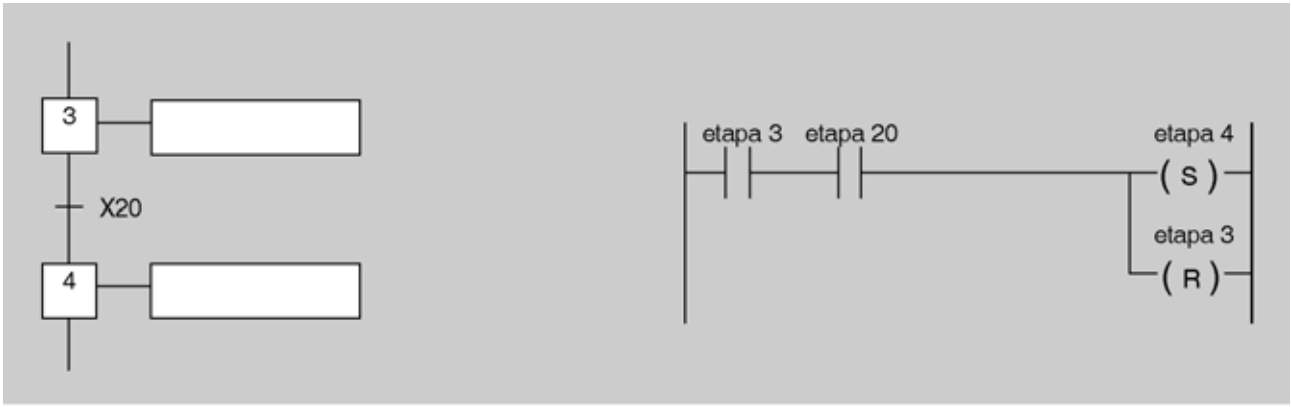
5) Receptivitat condicionada per etapes

En la figura 52 podeu veure l'esquema corresponent a l'activació d'una etapa condicionada per altres etapes. Això vol dir que l'evolució d'aquest Grafcet s'atura en l'etapa 3 i espera que s'activi l'etapa 20 d'aquest Grafcet o d'un altre, per continuar el funcionament corresponent en l'etapa 4.

Exemple de receptivitat condicionada per etapes

Una cinta que transporta ampolles de vi, quan arriba a la zona de rebre l'ampolla, espera que el procés d'emplenament i etiquetatge finalitzi per continuar el procés.

Figura 52. Activació d'etapa amb receptivitat condicionada per etapes

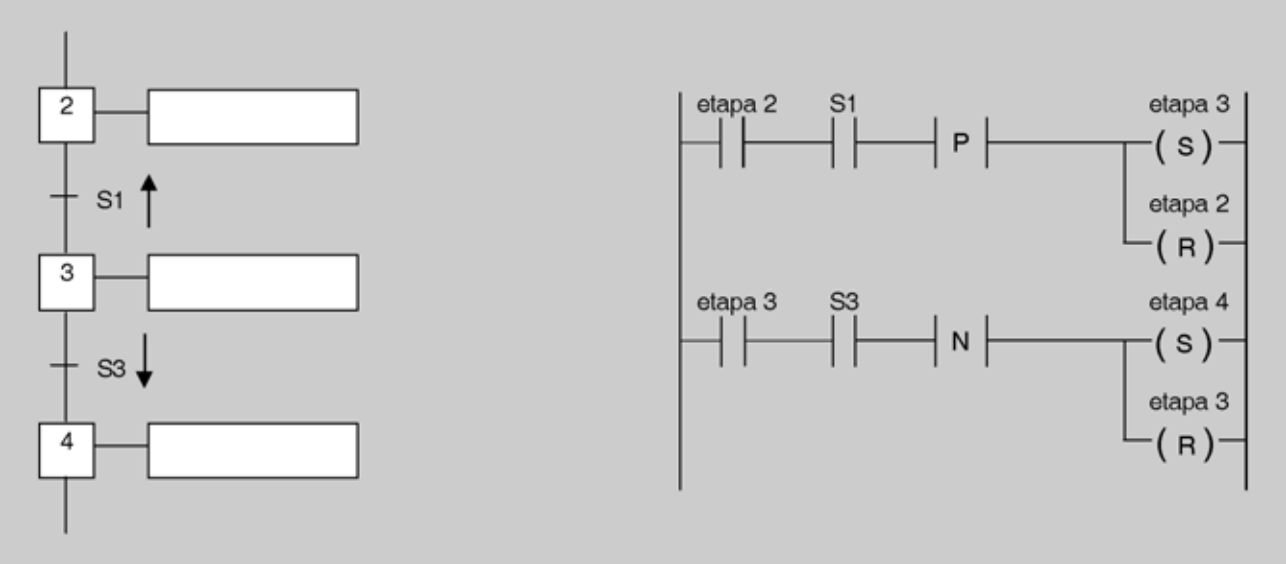


6) Receptivitat condicionades per flancs

En la figura 53 podeu veure l'esquema corresponent a l'activació d'una etapa condicionada per flancs positius o negatius. Observeu que l'etapa 3 s'activarà en el moment de connectar S1 amb el flanc de pujada, és a dir, que a la bobina de *set* de l'etapa 3 només arriba senyal elèctric durant un instant, però queda activada per les característiques de la funció *set*. El

mateix passa amb l'activació de l'etapa 4, però ho fa amb el flanc de baixada de S3, és a dir, l'etapa s'activarà quan desconnectem l'interruptor S3.

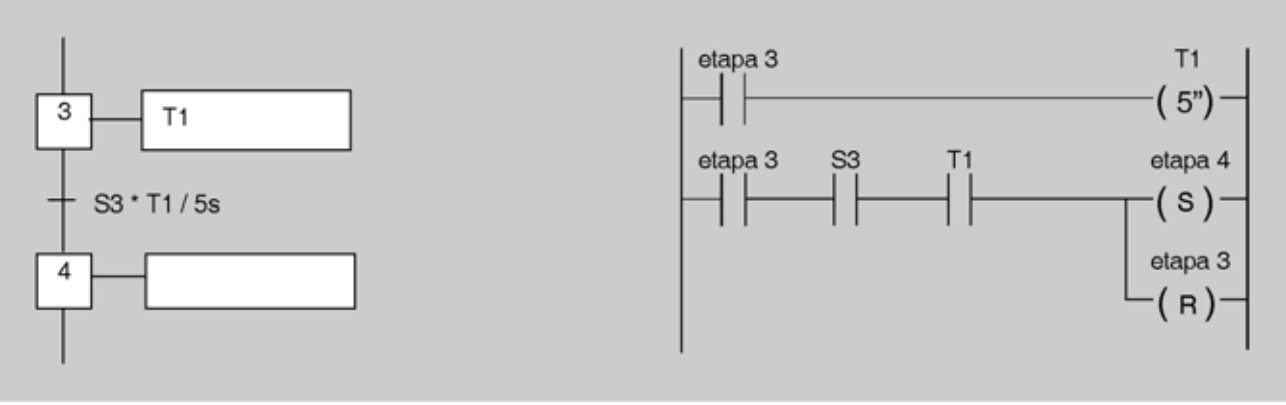
Figura 53. Activació d'etapa amb receptivitat condicionada per flancs



7) Receptivitat condicionada per temps

En la figura 54 podeu veure l'esquema corresponent a l'activació d'una etapa condicionada per temps. Observeu que l'expressió algebraica de la transició conté un temporitzador, és a dir, el Grafcet evolucionarà de l'etapa 3 a la 4 quan estigui accionat S3 i a més hagin transcorregut 5 s des de l'activació de l'etapa 3. Observeu en l'esquema de la dreta de la figura 49 que, en la segona branca corresponent a l'evolució del Grafcet, els contactes d'S3 i del temporitzador T1 estan en sèrie, però falta concretar quan s'ha de connectar el temporitzador, i per això abans d'aquesta branca està programat el circuit corresponent a la posada en marxa del temporitzador.

Figura 54. Activació d'etapa amb receptivitat condicionada per temps

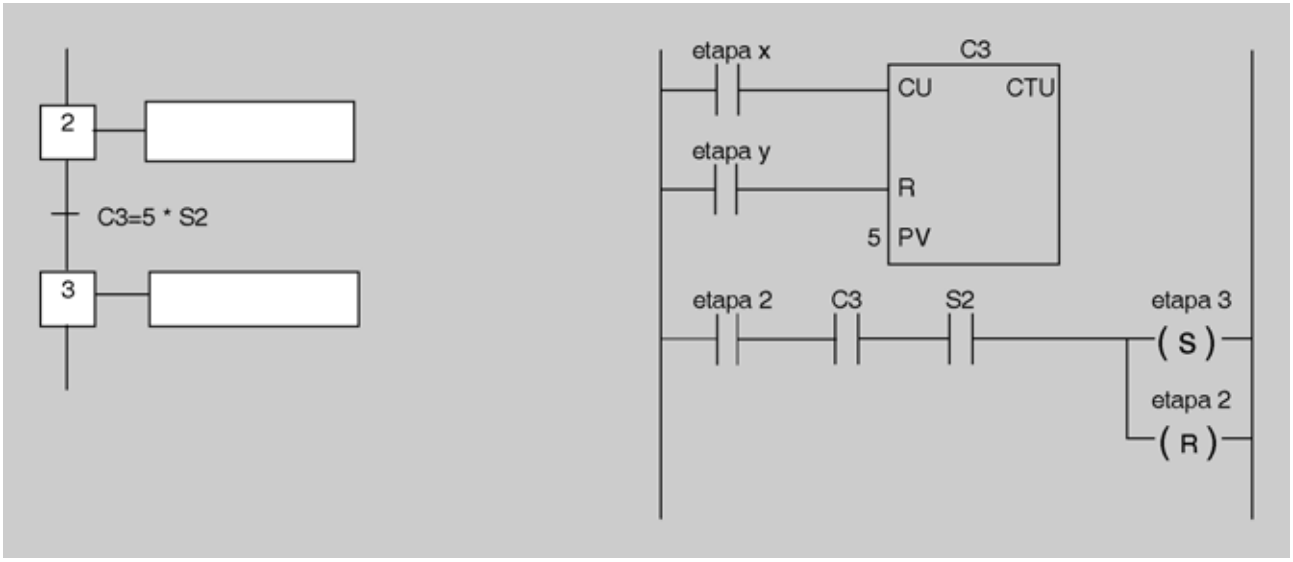


8) Receptivitat condicionada per comptadors

En la figura 55 podeu veure l'esquema corresponent a l'activació d'una etapa condicionada per comptadors. Observeu que l'expressió algebraica de la tran-

sició conté un comptador amb preselecció, és a dir, el Grafcet evolucionarà de l'etapa 2 a la 3 quan estigui accionat S2 i el comptador hagi comptat cinc impulsos; per tant, en la branca corresponent a l'evolució del Grafcet els contactes de S2 i del comptador C3 estan en sèrie, però falta connectar el comptador amb la preselecció de cinc impulsos i les ordres d'inicialització i les condicions de comptatge. Però falta concretar quan s'ha de connectar el comptador, per això abans de la branca amb els contactes del comptador s'ha de programar el circuit corresponent a la posada en marxa del comptador, que en aquest exemple es posaria a zero en l'etapa y i comptaria en l'etapa x.

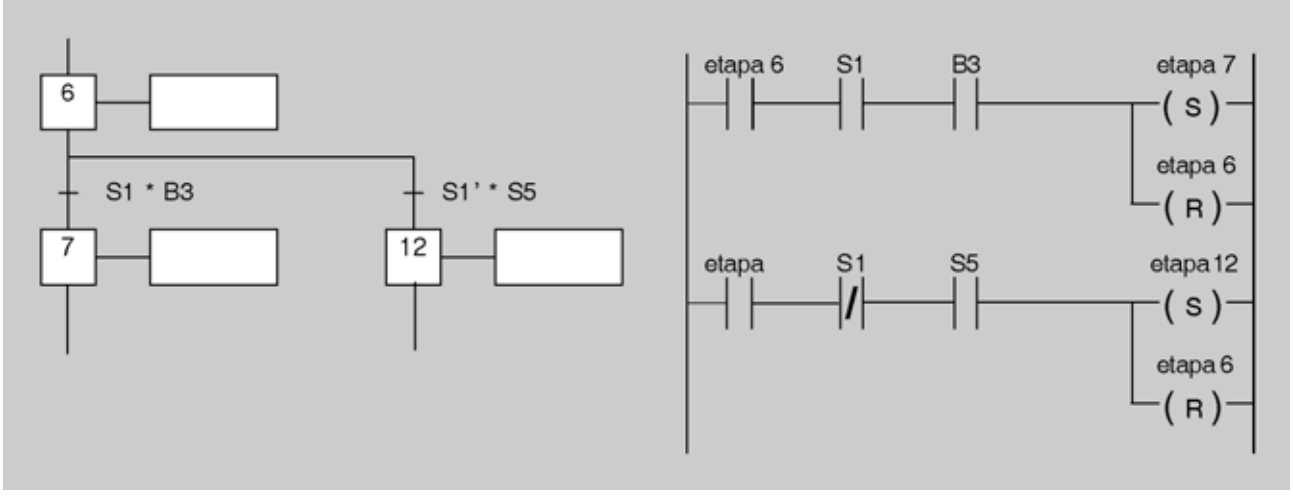
Figura 55. Activació d'etapa amb receptivitat condicionada per comptadors



9) Etapa amb selecció de seqüència

En la figura 56 podeu veure l'esquema corresponent a una etapa amb selecció de seqüència. Observeu que de l'etapa 6 es generen dues branques, que corresponen a les dues línies d'unió corresponents a la bifurcació; per tant, hi ha una branca per a l'evolució de l'etapa 6 a la 7 i una altra per a l'evolució de l'etapa 6 a la 12.

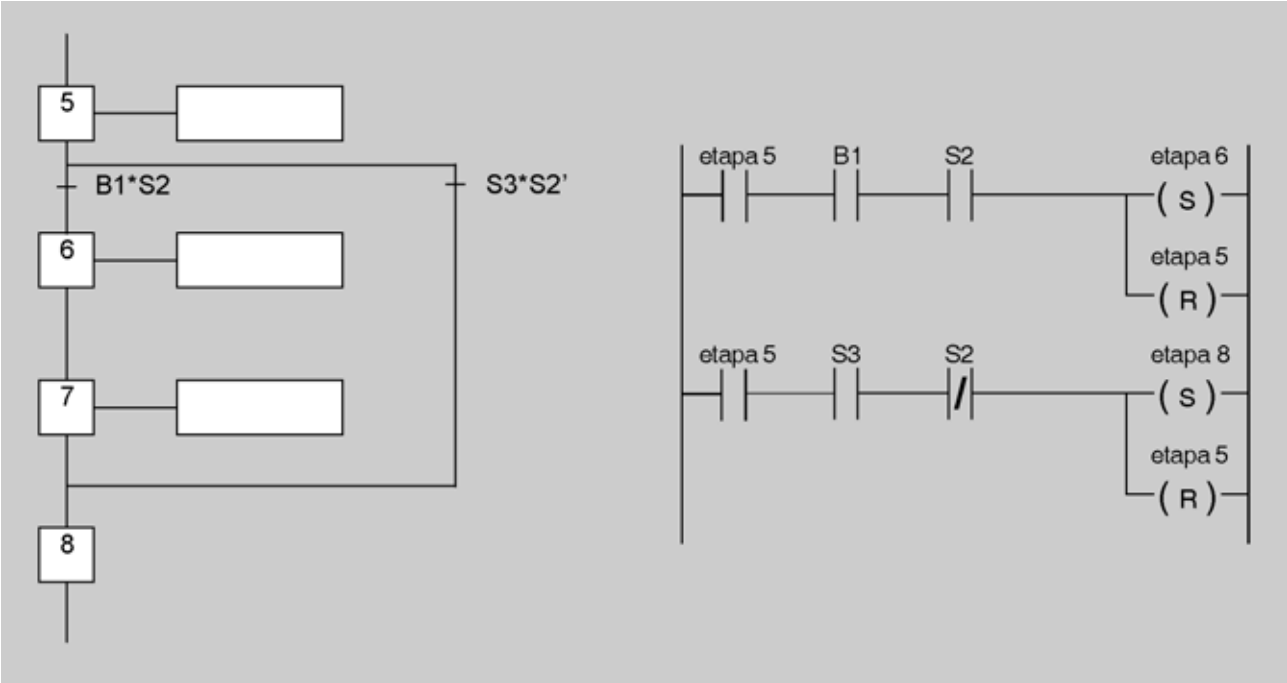
Figura 56. Esquema d'una etapa amb selecció de seqüència



10) Etapa amb salt

En la figura 57 podeu veure l'esquema corresponent a una etapa amb salt. Observeu que el circuit elèctric correspon al d'una selecció de seqüència, ja que, en definitiva, des de l'etapa 5 hi ha una bifurcació a dues etapes.

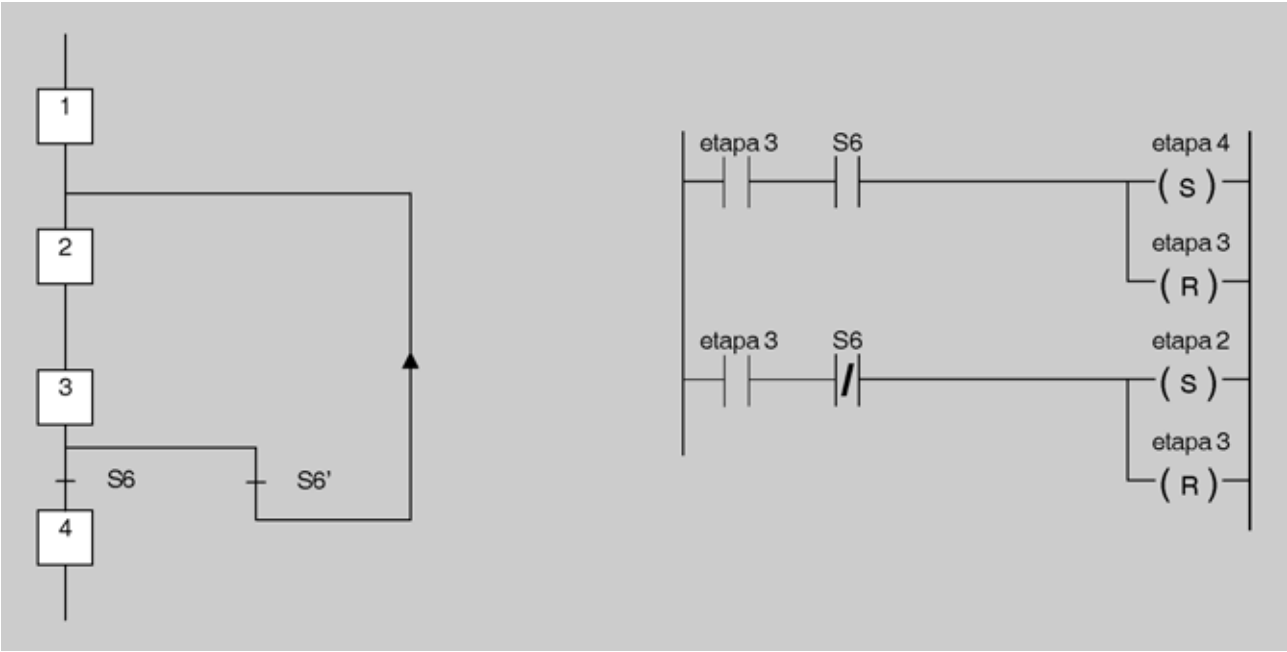
Figura 57. Esquema d'etapa amb salt



11) Etapa amb bucle

En la figura 58 podeu veure l'esquema corresponent a una etapa amb bucle. El circuit elèctric correspon al d'un salt, encara que en aquest cas és un salt endarrere.

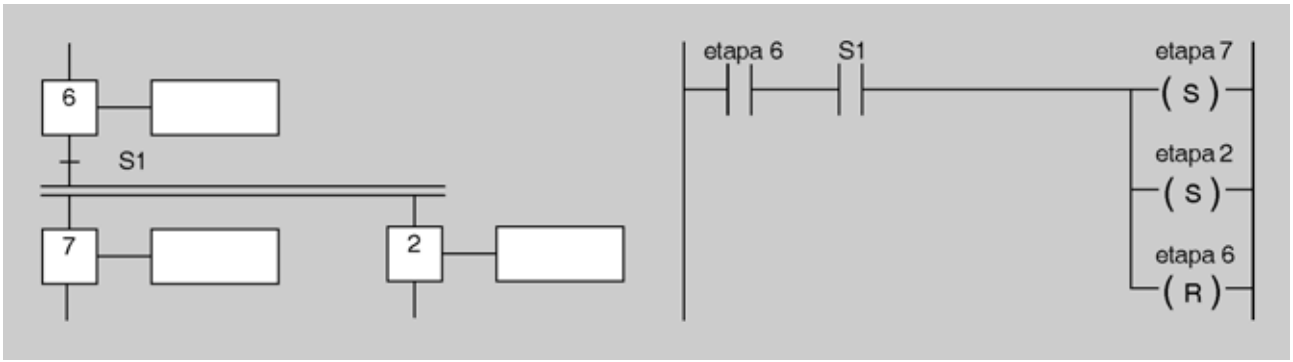
Figura 58. Esquema d'etapa amb bucle



12) Etapa amb inici de seqüència simultània

En la figura 59 podeu veure l'esquema corresponent a una etapa amb inici de seqüència simultània. Quan hi ha seqüències simultànies, aquestes s'han d'activar a la vegada, i per això la branca elèctrica corresponent a l'evolució del Grafcet està formada per un contacte de l'etapa origen, la 6, en sèrie amb la receptivitat S1, que donen l'ordre de *set* a l'etapa destinació, en aquest cas la 7 i la 2, i a la vegada *reset* de l'etapa origen.

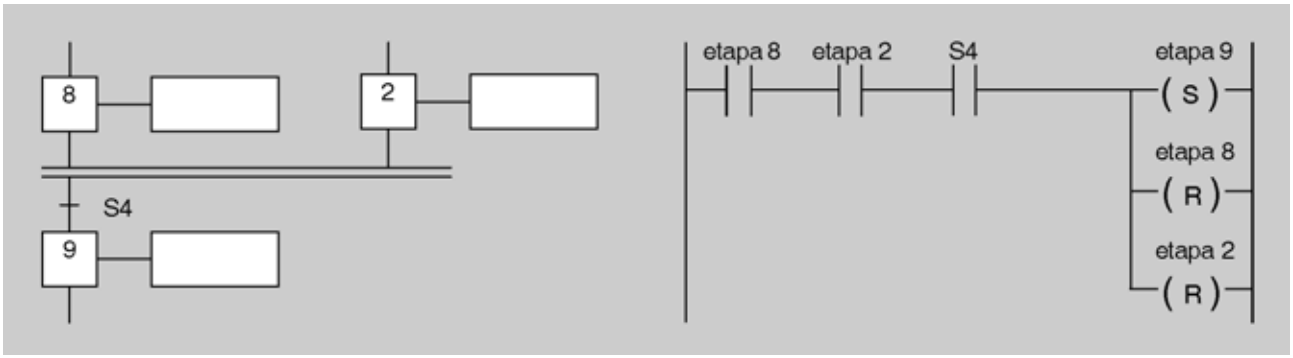
Figura 59. Esquema d'etapa amb inici de seqüències simultànies



13) Etapa amb final de seqüència simultània

En la figura 60 podeu veure l'esquema corresponent a una etapa amb final de seqüència simultània. En un Grafcet amb seqüències simultànies cada seqüència executa les seves accions al seu ritme, independentment de les altres seqüències, però han de finalitzar totes les seqüències abans de continuar amb la seqüència comuna, i per això la branca elèctrica corresponent a l'evolució del Grafcet està formada pels contactes corresponent a les etapes finals de cada seqüència, la 8 i la 2, en sèrie amb la receptivitat S1, que donen l'ordre de *set* a l'etapa destinació, la 9, i fan el *reset* de les etapes origen, la 8 i la 2.

Figura 60. Esquema d'etapa amb final de seqüències simultànies



2.3.2. Esquema d'activació d'accions

Amb els contactes corresponents a les etapes s'activaran les accions associades a aquestes, utilitzant una branca per a cada acció. Quan una etapa

té associada més d'una acció es podrien connectar en paral·lel les dues accions i així utilitzar només una branca, però pensant que els exemples aquí exposats són molt senzills, i que els esquemes reals són molt més complexos, és aconsellable utilitzar una branca per a cada acció.

Utilitzant una branca per a cada acció és molt fàcil modificar l'esquema i activar l'acció des d'altres etapes, afegint un contacte en paral·lel.

Les accions associades a les etapes es duen a terme mitjançant els actuadors, com motors, electrovàlvules, bombetes de senyalització, etc. Aquests actuadors es divideixen en dos grups: monoestables i biestables.

- **Actuador monoestable** La majoria d'actuadors són monoestables, es posen en marxa mitjançant un únic actuador i aquest funciona mentre li arriba senyal elèctric.
- **Actuador biestable** Disposa de dos actuadors, i necessita només un impuls per activar de manera permanent qualsevol dels dos actuadors.

Els motors, bombetes, etc., són actuadors monoestables, i els cilindres pneumàtics i hidràulics poden ser monoestables o biestables.

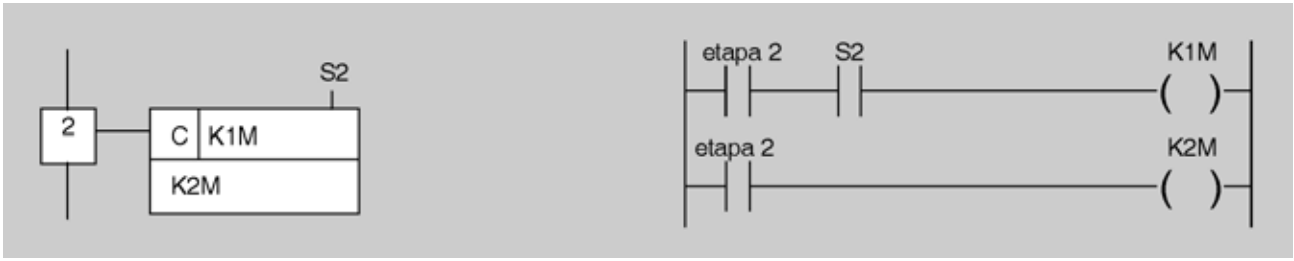
Els cilindres monoestables s'accionen mitjançant una única electrovàlvula: el cilindre avança mentre arriba tensió a l'electrovàlvula i retrocedeix quan no li n'arriba; en canvi, els cilindres biestables s'accionen amb dues electrovàlvules, una per avançar i una altra per retrocedir, de manera que amb un impuls a l'electrovàlvula d'avançar, avança i es queda en aquesta posició fins que s'enviï un impuls a l'electrovàlvula de retrocedir.

Les accions associades a les etapes del Grafcet poden tenir alguna funció addicional:

- **Acció condicionada**

En la figura 61 podeu veure l'esquema corresponent a l'activació d'una acció condicionada. Observeu que l'etapa 2 activa els contactors K1M i K2M, però el primer necessita per funcionar que també estigui connectat S2.

Figura 61. Activació d'acció condicionada

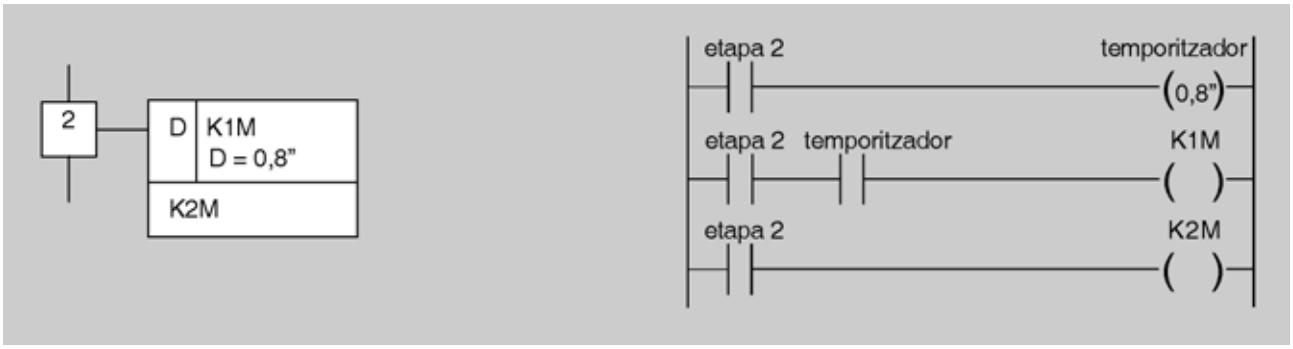


- **Acció retardada**

En la figura 62 podeu veure l'esquema corresponent a l'activació d'una acció retardada. Observeu que l'etapa 2 activa els contactors K2M directa-

ment, i també connecta el temporitzador que retarda l'activació del contactor K1M, que s'activarà sempre que el temporitzador hagi comptat el temps programat i continuï l'etapa 2 activa.

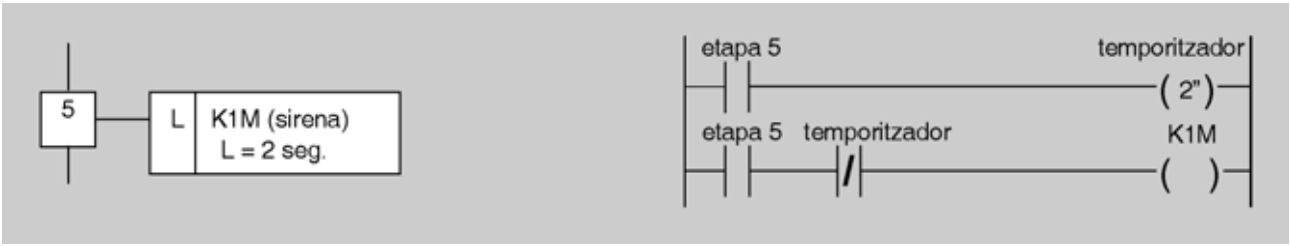
Figura 62. Activació d'acció retardada



- **Acció limitada en el temps**

En la figura 63 podeu veure l'esquema corresponent a l'activació d'una acció limitada en el temps. Observeu que l'etapa 5 activa un temporitzador que en passar 2 s canviarà l'estat dels seus contactes. La sirena K1M es posa en marxa quan s'activa l'etapa 5 i deixarà de funcionar quan obri el contacte del temporitzador en passar 2 s d'activar-se l'etapa o quan l'etapa 5 es desactivi abans d'aquest temps.

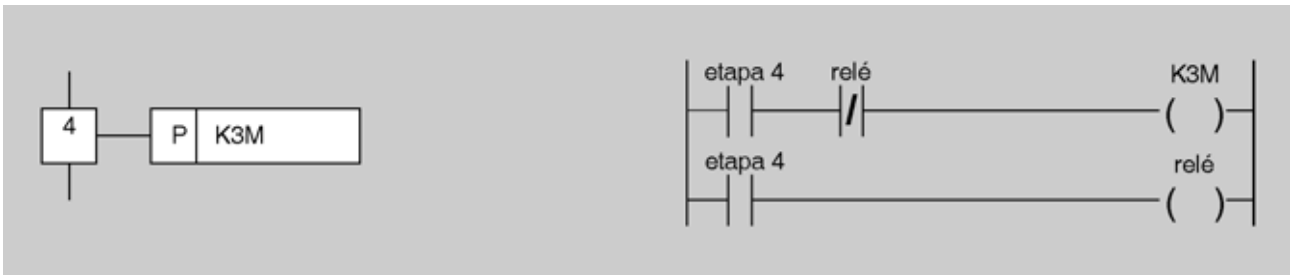
Figura 63. Activació d'acció limitada en el temps



- **Acció impulsional**

En la figura 64 podeu veure l'esquema corresponent a l'activació d'una acció impulsional. Observeu que l'etapa 4, en sèrie amb un contacte tancat d'un relé, activa el contactor K3M, i a la vegada també s'activa el relé; per tant, immediatament després d'activar-se l'etapa, el contacte tancat obrirà i provocarà la desconnexió del contactor K3M.

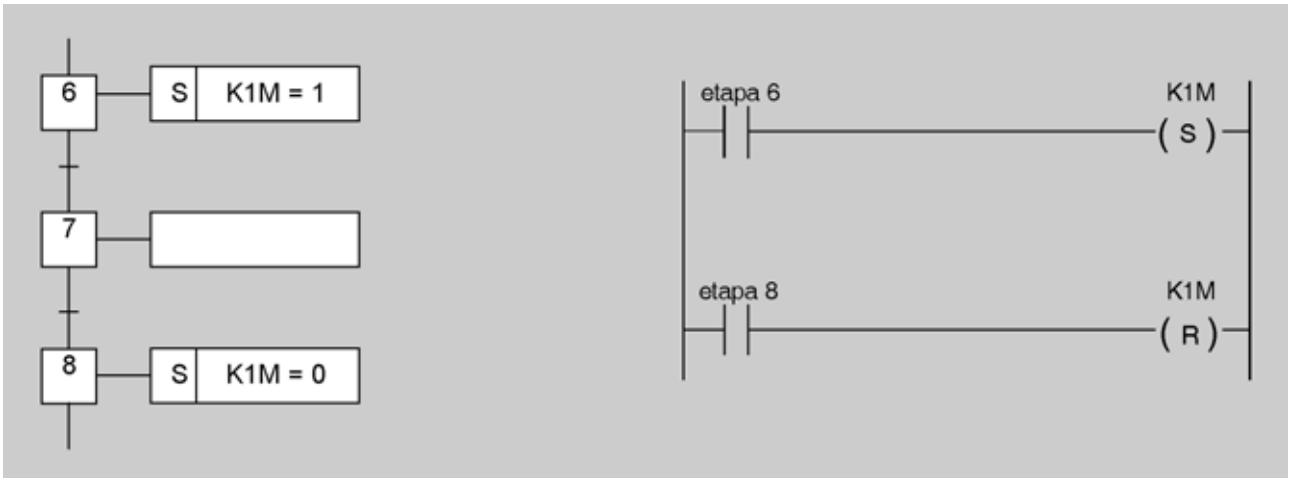
Figura 64. Activació d'acció impulsional



- **Acció memoritzada**

En la figura 65 podeu veure l'esquema corresponent a l'activació d'una acció memoritzada. Observeu que l'etapa 6 dóna l'ordre d'activar el contactor K1M mitjançant l'operació *set*, que fa que es mantingui activat quan es desactivi l'etapa 6, i es mantindrà així fins a l'etapa 8, que dóna l'ordre de *reset* al contactor. Aquest tipus d'acció s'utilitza molt per posar en marxa els actuadors monoestables, i així no cal donar l'ordre d'activació a totes les etapes que hi ha entremig.

Figura 65. Activació d'acció memoritzada



2.3.3. Implementació d'estructures bàsiques del Grafcet

El Grafcet defineix la seqüència de funcionament d'un procés i la seva implementació consisteix en la conversió d'aquest Grafcet en un esquema elèctric; una vegada desenvolupat l'esquema corresponent s'ha de definir el tipus de control utilitzat, que pot ser de lògica cablejada o, el més freqüent, de lògica programada, és a dir, un autòmat programable.

Per implementar un Grafcet mitjançant un PLC, heu de seguir el procés següent:

1) Disssenyar l'esquema de connexions de tots els actuadors i sensors amb el PLC; així tindrem la llista de les entrades i sortides del PLC. En l'esquema de la figura 67 teniu les connexions de les entrades i sortides de la maqueta de la figura 68.

!!

Podeu anar a la secció "Recursos de contingut" del web d'aquest mòdul, en què trobareu la maqueta per comprovar el funcionament dels programes que feu.

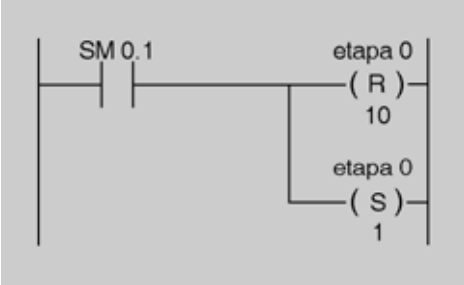
2) Associar a cada etapa un registre intern que permeti saber si l'etapa està activada o no. En l'autòmat S7-200 de Siemens assignareu les marques identificades amb la lletra M, de manera que la marca tindrà el valor 1 si l'etapa està activada i 0 si està desactivada.

Sempre haureu que mirar el mapa de memòria del PLC que escolliu per saber quins registres interns podeu fer servir.

3) Confeccionar la taula de símbols per identificar tots els elements que utilitzareu en la confecció del programa: entrades, sortides, marques, temporitzadors, comptadors, etc. En la taula 3 teniu els símbols corresponents a la maqueta de la figura 68.

4) Introduir el programa per activar l'etapa inicial del Grafcet en posar en marxa el sistema de control. En la figura 66 teniu l'esquema en què mitjançant la marca especial SM0.1, que es posa amb valor lògic 1 durant un *scan* quan el PLC passa de *stop* a *run*, fa el *reset* de l'etapa 0 i fins a un total de 10; per tant, va des de la 0 fins a la 9 i a continuació fa el *set* de l'etapa 0, i només de l'etapa 0.

Figura 66. Esquema d'inicialització del Grafcet



5) Introduir el programa corresponent als esquemes elèctrics de les activacions de les etapes i les accions.

Figura 67. Connexió d'entrades i sortides de PLC corresponents a la maqueta de la figura 68

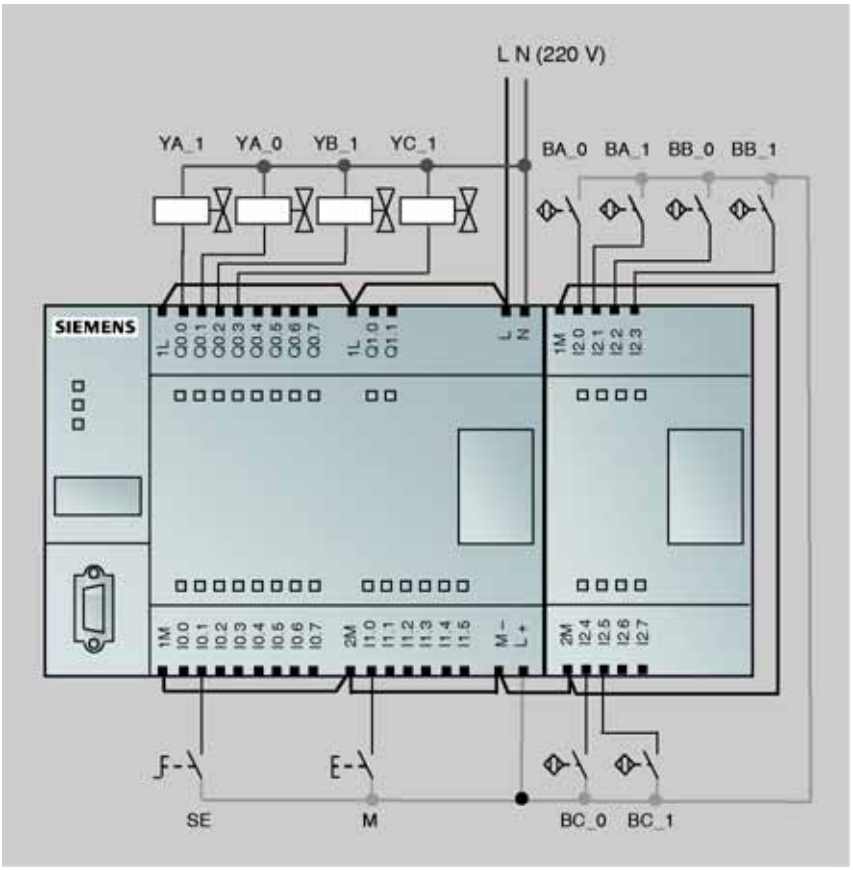
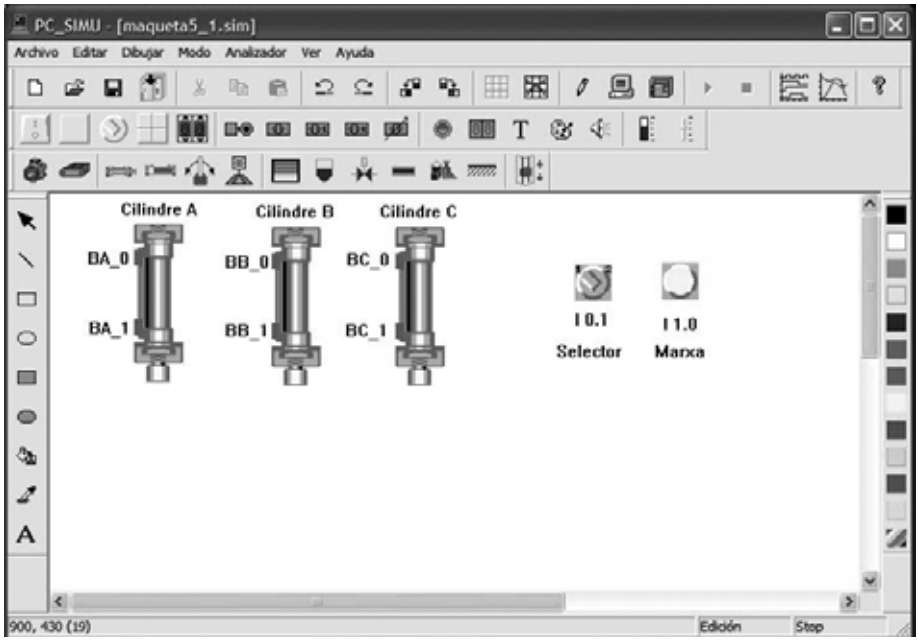


Figura 68. Maqueta



En la secció “Recursos de contingut” del web d’aquest mòdul podeu trobar l’arxiu *maqueta8c.sim*, corresponent al disseny de la maqueta 8c.

El programari simulador de maquetes PC_SIMU el trobareu a l’espai de l”Aula”.

Taula 3. Taula de símbols de la maqueta de la figura 68

Símbol	Direcció	Comentari
SE	I 0.1	Selector
M	I 1.0	Polsador de marxa
BA_0	I 2.0	El cilindre A es troba retrocedit
BA_1	I 2.1	El cilindre A es troba avançat
BB_0	I 2.2	El cilindre B es troba retrocedit
BB_1	I 2.3	El cilindre B es troba avançat
BC_0	I 2.4	El cilindre C es troba retrocedit
BC_1	I 2.5	El cilindre C es troba avançat
YA_1	Q 0.0	El cilindre A avança
YA_0	Q 0.1	El cilindre A retrocedeix
YB_1	Q 0.2	El cilindre B avança
YC_1	Q 0.3	El cilindre C avança
etapa_0	M 0.0	etapa 0
etapa_1	M 0.1	etapa 1
etapa_2	M 0.2	etapa 2
etapa_3	M 0.3	etapa 3
etapa_4	M 0.4	etapa 4
etapa_5	M 0.5	etapa 5
etapa_6	M 0.6	etapa 6
etapa_7	M 0.7	etapa 7
etapa_8	M 1.0	etapa 8
etapa_9	M 1.1	etapa 9

1) Implementació d'un Grafcet de seqüència única

En la figura 69 podeu veure els nivells 2 i 3 d'un Grafcet de seqüència única, corresponent a un procés que podeu fer amb la màquina simulada en la maqueta de la figura 68.

La seqüència comença en posar el PLC en *run* en l'etapa 0, que s'activa de manera automàtica, i en què la màquina no fa cap acció; en el moment que els tres cilindres estan retrocedits heu d'accionar el polsador de marxa M, i el Grafcet evoluciona de la manera següent:

- En el *network* 2 estan tots els contactes a 1 i, per tant, es fa el *set* de l'etapa 1 i el *reset* de l'etapa 0; això vol dir que ara estarà activa l'etapa 1, i només l'etapa 1. En els *network* 7 i 9 els contacte de l'etapa 1 es posa a 1 i, per tant, activaran les sortides YA_1 i YB_1, que faran que els cilindres A i B avancin.

- Quan els cilindres hagin avançat tancaran els contactes BA_1 i BB_1 i, per tant, en el *network* 3 els tres contactes estaran a 1; llavors es fa el *set* de l'etapa 2 i el *reset* de la 1, i això vol dir que ja no es dóna l'ordre a les sortides YA_1 i YB_1, però el cilindre A, com que és biestable, romandrà avançat fins que no es doni l'ordre de retrocedir a la sortida, i el cilindre B, encara que és monoestable també romandrà avançat, ja que la sortida YB_1 ha estat activada en el *network* 9 mitjançant una instrucció *set* i romandrà així fins que no es doni l'ordre de *reset*. En el *network* 11 el contacte de l'etapa 2 que està a 1 fa *set* de la sortida YC_1, fent que el cilindre C avanci.

- Quan el cilindre C hagi avançat tancarà el contacte BC_1 i, per tant, en el *network* 4 els dos contactes estaran a 1 i faran *set* de l'etapa 3 i *reset* de la 2; llavors es posen a 1 els contactes de l'etapa 3 i els *networks* 8 i 12 activen les sortides YA_0 i YC_1, respectivament, que fan que retrocedeixin els cilindre A i C.

- Quan els cilindres A i C estiguin retrocedits, en el *network* 5 tots els contactes estan a 1 i, per tant, es fa *set* de l'etapa 4 i *reset* de la 3; el contacte de l'etapa 4 programat en el *network* 10 es posa a 1 i activa el *reset* de la sortida YB_1, que fa que el cilindre B retrocedeixi.

- Quan el cilindre B ha retrocedit, en el *network* 6 tots els contactes estan a 1 i, per tant, es fa el *set* de l'etapa 0 i el *reset* de la 4.

- Ara la màquina es troba en l'etapa 0, amb els tres cilindres retrocedits, en la mateixa posició que a l'inici del procés, preparada per iniciar un altre cicle de funcionament quan s'accioni el polsador de marxa.

Figura 69. Nivells 2 i 3 d'un Grafcet amb estructura de seqüència única

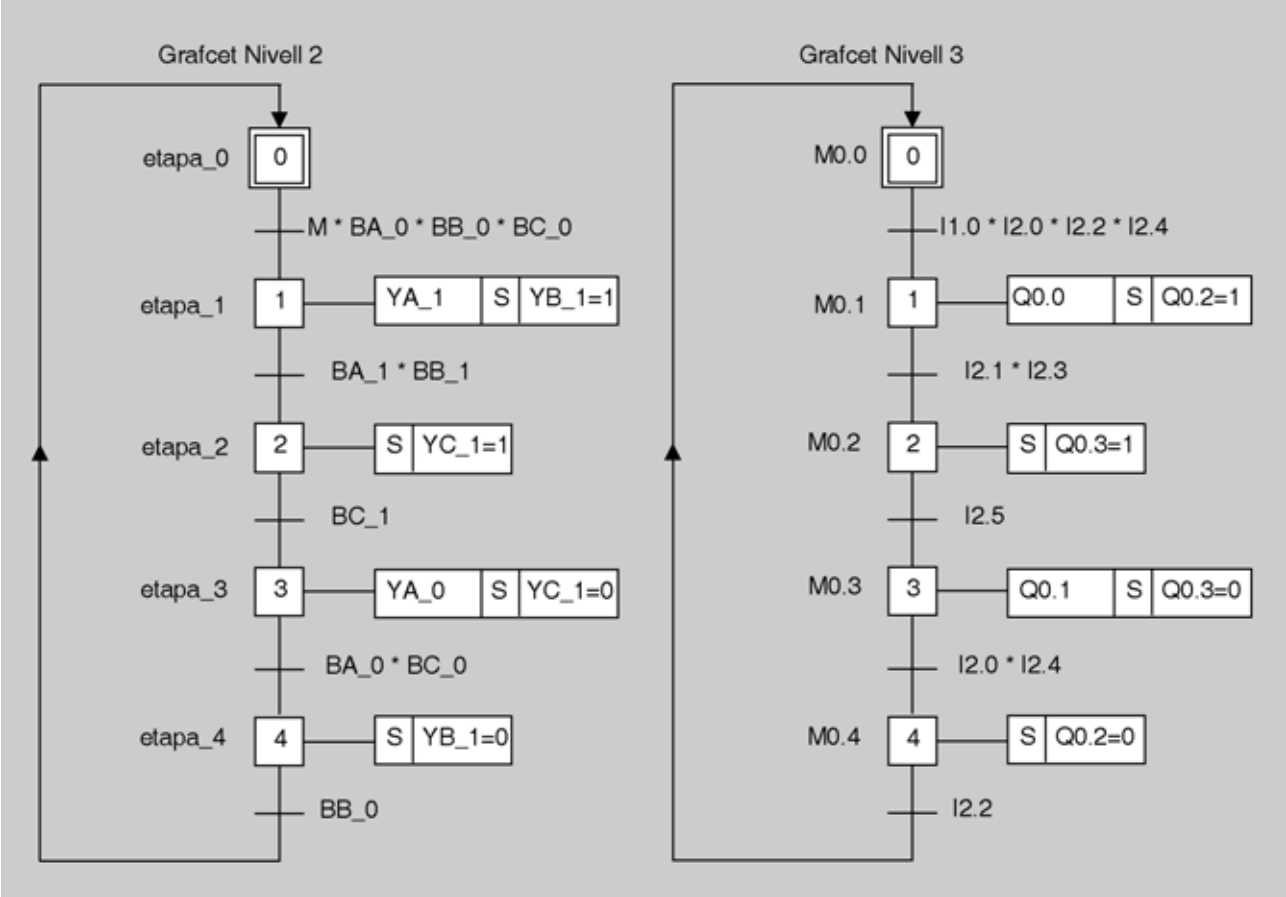
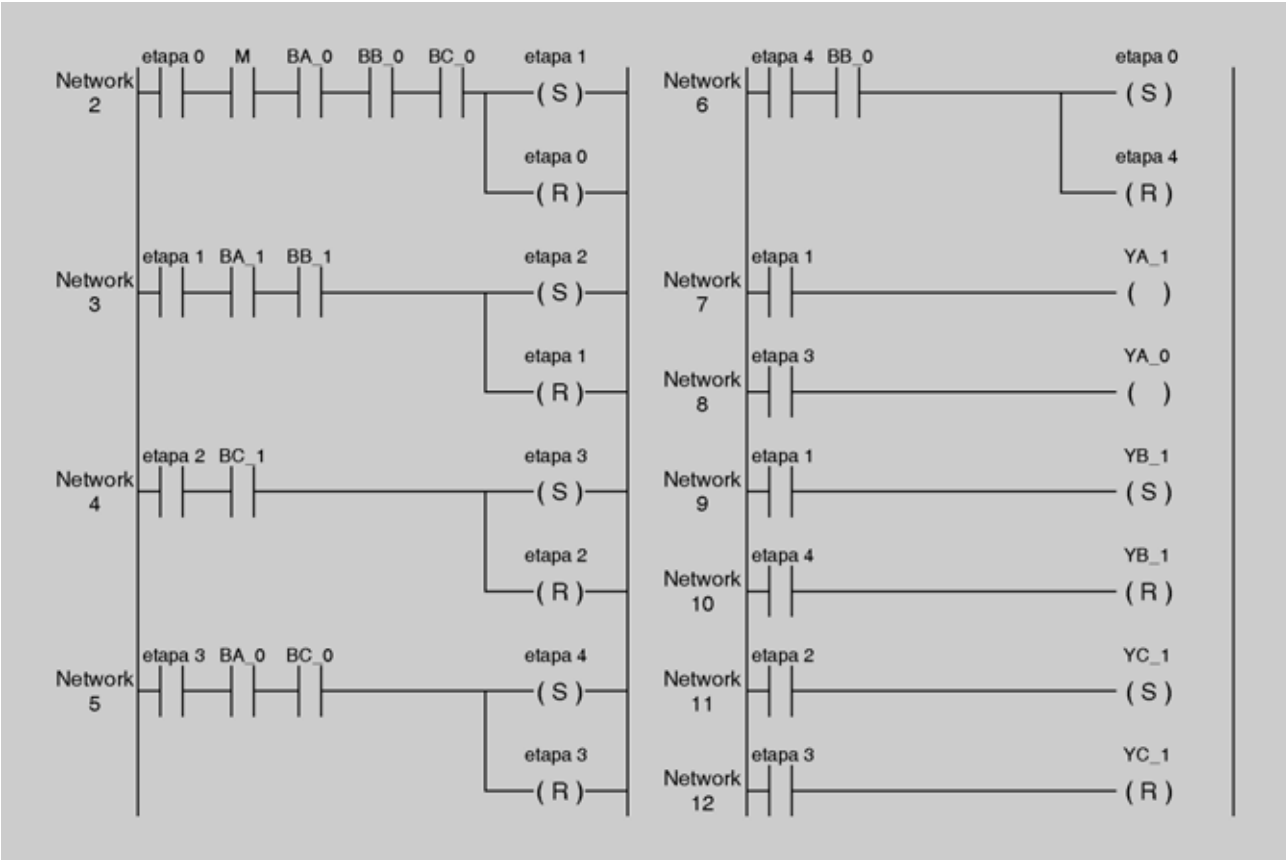


Figura 70. Esquema corresponent al Grafcet de nivell 2 de la figura 69



En la figura 70 teniu l'esquema en diagrama de contactes corresponent a la implementació del Grafcet de la figura 69, que podeu utilitzar per programar l'autòmat programable perquè la maqueta de la figura 68 executi aquesta seqüència.

Ara feu l'activitat "Implementació d'un Grafcet de seqüència única", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

2) Implementació d'un Grafcet amb selecció de seqüència

En la figura 71 podeu veure els nivells 2 i 3 d'un Grafcet amb selecció de seqüència, corresponent a un procés que podeu dur a terme amb la màquina simulada en la maqueta de la figura 68. Fixeu-vos que de l'etapa 3 surten dos camins, ja que la línia d'unió es bifurca en dues, una que evoluciona a l'etapa 4 i una altra que ho fa a l'etapa 7, i que les receptivitats associades a les transicions de cada línia d'unió són exclusives, és a dir, no poden ser certes les dues a la vegada, ja que en una hi ha la condició del selector SE normalment obert en repòs, mentre que en l'altra està normalment tancat. En l'etapa 3 la màquina es troba amb el cilindre B avançat i l'A i C retrocedits, i en funció de l'estat del selector SE la seqüència pot evolucionar per dos camins:

a) Selector sense accionar: la seqüència continua per les etapes 4, 5 i 6, que farà que el cilindre A primer avanci i després retrocedeixi, i per acabar retrocedeixi el cilindre B.

Figura 71. Nivells 2 i 3 d'un Grafcet amb estructura de selecció de seqüència

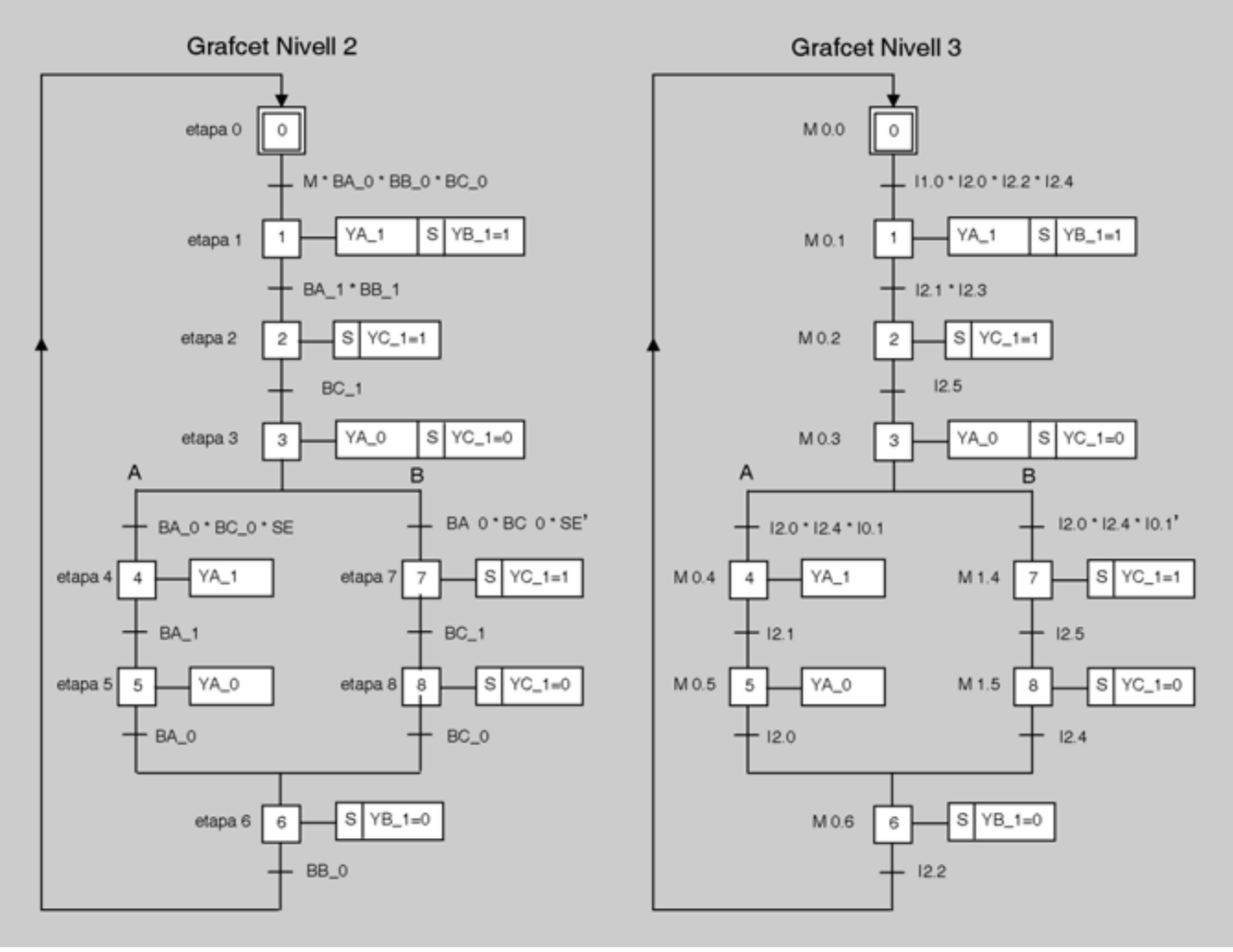
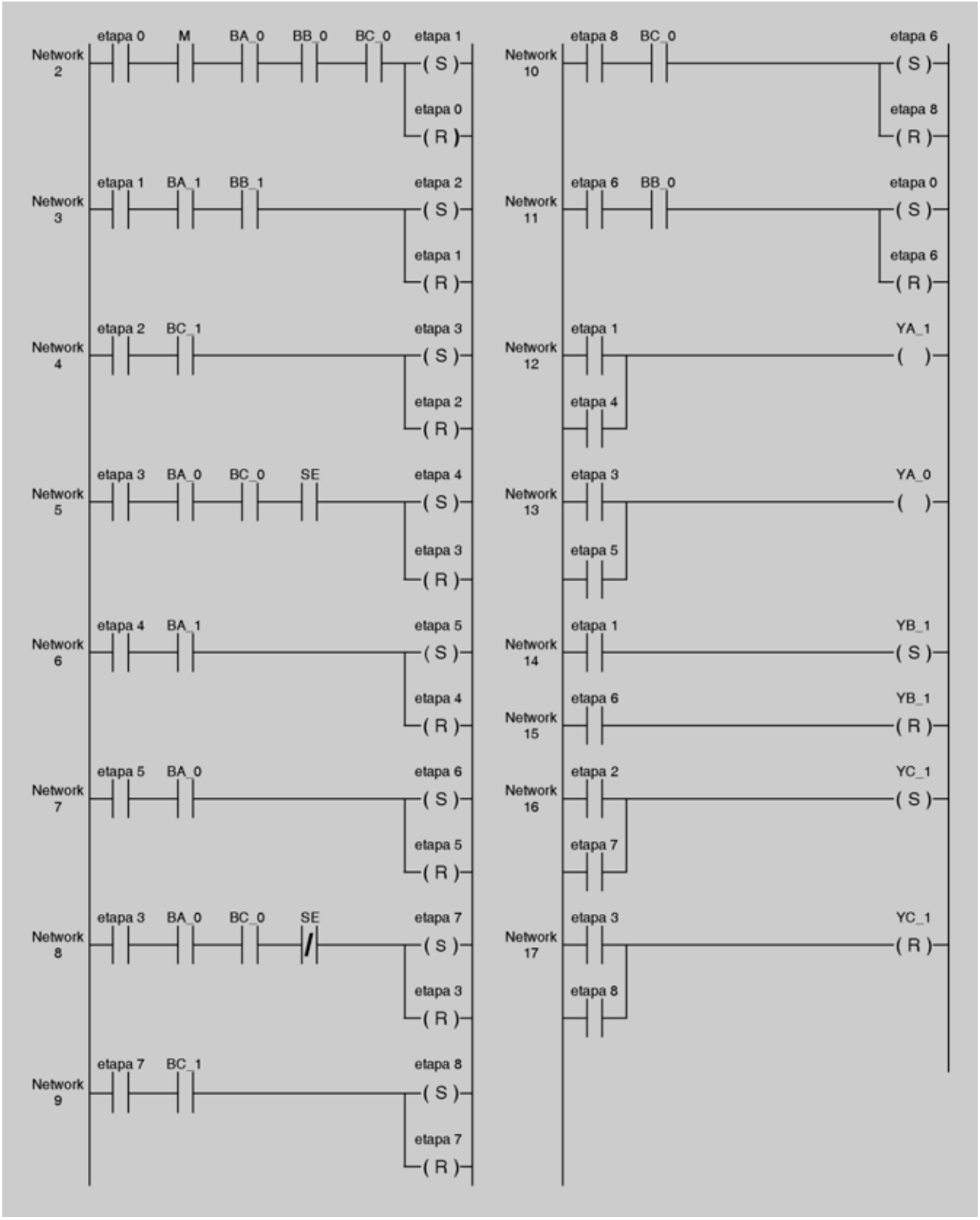


Figura 72. Esquema corresponent al Grafcet de nivell 2 de la figura 71



b) Selector accionat: la seqüència continua per les etapes 7, 8 i 6, fent que avanci i retrocedeixi el cilindre C i que després retrocedeixi el cilindre B.

Una vegada finalitzada l'acció de l'etapa 6, independentment de la seqüència feta, els tres cilindres estan retrocedits i el Grafcet evoluciona a l'etapa 0,

i la màquina es troba en la posició inicial preparada per iniciar un altre cicle de funcionament.

En la figura 72 teniu l'esquema en diagrama de contactes corresponent a la implementació del Grafcet de la figura 71; fixeu-vos que en els *networks* 5, 6 i 7 estan programades les branques elèctriques corresponents a l'evolució del Grafcet per a la seqüència A, etapes 3, 4, 5 i 6, i en els *networks* 8, 9 i 10 hi ha les corresponents a l'evolució per a la seqüència B, etapes 3, 7, 8 i 6.

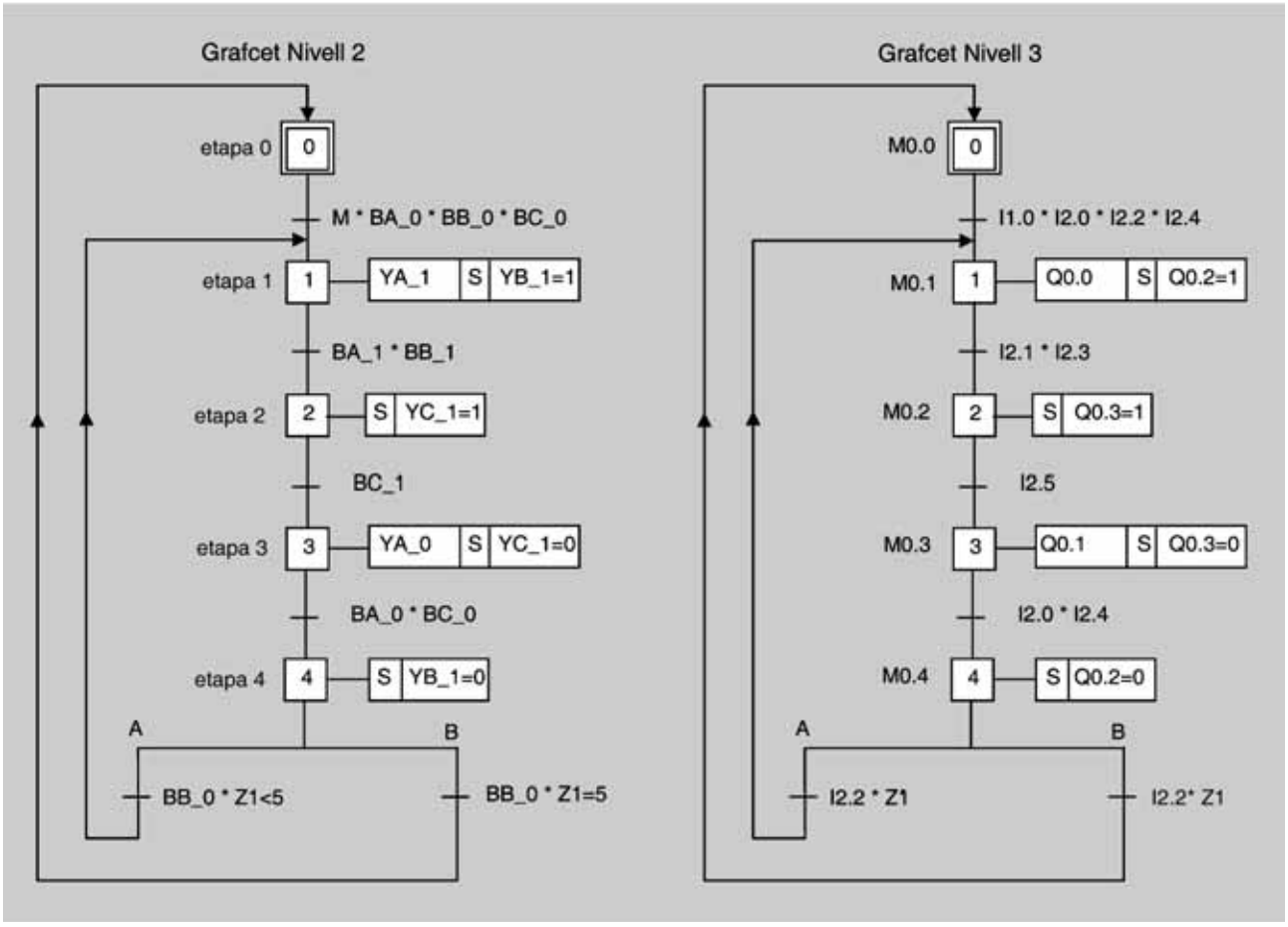


Ara feu l'activitat "Implementació d'un Grafcet amb selecció de seqüència", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

3) Implementació d'un Grafcet amb bucle amb comptador

En la figura 73 podeu veure els nivells 2 i 3 d'un Grafcet amb un bucle corresponent a un procés que podeu fer amb la màquina simulada en la maqueta de la figura 68. Fixeu-vos que la condició, per a la selecció de l'execució de les seqüències A o B, és que la màquina hagi repetit cinc vegades les accions associades a les etapes 1 a 4. El comptador Z1 compta les vegades que es fa aquesta seqüència, i mentre el valor sigui inferior a 5 el Grafcet evoluciona de l'etapa 4 a la 1, i torna a repetir la seqüència, i un cop hagi fet la maniobra cinc vegades el comptador canvia l'estat dels seus contactes i fa que evolucioni de l'etapa 4 a la 0.

Figura 73. Nivells 2 i 3 d'un Grafcet amb estructura de bucle amb comptador



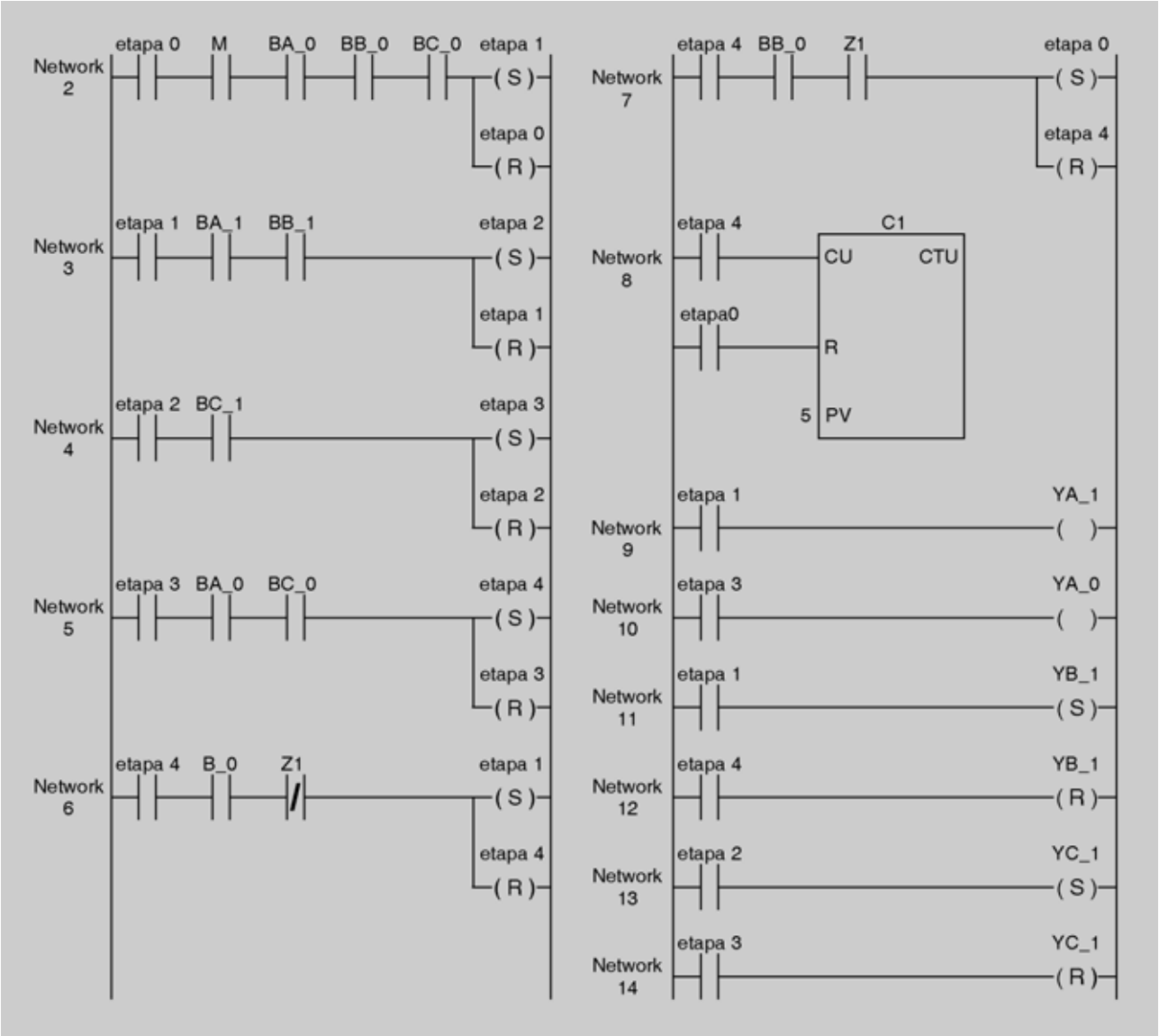
En la figura 74 teniu l'esquema en diagrama de contactes corresponent a la implementació del Grafcet de la figura 73. Hi podeu veure que en el *network* 6, si el contacte del comptador Z1 no està accionat, farà *set* de l'etapa 1 i en el *network* 7 el contacte de Z1 està obert i no fa *set* de l'etapa 0, i quan el comptador hagi comptat 5 obrirà el contacte del *network* 6, tancarà el del *network* 7 i farà el *set* de l'etapa 0 en comptes de l'etapa 1.

Fixeu-vos també que el comptador, programat en la xarxa o *network* 8, compta per l'entrada CU mitjançant l'etapa 4, que és l'última etapa del bucle, i que s'inicialitza per l'entrada R amb l'etapa 0, que és l'etapa immediatament anterior a l'inici del bucle. El comptatge i la inicialització del comptador es podrien fer des d'altres etapes, però convé establir uns criteris que serveixin per a tots els casos, i el que hem aplicat aquí de comptar amb l'última etapa del bucle i inicialitzar el comptador amb l'etapa immediatament anterior al bucle és el més adequat.



Ara feu l'activitat "Implementació d'un Grafcet amb bucle amb comptador", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 74. Esquema corresponent al Grafcet de nivell 2 de la figura 73



4) Implementació d'un Grafcet amb seqüències simultànies

En la figura 75 podeu veure els nivells 2 i 3 d'un Grafcet amb seqüències simultànies corresponent a un procés que podeu dur a terme amb la màquina simulada en la maqueta de la figura 68. Fixeu-vos que la màquina, a partir de l'etapa 2 i quan sigui certa la receptivitat BB_1, és a dir, quan el cilindre B estigui avançat, farà dues seqüències a la vegada:

- D'una banda, amb les accions associades a les etapes 3, 4 i 5 farà les maniobres de retrocedir el cilindre A, després retrocedirà el cilindre B i a continuació avançaran a la vegada els cilindres A i B.
- De l'altra banda, avançarà el cilindre C i després retrocedirà.

Les dues seqüències han començat a la vegada, i cadascuna finalitza sense tenir en compte l'altra, però la transició per continuar per l'etapa 6 té les receptivitats, que seran certes quan hagin finalitzat les dues seqüències.

Figura 75. Nivells 2 i 3 d'un Grafcet amb estructura de seqüències simultànies

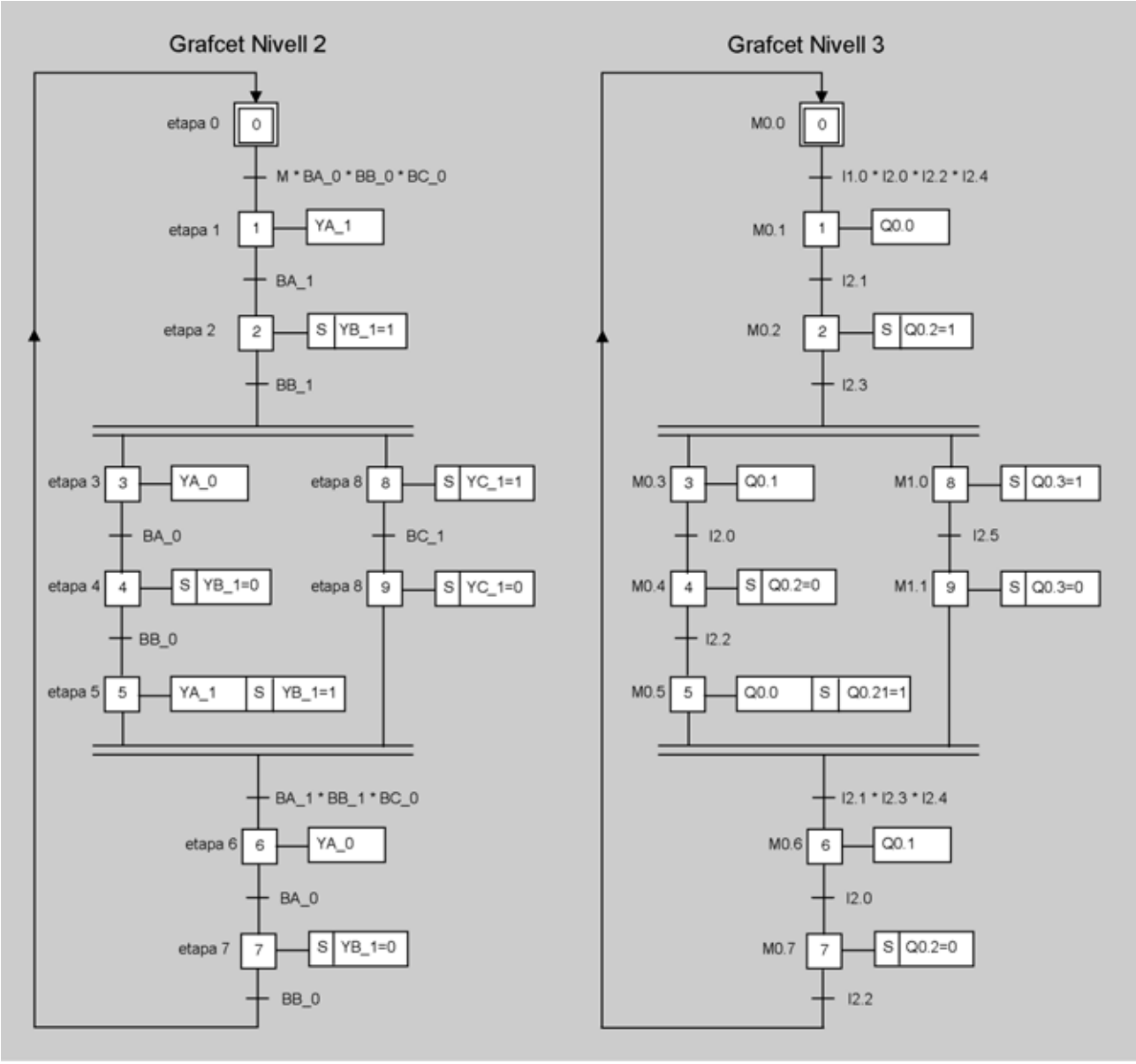
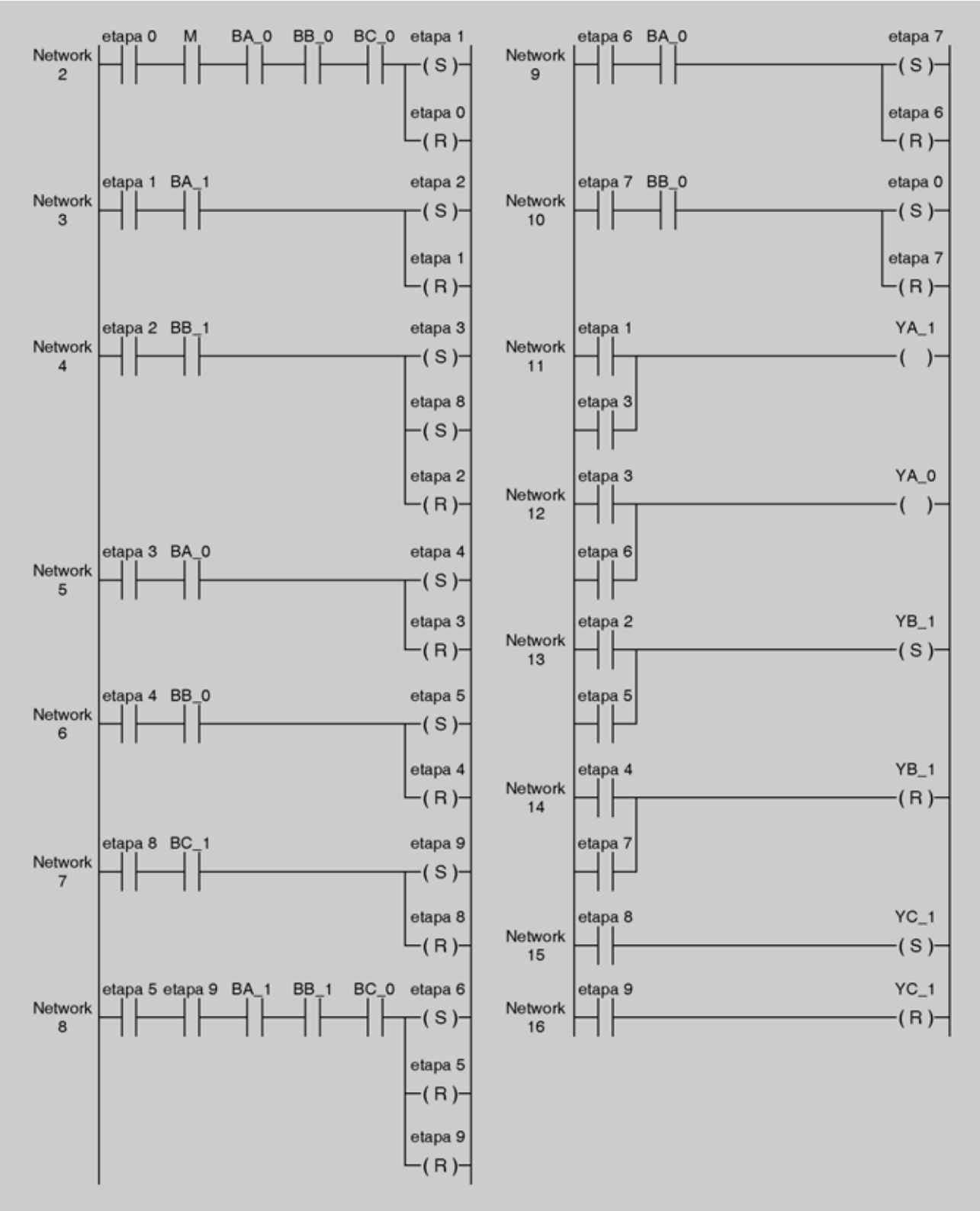


Figura 76. Esquema corresponent al Grafcet de nivell 2 de la figura 70



En la figura 76 teniu l'esquema en diagrama de contactes corresponent a la implementació del Grafcet de la figura 75; fixeu-vos que en el *network* 4 es fa a la vegada *set* de les etapes 3 i 8, i amb això les dues seqüències simultànies comencen a executar-se a la vegada, i en el *network* 8 estan en sèrie els contactes de les etapes 5 i 9 per fer *set* de l'etapa 6.

!!

Ara feu l'activitat "Implementació d'un Grafcet amb seqüències simultànies", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

3. Disseny i posada en marxa de programes amb PLC per a la detecció i diagnosi d'avaries

Els autòmats programables han evolucionat molt des de la seva aparició l'any 1968 i actualment incorporen funcions molt complexes pròpies d'ordinadors industrials i d'equips de control distribuïts; així doncs, a més d'utilitzar-los per executar els programes per controlar la instal·lació, cada vegada més s'utilitzen per executar programes per a la detecció i diagnosi d'avaries, de manera que simplifiquen la detecció i diagnosi d'avaries en les tasques de manteniment de les instal·lacions.

3.1. Tipus de manteniment de les instal·lacions

Els sistemes de producció actuals estan basats en cadenes de producció que amb el funcionament de diferents màquines aconsegueixen el producte desitjat. Per aconseguir una producció de qualitat és necessari aplicar tècniques de manteniment, amb un conjunt de mesures, normes i actuacions amb l'objectiu fonamental d'aconseguir que les instal·lacions i la maquinària estiguin durant el màxim temps possible en servei i amb la màxima disponibilitat.

Per complir aquest objectiu és necessari dur a terme unes accions preventives, vigilar el procés de manera permanent i fer una sèrie de reparacions i millores.

En funció de les accions que s'han de fer les tasques de manteniment es poden dividir en tres grans grups, que són el manteniment preventiu, predictiu o correctiu.

3.1.1. Manteniment preventiu

El manteniment preventiu tracta d'evitar les parades esporàdiques i inoportunes en els processos de producció, produïdes per fallades en els equips, i consisteix a revisar els equips periòdicament per comprovar si es mantenen en condicions òptimes de funcionament; en cas de no ser així, s'adopten les mesures adequades, i es corregeix qualsevol alteració que pugui existir per impedir que es produeixi una avaria.

Exemple

Són exemple d'accions de manteniment preventiu les revisions periòdiques generals d'una màquina cada sis mesos.

També, la comprovació de les juntes d'un cilindre cada mil hores de funcionament.

3.1.2. Manteniment predictiu

El manteniment predictiu consisteix a controlar una sèrie de paràmetres, amb la màquina parada o en marxa, que són indicadors de l'estat del seu funcionament. Amb les dades d'aquestes mesures és possible saber amb

certa aproximació en quin moment la màquina pot patir una avaria i, per tant, permet programar la intervenció abans que es produeixi; es poden programar les revisions i substitucions abans que es produeixi la fallada, per evitar que hi hagi parades imprevistes.

Exemple d'accions de manteniment predictiu

Són exemples d'accions de manteniment predictiu:

- Mesurar vibracions en màquines.
- Mesurar la temperatura de components importants.
- Escoltar sorolls estranys.

També, la comprovació de les juntes d'un cilindre cada mil hores de funcionament.

3.1.3. Manteniment correctiu

El manteniment correctiu comprèn les activitats que tenen com a finalitat corregir les avaries que apareixen de manera imprevista, i engloba tots els treballs de reparació d'avaries que no han estat programats amb anterioritat. En totes aquestes accions s'ha de procurar que el temps de parada de la màquina sigui el menor possible per evitar pèrdues en la producció.

El manteniment correctiu era el més emprat anys enrere, ja que les empreses no feien tasques de prevenció.

Amb una bona planificació del manteniment preventiu i predictiu, s'aconsegueixen reduir les accions de manteniment correctiu, que són les que provoquen aturades de producció.

3.2. Avaries en els autòmats programables

En una instal·lació controlada per un autòmat programable, només el 5% de les avaries són degudes al PLC mateix, ja que són equips industrials dissenyats per treballar en ambients i condicions extremes, i si es donés el cas, la reparació és molt fàcil i ràpida ja que sol consistir en el canvi de targetes, en canvi les avaries produïdes per components externs són més difícils de solucionar ja que poden ser degudes a multitud de factors; de totes maneres convé conèixer les causes que les poden provocar per prevenir-les i dur a terme les tasques de diagnòstic i manteniment adequat per reduir-les.

3.2.1. Causes externes de les avaries

La planificació d'un bon manteniment preventiu evita moltes aturades de producció.

Les causes principals que poden provocar avaries en els PLC són degudes generalment a l'ambient físic, a la pol·lució química o a les pertorbacions elèctriques.

- Ambient físic o mecànic: degut a vibracions, xocs, humitat, temperatures inadequades, etc.; se soluciona mitjançant un bon disseny mecànic de la instal·lació.
- Pol·lució química: com gasos corrosius, vapor, pols, etc.; se soluciona envernissant alguns circuits i col·locant-hi filtres.
- Pertorbacions elèctriques: les pertorbacions elèctriques es produeixen bàsicament per tres efectes:
  - Efecte de Seebeck: produeix l'aparició de potencials voltaics formats pel contacte entre metalls diferents sotmesos a diferents temperatures.

– Efecte de Peltier: produeix l'escalfament dels contactes en passar per aquests un corrent elèctric.

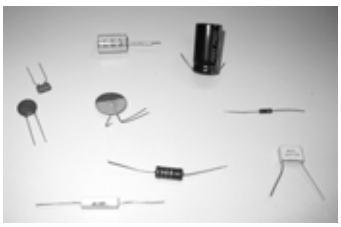
– Paràsits d'origen electrostàtic: són interferències electromagnètiques produïdes quan es desconnecten les bobines, condensadors, i per la caiguda de llamps.

La primera causa de les pertorbacions elèctriques, l'efecte de Seebeck afecta més mesures analògiques i pot generar processos de corrosió. La segona, l'efecte de Peltier, afecta tant els senyals digitals com els analògics, i les causes més freqüents són la mala connexió dels conductors. La tercera, els paràsits electrostàtics, afecta més entrades i sortides digitals i és necessari col·locar separadors galvànics.

La majoria de components que es connecten als PLC són càrregues inductives, com les bobines de contactors i petites electrovàlvules, i la desconnexió d'aquestes càrregues per part de l'autòmat origina transitoris amb pics de tensió forts, que poden arribar a destruir la targeta de sortida.

Per evitar les sobretensions produïdes per la desconnexió de càrregues inductives es connecten **circuits de protecció** en paral·lel amb el contacte de la sortida o amb la càrrega mateixa.

Els circuits de protecció més freqüents en corrent altern consisteixen en:



Elements de protecció a les sortides PLC

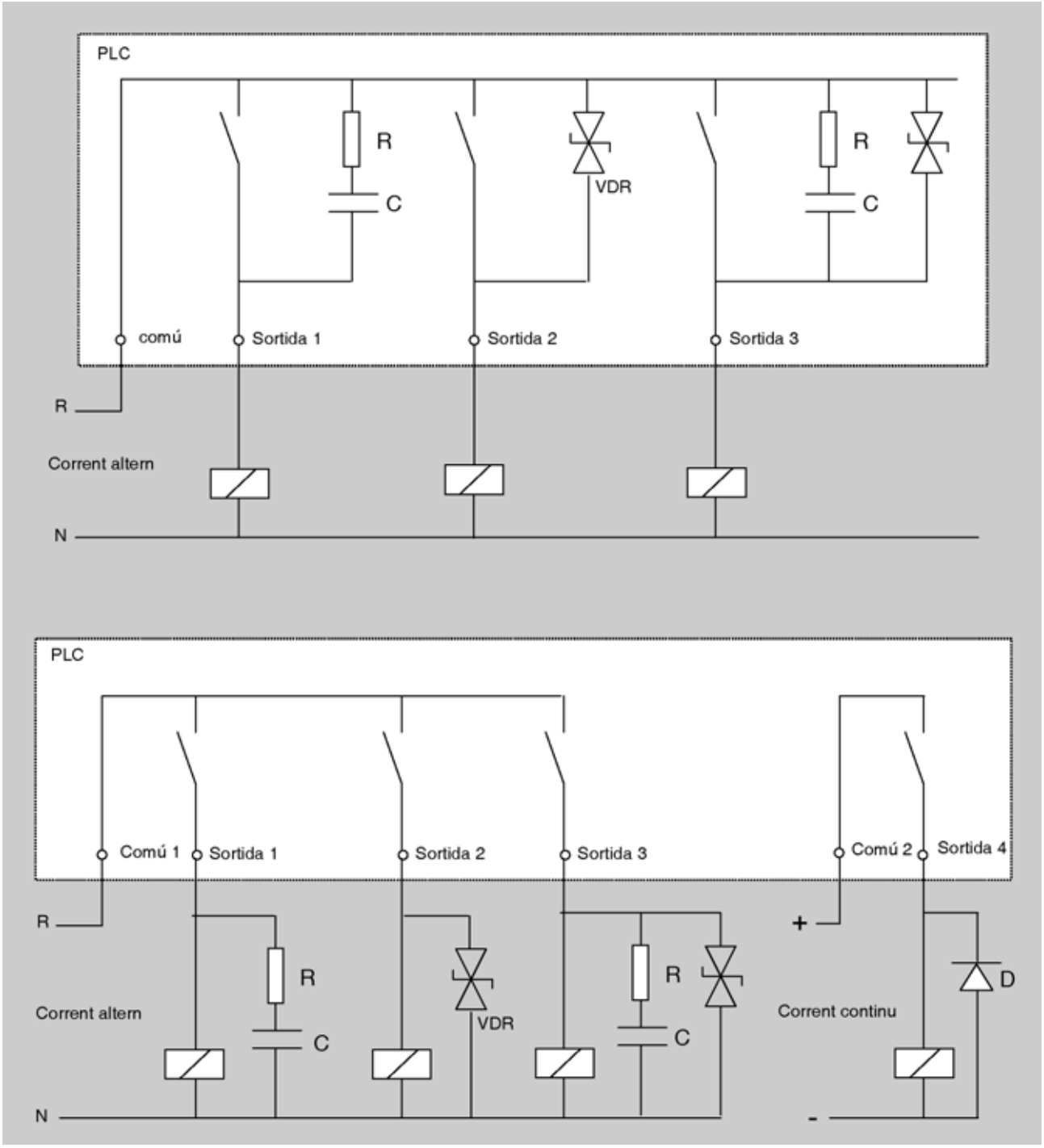
- **Circuit RC**. Format per una resistència i un condensador; aquest circuit es denomina *snubber*.

- **Varistor**. Varia el valor de la seva resistència en funció de la tensió; així, quan hi ha un pic de tensió, disminueix la resistència fent passar-hi més intensitat i minimitza l'efecte de sobretensió en la càrrega inductiva.

Els varistors també es denominen **VDR** (*voltage dependent resistor*) o **MOV** (*metal oxide varistor*).

El circuit de protecció més freqüent en corrent continu consisteix en la connexió d'un díode en antiparal·lel amb la càrrega, és a dir, el càtode connectat al positiu de l'alimentació i l'ànode al negatiu. En la figura 77 teniu uns exemples de com es poden solucionar les pertorbacions produïdes per càrregues inductives, connectant els circuits de protecció en paral·lel amb els contactes de les sortides o amb les bobines.

Figura 77. Protecció a les pertorbacions elèctriques



3.2.2. Causes internes de les avaries

Tots els PLC incorporen unes funcions internes per diagnosticar el seu estat intern i ajudar el personal tècnic a solucionar les avaries.

Les funcions de diagnòstic més freqüents són les següents:

- Supervisió de les alimentacions internes. Controla el nivell de les diverses tensions internes que subministra el mòdul d'alimentació als diferents components del PLC.

- Control del temps de *scan* mitjançant el *watchdog*. Controla que el temps de *scan* no superi un valor raonable i, en cas de superar-lo, posa el PLC en estat de *stop*, i atura el procés.
- *Checksum* del programa. Test del programa mitjançant la suma periòdica dels continguts de tota la memòria del programa. Si durant uns quants *scan* aquesta suma canvia de valor, vol dir que hi ha hagut una fallada interna.
- Doble lectura de les informacions del bus. S'assegura que les dades intercanviades entre els diferents components s'han interpretat correctament.
- Comprovació de les targetes d'entrades i sortides. Controla l'estat de les targetes, fusibles, alimentacions, etc.
- Comprovació de la xarxa. Controla que la connexió dels PLC a la xarxa i els protocols de comunicació no fallin.
- Estat de la bateria. Indica amb un LED o un registre intern que està a punt d'esgotar-se.
- Errors de programació. Detecta el tipus d'error i la línia de programa on s'ha produït.

La CPU de l'autòmat programable fa totes les funcions de diagnòstic al començament de cada *scan*.

3.3. Programes per detectar avaries en el funcionament d'una instal·lació d'automatisme

A part dels programes que es fan per posar en marxa una instal·lació, es poden fer ampliacions per detectar algunes anomalies en el funcionament dels components, que ajuden a les tasques de manteniment. Aquestes ampliacions consisteixen en petits programes que reben informació de l'estat de la instal·lació i comparen les dades que li arriben amb les que el procés hauria de tenir en un moment determinat, detecten les diferències, i senyalitzen de diferent manera en funció de la importància l'avaria.

3.3.1. Actuador que pot fer dos moviments

Quan un actuador pot fer dos moviments, per exemple un cilindre que avança i després retrocedeix, es poden tenir en compte els dos detectors que indiquen les posicions finals del recorregut del cilindre i que, lògicament, mai no poden estar accionats a la vegada.

En la figura 78 teniu representat un programa amb els elements següents:

- BA_0: detector de proximitat que indica que el cilindre està retrocedit.
- BA_1: detector de proximitat que indica que el cilindre està avançat.

- M0.1: marca que senyalitza l'error i que es posa amb valor lògic 1 quan estan accionats els dos detectors.

Fixeu-vos que els dos detectors de posició d'un cilindre estan connectats en sèrie i accionen la marca M0.1, que es connectarà quan els dos detectors estiguin a 1 a la vegada, la qual cosa ens indicarà que hi ha un error en un dels dos detectors, ja que en funcionament normal és impossible que els dos detectors estiguin accionats a la vegada. En aquest cas l'avaria pot ser deguda al següent:

- Fallada mecànica: component aliè que activa el detector.
- Fallada elèctrica: cable del detector creuat.

Figura 78. Detecció d'avaria en un detector indicador de la posició d'un cilindre



3.3.2. Actuador que inicia un moviment

Quan un actuador inicia un moviment, el detector de la posició inicial s'ha de desactivar en un temps petit, el que trigui l'actuador per avançar la distancia de detecció; aquest temps dependrà del tipus d'actuador. En ser un cilindre d'un metre de llarg que avança molt lentament, per tant, aquest temps podria ser de diversos segons, i en un cilindre de 20 cm que actua molt ràpidament el temps podria ser de centèsimes de segon.

El cilindre d'un espitjador de safates amb blocs de formigó pot arribar a tenir 2 m de llarg i avançar a una velocitat molt lenta.

En la figura 79 teniu representat un programa amb els elements següents:

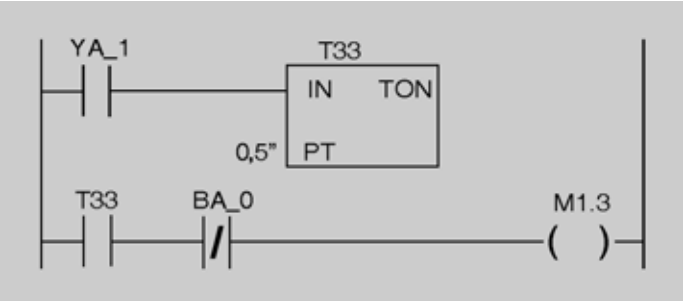
- YA_1: electrovàlvula d'avançar el cilindre A.
- BA_0: detector de proximitat que indica que el cilindre està retrocedit.
- M1.3: marca que senyalitza l'error i que es posa amb valor lògic 1 quan el cilindre triga massa a avançar.

Fixeu-vos que quan arriba l'ordre d'avançar a l'electrovàlvula també es posa en marxa un temporitzador amb el temps màxim que es preveu que pugui tardar el cilindre a avançar. Quan el temporitzador arriba al final del temps tanca el contacte T1 i si en aquest moment no ha obert el contacte del detector BA_0 es connecta la marca M1.3 i indica l'avaria, que pot ser deguda a a les causes següents:

- El cilindre no avança a la velocitat adequada a causa d'una manca d'aire, una estrebada mecànica o un error en l'electrovàlvula.

- Un detector avariat que dóna senyal sempre.

Figura 79. Detecció d'avaria en un actuador que inicia un moviment



3.3.3. Element que té diversos punts d'aturada

Quan un element té diversos punts d'aturada variable, es pot controlar el pas en ordre per tots els detectors, a part del que ha de donar l'ordre d'aturada.

En la figura 80 teniu representat un dibuix en què l'element X es desplaça al llarg de l'element Y des del punt on hi ha el detector B1 fins al punt on es trava el detector B4, passant pels punts d'aturada senyalitzats entremig amb els detectors B2 i B3. En un funcionament correcte ha de detectar primer B2, després B3 i finalment B4.

Amb el programa de la figura 80 es vol detectar que:

- Quan l'element X arriba a la posició B3, abans ha donat senyal el detector B2.
- Quan l'element X arriba a la posició B4, abans ha donat senyal el detector B3.

Fixeu-vos en el següent:

- El *network* 1: quan B2 doni senyal es connectarà la marca M10.2 mitjançant la instrucció *set*, i es mantindrà el senyal de manera permanent fins que es doni l'ordre *reset*.

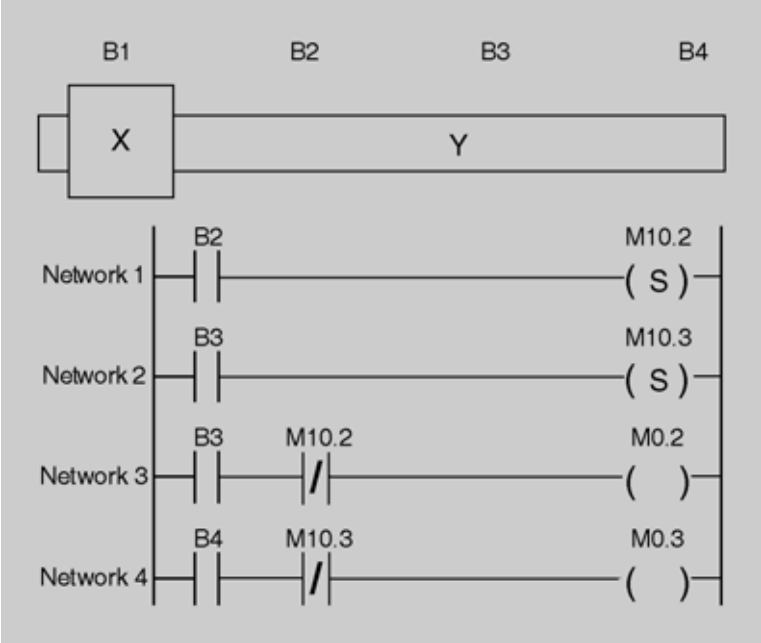
- El *network* 2: quan B3 doni senyal es connectarà la marca M10.3 mitjançant la instrucció *set*, i es mantindrà el senyal de manera permanent fins que es doni l'ordre *reset*.

- El *network* 3: es connectarà la marca M0.2 si quan l'element X arriba a la posició de B3 no està activada la marca M10.2, fet que indica l'avaria, perquè ha arribat a B3 sense que B2 doni senyal.

- El *network* 4: es connectarà la marca M0.3 si quan l'element X arriba a la posició de B4 no està activada la marca M10.3, fet que indica l'avaria, perquè ha arribat a B4 sense que B3 doni senyal.

- Una vegada feta la maniobra correctament o després de senyalitzar l'avaria i solucionar-la, s'hauria de fer el *reset* de les marques M10.2 i M10.3.

Figura 80. Detecció d'avaria en un desplaçament per diversos punts



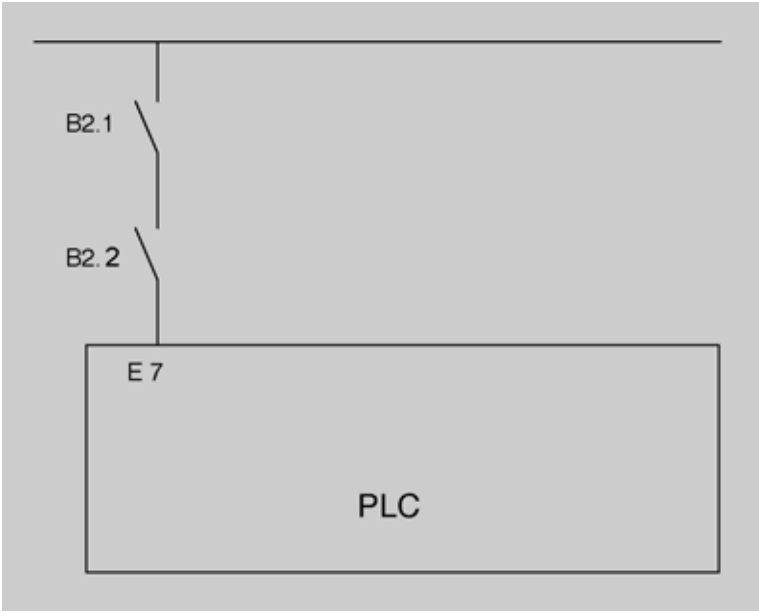
3.3.4. Confirmació de senyal

Per assegurar el senyal es poden utilitzar finals de cursa de doble contacte. Es poden connectar de diferents maneres:

Els finals de cursa s'utilitzen per detectar mitjançant un contacte mecànic la posició d'un element mòbil d'una màquina o una instal·lació.

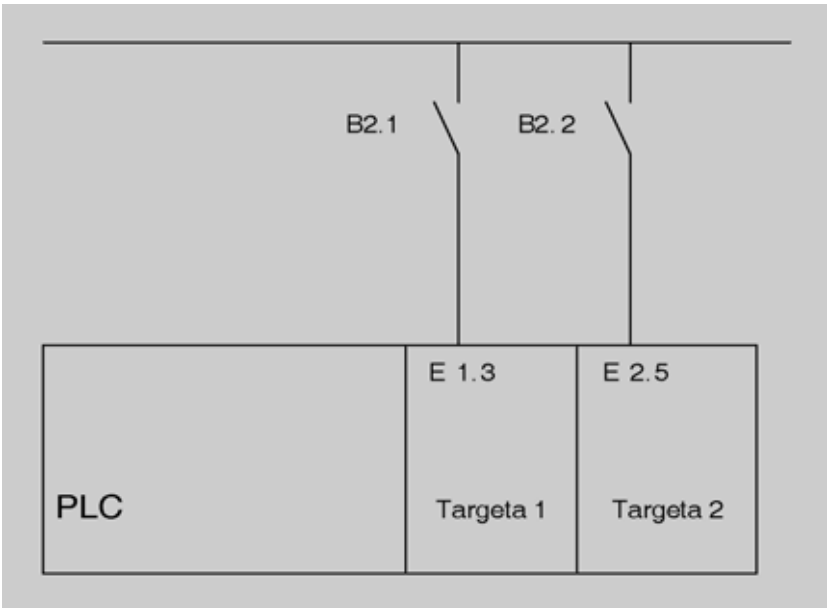
- Dos contactes normalment oberts (NO) en sèrie connectats a una entrada de l'autòmat programable. En la figura 81 teniu un exemple en què el final de cursa B2 té en sèrie els dos contactes, i d'aquesta manera si un contacte es queda enganxat l'altre donarà el senyal correctament.

Figura 81. Dos contactes NO del mateix sensor connectats en sèrie a una entrada



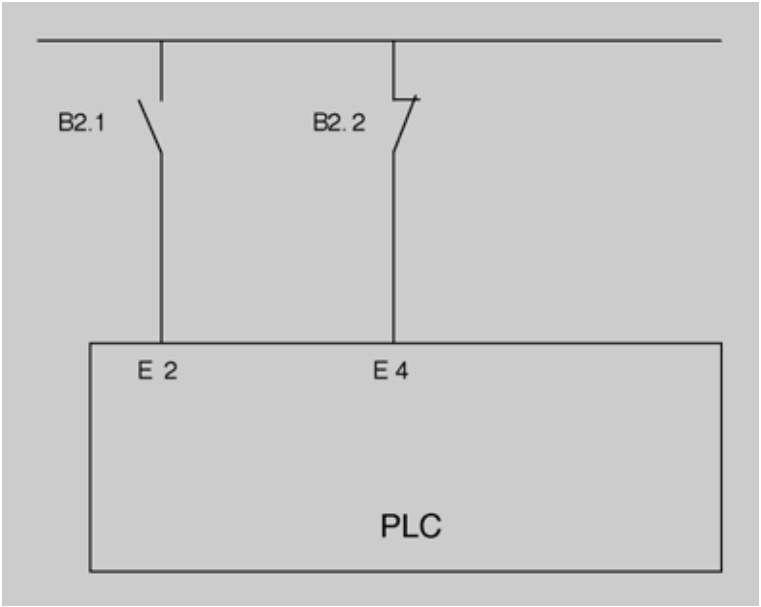
- Dos contactes normalment oberts connectats a dues entrades de targetes diferents de l'autòmat programable. En la figura 82 teniu un exemple en què el final de cursa B2 utilitza els dos contactes per enviar senyal al PLC, però ho fa a targetes diferents: un contacte està connectat a l'entrada 3 de la targeta 1 i l'altre a l'entrada 5 de la targeta 2, i d'aquesta manera, a part d'assegurar el funcionament correcte del final de cursa, preveiem una possible avaria en una targeta d'entrades del PLC.

Figura 82. Dos contactes NO del mateix sensor connectats a entrades de diferents targetes



- Un contacte NO i un altre NC connectats a entrades diferents de l'autòmat programable. En la figura 83 teniu un exemple en què el final de cursa utilitza un contacte NO i un altre NC connectats a entrades diferents, que també poden ser de targetes diferents; amb aquesta connexió assegurem que el senyal arriba encara que es trenqui el fil.

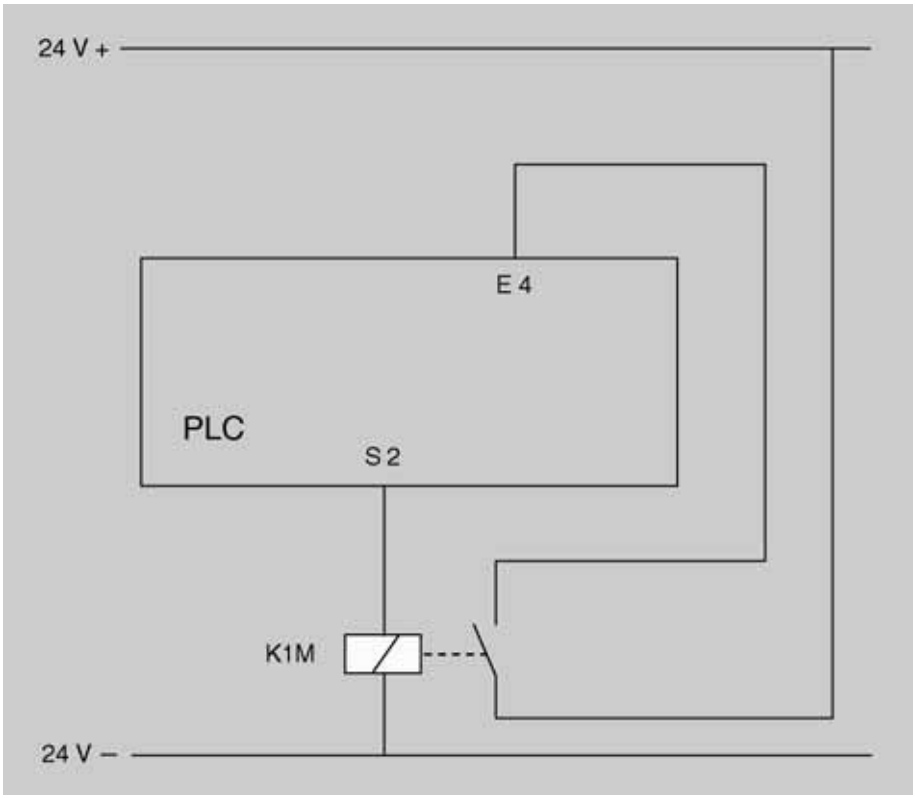
Figura 83. Contacte NO i NC de la mateixa entrada connectats a dues entrades



3.3.5. Utilització d'un contacte del preactuador

Es pot utilitzar un contacte del preactuador connectat a una entrada del PLC per confirmar l'activació d'aquest preactuador. En la figura 84 teniu un exemple, en què el contactor K1M està connectat a la sortida S2 del PLC i s'utilitza un contacte NO del contactor per connectar-lo a l'entrada E4; d'aquesta manera quan la sortida dóna senyal al contactor, si aquest no té cap avaria i s'activa realment tancarà el contacte, que enviarà senyal a l'entrada i confirmarà que el contactor s'ha activat.

Figura 84. Contacte del preactuador connectat a una entrada



3.3.6. Predeterminació del temps d'execució

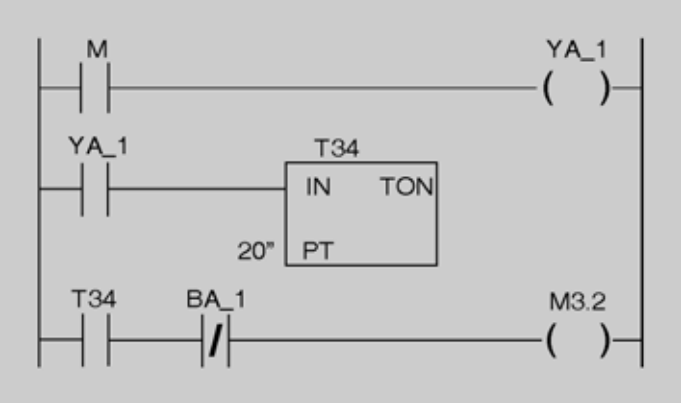
En alguns moviments es pot fixar un temps màxim o mínim en què ha de finalitzar la maniobra.

En la figura 85 teniu representat un programa en el qual un cilindre fa la maniobra d'avançar i es predetermina un temps màxim d'execució de la maniobra de 20 s. El programa consta dels elements següents:

- M: polsador de marxa del cilindre A.
- YA_1: electrovàlvula d'avançar el cilindre A.
- T34: temporitzador a la connexió.
- BA_1: detector de proximitat que indica que el cilindre A està avançat.
- M3.2: marca que senyalitza l'error i que es posa a 1 quan ha transcorregut el temps màxim prefixat i el cilindre encara no ha arribat al final del seu recorregut.

Fixeu-vos que quan accioneu el polsador de marxa M es dóna marxa d'avançar al cilindre mitjançant l'electrovàlvula YA_1 que, fent servir el seu contacte obert, posa en marxa el temporitzador T34. Quan el cilindre arriba al final del seu recorregut obre el contacte negat BA_1, i si ho fa abans que el temporitzador hagi comptat el temps programat, com a temps màxim permès, no es connectarà la marca que senyalitza avaria M3.2; en cas contrari sí que es connectarà, i això indicarà que el cilindre ha tardat més temps del previst a executar la maniobra d'avançar.

Figura 85. Predeterminació del temps màxim d'execució

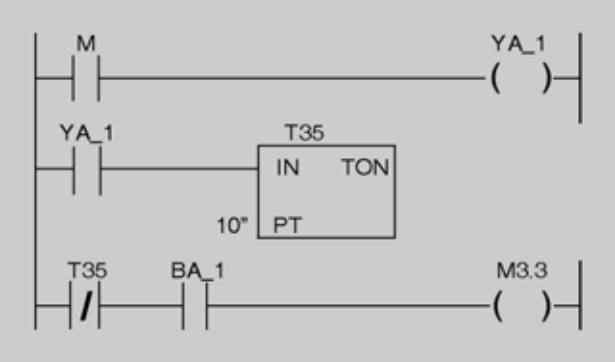


En la figura 86 teniu representat un programa en el qual un cilindre fa la maniobra d'avançar i ho ha de fer en un temps de, com a mínim, 10 s. El programa consta dels elements següents:

- M: polsador de marxa del cilindre A.
- YA_1: electrovàlvula d'avançar el cilindre A.
- T35: temporitzador a la connexió.
- BA_1: detector de proximitat que indica que el cilindre A està avançat.
- M3.3: marca que senyalitza l'error i que es posa a 1 quan abans de transcórrer el temps prefixat el cilindre ja ha arribat al final del seu recorregut.

Fixeu-vos que quan accioneu el polsador de marxa M es dóna marxa d'avançar al cilindre mitjançant l'electrovàlvula YA_1, que posa en marxa el temporitzador T35 fent servir el seu contacte obert. Quan el cilindre arriba al final del seu recorregut tanca el contacte BA_1, i si ho fa abans que el temporitzador hagi comptat el temps programat, com que el contacte del temporitzador T35 encara estarà tancat, es connectarà la marca que senyalitza avaria M3.3; en canvi, si quan arriba al final del seu recorregut el temporitzador ja ha comptat el temps programat, el contacte de T2 estarà obert i no es connectarà la marca.

Figura 86. Predeterminació del temps mínim d'execució



3.3.7. Pèrdua de tensió

És necessari afegir programes per garantir la seguretat de la instal·lació en cas d'avaries, per exemple si hi ha una pèrdua de tensió en un actuador; en aquest cas s'ha de garantir que l'actuador queda en una posició estable i segura. Per exemple, els frens d'un motor d'un ascensor han de quedar accionats en cas que falli el corrent elèctric.

3.3.8. Pèrdua de pressió d'aire

Una pinça pneumàtica que subjecta un producte ha de quedar tancada en cas de pèrdua de pressió d'aire, perquè aquest no caigui.

3.3.9. Dispositius d'aturada

Els dispositius d'aturada han d'actuar interrompent el circuit, i per això es farà sempre mitjançant contactes tancats (NC). En la figura 87 teniu representades les connexions de dos contactors amb el seus polsadors de marxa i aturada. Fixeu-vos que el polsador d'aturada del contactor K1M, P1, està connectat a l'entrada E4 i normalment és tancat (NC); per tant, en repòs deixa passar el corrent elèctric i l'entrada corresponent del PLC té valor lògic 1, i per això en el programa del PLC representat en el *network* 1 s'ha programat mitjançant un contacte obert perquè en repòs també té valor 1 i, per tant, quan s'accioni el polsador de marxa M1 connectat a l'entrada E2 activarà el contactor K1M connectat a la sortida S3. Si per una avaria es tallés el fil del polsador d'aturada P1, l'entrada E4 tindria, en repòs, valor lògic 0, i per molt que accionéssim el polsador de marxa no es podria posar en marxa el contactor K1M.

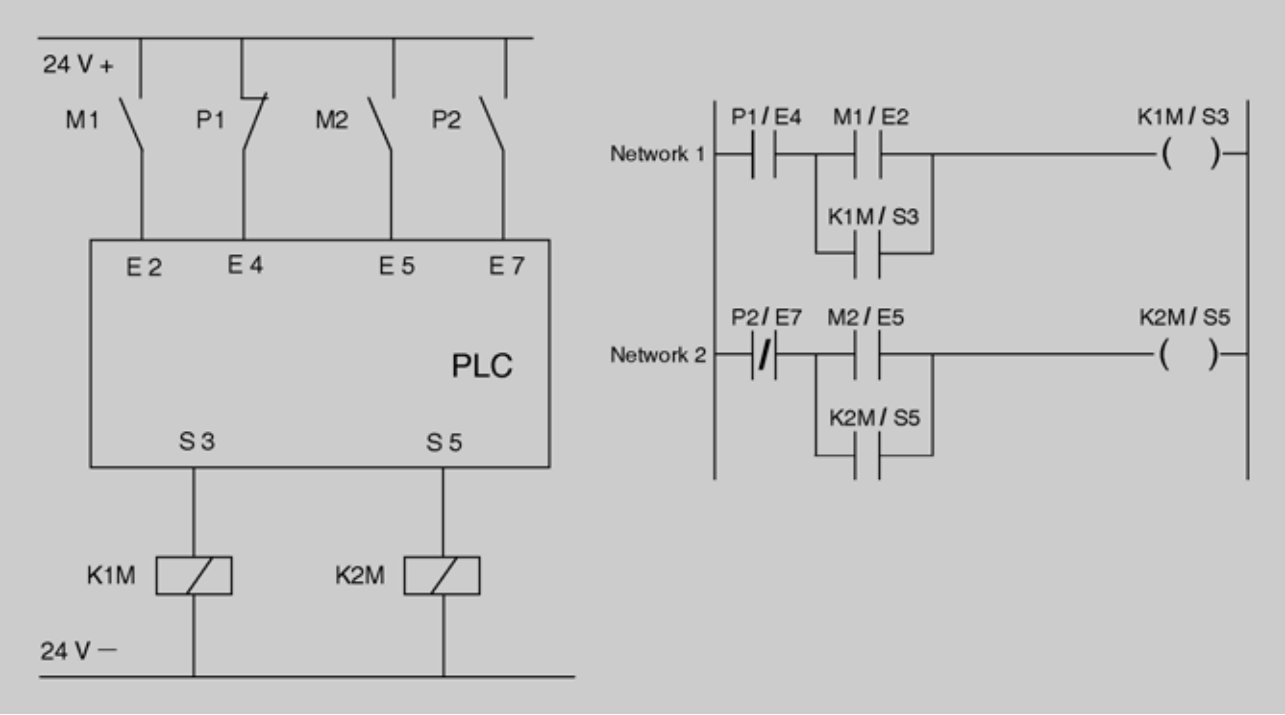
Fixeu-vos també que el polsador d'aturada del contactor K2M, P2, està connectat a l'entrada E7 i és un contacte normalment obert (NO); per tant, en repòs no deixa passar el corrent elèctric i l'entrada corresponent té valor lògic 0. Per això al programa del PLC representat en el *network* 2 s'ha programat mitjançant un contacte negat, perquè inverteix el valor de l'entrada i té el valor 1 en repòs; així quan s'accioni el polsador de marxa

M2 connectat a l'entrada E5 activarà el contactor K2M connectat a la sortida S5. Si per una avaria es tallés el fil del polsador d'aturada P2, l'entrada E4 tindria, en repòs, sempre valor lògic 0, encara que accionéssim el polsador d'aturada, i això vol dir que no es podria aturar el contactor.

Quan hi ha l'avaria que es talla el fil d'un polsador d'aturada amb contacte normalment tancat, la conseqüència és que no es pot posar en marxa l'actuador corresponent, però si es talla el fil d'un polsador d'aturada amb contacte normalment obert, la conseqüència és que no hi ha manera d'aturar l'actuador. Per això els dispositius d'aturada han de ser de contacte normalment tancat, que en accionar-los actuïn interrompent el circuit.

Si es talla el fil d'un polsador d'aturada, l'avaria que s'ha de produir és que l'actuador no es pot pugui en marxa, i no pas que no es pugui aturar.

Figura 87. Programació dels dispositius d'aturada

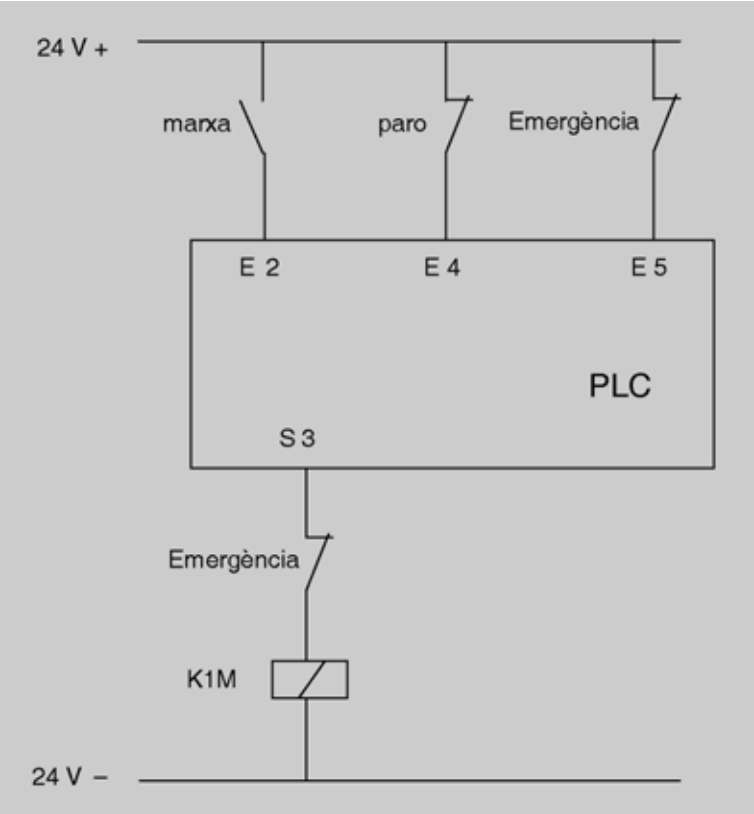


3.3.10. Dispositius d'emergència

Els dispositius d'emergència han de tallar directament l'alimentació dels preactuadors que convinguin, a més d'informar al PLC. En la figura 88 teniu representades les connexions d'un contactor amb el seus polsadors de marxa i aturada i un polsador d'emergència. Fixeu-vos que el polsador d'emergència té doble contacte, un per donar l'ordre al PLC connectat a l'entrada E5 i un altre connectat directament a l'alimentació del contactor; d'aquesta manera quan s'accioni l'emergència, a més

d'enviar senyal al PLC per intervenir segons el programa, ens assegurem que es desconnecta l'actuador.

Figura 88. Connexió dels dispositius d'emergència



Els programes per detectar les anomalies en el funcionament de les instal·lacions solen trobar-se en subrutines tancades i protegides perquè personal no autoritzat no els pugui modificar.

3.4. Grafcet per al tractament d'avaries

Quan es vol fer algun programa per al tractament de les avaries en una instal·lació, es pot fer modificant o ampliant el Grafcet del programa de l'automatisme o afegint un Grafcet exclusiu; això dependrà de la complexitat del Grafcet normal de funcionament i del grau d'aprofundiment en el tractament de les avaries.

En la figura 89 teniu representats els Grafcet de nivell 2 i 3 corresponents a una màquina amb tres cilindres electropneumàtics. El cilindre A és un actuador biestable i els cilindres B i C són monoestables. En la taula 4 teniu la relació de símbols i operands dels components de l'esmentada màquina i en la figura 90 teniu la maqueta corresponent a la màquina per comprovar el funcionament dels programes que feu.

!!

En la secció "Recursos de contingut" del web d'aquest mòdul podeu trobar l'arxiu *maqueta8e.sim*, corresponent al disseny de la maqueta 8e.

!!

El programari simulador de maquetes PC_SIMU el trobareu a l'espai de l"Aula".

Figura 89. Grafcet de funcionament de màquina amb cilindres electropneumàtics

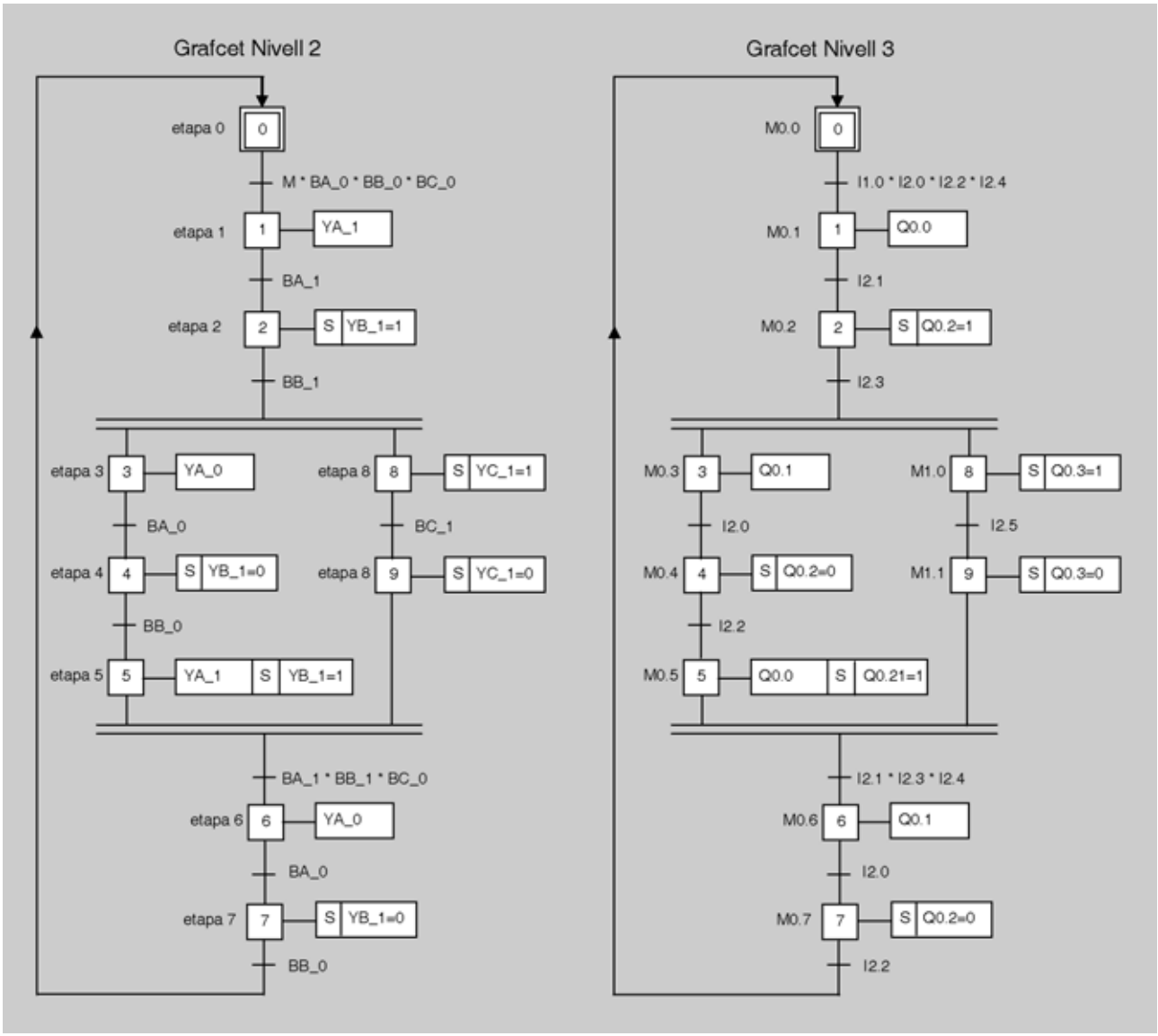
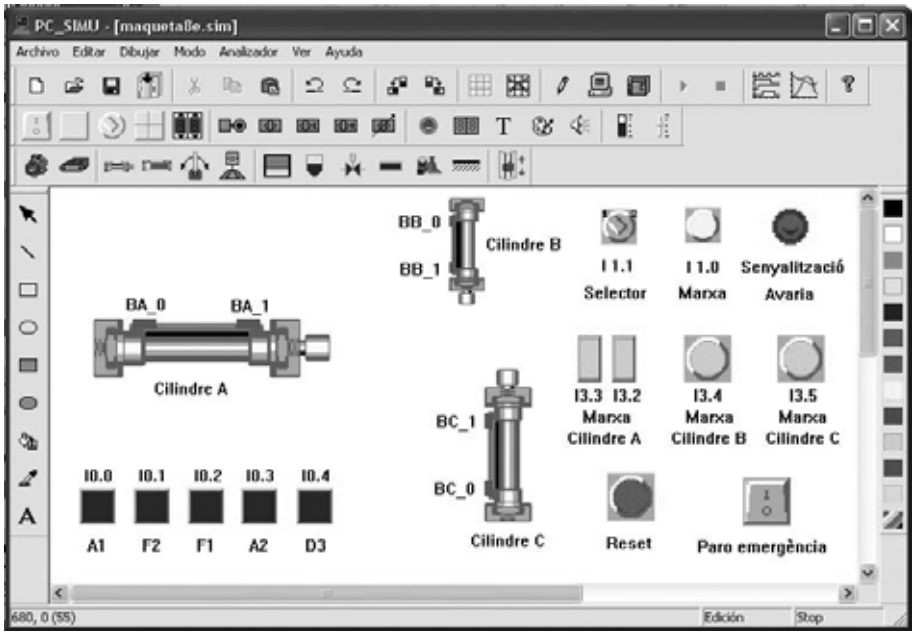


Figura 90. Maqueta



Taula 4. Taula de símbols dels components de la màquina

Símbol	Direcció	Comentari
SE	I 1.1	Selector
M	I 1.0	Polsador de marxa
RE	I 3.6	Polsador de *reset*
PE	I 3.7	Aturada d'emergència
Pas_A1	I 0.0	Ordre de passar a estat A1
Pas_F2	I 0.1	Ordre de passar a estat F2
Pas_F1	I 0.2	Ordre de passar a estat F1
Pas_A2	I 0.3	Ordre de passar a estat A2
Pas_D3	I 0.4	Ordre de passar a estat D3
BA_0	I 2.0	El cilindre A es troba retrocedit
BA_1	I 2.1	El cilindre A es troba avançat
BB_0	I 2.2	El cilindre B es troba retrocedit
BB_1	I 2.3	El cilindre B es troba avançat
BC_0	I 2.4	El cilindre C es troba retrocedit
BC_1	I 2.5	El cilindre C es troba avançat
MA_1	I 3.2	Polsador d'avançar el cilindre A
MA_0	I 3.3	Polsador de retrocedir el cilindre A
MB_1	I 3.4	Polsador d'avançar el cilindre B
MC_1	I 3.5	Polsador d'avançar el cilindre C
YA_1	Q 0.0	El cilindre A avança
YA_0	Q 0.1	El cilindre A retrocedeix
YB_1	Q 0.2	El cilindre B avança
YC_1	Q 0.3	El cilindre C avança
H_1	Q 0.4	Bombeta de senyalització d'avaria
etapa_0	M 0.0	Etapa 0
etapa_1	M 0.1	Etapa 1
etapa_2	M 0.2	Etapa 2
etapa_3	M 0.3	Etapa 3
etapa_4	M 0.4	Etapa 4
etapa_5	M 0.5	Etapa 5
etapa_6	M 0.6	Etapa 6
Comptador_1	C 1	Comptador de bucles

Una cop fet el programa per al funcionament de la màquina, i en funció del nivell del tractament de les avaries o del tipus d'aturada per a avaries que vulgueu dissenyar, podeu fer el següent:

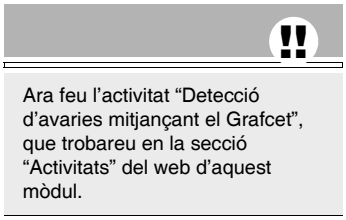
- Fer petites modificacions per detectar avaries en sensors o actuadors o, si voleu fer una aturada de la màquina en un estat determinat, que la col·loqui en una posició estable i segura.
- Dissenyar una guia GEMMA amb els Grafcet corresponents als diferents modes de funcionament de la màquina i als exclusius per al tractament d'avaries.

Guia GEMMA

La guia GEMMA és una guia gràfica que permet presentar d'una manera senzilla i entenedora els diferents modes de marxa i aturada d'un procés de producció, i també les maneres i condicions per passar d'un mode a un altre.

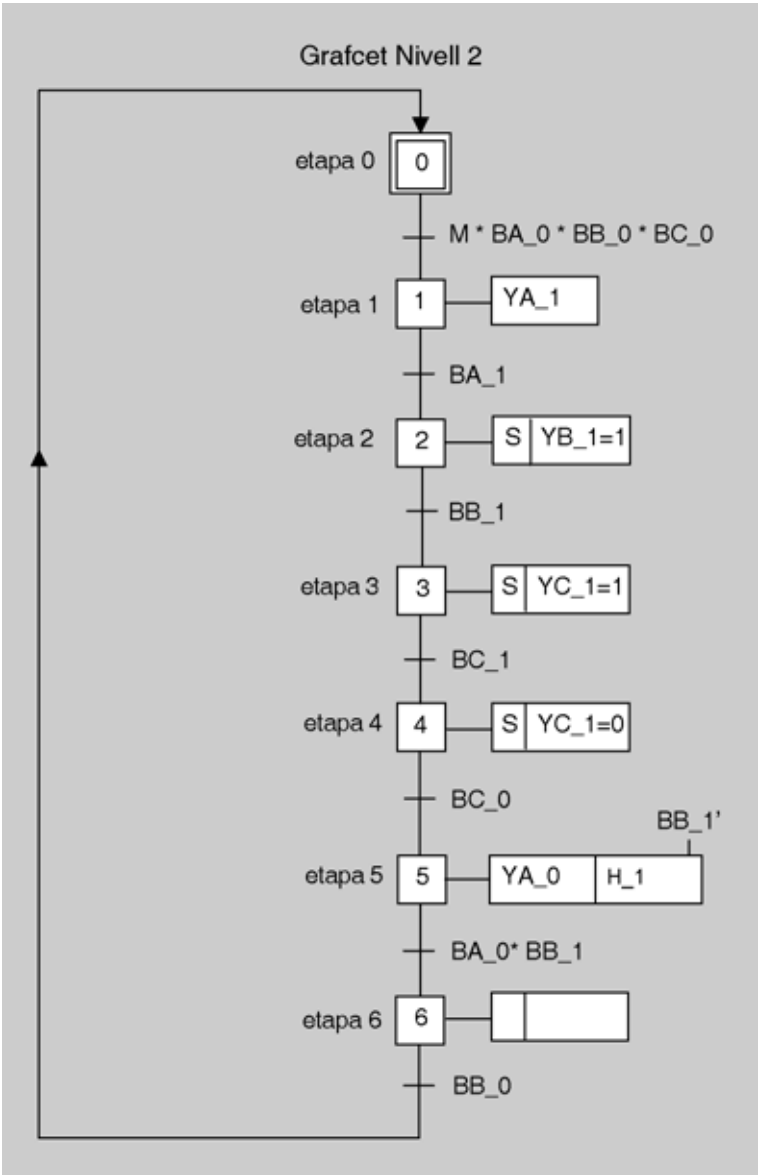
3.4.1. Modificació Grafcet per detectar avaria en un sensor

El desenvolupament de la seqüència de funcionament d'una màquina o instal·lació canvia l'estat dels detectors, i a vegades pot ser necessari assegurarnos que un detector determinat funciona correctament en alguna etapa en concret d'aquesta seqüència. En el Grafcet de nivell 2 de la figura 91 teniu representat el Grafcet de funcionament d'una màquina en la qual en l'etapa 2 s'ha donat l'ordre d'avançar al cilindre B. Si el Grafcet evoluciona a l'etapa 3 vol dir que la transició de l'etapa 2 a la 3 s'ha fet correctament i, per tant, l'actuador YB_1 i el detector BB_1 han funcionat bé. A partir d'aquest moment, i segons el Grafcet de funcionament, no es torna a comprovar l'estat del detector BB_1, però si es volgués comprovar el seu estat en alguna etapa en concret, n'hi hauria prou d'afegir una acció condicionada accionant una alarma amb el contacte negat del detector en qüestió; en aquest cas, en l'etapa 5 es comprova l'estat del detector BB_1 i si no està accionat s'encén la bombeta de senyalització H_1.



Ara feu l'activitat "Detecció d'avaries mitjançant el Grafcet", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Figura 91. Grafcet amb senyalització d'avaria de detector en una etapa determinada

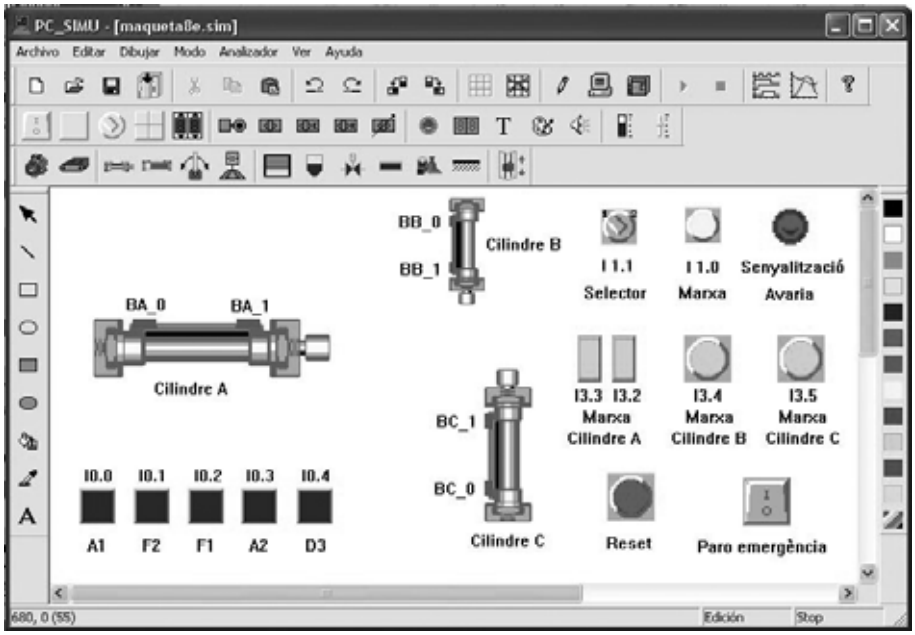


3.4.2. Modificació per detectar una avaria en l'evolució d'un Grafcet

Quan una màquina s'atura en una etapa d'un Grafcet i no evoluciona a la següent, pot ser a causa d'una avaria en l'actuador o en el detector de posició. Suposeu que la màquina simulada en la maqueta de la figura 92 està funcionant i quan arriba a l'etapa 3 s'atura i no evoluciona a l'etapa 4; les causes més probable són les següents:

- El cilindre C no ha avançat.
- El cilindre C sí que ha avançat però el detector BC_1 no dóna senyal.

Figura 92. Maqueta



En el Grafcet de la figura 93 podeu veure que en l'etapa 3 s'ha afegit una acció mitjançant la qual, si quan han transcorregut 15 s, que se suposa el temps màxim per fer l'acció d'avançar el cilindre C, encara està activa l'etapa 3 i, per tant, no s'ha passat a l'etapa 4, s'encén el pilot de senyalització H1, que indica que hi ha una avaria.

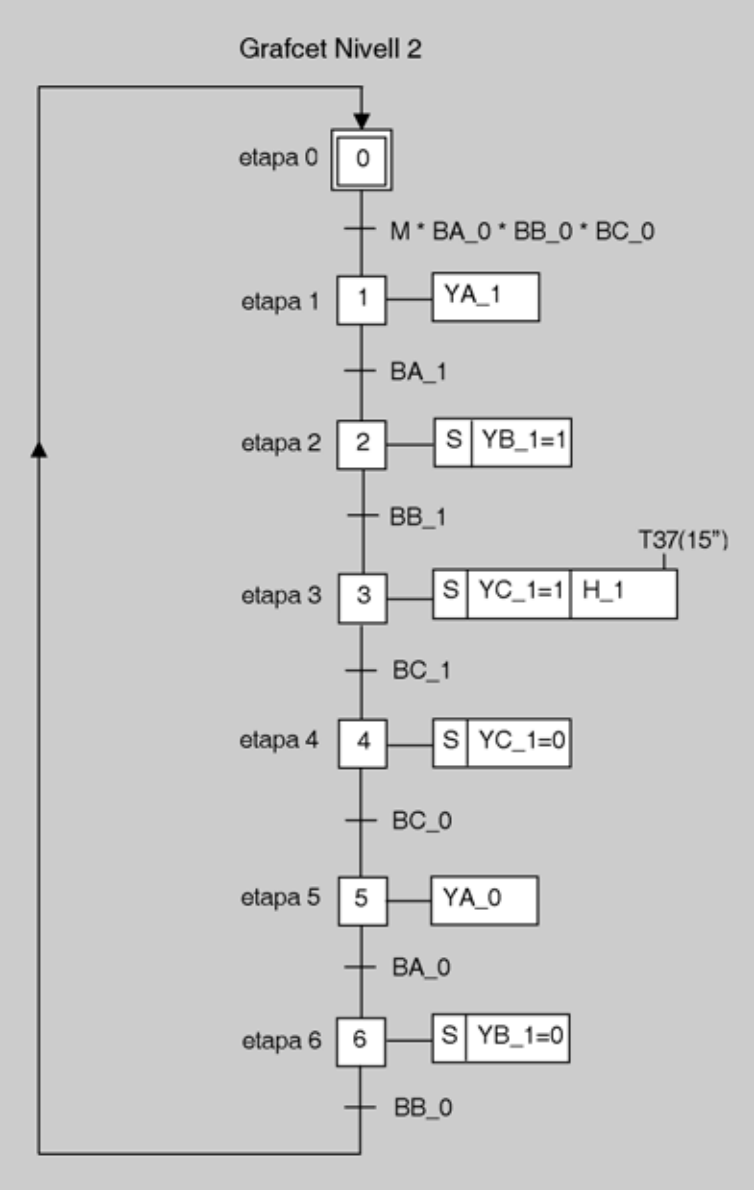
Una vegada senyalitzada l'avaria s'ha de localitzar; en aquest cas, si no ha avançat el cilindre és una fallada de l'actuador, el cilindre C o l'electrovàlvula YC_1, i si ha avançat és fallada del captador, el detector BC_1.

- **Fallada d'actuador**: caldrà fer en ordre les comprovacions següents:
  - Que estigui activada la sortida Q0.3 del PLC.
  - Que arribi tensió a la bobina de l'electrovàlvula YC_1.
  - Que la vàlvula hagi actuat i estigui en la posició correcta.
  - Que hi hagi pressió d'aire a la sortida del compressor.
  - Que hi hagi pressió d'aire a l'entrada de l'electrovàlvula.
  - Que hi hagi pressió d'aire a la sortida de l'electrovàlvula.
  - Que hi hagi pressió d'aire a l'entrada del cilindre.

- Que la sortida d'aire del cilindre no estigui taponada i no deixi sortir l'aire d'escapament.

- **Fallada de captador**: caldrà fer en ordre les comprovacions següents:
  - Que el detector estigui accionat.
  - Que el detector doni senyal elèctric.
  - Que estigui activada l'entrada I2.5 del PLC.

Figura 93. Grafcet amb senyalització d'avaria: l'etapa 3 no evoluciona a l'etapa 4

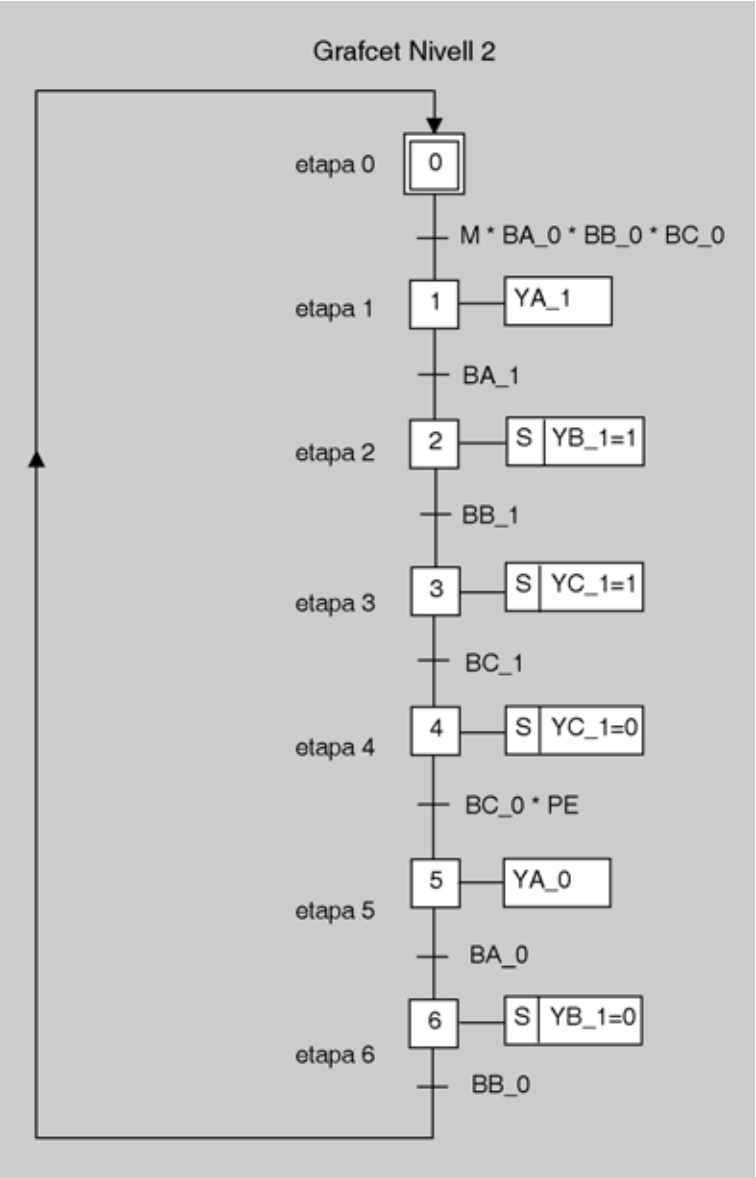


3.4.3. Modificació de Grafcet per aturar la màquina en un estat determinat

En el Grafcet de la figura 94 podeu veure que en la transició de l'etapa 4 a la 5 hi ha un polsador d'emergència PE; per tant, quan el polsador estigui accionat el Grafcet evolucionarà fins que arribi a l'etapa 4, i en aquest moment la màquina romandrà aturada fins que s'alliberi el polsador PE.

Aquesta maniobra s'acostuma a fer quan una màquina o instal·lació no funciona bé del tot i l'operari decideix aturar-la, però deixant que continuï funcionant fins que arribi a una posició estable i segura per fer les comprovacions o ajustos necessaris.

Figura 94. Grafcet amb aturada de la màquina en una posició determinada



3.5. Guia GEMMA

En un procés productiu una màquina no està sempre funcionant en mode automàtic, i poden aparèixer problemes que fan aturar el procés, com per exemple avaries, material defectuós, manca de matèria prima, necessitat de fer-ne manteniment, etcètera.

En l'automatització d'una màquina és necessari preveure tots els estats possibles: funcionament automàtic o manual, aturades d'emergència i d'altres; a més, l'automatisme mateix ha de ser capaç de detectar defectes i ajudar el tècnic de manteniment en la reparació i posada en marxa del sistema.

Per fixar una manera universal d'anomenar i definir els diferents estats que pot tenir un sistema, l'ADEPA (Agence Nationale pour le Développement de la Production Apliquée à l'Industrie, 'Agència Nacional Francesa per al Desenvolupament de la Producció Aplicada a la Indústria') ha preparat la guia GEMMA (*Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts*, '*Guia d'estudi dels modes de marxes i aturades*').

GEMMA és una guia gràfica que permet presentar d'una manera senzilla i entenedora els diferents modes de marxa i aturada d'un procés de producció, i també les formes i condicions per passar d'un mode a un altre.

GEMMA i Grafcet es complementen l'un a l'altre, i permeten una descripció progressiva de l'automatisme de producció.

El sistema de control d'un automatisme es pot trobar en tres situacions diferents:

- En funcionament; per tant, en producció.
- Aturat, o en procés d'aturada.
- En situació d'alarma o defecte, circumstàncies en les quals o bé el producte no és aprofitable, o ho pot ser si es manipula adequadament.

Hi pot haver producció en cada una d'aquestes tres situacions; en funcionament sense cap dubte, però també es pot produir quan la màquina està en procés d'aturada, per buidar la màquina o per solucionar alguna avaria, i quan la màquina es troba en certes condicions de defecte (malgrat que potser la producció no serà aprofitable).

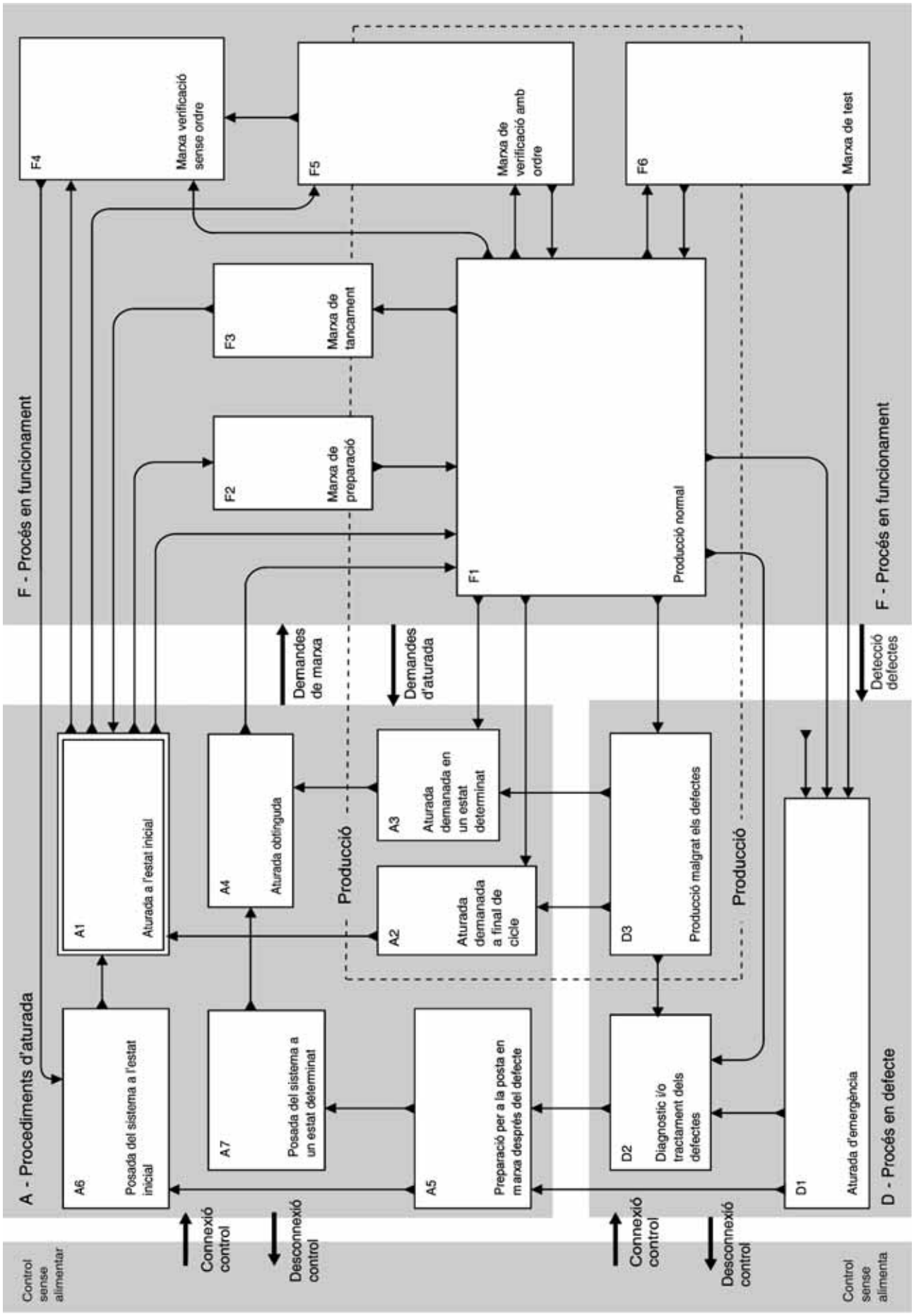
Una altra situació és la màquina sense alimentació, encara que aquesta no ens interessa a l'hora de definir els circuits d'automatisme.

La guia GEMMA representa cada una de les situacions en rectangles, que corresponen a cada estat diferent, en total disset, i que estan interceptats per un altre rectangle, que correspon al grup que defineix el mode de funcionament d'un automatisme, que pot ser:

- Grup F. Procés de funcionament.
- Grup A. Procediments d'aturada.
- Grup D. Procés en defecte.

Convé mencionar que no tots els processos necessiten tots aquests estats, i que la guia proposa els principals camins per passar d'un estat a un altre, però se'n poden traçar de nous. En la figura 95 teniu representada la guia GEMMA proposada per l'ADEPA, on podeu veure ombrejats els tres grups i el rectangle corresponent al control sense alimentar; també podeu observar un rectangle amb una línia de punts que agafa estats dels tres grups i que correspon a estats en què la instal·lació pot estar en producció, malgrat que estigui en un procés d'aturada o en defecte.

Figura 95. Guia GEMMA



3.5.1. Grup F. Procés de funcionament

Aquest grup conté tots els modes de funcionament necessaris per a l'obtenció de la producció:

- Producció normal (F1, F2, F3).
- Verificació i test (F4, F5, F6).

F1. Producció normal

Estat en què la màquina duu a terme la producció de manera normal i fa la tasca per a la qual s'ha concebut. Atès que és l'estat més important, està representat per un rectangle de vores més gruixudes que els altres.

Al funcionament dins d'aquest estat se li pot associar un Grafcet, que anomenarem **Grafcet de base**, que no ha de correspondre necessàriament a un funcionament automàtic.

F2. Marxa de preparació

Correspon a la fase d'inicialització de la màquina (escalfament, entrada o alimentació d'elements, etc.)

F3. Marxa de tancament

Correspon al mode contrari a l'anterior: buidatge de material, neteja, etc., que moltes màquines han de dur a terme abans de plegar o de canviar algunes característiques del producte.

F4. Marxa de verificació sense ordre

La màquina fa les operacions normalment a causa d'ordres manuals de l'operador, certs moviments (o qualsevol). Normalment s'utilitza per a funcions de verificació o manteniment. La producció no ha de ser necessàriament aprofitable.

F5. Marxa de verificació amb ordre

La màquina fa el cicle complet a petició d'ordres manuals de l'operador. S'utilitza per a funcions de verificació o manteniment. La producció pot ser aprofitada.

F6. Marxes de test (prova)

Per dur a terme operacions d'ajust o manteniment preventiu. La producció no ha de ser necessàriament aprofitable.

3.5.2. Grup A. Procediments d'aturada

Aquest grup conté els modes en què el sistema està aturat:

- Sistema aturat (A1, A4).
- Estats que porten a una aturada del sistema (A2, A3).
- Transició d'un estat de defecte a un estat d'aturada (A5, A6, A7).

A1. Aturada en l'estat inicial

Estat normal de repòs de la màquina. Normalment el representem amb un rectangle amb doble traç (corresponent a l'etapa inicial de qualsevol Grafcet).

A2. Aturada demanada a final de cicle

Correspon a un estat transitori, en què la màquina fa el que li cal per acabar el cicle actual i després torna a l'estat inicial A1.

A3. Aturada demanada en un estat determinat

Estat transitori en què la màquina ha de produir fins a arribar a un estat diferent del cicle inicial. Normalment demanat per verificar el funcionament parcial d'un cicle.

A4. Aturada obtinguda

Estat de repòs de la màquina diferent de l'estat inicial A1.

A5. Preparació per a la posada en marxa després d'un defecte o avaria

Normalment després d'un defecte cal buidar, netejar o posar en condicions inicials el sistema.

A6. Posada del sistema en l'estat inicial

El sistema és portat fins a la situació inicial (normalment la situació de repòs); un cop enllestit, la màquina passa a estar aturada en l'estat inicial A1.

A7. Posada del sistema en un estat determinat

El sistema és portat fins a una situació concreta diferent de la inicial; un cop enllestit, la màquina passa a estar en situació d'aturada en l'estat A4.

3.5.3. Grup D. Procés en defecte

Aquest grup conté tots els modes en què el sistema està en defecte, tant si està produint o aturat o en fase de diagnòstic o tractament dels defectes:

- Defecte amb producció (D3).
- Defecte amb màquina aturada (D1).
- Tractament del defecte (D2).

D1. Aturada d'emergència

Inclou les accions necessàries per aturar el sistema immediatament i les corresponents per portar-lo fins a una situació d'aturada segura.

D2. Diagnosi o tractament dels defectes

Intenta, amb o sense col·laboració de l'operador, determinar les causes del defecte i si pot ser eliminar-les automàticament.

D3. Producció malgrat els defectes

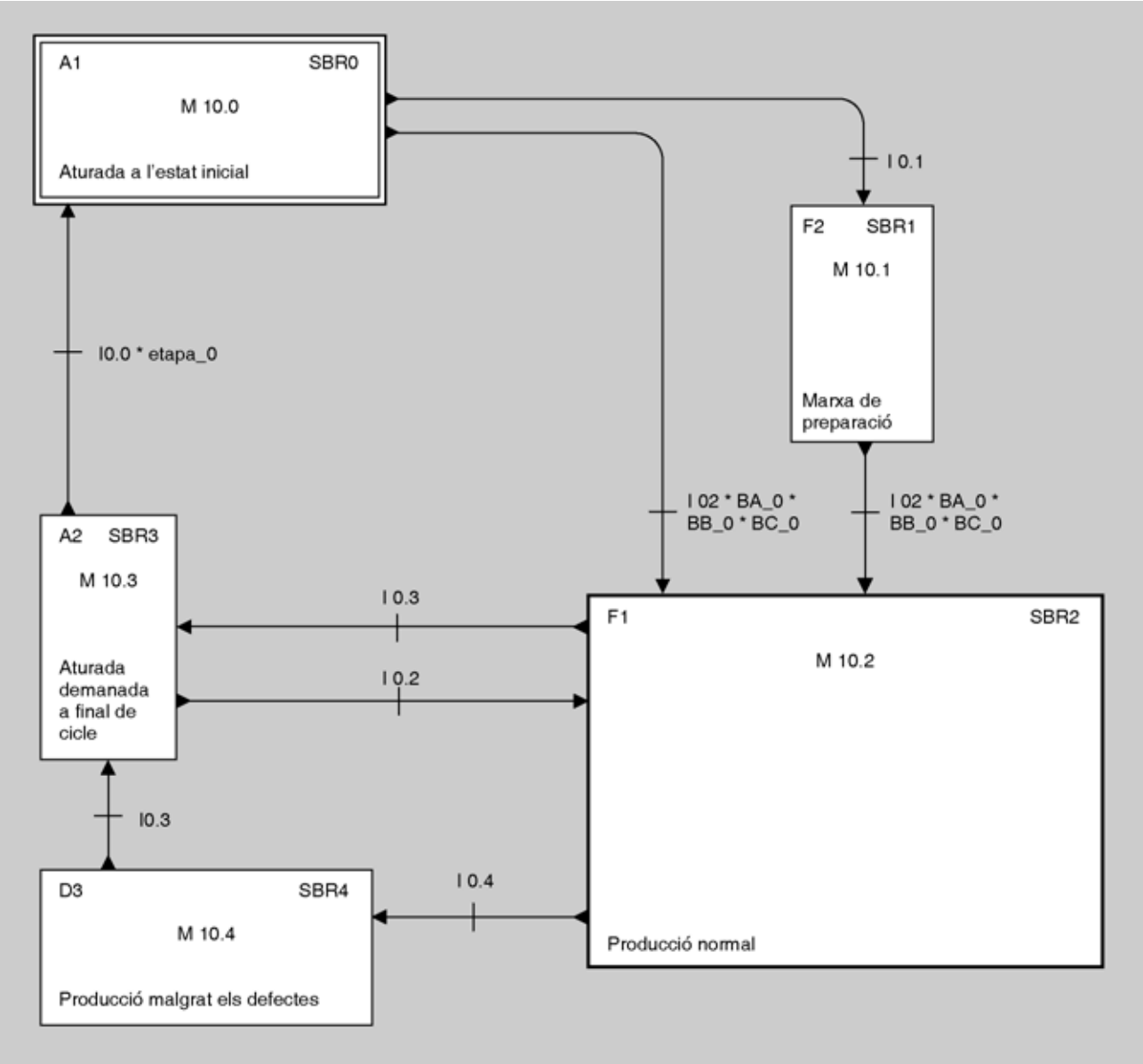
Correspon a aquells casos en què cal continuar produint malgrat que el sistema no treballi correctament. Inclou els casos en què, per exemple, es produeix per esgotar un reactiu no emmagatzemable o aquells altres en què no se segueix el cicle de funcionament normal, atès que l'operador substitueix la màquina en una determinada tasca a causa d'una avaria.

3.6. Implementació de la guia GEMMA

Quan s'ha d'automatitzar una màquina o una instal·lació, el primer que heu que fer és definir els modes de funcionament que tindrà. La guia GEMMA, definida per l'ADEPA, és com el seu nom indica una guia, serveix d'orientació a l'hora de definir els modes de funcionament d'una instal·lació, i en funció del grau d'automatització d'aquesta es definiran més o menys estats. El que sí és cert és que qualsevol mode de funcionament que es vulgui implantar en una instal·lació es pot relacionar amb algun estat de la guia.

En la figura 96 teniu representada una guia GEMMA amb cinc estats. Fixeu-vos que a cada estat correspon un mode de funcionament i que tenen assignats una marca i una subrutina diferents.

Figura 96. Guia GEMMA del funcionament d'una màquina



El programa corresponent al funcionament de cada estat es programa en la subrutina assignada, i la marca associada a cada estat serà l'encarregada de cridar la subrutina corresponent en funció del mode de funcionament seleccionat. Utilitzarem la màquina simulada en la maqueta de la figura 97 per fer les explicacions i comprovacions.

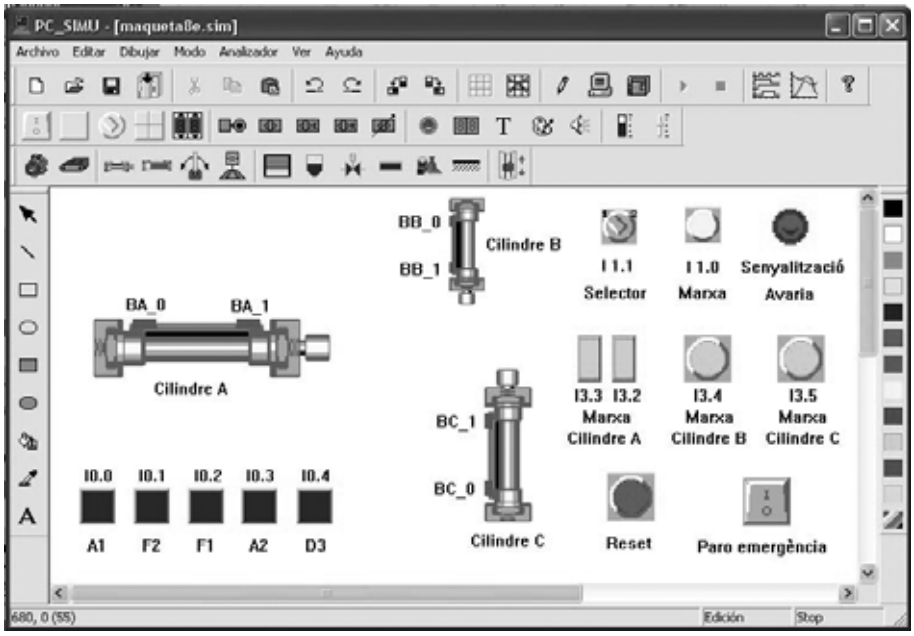
Per a la descripció del funcionament de la guia GEMMA de la figura 96 utilitzarem la màquina simulada amb la maqueta de la figura 97, i els modes de funcionament de cada estat seran els següents:

- A1 Aturada en l'estat inicial: la màquina romandrà aturada sense possibilitat de fer cap maniobra i, per tant, no hi ha cap programa.

- F2 Marxa de preparació: funcionament de la màquina manualment mitjançant els polsadors corresponents a cada cilindre. Aquest estat és

necessari en moltes instal·lacions que, per en posar-se en marxa, necessiten estar en unes condicions específiques, per exemple, que la tremuja estigui plena de producte o que les canonades estiguin a una temperatura determinada.

Figura 97. Maqueta



- F1 Producció normal: la màquina farà la maniobra de funcionament automàtic i cicle continu; és a dir, quan acabi de fer una seqüència de treball completa comença l'altra de manera automàtica.

- A2 Aturada demanada a final de cicle: la màquina farà la maniobra de funcionament automàtic i cicle únic; és a dir, quan acabi de fer una seqüència de treball completa la màquina s'atura en la posició inicial i es torna a posar en marxa cada vegada que s'accioni el polsador de marxa corresponent.

- D3 Producció malgrat els defectes. En aquest estat la màquina realitza un únic cicle de funcionament amb una seqüència de treball diferent de la de producció normal, ja que se suposa que l'operari ha vist un defecte en el procés de funcionament, però que es pot continuar produint mentre se soluciona l'avaria.

En la taula 5 teniu representades les condicions per passar d'un estat a un altre. Fixeu-vos que cada estat té assignat un polsador per donar l'ordre de pas i que hi ha estats als quals es pot arribar per diversos camins. Fixeu-vos també que el pas de l'estat A2 a F1 no està previst en la guia GEMMA general. Heu de pensar que GEMMA és una guia i, per tant, ens serveix com a orientació, però es pot adaptar a les necessitats de cada instal·lació i les condicions d'accés a un estat poden variar en funció de l'estat des del qual s'accedeix.

Taula 5. Pas d'un estat a un altre de la guia GEMMA

Estat de destinació	Estat d'origen	Condicions
A1	A2	Polsador I0.0 i la màquina en etapa 0 del Grafcet
F2	A1	Polsador I0.1
F1	F2	Polsador I0.2 i els tres cilindres endarrerits
	A1	Polsador I0.2 i els tres cilindres endarrerits
	A2	Polsador I0.2
A2	F1	Polsador I0.3
	D3	Polsador I0.3
D3	F1	Polsador I0.4

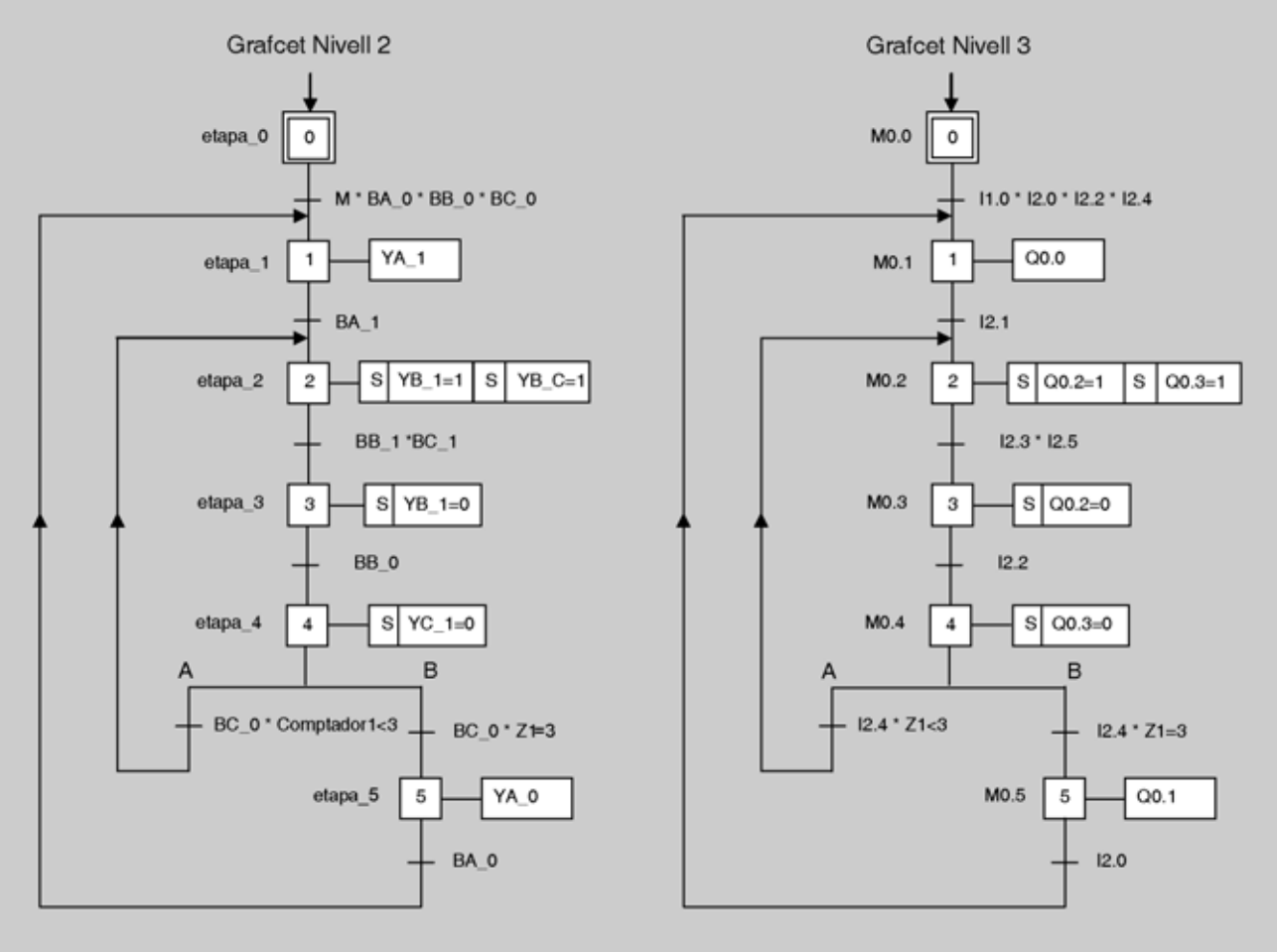
3.6.1. Estat A1. Aturada en l'estat inicial

Quan el sistema es posa en marxa, s'ha d'activar l'estat A1 de manera automàtica, i això vol dir que el PLC executarà la subrutina SBR0. En aquesta subrutina normalment no hi ha cap programa, és a dir, la màquina no fa res, i espera les ordres de l'operador per funcionar en el mode seleccionat; a vegades s'utilitza aquest estat per posar a zero comptadors, registres, etc., o carregar valors a temporitzadors o comptadors.

3.6.2. Estat F1. Producció normal

En la figura 98 teniu el Grafcet de funcionament corresponent a l'estat F1 de producció normal. Fixeu-vos que la màquina està aturada en l'etapa zero sense fer cap maniobra, ja que aquesta etapa no té cap acció associada. Els tres cilindres estan en la posició inicial, ja que és condició per passar a aquest estat, i quan s'accioni el polsador de marxa M començarà la seqüència de funcionament i es passarà a l'etapa 1, en què avançarà el cilindre A. Quan hagi avançat s'activarà l'etapa 2, que farà avançar els cilindres B i C, i quan estiguin avançats els dos s'activarà l'etapa 3, que farà retrocedir el cilindre B. Quan hagi retrocedit s'activarà l'etapa 4, que farà retrocedir el cilindre C, i el comptador Z1 incrementarà el seu valor una unitat. Quan el cilindre hagi retrocedit, en funció del valor del comptador s'activarà l'etapa 2 o l'etapa 5. Si el valor del comptador és inferior a 3 es tornaran a repetir les accions de les etapes 2, 3 i 4, i quan el valor sigui igual a 3, és a dir, quan els cilindres B i C hagin fet la maniobra de copejament tres vegades (baixar junts i pujar primer el B i després el C), s'activarà l'etapa 5, que farà que retrocedeixi el cilindre A. Quan el cilindre A estigui retrocedit s'activarà l'etapa 1 i s'iniciarà un altre cicle de funcionament de manera automàtica.

Figura 98. Grafcet de funcionament en l'estat F1



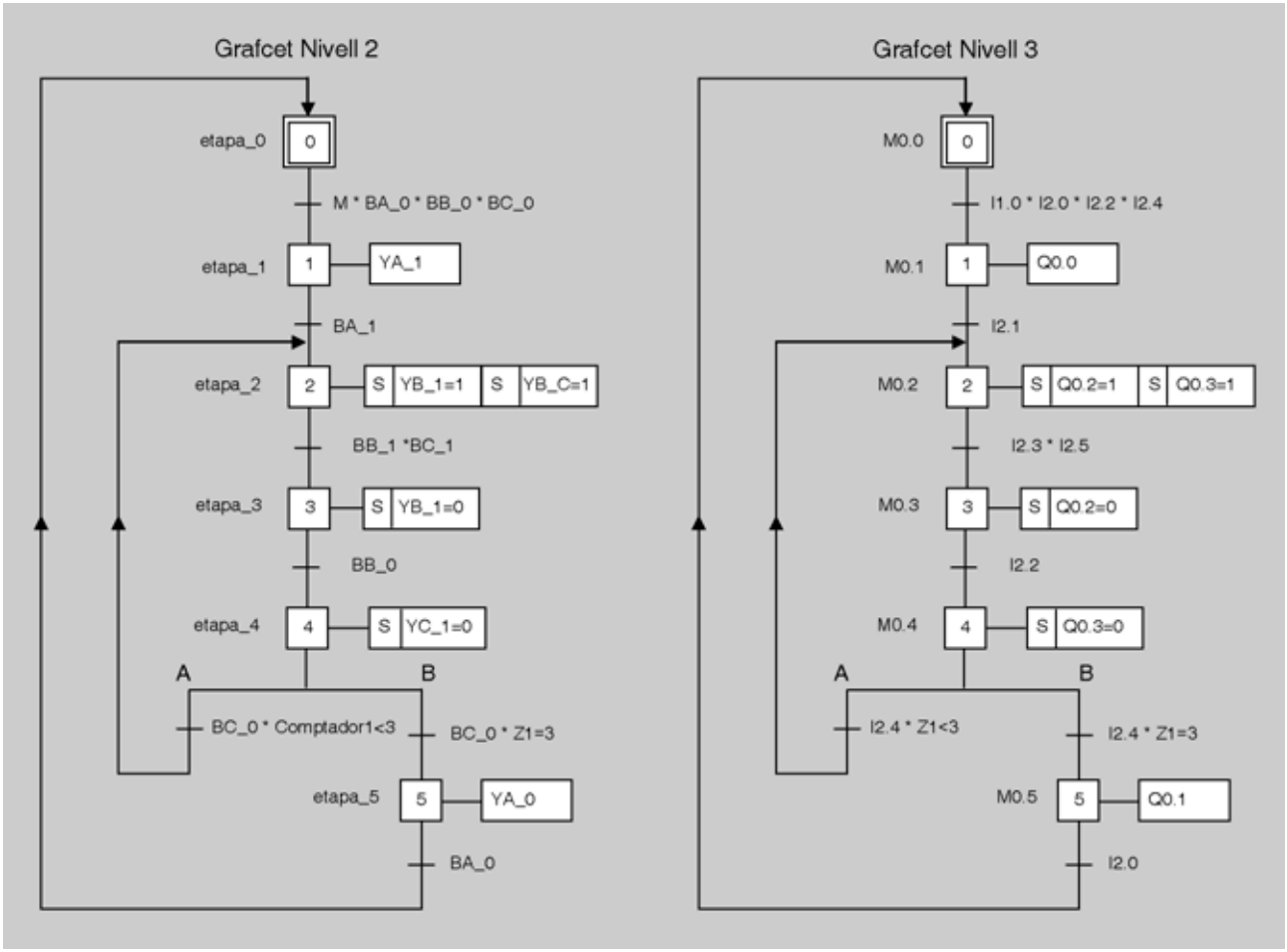
3.6.3. Estat A2. Aturada demanada a final de cicle

En la figura 99 teniu el Grafcet de funcionament corresponent a l'estat A2 (aturada) demanat al final de cicle. Fixeu-vos que el Grafcet és molt semblant al de l'estat F1: l'única diferència és que quan ha finalitzat el cicle de funcionament, en comptes d'anar a l'etapa 1 el Grafcet evoluciona a l'etapa 0, i això implica que la màquina s'atura i fins que no s'acciona el polsador de marxa no comença una altra seqüència de funcionament. Aquest mode de funcionament és molt interessant i necessari, i realitza dues funcions molt importants en la majoria d'instal·lacions:

- Es pot seleccionar el mode de funcionament perquè la màquina realitzi un únic cicle complet de funcionament, amb la possibilitat de realitzarne d'altres a continuació, però sempre amb l'ordre de l'operari que controla la instal·lació.

- Es pot aturar el procés de fabricació al final del cicle si l'operari veu que la instal·lació, sense tenir cap avaria, no funciona del tot correctament.

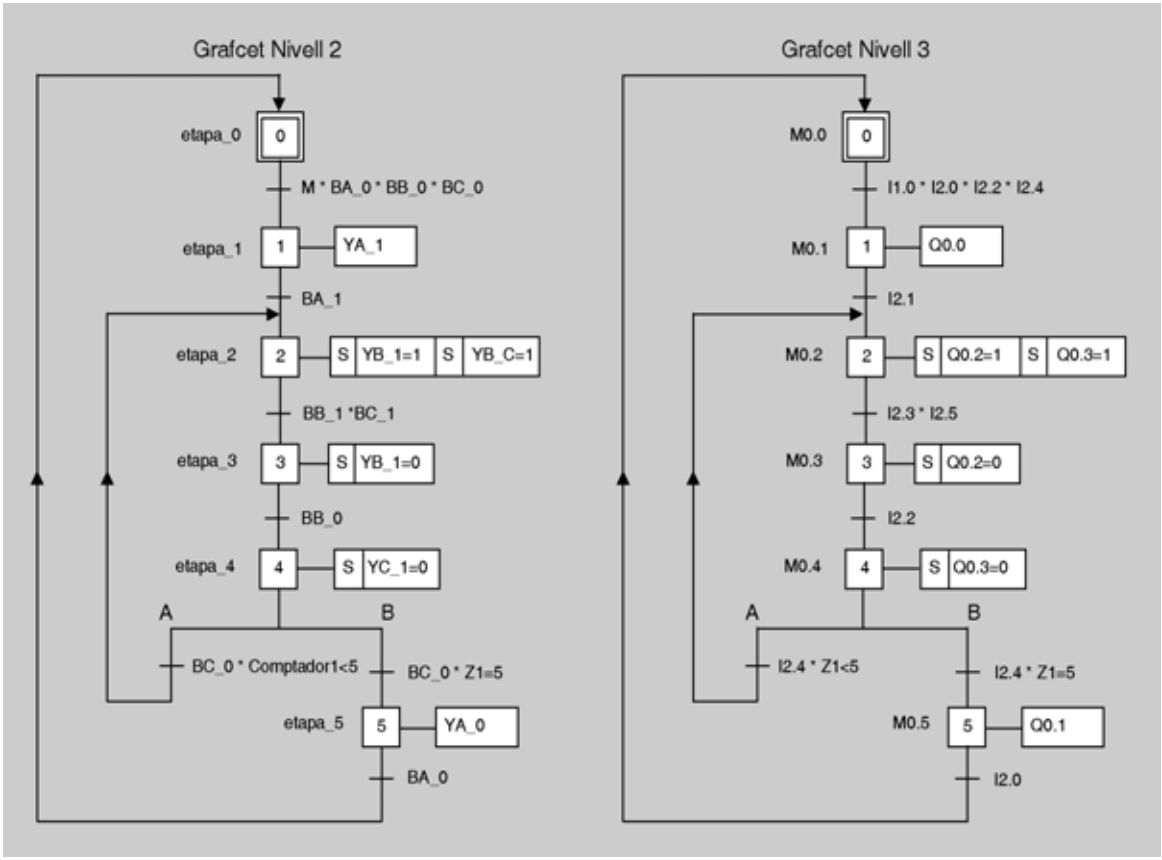
Figura 99. Grafcet de funcionament de l'estat A2



3.6.4. Estat D3. Producció malgrat els defectes

En la figura 100 teniu el Grafcet de funcionament corresponent a l'estat D3 (producció malgrat els defectes). Fixeu-vos que el Grafcet és semblant al de l'estat A2 (aturada) demanat a final de cicle, però en aquest cas es vol que quan l'operari detecti un defecte en el procés de producció la màquina realitzi l'operació de copejament cinc vegades en comptes de tres, i que quan acabi la seqüència la màquina vagi a l'etapa 0, amb la possibilitat de fer cicles de funcionament cada vegada que s'accioni el polsador de marxa M. Aquest mode de funcionament és molt important en processos llargs i en què una aturada en el procés de producció pot representar una gran pèrdua econòmica; per descomptat que hi ha avaries que per la seva importància han de provocar una aturada del funcionament de la instal·lació, però també és cert que n'hi ha d'altres de menys greus, en què modificant el procés de fabricació la instal·lació pot seguir treballant aprofitant tot el producte fabricat fins al punt on s'ha produït l'avaria. En aquest cas se suposa que el defecte detectat en el procés de producció es pot solucionar copejant cinc vegades la peça a fabricar en comptes de les tres que necessita una peça bona. En funció de les característiques del procés de producció hi pot haver diversos Grafcet per tractar defectes diferents.

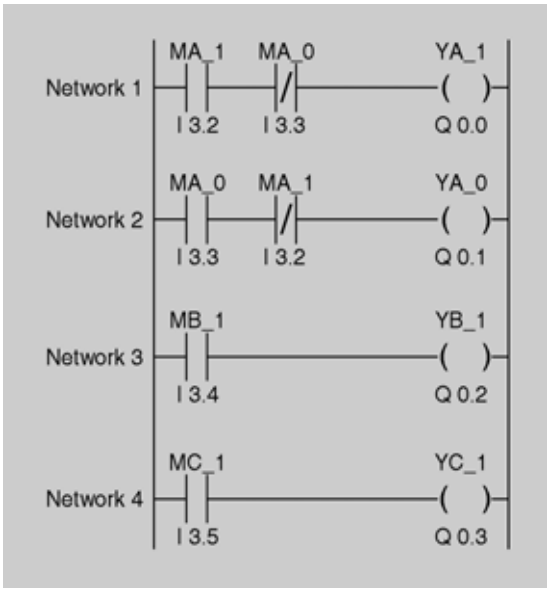
Figura 100. Grafcet de funcionament de l'estat D



3.6.5. Estat F2. Marxa de preparació

En la figura 101 teniu el programa de funcionament corresponent a l'estat F2 de marxa de preparació. Fixeu-vos que mitjançant els polsadors podeu moure els tres cilindres, i d'aquesta manera es pot posar la màquina en la posició inicial en cas necessari.

Figura 101. Esquema de funcionament de l'estat F2



3.6.6. Programa de la guia GEMMA

El programa corresponent a la implementació de la guia GEMMA es farà sempre en el bloc de programa que executi sempre la CPU; en el cas de l'autòmat programable S7-200 de Siemens serà la subrutina principal, també anomenada OB1.

Mitjançant el programa corresponent a la guia GEMMA, el PLC executarà una subrutina o una altra i, per tant, la màquina funcionarà d'un mode o d'un altre.

Amb la implementació d'aquesta guia GEMMA podeu:

- Posar la màquina en la posició inicial en cas necessari.
- Treballar normalment en cicle continu automàtic.
- Des de l'estat D1 passar a l'estat A2, treballant automàticament en cicle únic per controlar millor el funcionament o passar a l'estat D3 si l'operador detecta un defecte, de manera que faci la maniobra de copejament cinc vegades en comptes de tres.
- Una vegada que el defecte ha desaparegut, tornar a l'estat A2 i, des d'aquest estat, finalitzar tot el procés i anar a l'estat A1 o continuar treballant automàticament en cicle continu i anar a l'estat F1.

En la figura 102 teniu el programa corresponent a la implementació de la guia GEMMA de la figura 96. L'estructura d'aquest programa es pot aplicar a qualsevol GEMMA, independentment dels estats que tingui i dels camins o línies d'unió que hi hagi entre aquests.

Bàsicament sempre farem servir dues branques elèctriques per inicialitzar els Grafcet i la guia GEMMA; en aquests cas, amb l'autòmat programable S7-200 de Siemens utilitzarem dos *networks*. A continuació programarem el circuit corresponent a la línia d'unió entre dos estats i en la branca següent la crida a la subrutina corresponent. En el cas que un estat tingui diverses línies d'unió procedents d'altres estats, les branques corresponents a aquestes línies s'han de programar juntes.

Els circuits corresponents a les línies d'unió tenen l'estructura següent: contacte, corresponent a la marca de l'estat d'origen, en sèrie amb els contactes, corresponents als elements de la transició, que fan *set* de la marca associada a l'estat destinació i a la vegada fan *reset* de la marca associada a l'estat origen.

Els circuits corresponents a la crida a les subrutines tenen l'estructura següent: contacte de la marca associada a l'estat connectat a la subrutina associada al mateix estat.

Raonem el programa d'aquesta guia GEMMA analitzant els seus *networks*:

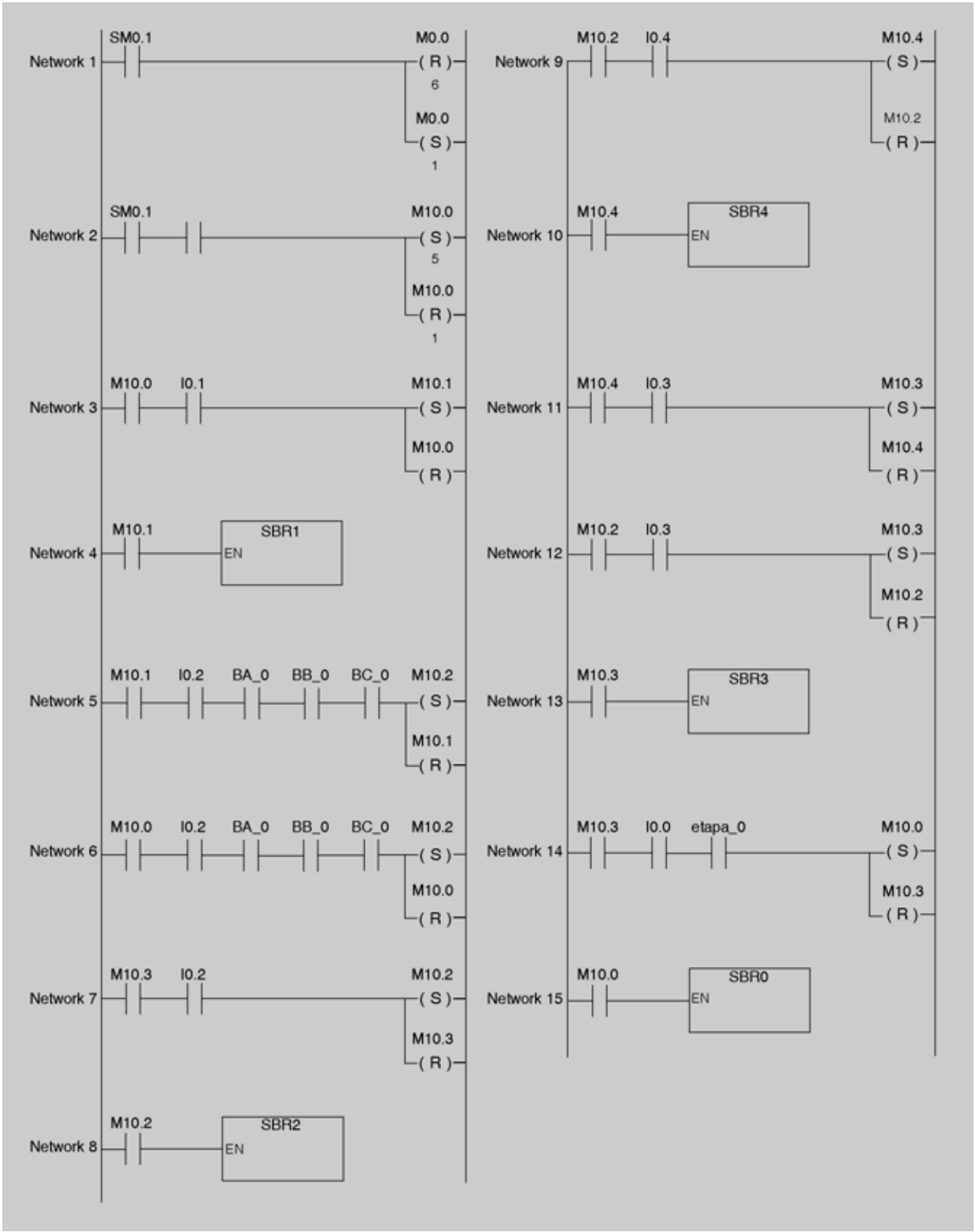
- *Network* 1. Mitjançant la marca SM0.1, que té valor lògic 1 durant 1 *scan* quan l'autòmat programable passa de *stop* a *run*, fem *reset*, és a

dir, desconnectem la marca M0.0 i, en ordre, fins a un total de sis marques més. Per tant, es posen a zero les marques des de M0.0 fins a M0.5, que corresponen a les marques de les etapes dels Grafcet utilitzats en aquest exemple, i a continuació fem *set* de la marca M0.0, que correspon a l'etapa inicial del Grafcet, etapa 0.

- *Network* 2. Mitjançant la marca SM0.1 fem *reset* de la marca M10.0 i, en ordre, fins a un total de cinc marques més. Per tant, es posen a zero les marques des de M10.0 fins a M10.4, que corresponen a les marques dels estats de la guia GEMMA utilitzats en aquest exemple, i a continuació fem *set* de la marca M10.0, que correspon a l'estat inicial del Grafcet, estat A1.
- *Network* 3. Correspon al programa de la línia d'unió que va de l'estat A1 a l'estat F2 amb la transició corresponent. Per tant, contactes en sèrie de la marca associada a l'estat A1, M10.0 amb el polsador I0.1 que fan *set* de la marca associada a l'estat destinació F2, M10.1, i *reset* de la marca associada a l'estat origen A1, M10.0.
- *Network* 4. Correspon a la crida de la subrutina associada a l'estat destinació F2; per tant, amb el contacte de la marca associada a l'estat F2, M10.1 connecta la subrutina associada a aquest estat SBR1.
- *Network* 5. Correspon al programa de la línia d'unió que va de l'estat F2 a l'estat F1 amb la transició corresponent.
- *Network* 6. Correspon al programa de la línia d'unió que va de l'estat A1 a l'estat F1 amb la transició corresponent.
- *Network* 7. Correspon al programa de la línia d'unió que va de l'estat A2 a l'estat F1 amb la transició corresponent.
- *Network* 8. Correspon a la crida de la subrutina SBR2 associada a l'estat destinació F1.
- *Network* 9. Correspon al programa de la línia d'unió que va de l'estat F1 a l'estat D3 amb la transició corresponent.
- *Network* 10. Correspon a la crida de la subrutina SBR4 associada a l'estat destinació D3.
- *Network* 11. Correspon al programa de la línia d'unió que va de l'estat D3 a l'estat A2 amb la transició corresponent.
- *Network* 12. Correspon al programa de la línia d'unió que va de l'estat F1 a l'estat A2 amb la transició corresponent.
- *Network* 13. Correspon a la crida de la subrutina SBR3 associada a l'estat destinació A2.
- *Network* 14. Correspon al programa de la línia d'unió que va de l'estat A2 a l'estat A1 amb la transició corresponent.
- *Network* 15. Correspon a la crida de la subrutina SBR0 associada a l'estat destinació A1.

Observeu que les branques corresponents a les línies d'unió que tenen com a destinació l'estat F1 estan programades juntes en els *networks* 5, 6 i 7, de la mateixa manera que les que tenen com a destinació l'estat A2 també estan programades juntes en els *networks* 11 i 12.

Figura 102. Programa per al PLC de la guia GEMMA



A continuació de les branques corresponents a les línies d'unió que tenen com a destinació un estat, es programa el circuit corresponent a la crida de la subrutina associada a aquest estat; així doncs, en el *network* 3 hi ha programat el circuit corresponent a la línia d'unió que té com a destinació l'estat F2 i en el *network* 4 hi ha programat el circuit per cridar la subru-

tina 1 associada a aquest estat. De la mateixa manera, en els *networks* 5, 6 i 7 hi ha les línies d'unió que tenen com a destinació l'estat F1 i en el *network* 8 hi ha la crida a la subrutina SBR1 associada a l'estat F1.

Els circuits corresponents a línies d'unió que tenen com a destinació el mateix estat s'han de programar junts, no importa en quin ordre, però junts, i a continuació, sempre en la branca següent, es programa el circuit amb la crida de la subrutina associada a l'estat corresponent.



Ara feu l'activitat "Implementació de la guia GEMMA", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Realitzacions pràctiques d'automatització programable

Automatismes industrials

Índex

Introducció 5

Objectius 6

1. Pràctiques d'automatització programable 7
1.1. Interpretació d'un esquema elèctric 7
1.2. Connexió d'un circuit de maniobra 7
1.3. Realització d'un programa del PLC 8
1.4. Connexió de motors i electrovàlvules al quadre 8
1.5. Posada en marxa i comprovació de la instal·lació 9
1.6. Interpretació i seguiment d'avaries 9

Introducció

Els quadres de comandament de la majoria d'instal·lacions automatitzades tenen algun autòmat programable, per això és important saber com s'han d'instal·lar i connectar quan estan en el mateix quadre que la resta de components de protecció i potència.

En el món laboral del sector de l'automatització, el tècnic, a més a més de conèixer i saber programar els PLC, ha de tenir habilitats pràctiques i destresa en la utilització d'eines, materials i equipaments que li permetin muntar i mantenir els quadres de comandament.

El tècnic en instal·lacions elèctriques i automàtiques ha de dur a terme amb destresa tot un seguit d'operacions mecàniques i elèctriques per el muntar els quadres de comandament amb pulcritud, rapidesa i qualitat.

Es proposa, doncs, una formació pràctica de deu hores per desenvolupar feines relacionades amb el muntatge, programació, posada en marxa i localització d'avaries en un quadre de comandament amb PLC.

En finalitzar amb aprofitament aquesta unitat didàctica, l'alumnat haurà adquirit les competències professionals bàsiques que li permetran una integració laboral fàcil en empreses relacionades amb el sector de les instal·lacions elèctriques automàtiques.

A fi de poder aprofitar tant com sigui possible les deu hores de pràctiques presencials, és molt recomanable haver seguit i haver fet totes les activitats proposades en els exercicis d'avaluació continuada de les unitats didàctiques anteriors a aquest mòdul.

Objectius

En acabar la unitat, heu de ser capaços del següent:

1. Elaborar la documentació tècnica de projectes d'automatismes cablats o programables, a partir del quadern de càrregues.

2. Dimensionar elèctricament els components i les parts d'un equip automàtic, a partir de les especificacions del projecte.

3. Seleccionar dispositius i materials en catàlegs tecnicocomercials, a partir de les especificacions del projecte.

4. Muntar quadres elèctrics duent a terme totes les operacions mecàniques necessàries i de muntatge i connexió dels elements elèctrics, a partir de la documentació del projecte.

5. Verificar l'acabat correcte dels quadres elèctrics construïts, tant en els aspectes mecànics com elèctrics.

6. Muntar tota la instal·lació elèctrica que complementa el quadre de comandament, a partir de la documentació del projecte.

7. Verificar el funcionament correcte del quadre de comandament connectat al sistema controlat, mitjançant proves funcionals especificades en la documentació del projecte.

8. Identificar els efectes que tenen les disfuncions i avaries en instal·lacions automàtiques.

9. Localitzar components o dispositius que causen una avaria.

10. Contrastar, en instal·lacions automàtiques, observacions o mesures fetes amb els paràmetres de bon funcionament.

1. Pràctiques d'automatització programable

La feina d'un tècnic en instal·lacions elèctriques i automàtiques consisteix a muntar els quadres de comandament, instal·lar els components de la instal·lació i connectar-los amb el quadre de comandament, programar l'autòmat programable i posar en marxa les instal·lacions i fer-ne el manteniment. Per aquest motiu, en aquesta unitat didàctica us plantegem tota una sèrie d'activitats perquè apliqueu tots els coneixements que heu adquirit en mòduls anteriors i adquiriu procediments i habilitats relacionats amb les tasques pròpies d'aquest perfil professional.

En els apartats següents trobareu una breu explicació de les diferents activitats pràctiques que heu de dur a terme com a complement de la vostra formació.

1.1. Interpretació d'un esquema elèctric

L'esquema elèctric és la representació del funcionament de la instal·lació i el tècnic en instal·lacions elèctriques i automàtiques ha de saber interpretar-lo amb les finalitats següents:

- Conèixer el funcionament de la instal·lació.
- Fer-ne el muntatge.
- Dur a terme les tasques de localització d'avaries.

En aquest punt es proposa el següent:

1) Identificar tots els elements de l'esquema en el quadre de comandament.

2) Identificar les línies de l'esquema que corresponen als cables del cablatge i la connexió.

3) Interpretar l'esquema que correspon a les condicions de funcionament de la instal·lació.

1.2. Connexió d'un circuit de maniobra

En una instal·lació controlada per un autòmat programable, només el 5% de les avaries són degudes al mateix PLC, i la resta estan ocasionades pel cablatge incorrecte, una mala connexió o la utilització d'eines inadequades.

Aquests problemes, de vegades difícils de localitzar, determinen un mal funcionament i un focus d'avaries que provoquen aturades en la producció, que encareixen els productes i que serien evitables si els treballs es fessin amb les eines i els materials adequats i es complissin les normes bàsiques de treball.

En aquest punt es proposa la identificació i utilització de les eines i materials adequats per a la connexió d'un quadre de comandament com ara:

- Pelacables.
- Premsaterminals de diferents tipus.
- Terminals.
- Etiquetatge cables i components.

1.3. Realització d'un programa del PLC

En una instal·lació controlada per un autòmat programable, el programa del PLC, a part de definir el funcionament de la instal·lació, pot simplificar molt les tasques de manteniment si està ben estructurat i documentat.

En aquest punt es proposa la realització del programa corresponent a la instal·lació de manera estructurada:

- Ordenant i agrupant les instruccions en funció dels diferents actuadors.
- Confeccionant una taula de símbols amb tots els elements de la instal·lació.
- Fent un comentari en cada *network* que expliqui el funcionament de totes les branques elèctriques de l'esquema.

1.4. Connexió de motors i electrovàlvules al quadre

L'esquema elèctric representa el circuit de maniobra i potència de la instal·lació; per tant, representa la connexió que s'ha de fer dintre del quadre, i també la connexió dels elements externs com a actuadors i sensors a la regleta de borns del quadre.

En aquest punt es proposa a l'estudiant el següent:

1) La realització dels esquemes de connexió a la regleta dels actuadors i sensors.

2) La connexió d'actuadors i sensors mitjançant les mànegues corresponents a la regleta de borns del quadre.

1.5. Posada en marxa i comprovació de la instal·lació

Un moment molt important i delicat en tots els processos d'automatització és la posada en marxa de la instal·lació. S'ha de tenir en compte que, quan connectem una sortida de l'autòmat programable, es connecta un actuador que pot posar en marxa un element mecànic gran, com ara una cinta o un paletitzador, que poden fer un moviment brusc i que cal preveure per garantir que no hi haurà danys personals ni materials.

Per això en aquest punt es proposa la posada en marxa de la instal·lació seguint els passos següents:

1) Comprovació de la connexió en les entrades del PLC.

2) Amb el circuit de potència desconnectat, comprovació de la connexió de les sortides del PLC.

3) Amb el circuit de maniobra desconnectat, comprovació del funcionament dels actuadors.

4) Amb el circuit de potència desconnectat, comprovació del programa corresponent al circuit de maniobra.

5) Atenent les normes de seguretat, posada en marxa de la instal·lació amb els circuits de maniobra i potència connectats.

1.6. Interpretació i seguiment d'avaries

En arribar a la part final de les pràctiques, l'estudiant haurà de dur a terme tasques de manteniment i reparació d'avaries en el quadre de comandament i la instal·lació.

En aquest punt l'alumne haurà de dur a terme les accions següents:

- Localització i reparació d'avaries provocades per connexions incorrectes dintre del quadre de comandament.

- Localització i reparació d'avaries provocades en els components de la instal·lació externs al quadre de comandament com ara actuadors i sensors.

- Localització i reparació d'avaries provocades per errors de programació de l'autòmat programable.

Generalitat de Catalunya
Departament d'Educació

ioc
institut obert
de catalunya

CFGM. EE10. M01/0.09