

Joan Roman Mora

**Control de la temperatura d'un reactor dotat d'un sistema SCADA i amb
simulació del reactor**

TREBALL DE FI DE GRAU

dirigit pel Dr. Ernest Gil Dolcet

Grau d'Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2022

Índex

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | Introducció i Objectius | 5 |
| 2. | Descripció de la planta | 6 |
| 2.1 | Principals elements de la planta..... | 6 |
| 2.1.1 | Antecedents | 6 |
| 2.1.2 | Reactor químic..... | 6 |
| 2.1.3 | Descripció de la instal·lació | 7 |
| 2.2 | Motius i elements necessaris per elaborar l'automatització | 9 |
| 2.2.1 | Principals problemes de la instal·lació i les solucions adoptades | 9 |
| 2.2.2 | Sistema SCADA | 10 |
| 2.3 | Descripció de la Maniobra..... | 11 |
| 2.3.1 | Funcionament del circuit escalfador i refrigerador..... | 11 |
| 2.3.2 | Funcionament de les entrades de reactius..... | 13 |
| 2.3.3. | Descripció general de l'automatització del control de temperatura del reactor | 14 |
| 2.3.4 | Modes de Funcionament..... | 17 |
| 2.3.5 | Opcions que té la pantalla SCADA amb WinCC RT Advanced..... | 18 |
| 2.3.6 | Descripció detallada de l'automatització..... | 20 |
| 3. | Descripció de la solució..... | 32 |
| 3.1 | Elements de control: | 32 |
| 3.2 | Entrades i sortides del PLC: | 32 |
| 3.3 | Mòduls d'entrades i sortides:..... | 34 |
| 3.4 | Elements sensors i actuadors: | 35 |
| 3.5 | Comunicació..... | 36 |
| 3.6 | Estructura del programa al Tia Portal..... | 36 |
| 3.7 | Pantalla SCADA..... | 42 |
| 4 | Especificacions de les tecnologies utilitzades per a l'automatització. | 45 |
| 4.1. | Sistema de Control. PLC SIMATIC S7-1500 amb CPU 1513-1 PN (6ES7 513-1AL01-0AB0)..... | 45 |
| 4.2. | Sistemes d'entrades i sortides de senyals de camp..... | 46 |
| 4.2.1 | Mòdul d'entrades digitals | 46 |
| 4.2.2 | Mòdul de sortides digitals..... | 46 |
| 4.2.3 | Mòdul d'entrades i sortides analògiques | 47 |
| 4.3. | Sistema de supervisió i control..... | 48 |
| 4.4. | Eines d'enginyeria. | 49 |
| 4.4.1. | TIA PORTAL V14 | 49 |
| 4.4.2 | S7-PLCSIM V14 SP1 | 49 |
| 4.4.3 | SINAMICS Startdrive | 50 |

| | |
|--|-----|
| 4.5. Protocol de Comunicacions | 50 |
| 4.5.1 PROFINET | 50 |
| 4.6. Sensors..... | 51 |
| 4.6.1. Cabalímetre..... | 51 |
| 4.6.2. Sensor de temperatura Pt100 | 51 |
| 4.7. Actuadors..... | 52 |
| 4.7.1. Vàlvules..... | 52 |
| 4.7.2. Bombes | 55 |
| 4.8. Variador de freqüència | 56 |
| 4.9. Controlador PID | 58 |
| 5 Programa PLC | 59 |
| 5.1. Estil de Programació..... | 59 |
| 5.2. Configuració de Xarxes i Equips..... | 59 |
| 5.2. Llistat de Entrades, Sortides, Marques i Variables Internes..... | 60 |
| 5.3. Programa..... | 62 |
| 5.4 Blocs de Programa..... | 63 |
| 5.4.1. Blocs d'organització (OB)..... | 63 |
| 5.4.2. Funcions (FC)..... | 66 |
| 5.4.3 SENNA_SPEED..... | 80 |
| 5.4.4 Blocs de Dades (DB): | 84 |
| 6 Programa pantalla SCADA | 90 |
| 6.1 Pantalla Inici | 91 |
| 6.2 Pantalla Reactor..... | 92 |
| 6.3 Pantalla Gràfic Temperatura..... | 93 |
| 6.4 Pantalla Gràfics Cabals..... | 94 |
| 6.5 Imatges/Finestres Emergents | 94 |
| 6.6 Altres Imatges/Finestres | 104 |
| 7 Simulació del procés automatitzat..... | 105 |
| 8 Punts de risc i possibles millores del sistema automatitzat | 106 |
| 9 Conclusions | 107 |
| 10 Bibliografia..... | 108 |
| 11 Annexes | 110 |
| PLC SIMATIC S7-1500 amb CPU 1513-1 PN (6ES7 513-1AL01-0AB0):..... | 110 |
| Mòdul entrades digitals DI 16x24VDC BA (6ES7521-1BH10-0AA0)..... | 120 |
| Mòdul sortides digitals DQ 8x24VDC/2A HF (6ES7 522-1BF00-0AB0) | 122 |
| Mòdul Entrades/Sortides analògiques AI/AQ 4xU/I/RTD/TC / 2xU/I ST (6ES7 534-7QE00-0AB0)..... | 125 |

| | |
|---|-----|
| Cabalímetre Emerson Micro Motion Serie F (model F050P) | 127 |
| Transmissor Micro Motion 1700 | 129 |
| Sensor de temperatura Rosemount™ 214C RTD | 131 |
| Transmissor de temperatura Rosemount™ 148 | 133 |
| Conjunt tot o res vàlvula de bola de brides amb actuador pneumàtic: | 135 |
| Electrovàlvula tot o res: | 137 |
| Caixa de finals de carrera: | 139 |
| Vàlvula de control model 3241: | 141 |
| Accionament pneumàtic model 3277: | 143 |
| Posicionador electropneumàtic model 3725:..... | 145 |
| Bomba SSP Sèrie N, el model N1-000L-H07 | 147 |
| Motor Siemens de 2 CV 1500 B3 230/400V IE3 1LE1001-0EB4-22FB | 150 |

1 Introducció i Objectius

Aquest treball consisteix en realitzar el control de temperatura d'un reactor dotat d'un sistema SCADA d'una fàbrica situada a la població de Masdenverge que es dedica a fer resines i polímers anomenada Bear Química.

Es tracta d'un projecte teòric ja que el programa realitzat es duu a terme a partir d'un reactor en el qual es simula tots els actuadors i sensors que el controlen i supervisen. La simulació del reactor permet verificar el seu funcionament i està feta de tal manera que es pot extreure fàcilment de la resta del programa per tal de poder instal·lar-ho al reactor real de forma senzilla si es volgués.

S'utilitza l'entorn del Tia Portal per a dissenyar el programa, el WinCC RT Advanced per a dur a terme l'SCADA i el SIMATIC STEP 7 PLCSIM V14 + SP1 per a simular el PLC SIMATIC S7-1500 amb CPU 1513-1 PN.

L'objectiu principal és el control de la temperatura del reactor mitjançant les entrades d'aigua i de vapor de les camises del reactor i controlant també, les entrades dels productes reactius per poder millorar l'eficiència i la seguretat de la instal·lació ja que el seu cabal es directament proporcional a la temperatura del reactor. El sistema és capaç de realitzar aquest control de manera automàtica o manual, a voluntat dels operaris.

Per assegurar la seguretat de la instal·lació, s'ha incorporat un sistema de gestió d'alarmes per detectar els possibles errors i avaries que hi hagués en la instal·lació, així com un polsador d'emergència, que protegeix als empleats en cas de necessitat. A més a més, també hi ha alarmes en el cas de sobrepassar els límits de temperatura admesos.

Per la supervisió i control de la temperatura, es disposa d'un sistema PC amb WinCC RT Advanced que incorpora una pantalla de control, gràfics, camps d'entrada per poder visualitzar i modificar tot tipus de dades necessàries, entre altres opcions.

Aquesta automatització del control de temperatura produirà una major eficiència energètica, més comoditat i un augment de la seguretat dels treballadors, al no haver de manejar gran part d'aquest control de manera manual i pel gran nombre d'alarmes i avisos que es disposarà.

2. Descripció de la planta

2.1 Principals elements de la planta

El reactor en el qual es realitza el control de la temperatura és el reactor 5000 i és un dels cinc reactors que disposa la planta. Aquest reactor té connexió amb sis dipòsits dels quals s'automatitzaran tres que donen entrada als productes reactius i que es descriuran més endavant. Seguidament es mostra l'esquema dels elements a automatitzar.

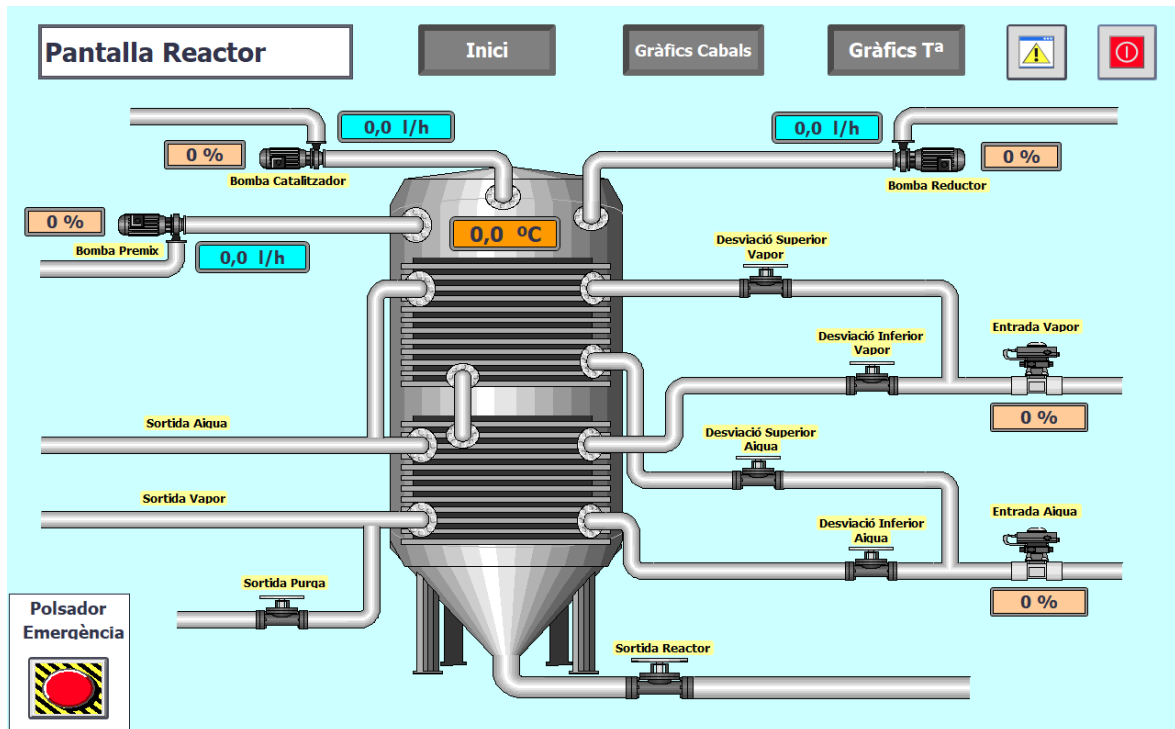


Figura 1. Esquema del reactor i dels elements a automatitzar

2.1.1 Antecedents

Actualment, la fàbrica es dedica a fer resines i polímers mitjançant reaccions exotèrmiques. El reactor a automatitzar disposa d'un sistema de control de les entrades de vapor i aigua a les seves camises per a controlar la temperatura però és un control on no s'utilitza PID's i en el qual només es pot modificar l'obertura de les vàlvules d'entrada d'aigua i de vapor.

Les entrades de reactius es controlen manualment depenen del cabal que es necessiti, de la temperatura que tingui el reactor i del nivell que tingui el dipòsit del reactiu ja que es deixa caure per acció de la gravetat.

2.1.2 Reactor químic

L'element principal del sistema a automatitzar és el reactor químic i per tant, es necessari tindre uns coneixements bàsics del què és una reacció química i què fa un reactor químic.

Una reacció química és un procés que implica un canvi en l'estructura electrònica d'una o de diverses molècules, mitjançant el trencament i formació d'enllaços químics. S'anomena reactius a les molècules que reaccionen, i productes a les que s'obtenen com a resultat de la reacció.

Amb aquest reactor, es realitzen moltes varietats de resines i productes i per tant, els reactius utilitzats poden variar. Els reactius més utilitzats són àcids acrílics, àcid etilè, acrilats, poliamides, etc., i s'obtenen les resines i polímers (producte final) mitjançant reaccions exotèrmiques, és a dir, reaccions que alliberen energia en forma de calor. Això significa que l'entrada dels reactius provoquen que la temperatura del reactor augmenti.

Un reactor químic és el lloc físic on es produeixen les reaccions químiques. Al seu interior té un ambient controlat i pot ser modificat segons les necessitats que l'operador tingui per dur a terme el procés requerit. Els reactors tenen diferents models, formes, mides i s'usen per a diferents tipus de reaccions.

El tipus de reactor que compleix els requeriments de la reacció segons el context i l'anteriorment plantejat és de tipus discontinu agitat en fase líquida.

Per a que el sistema funcioni de forma òptima, apart del reactor, també hi ha els següents elements:

- Entrades del reactius: El reactius entren per la part de dalt del reactor i provenen principalment dels dipòsits de dissolució del catalitzador, del dipòsit del reductor i de la Premix. Més endavant s'expliquen més detalladament els reactius que es preparen a cadascun d'aquests dipòsits.
- Agitador: Consta d'un motor, un eix i un remenador i té la funció homogeneïtzar el reactius per aconseguir la reacció química d'aquests a tots els punts del reactor. El seu control no es tindrà en compte en aquest treball.
- Circuit escalfador i refrigerador del reactor: Està format per dues camises que envolten el reactor i s'utilitzen tan per a escalfar (es fa entrar vapor) com per a refrigerar (es fa entrar aigua). Els dos circuits de les dues camises s'utilitzen tan per entrar vapor com per a entrar aigua. Al següent apartat, s'explica de forma més detallada les seves característiques.

2.1.3 Descripció de la instal·lació

Descripció dels elements que formen actualment la instal·lació i que s'utilitzaran per a realitzar l'automatització, incloent els sensors, vàlvules i bombes de cadascun dels dipòsits i del reactor. Hi ha elements que s'afegiran o es substituiran per altres que permetin una millor solució per a l'automatització i per resoldre els problemes que té la planta tal com s'explicarà al següent apartat.

- Reactor:

El reactor, disposa de dos sensors de temperatura Pt100, un està situat a la part de dalt del reactor i l'altre, que és el que s'utilitza, està a la part de baix. Aquest sensor es fa servir per saber la temperatura de dins del reactor en tot moment.

El producte final que es prepara al reactor s'extreu, amb ajuda de la força de la gravetat, per la part de baix del reactor on actualment, hi ha una única vàlvula manual.

- Circuit escalfador i refrigerador:

El vapor entra per dalt perquè al condensar-se o refredar-se, tendirà a caure. En canvi, l'aigua entra per baix perquè a l'evaporar-se, tendirà a anar cap a dalt. Per tant, quan es vol fer entrar

vapor, s'ha de comprovar que no hagi quedat aigua que impedeixi la correcta sortida d'aquest. Per treure l'aigua restant, s'ha de realitzar la purga del circuit. En el cas contrari, si es vol fer entrar aigua i queda vapor dins, no hi haurà aquest problema perquè l'aigua evaporada empenyerà tot sola el vapor restant.

Les entrades de vapor i aigua disposen d'un bypass format per tres vàlvules manuals i una electrovàlvula proporcional, és a dir, una electrovàlvula en la qual es pot regular la seva obertura. Les vàlvules manuals estan per seguretat i les que es controlen són les electrovàlvules. També hi ha quatre electrovàlvules tot o res, encarregades de desviar el vapor o l'aigua a cadascuna de les dues camises. D'aquesta manera, es pot transportar el vapor o l'aigua a la camisa que es vulgui o inclús a les dues a la vegada. Actualment, aquestes vàlvules són manuals.

Pel que fa a les sortides d'aigua i de vapor, disposen d'una vàlvula de antiretorn la qual no s'automatitza ja que només té la funció de deixar sortir l'aigua i el vapor i evitar que no pugui retornar cap al circuit escalfador i refrigerador. Per tant, les sortides d'aigua i de vapor estaran sempre obertes. Pel que fa a les sortides de la purga i del reactor (per on s'extreu el producte final), actualment es disposa de vàlvules manuals per a poder obrir aquestes sortides, però com que en aquest treball es vol realitzar l'automatització d'aquestes sortides, d'un bypass idèntic al de les entrades d'aigua i vapor amb la diferència que les electrovàlvules seran tot o res.

- Dipòsits d'entrada de reactius:

La planta disposa de sis dipòsits connectats a la tapa del reactor que permeten l'entrada de reactius. En molts casos, el producte a realitzar no utilitza algun dels dipòsits o només els utilitza per afegir reactius puntualment durant la reacció. Els únics dipòsits que s'utilitzen en tots els casos són la Premix, el dipòsit de dissolució del catalitzador i el dipòsit reductor ja que és on es preparen reactius fonamentals per a realitzar totes les resines i polímers que es fan. Per tant, s'ha decidit realitzar només l'automatització d'aquests tres dipòsits.

- Premix:

Es tracta d'un dipòsit amb un agitador on es prepara una preemulsió de l'aigua amb els tensioactius i els monòmers. Aquesta preemulsió és un pas necessari per poder començar la reacció.

- Dipòsit de dissolució del catalitzador:

És on es prepara la dissolució del catalitzador a la concentració necessària. Aquest producte és necessari per a provocar la reacció junt amb l'alta temperatura.

- Dipòsit on es dissol el reductor:

El reductor és un compost que es capaç d'oxidar-se i transferir electrons a un altre compost que s'anomena oxidant (el catalitzador), d'aquesta manera, es poden realitzar reaccions a menys temperatura que la que necessitaria el catalitzador.

- Entrades dels 3 dipòsits al reactor:

Actualment, el control del cabal de l'entrada de reactius es fa de forma manual. Es disposa d'un cabalímetre que indica el cabal que circula pel conducte i una vàlvula regulable que permet variar aquest cabal. Com que els dipòsits estan a una altura major que el reactor, utilitzen l'energia potencial per aconseguir que els productes entrin dins el reactor. Tal com

s'explica al següent punt, aquest sistema d'entrada de reactius es substituirà per un altre més eficient.

2.2 Motius i elements necessaris per elaborar l'automatització

En aquest apartat, es descriuran els problemes que té actualment la instal·lació i com es solucionen mitjançant l'automatització, l'addició o la substitució d'alguns elements per aconseguir un sistema més eficient i segur.

2.2.1 Principals problemes de la instal·lació i les solucions adoptades

- Control de les entrades de vapor i aigua insuficient i amb poques opcions:

Com s'ha anat dient als apartats anteriors, actualment el reactor disposa d'un sistema de control de les entrades de vapor i aigua a les seves camises per a controlar la temperatura tot i que, no s'utilitza PID's i només es governa les vàlvules d'entrada d'aigua i de vapor.

Llavors, el circuit escalfador i refrigerador està format pels mateixos elements que s'han nomenat al apartat anterior afegint només el nou PLC i un PC des d'on es pugui interaccionar amb l'SCADA. Pel que fa al programa, se n'ha creat un de nou amb el Tia Portal en el qual, s'ha afegit un control automàtic i manual de les entrades d'aigua i de vapor utilitzant PID's i també s'ha afegit l'opció de poder controlar tan de manera automàtica com manual, les electrovàlvules de les desviacions i de les sortides de la purga i del reactor. Totes aquestes opcions es poden visualitzar des de la pantalla del PC a través del SCADA.

- Control automàtic de l'entrada de reactius ineficient i amb poca seguretat:

Com s'ha descrit en apartats anteriors, en aquest reactor es realitzen reaccions exotèrmiques, és a dir, l'entrada de reactius provoca un augment de temperatura i tal com descriuen els operadors d'aquesta fàbrica, pot haver moments en els quals s'han de reduir o fins i tot aturar aquestes entrades de reactius perquè amb el sistema de refrigeració del reactor no n'hi ha prou per baixar la temperatura.

A més a més, els reactius es desplacen dels dipòsits al reactor amb l'ajuda de l'energia potencial, el problema es que a mesura que els dipòsits perden nivell, es perd pressió i per tant, el cabal es redueix i es fa difícil mantenir un cabal constant.

Tot això recordant que aquests ajustos s'han de realitzar de manera manual.

Per això, s'ha decidit automatitzar aquestes entrades de reactius i s'optarà per simular que el control del cabal d'entrada es fa amb bombes governades amb variadors de freqüència. D'aquesta manera, es podrà mantenir un cabal constant i un control major d'ell.

Per tant, l'entrada de cada reactiu estarà formada (de manera simulada) per un cabalímetre, una bomba (conjunt bomba-motor), un variador de freqüència i per seguretat, es deixaria la vàlvula que ja està instal·lada tot i que no es realitzarà l'automatització d'aquesta ja que és manual.

- Sistema de control de temperatura amb pantalla HMI amb poques opcions i poc visual:

Les reaccions químiques que es realitzen són molt variades i per tant, poden durar temps diferents, és a dir, els cabals d'entrada de reactius no seran sempre iguals. A més a més, les reaccions tampoc es faran sempre a la mateixa temperatura. Per això, s'ha decidit afegir

l'opció de poder variar els cabals d'entrada necessaris i la temperatura a la qual es vol que es realitzi la reacció química. També s'utilitzarà la pantalla per alertar als operadors de possibles errors o avaries en la instal·lació i avisar si es superen els límits inferiors o superiors de la temperatura del reactor. A més a més, es podrà observar l'evolució temporal dels cabals i la temperatura del reactor i es pot controlar tots els actuadors de manera manual si es vol.

Totes aquestes opcions quedaran englobades en un sistema SCADA capaç de supervisar i controlar en tot moment la temperatura i els cabals d'entrada dels reactius. Seguidament, s'explica en més detall en què consisteix un sistema SCADA.

2.2.2 Sistema SCADA

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition o Control amb Supervisió i Adquisició de Dades) dona nom a qualsevol programari que permeti l'accés a dades remotes d'un procés i permeti el seu control, utilitzant les eines de comunicació necessàries en cada cas.

Per tant, es tracta d'un programari de control, monitorització i supervisió, que realitza la tasca d'interfase entre els nivells de control (PLC) i els de gestió a un nivell superior.

Objectius d'un sistema SCADA:

Com hem indicat els sistemes SCADA s'utilitzen com a eines de supervisió i comandament, però també destaquen altres objectius com ara:

- Estalvi econòmic: És més fàcil i econòmic veure què passa a la instal·lació des de l'oficina que haver d'enviar a un operari a realitzar la tasca. Certes revisions es convertiran en innecessàries.
- Major accessibilitat: Possibilitat de canviar paràmetres de funcionament de manera ràpida i senzilla.
- Manteniment eficaç: Gràcies a l'adquisició de dades dels processos, podem generar històrics per aproximar les dates de revisió i prevenir trencaments.
- Major Ergonomia: La relació entre home-màquina es fa molt més propera, evitant avorrir l'usuari.
- Gestió: La gestió de totes les dades pot ser valorada mitjançant eines estadístiques, gràfiques, etc., que permeten explotar el sistema amb el millor rendiment possible.
- Flexibilitat: Major flexibilitat ja que qualsevol canvi d'alguna característica de sistema de visualització no provoca modificacions físiques que requereixin nous cablejats.

El nostre sistema SCADA comptarà amb les següents prestacions per establir una comunicació més clara entre el procés i l'operador:

- Monitorització: Representació de dades en temps real als operadors de planta. Es llegeixen les dades dels autòmats com per exemple, el valor dels cabals d'entrada dels reactius, la temperatura del reactor, l'estat d'una vàlvula, etc.
- Supervisió: Permetrà la supervisió, comandament i adquisició de dades d'un procés i eines de gestió per a la presa de decisions. Mitjançant avisos i condicions que anul·laran o modificaran tasques del autòmat, s'evitarà que s'hagi de tindre una contínua supervisió humana.

- Visualització d'alarmes i esdeveniments: Reconeixement d'esdeveniments excepcionals esdevinguts a la planta i la seva immediata posada en coneixement dels operaris per efectuar les accions correctores pertinents.
- Comandament: Possibilitat que els operadors puguin canviar consignes o altres dades claus del procés directament des de l'ordinador (marxa, paro, modificació de paràmetres ...).

Arquitectura del nostre sistema SCADA:

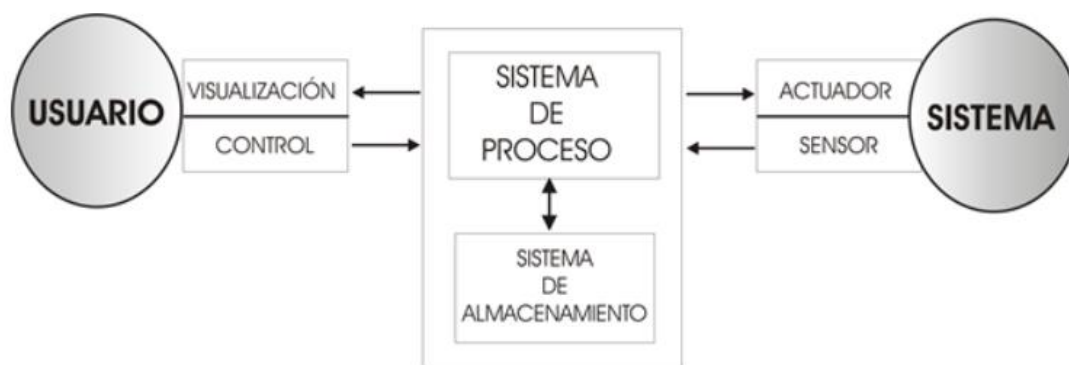


Figura 2. Arquitectura del Sistema Scada

El sistema de procés, que en aquest cas, es tracta d'un PLC, capta l'estat del sistema a través dels sensors i informa l'usuari mitjançant la pantalla d'ordinador SCADA. A continuació, el sistema de processos basant-se en les ordres executades per l'usuari, juntament amb els valors llegits dels sensors, inicia les accions pertinents per mantenir el control de sistema a través dels actuadors.

La comunicació del PLC amb la pantalla SCADA i els accionaments/variadors de freqüència es realitza a través del protocol de comunicació PROFINET. Pel que fa a la comunicació del PLC amb els sensors i la resta actuadors, es realitza a través de les entrades digitals i analògiques.

2.3 Descripció de la Maniobra

2.3.1 Funcionament del circuit escalfador i refrigerador

Tal com s'ha anat descrivint als apartats anteriors, el circuit escalfador i refrigerador està format per dos serpentins o camises que envolten el reactor. Aquests dos circuits s'utilitzen tant per fer entrar vapor com aigua, la part que no comparteixen són les canonades d'entrada i de sortida.

Per realitzar l'automatització es disposa en primer lloc, d'una electrovàlvula proporcional per a regular el cabal d'entrada d'aigua i una altra per regular el cabal d'entrada de vapor. Aquestes electrovàlvules es poden manipular de forma manual o automàtica segons les necessitats de l'operador. Quan funciona de manera automàtica, el seu control passa a ser manipulat per un PID el qual, depenen de la temperatura desitjada per realitzar la reacció i de l'entrada del sensor de temperatura Pt100 que hi ha incorporat al reactor, obté el percentatge d'obertura de l'electrovàlvula.

Pel que fa al mode manual, es pot activar abans de començar la reacció i des d'aquest moment, el control de temperatura passaria a ser responsabilitat de l'operador. També s'activa de forma automàtica el mode manual quan es pitja el polsador d'emergència per a poder realitzar totes les proves necessàries dels actuadors de manera manual.

Una altra cosa que s'ha comentat és que hi ha quatre electrovàlvules encarregades de desviar el vapor o l'aigua a cadascuna de les dues camises. Amb aquestes electrovàlvules no es regula el cabal ja que això ho fan les entrades, per tant, només tenen l'opció d'obrir-se i tancar-se (electrovàlvules tot o res).

Les desviacions inferiors, sempre que s'estigui en mode automàtic i sempre que faci falta, s'obriran soles, degut a què com ha mínim han d'estar aquestes obertes per a què pugui circular el vapor i l'aigua, ja que es imprescindible que el sistema es pugui en primer lloc, escalfar i posteriorment, refrigerar, durant la reacció. Les desviacions superiors, es podran activar i desactivar en qualsevol moment des de la pantalla SCADA.

El reactor ha de tenir l'opció de poder escalfar-se o refrigerar-se en tot moment, per tant, sempre a l'iniciar la purga, s'obriran les desviacions superiors tot i que no s'hagin escollit en un principi, d'aquesta manera, si a mitat reacció es decideix obrir-les, ja tindran la camisa preparada. Un cop acaba la purga, es tanca les desviacions superiors en el cas de que no s'hagin elegit en un principi. Per tant, des de la pantalla SCADA es pot manipular i visualitzar l'estat de les desviacions superiors i també es pot comprovar si les desviacions inferiors estan obertes però només es poden manipular en el cas d'estar en mode manual o en mode emergència.

Pel que fa a les sortides d'aigua i de vapor, tal com s'ha indicat no s'automatitzaran perquè sempre estan obertes. Les que si que es controlaran mitjançant el PLC són les sortides del reactor i de la purga. Aquestes electrovàlvules, només es poden obrir o tancar ja que no es necessari realitzar una regulació. Si s'està en mode automàtic, s'activaran depenent de si s'ha d'extreure l'aigua a través de la purga o de si es vol extreure el producte del reactor. En el cas d'estar en mode manual, es podran manipular tal com vulgui l'operador a través de la pantalla SCADA. Com en les altres electrovàlvules, es pot visualitzar en qualsevol moment l'estat d'aquestes electrovàlvules des de la pantalla SCADA.

Les seqüències que es seguiran quan estigui en mode automàtic són les següents:

- Purga del circuit refrigerador i escalfador: Procés que consisteix en introduir vapor en petites proporcions (en una obertura de la vàlvula del 20 %) dins de les dues camises per aconseguir que expulsi l'aigua residual que s'ha acumulat al haver realitzat altres reaccions. L'aigua residual s'expulsa per la sortida de la purga que és comú per a les dues camises. El motiu pel qual es realitza sempre la purga a les dues camises és pel fet de que la camisa superior es pot indicar que es vol utilitzar en qualsevol moment des de la pantalla SCADA i d'aquesta manera, ja es deixa preparada. El procés de purga duraria 5 minuts, però en aquest projecte, és de 20 segons per a poder realitzar la comprovació i verificació del sistema més ràpidament. Només cal realitzar la purga del circuit escalfador i refrigerador abans d'iniciar l'escalfament del reactor, no fa falta fer-ho quan s'ha de refrigerar.
- Escalfament del reactor: Aquesta seqüència consisteix en fer entrar vapor a com a mínim una camisa del reactor. S'ha de dur a terme sempre que s'inicia una reacció ja que és necessari escalfar l'aigua i el productes reactius puntuals que s'introdueixen abans de començar amb la reacció. Aquest procés només es pot duu a terme després de fer la purga del circuit refrigerador i escalfador i finalitzarà quan la temperatura estigui estabilitzada al valor desitjat.
- Refrigeració del reactor: Procés que té l'objectiu de refrigerar contínuament el reactor un cop s'ha iniciat la reacció exotèrmica per a poder mantenir la temperatura

desitjada. Consisteix en fer entrar aigua contínuament a les camises indicades i fer-la sortir per la sortida d'aigua.

A la pantalla SCADA es pot realitzar les següents funcions, entre altres, en el cas del funcionament del circuit escalfador i refrigerador:

- Abans de començar la reacció, s'indicarà la temperatura en què es desitja fer la reacció. Aquest valor es podrà modificar quan s'estigui a la finestra de "Procés de Reacció" o, en cas de activar el mode manual, també es pot indicar la temperatura desitjada per a què quan es surti d'aquest mode, es pugui realitzar la refrigeració del reactor de forma automàtica.
- Des de la pantalla del gràfic de temperatura, es pot visualitzar el valor de la temperatura desitjada, el que marca la Pt100, els valors límits de temperatura i l'obertura de l'electrovàlvula d'entrada de vapor i d'aigua.
- Manipulació manual de tots els actuadors en cas d'estar en mode manual o en mode emergència.
- Saltarà una finestra d'avís quan es superi el límit de temperatura màxim o mínim per indicar a l'usuari que s'ha aturat l'entrada de reactius i també salten avisos quan alguna vàlvula no funciona correctament.

2.3.2 Funcionament de les entrades de reactius

Es va decidir automatitzar les entrades de reactius per a poder aconseguir un control de temperatura més eficient i segur, ja que al ser una reacció exotèrmica, la temperatura que tindrà el reactor està directament relacionada amb el cabal d'entrada dels reactius. A més a més, com ja s'ha comentat anteriorment, la instal·lació actual depenia del nivell dels dipòsits i de la gravetat per aconseguir el cabal desitjat i per tant, és molt difícil mantenir un cabal constant.

Per a millorar la seguretat de la instal·lació, s'ha automatitzat de tal forma que al superar uns límits de temperatura màxims o mínims, el sistema aturi les entrades de reactius immediatament. Amb aquest sistema, es millora en la rapidesa d'actuació en cas de que es produeixi aquests fenòmens i s'evita que l'operador hagi d'estar contínuament atent a la temperatura del reactor.

Per tant, es poden definir dos estats o maneres diferents de governar les bombes que impulsen els reactius depenen de la temperatura del reactor, sempre i quan s'estigui en mode automàtic.

- Entrada de reactius en funcionament normal: Aquest seria el mode predeterminat per a governar els variadors de freqüència que alimenten les bombes de cada entrada de reactius. Consisteix en mantenir el valor de cabal que introdueix l'operador per a cada entrada. Per aconseguir-ho, es fa ús d'uns PIDs, en els quals la consigna és el valor del cabal desitjat, a l'entrada és connectarà un cabalímetre (en aquest cas, el seu valor es simularà) i mitjançant aquests valors, el PID podrà mantenir el cabal desitjat donant el valor més òptim al variador de freqüència. El motiu pel qual s'utilitza un control PID és perquè, com s'ha comentat, els dipòsits a mesura que perden altura, la bomba ha de fer més força per mantenir el cabal constant i, d'aquesta

manera, no s'haurà d'augmentar la seva potencia manualment tal com fan els operadors actualment. A més a més, no pots donar un valor de cabal concret a la bomba ja que només li pots donar el valor de la velocitat de gir.

- Entrades de reactius quan es sobrepassen els límits: Les entrades de reactius s'aturaran quan es sobrepassi algun límit de temperatura màxim o mínim permès. Aquest límit serà de 5°C per sota o per baix de la temperatura desitjada per realitzar la reacció.

Les entrades de reactius també s'aturen quan s'acaba la reacció. A més a més, es disposa d'un interruptor per parar la reacció en cas de necessitar-ho i del polsador d'emergència que també l'aturaria.

A la pantalla SCADA es pot realitzar les següents funcions en el cas de la maniobra de funcionament de l'entrada de reactius:

- Abans de començar la reacció, s'indicarà el cabals que es vol mantenir durant tota la reacció i els litres que tenen els dipòsits. Només es pot variar el valor d'aquests cabals si es reinicia la reacció.
- Hi ha un gràfic diferent per a cada entrada de reactiu. En cada cas, es pot visualitzar el valor del cabal desitjat, el que marca el cabalímetre, i el percentatge velocitat a la que gira la bomba.
- Manipulació manual de tots els actuadors en cas d'estar en mode manual o en mode emergència.
- Saltarà una finestra d'avís quan es superi el límit de temperatura màxim o mínim per indicar a l'usuari que s'ha aturat l'entrada de reactius i també salten avisos quan alguna vàlvula, bomba o variador no funciona correctament.

2.3.3. Descripció general de l'automatització del control de temperatura del reactor

En aquest apartat es descriurà el procés que es seguirà cada vegada que es vulgui iniciar una reacció.

- **Condicions inicials:**

Inicialment, a la pantalla SCADA s'han d'indicar les condicions inicials. En primer lloc, s'indicarà l'estat de funcionament (manual o automàtic), si es tria l'estat automàtic, s'haurà d'escriure a la pantalla SCADA els cabals d'entrada dels productes, els litres de reactius que tenen els dipòsits, la temperatura a la qual s'ha de realitzar la reacció i s'ha d'indicar si es vol utilitzar les desviacions de la camisa superior o no. El sistema calcula automàticament el temps que tardarà a completar-se la reacció mitjançant els cabals i litres dels dipòsits. Després, s'inicia els primers passos que s'han de dur a terme per començar la reacció i els quals no es tenen en compte en aquest treball. Consisteixen en fer entrar aigua dins del reactor i afegir uns tensioactius.

Un cop s'han acabat de fer aquest primers passos, mitjançant el polsador "Inici Purga/Escalfament", el sistema donarà inici al procés de purga i d'escalfament del reactor. Aquest polsador, no apareixerà a la pantalla fins que estigui omplerts tots els camps d'entrada descrits.

En el cas d'haver triat mode manual, el control passarà a ser exclusivament de l'operador per tant, el sistema no realitzarà res del que es descriu als punts següents. El control manual és pot realitzar des de la pantalla Inici o des de la pantalla Reactor.

- **Escalfament del reactor:**

Després d'obrir l'interruptor "Inici Purga/Escalfament", s'iniciarà automàticament la purga del circuit escalfador i refrigerador que consisteix en buidar l'aigua acumulada al serpentí superior i inferior del reactor fent entrar vapor en petites proporcions. A la finestra de "Preparació del reactor", apareix un temporitzador del temps restant de la purga que es de 5 minuts (20 segons en aquest projecte per anar més ràpid en la demostració del seu funcionament). Un cop s'acaba es tanca l'electrovàlvula de la purga i l'electrovàlvula d'entrada de vapor passa a ser controlada pel PID que té com a consigna la temperatura desitjada al reactor. Les desviacions superiors que no hagin sigut seleccionades a la finestra de condicions inicials també es tancaran. L'evolució de com augmenta la temperatura es pot observar des d'un indicador situat a la finestra "Preparació del reactor" o des del gràfic de temperatura.

S'ha afegit l'opció de poder aturar l'escalfament des de la pantalla SCADA, per si falta afegir algun tensioactiu més abans de començar la reacció, per si no ha donat temps a preparar els dipòsits que van connectats al reactor o per si simplement es vol continuar amb l'escalfament el reactor més tard.

El procés d'escalfament finalitza en el moment en què es pitja el polsador "Inici Reacció", el qual apareix quan la temperatura està estabilitzada al valor que es desitja. S'ha de polsar quan els dipòsits estiguin preparats.

- **Procés de reacció:**

Si es pitja el polsador "Inici Reacció", es prepara el circuit escalfador i refrigerador del reactor per a què comenci a entrar aigua ja que a partir del moment en què entrin productes, la temperatura començarà a augmentar. Com ja s'ha dit anteriorment, no es necessita fer la purga en el cas de voler començar a ficar aigua.

En aquest instant, ja es pot començar la reacció i per tant, mitjançant les bombes s'anirà afegint els materials que hi han a la premix, al catalitzador i al reductor progressivament. El valor del cabal de cada entrada de producte ja s'ha indicat manualment en un principi i es mantindrà sempre que no s'aturi l'entrada de reactius. Igual que en el cas del procés d'escalfament, es disposa d'un polsador per a poder aturar la reacció per si és necessari en alguna ocasió i també es pot aturar la refrigeració.

- **Control temperatura del reactor:**

- Temperatura del reactor entre el valor de la temperatura desitjada i qualsevol límit de temperatura:

La manera d'aconseguir que es mantingui la temperatura del reactor al valor de la temperatura desitjada, serà mitjançant un control PID de la electrovàlvula d'entrada d'aigua tal com s'ha indicat anteriorment. Pel que fa a les entrades dels reactius, el seu valor de sortida dependrà únicament del cabal desitjat i del cabalímetre, ja que la temperatura estarà en uns valors estables.

- Temperatura sobrepassa el valor de temperatura màxima permesa:

Si no n'hi ha prou amb l'entrada d'aigua, el sistema parerà automàticament l'entrada de productes de la premix, el catalitzador i el reductor per evitar que pugui augmentar més la temperatura i s'activarà una alarma per avisar als operadors. En el moment en que disminueixi la temperatura del reactor per sota d'aquest límit, continuarà la reacció funcionant tal com s'ha descrit al punt anterior, ja que la temperatura estarà per sota de la temperatura màxim permesa. Quan s'està per sobre del límit, es tindrà l'opció d'extreure el producte i poder començar una nova reacció o de reiniciar la reacció sense extreure el producte per a poder reajustar les condicions inicials.

- Temperatura per sota de la temperatura mínima permesa:

Si la temperatura del reactor disminueix per sota de la temperatura mínima permesa, hi ha risc de que no hi hagi prou temperatura per a que es faci la reacció i per tant, s'aturarà automàticament l'entrada de productes i s'activarà una alarma per a que el tècnic decideixi que fer. Igual que en el cas anterior, hi haurà l'opció d'extreure el producte i poder començar una nova reacció i també es tindrà la possibilitat de reiniciar la reacció sense extreure el producte per a poder reajustar les condicions inicials i tornar a escalfar el reactor fins a la temperatura desitjada.

Hi ha altres maneres de que s'aturin automàticament les entrades de reactius:

- Si s'ha produït algun error a les bombes/variadors o als PIDs de les entrades de reactius.
- Si els dipòsits de la Premix, catalitzador i reductor estan buits (es detecta quan els cabals es fiquen a 0). Per a poder simular que els cabals es fiquen a 0, s'ha d'activar manualment la variable "AturarCabalsER" de la funció fc_ControlSimuladors. Per tornar a activar els cabals s'ha de desactivar "AturarCabalsER" i activar "ActivarCabalsER".
- Si el compte enrere del temps de reacció s'acaba però en aquest cas, no s'atura les entrades de reactius per si encara no s'han buidat els dipòsits, però si que es mostra el polsador "Finalitzar Reacció" sempre i quan, la refrigeració estigui activada.

- **Fi de la reacció (F3):**

Un cop s'acaba la reacció (hi haurà un polsador per a què l'operador pugui indicar quan s'acaba) s'aturen totes bombes d'entrada de reactius. A la pantalla SCADA hi ha el polsador "Finalitzar Reacció" que obre una finestra on hi ha el polsador "Inici Extracció", que et donarà l'opció d'extreure el producte final (amb el polsador "Fi Extracció", s'atura aquesta extracció), i el polsador "Reiniciar Reacció" per si es vol reajustar els valors de les condicions inicials i continuar amb la reacció que s'estava realitzant. La pulsació de "Reiniciar Reacció" o de "Fi Extracció" fa que automàticament es tanquin totes les vàlvules i bombes que es tenen en compte a aquest projecte i es realitzin totes les accions necessàries per a deixar el programa preparat per a tornar a començar una nova reacció o per a reiniciar-la en el cas d'haver pitjat el polsador "Reinici Reacció".

Durant aquest procés, la refrigeració automàtica del reactor continuarà funcionant sempre per a evitar que la temperatura es pugui descontrolar. No estarà en marxa en cas de que no s'hagi escollit una temperatura desitjada.

Una altra anotació important és que quan s'està preparant el sistema per a començar una nova reacció o per a reiniciar la que s'estava duen a terme, només es parerà la refrigeració quan tots els altres actuadors estan correctament tancats per evitar mals majors en cas de que

no s'hagin aturat correctament els actuadors per algun problema mecànic o elèctric en alguna vàlvula o bomba.

La diferència amb el Fi Reacció (F3) és que s'activen les maniobres necessàries per a desactivar tots els actuadors menys els que s'utilitzen per a realitzar la maniobra de refrigeració la qual, s'activa al entrar a la subetapa A5FR. Aquesta diferència es deguda a que per arribar a les etapes A5 i A6 s'ha de vindre del mode manual o del mode emergència, i per evitar que es quedi algun actuator activat, es tanquen per si a cas. La refrigeració s'activa perquè en cas de vindre del mode manual, no estarà en marxa.

- **Fi de la reacció (A5/A6):**

Es tracta de la manera de preparar el sistema per a començar una nova reacció o reiniciar la que s'estava duent a terme quan es ve del Mode Manual o del Mode d'Emergència. Funciona gairebé igual que la fi de la reacció F3, la diferència és que s'activen les maniobres necessàries per a desactivar tots els actuadors menys els que s'utilitzen per a realitzar la maniobra de refrigeració ja que al vindre del mode manual o d'emergència, com que són modes en els quals es poden activar i desactivar els actuadors de forma manual, s'ha de comprovar que no s'hagi quedat cap actuator obert.

2.3.4 Modes de Funcionament

- **Mode Antic:**

En el cas de que falles tot el sistema SCADA, l'operador sempre té l'opció de manipular les vàlvules i les bombes de manera manual ja que la majoria de electrovàlvules estan formades per un bypass amb vàlvules manuals i les que no, igualment tenen l'opció de manipular-se manualment. A més a més, els variadors de freqüència tenen l'opció de funcionar manualment des de la seva pantalla que incorporen.

- **Mode Manual:**

El mode manual serà un mode de funcionament que es pot utilitzar quan no s'està realitzant cap reacció (per tasques de manteniment) o per realitzar tota la reacció manualment. En aquest últim cas, el control de temperatura i de les entrades dels reactius passaria a ser responsabilitat del operador. Aquest mode de funcionament permet que totes les electrovàlvules i bombes tinguin l'opció d'obrir-se o tancar-se en qualsevol moment i en el cas de que siguin regulables, de poder indicar el valor en el qual treballaran. Totes aquestes opcions apareixeran a la pantalla Inici i a la pantalla Reactor.

Aquest mode manual inclou seqüències de seguretat com per exemple que si la entrada d'aigua està oberta, no es podrà obrir l'entrada de vapor i viceversa. També té la opció de que si t'has deixat alguna vàlvula o bomba oberta, es tancarà automàticament al pitjar el pulsador que finalitza el Mode Manual. A més a més, tens l'opció d'elegir una temperatura desitjada del reactor per a què al sortir del mode manual, es pugui continuar amb la refrigeració del reactor de manera automàtica.

Els camps d'entrada en els quals es pot modificar l'estat dels actuadors tenen la característica de tindre el marge d'algun color i el color de fons blanc, a diferència dels camps de sortida el quals tenen el color de fons pintat.

- **Mode Automàtic:**

Mode en el qual tot funcionarà automàticament excepte al principi quan l'operador ha d'indicar les condicions inicials i en algunes parts de la seqüència en les quals l'operador ha de pitjar polsadors a la pantalla SCADA per indicar que es pot continuar en el procés, per indicar que ja s'ha acabat o per aturar-lo momentàniament.

- **Mode Emergència:**

Aquest mode de funcionament es pot activar des de qualsevol punt del programa. Tanca tots els actuadors i activa el mode automàtic de la refrigeració del reactor en cas de que s'hagi escollit una temperatura desitjada a la finestra "Condicions Inicials". A més a més, activa el "Mode Manual", d'aquesta manera, l'operador pot realitzar totes les comprovacions que vulgui. L'operador tindrà l'opció d'activar o desactivar el mode automàtic de la refrigeració del reactor.

Un cop es resolgui el problema, només s'ha de pitjar el polsador "Finalitzar Reacció", per a poder reiniciar la reacció o extreure el producte per a començar-ne una nova. Aquest mode també es pot usar per a reiniciar el programa ja que a partir d'aquí pots finalitzar la reacció i tornar-la a començar amb totes les variables, dades i actuadors amb els seus valors per defecte.

2.3.5 Opcions que té la pantalla SCADA amb WinCC RT Advanced

- **Pantalla Inici:**

Es tracta de la pantalla en la qual es pot supervisar i controlar l'estat general del procés de reacció. Està formada per polsadors que permeten anar a les diferents pantalles que disposa el programa i pels polsadors d'inici de la reacció i de finestra actual per a poder accedir a la finestra a la qual s'estava en el cas de haver sortit de la pantalla Inici. En aquesta pantalla, hi ha un gran espai en el qual apareixeran diferents finestres emergents a mesura que va transcórrer la reacció, d'aquesta manera, es pot controlar el procés de forma més fàcil i intuïtiva.

Cada finestra disposa de camps d'entrades i sortides per a que es pugui afegir dades necessàries per a passar al següent pas i per a visualitzar com evoluciona el procés.

En un inici, hi ha la finestra "Condicions Inicials" que està formada, en primer lloc, per polsadors per a indicar l'estat de funcionament que es vol tenir. Si es tria l'automàtic, apareixeran camps per indicar la temperatura del reactor, els cabals desitjats a les entrades de reactius, el litres de reactius que hi ha a cada dipòsit, polsadors per a activar o desactivar les desviacions superiors que es necessitin i un indicador del temps que durarà la reacció segons els cabals i litres als dipòsits indicats. Un cop estan tots els camps omplerts, apareixerà el polsador d'inici de la purga/escalfament.

El polsador d'inici de la purga/escalfament farà tancar la finestra "Condicions Inicials" i farà aparèixer la finestra "Preparació del reactor". Aquesta finestra està formada per un camp de sortida indicant l'estat de la purga, i un altre indicant l'evolució de la maniobra d'escalfament del reactor juntament amb un interruptor per poder posar aquesta maniobra en estat de repòs i posteriorment, tornar a activar-ho si es vol. També hi ha un indicador que et mostra el temps que li queda per finalitzar la purga i un altre mostrant la temperatura actual del reactor. Un cop acabi el procés d'escalfament del reactor apareixerà el polsador per donar inici a la reacció.

El pulsador d'inici de la reacció fa tancar la finestra "Preparació del reactor" i fa aparèixer la finestra "Procés de reacció" que està formada per camps de sortida amb els valors dels cabals de les entrades de reactius i de la Pt100 del reactor, i dos camps de sortida indicant l'estat de la reacció i de la refrigeració. Hi ha un interruptor per a poder aturar i reprendre la reacció i un altre per a la refrigeració. També hi ha el pulsador "Finalitzar Reacció" que et permet acabar la reacció i que apareix només en casos concrets explicats anteriorment. També hi ha un camp d'entrada que et permet modificar la temperatura desitjada al reactor i un indicador del temps restant que li queda per finalitzar la reacció.

L'última finestra s'obrirà al pitjar el pulsador "Finalitzar Reacció". Es tracta de la finestra "Fi Reacció" la qual mitjançant tres pulsadors, et permet, o no, extreure el producte final, i finalment, preparar el sistema per a que es pugui realitzar una nova reacció o tornar a configurar les condicions inicials per a reiniciar la reacció que s'estigui fent. En aquesta finestra es disposa de indicadors de l'estat de la reacció, refrigeració, dels cabals dels reactius i de la temperatura del reactor.

A més a més, hi ha dues finestres emergents més que corresponen al mode manual i a la de emergència. La finestra mode manual, es pot accedir des de la finestra "Condicions Inicials" i et permet manipular tots els actuadors que es tenen en compte en aquest treball. Pel que fa a la finestra d'emergència, s'activa sempre que es pitgi el pulsador d'emergència i està format per indicadors que mostren si hi ha errors o no a algun dels actuadors, a més a més, també es pot visualitzar l'estat de l'escalfament, la reacció i la refrigeració per a poder estar al cas de quin procés s'està duent a terme i indicadors per a saber si la temperatura sobrepassa algun límit de temperatura.

- **Pantalla Reactor:**

Aquesta pantalla serveix per a tindre un control més precís del reactor i de totes les bombes i vàlvules que s'hagin tingut en compte en aquest treball. Disposa de tres pulsadors per a poder accedir a les altres tres pantalles. Per aprofitar millor l'espai i obtenir una interfase més clara, la majoria de la informació de l'estat dels actuadors i el control d'aquests, es fa a través de les finestres emergents.

Pel que fa a les bombes de les entrades de reactius des d'aquesta pantalla, es pot observar el cabal actual de cada entrada, el percentatge de velocitat a la que gira i el canvi de color a verd quan estan en funcionament. Si es pitja a sobre de la bomba apareix una finestra emergent on s'indica el percentatge de velocitat de gir de la bomba, el cabal actual i, en el cas d'estar en mode manual, aquesta velocitat de gir es pot variar. A més a més, es podrà comprovar si es detecta algun error a la bomba o al PID i acusar-los quan estigui solucionat.

En el cas de les vàlvules del circuit escalfador i refrigerador, des d'aquesta pantalla, es pot visualitzar si estan obertes o tancades mitjançant el color que tinguin (verd si estan obertes o color predeterminat si estan tancades). En el cas de les vàlvules proporcionals, a més a més, hi ha un indicador del percentatge d'obertura.

Al pitjar qualsevol de les vàlvules tot o res, apareixerà la seva corresponent finestra emergent des d'on es pot visualitzar el seu estat, es pot comprovar si hi ha errors d'obertura o de tancament i, en el cas d'estar en mode manual, es podrà modificar el seu estat. Pel que fa a les desviacions superiors, el seu estat també es pot manipular quan s'està en mode automàtic.

Si es polsa alguna de les vàlvules proporcionals, es pot visualitzar el seu estat, la temperatura del reactor i si té algun error o no. Si s'està en mode manual, tindrà l'opció de modificar el seu percentatge d'obertura.

- **Pantalla de les entrades de reactius:**

Aquesta pantalla permet supervisar l'estat de cadascuna de les bombes. Es pot accedir a aquesta pantalla des de qualsevol de les altres. Està formada per un tres gràfics, un per a cada entrada de reactius. En aquest gràfics es mostra per a cada cas, l'evolució temporal del valor del cabalímetre, juntament amb la consigna de cabal i el percentatge de velocitat a la que gira la bomba respecte el seu màxim.

- **Pantalla del circuit escalfador i refrigerador:**

Aquesta pantalla permet supervisar l'estat de les vàlvules proporcionals d'entrada d'aigua i vapor del circuit escalfador i refrigerador. Es pot accedir a aquesta pantalla des de les pantalles d'Inici, Reactor i Entrades de Reactius. Està formada per un gràfic on es mostra l'evolució temporal de la Pt100, juntament amb la temperatura desitjada, els límits de temperatura, i amb el percentatge d'obertura de les vàlvules d'entrada d'aigua i vapor.

- **Pantalla avisos (Alarmes):**

La pantalla d'avisos està formada per la finestra d'avisos i l'indicador d'avisos i tenen l'objectiu de informar d'algun error, perill o avís al operador.

Apareixeran en el cas que hi hagi problemes en alguna vàlvula o bomba, o avisos o perills en l'evolució de la reacció.

La finestra d'avisos apareix quan hi ha algun dels errors, avisos o problemes tals com problemes en alguna vàlvula o bomba, o avisos o perills en l'evolució de la reacció. L'indicador d'avisos es tracta d'una icona que porta la compta d'avisos, errors o problemes no resoltos. Les finestres d'avisos estan formades pel missatge d'avís, amb data i hora del moment que ha saltat, l'estat de la incidència i un botó per tancar la finestra, el qual no soluciona el problema ni l'acusa, només amaga la finestra. També es disposa d'un polsador, accessible des de qualsevol pantalla, que et permet obrir la finestra d'avisos.

2.3.6 Descripció detallada de l'automatització

En aquest apartat, s'explicarà l'estil de programació, i les característiques de totes les maniobres necessàries per a controlar la temperatura del reactor. Pel que fa a l'estil, es mostrarà els possibles estats de funcionament que té aquest programa seguint els possibles estats que poden haver en qualsevol automatització industrial segons la guia GEMMA. També s'ensenyaran les possibles transicions entre els diferents estats, d'aquesta manera aconseguim una programació més ordenada.

Posteriorment, s'explicarà en detall cadascuna de les maniobres que s'executaran segons l'estat de funcionament en el que s'estigui.

Per tant, la programació es realitzarà en estats i cadascun d'ell formarà una etapa del GRAFCET que seguidament es mostrarà. Se n'ha realitzat un per a que es pugui veure de forma visual tots els possibles estats de funcionament d'aquest sistema, les possibles transicions entre ells i les accions que realitzen, tot i que el llenguatge de programació

utilitzat al Tia Portal és el de diagrama de contactes. S'ha de comentar que aquest GRAFCET només inclou les etapes principals.

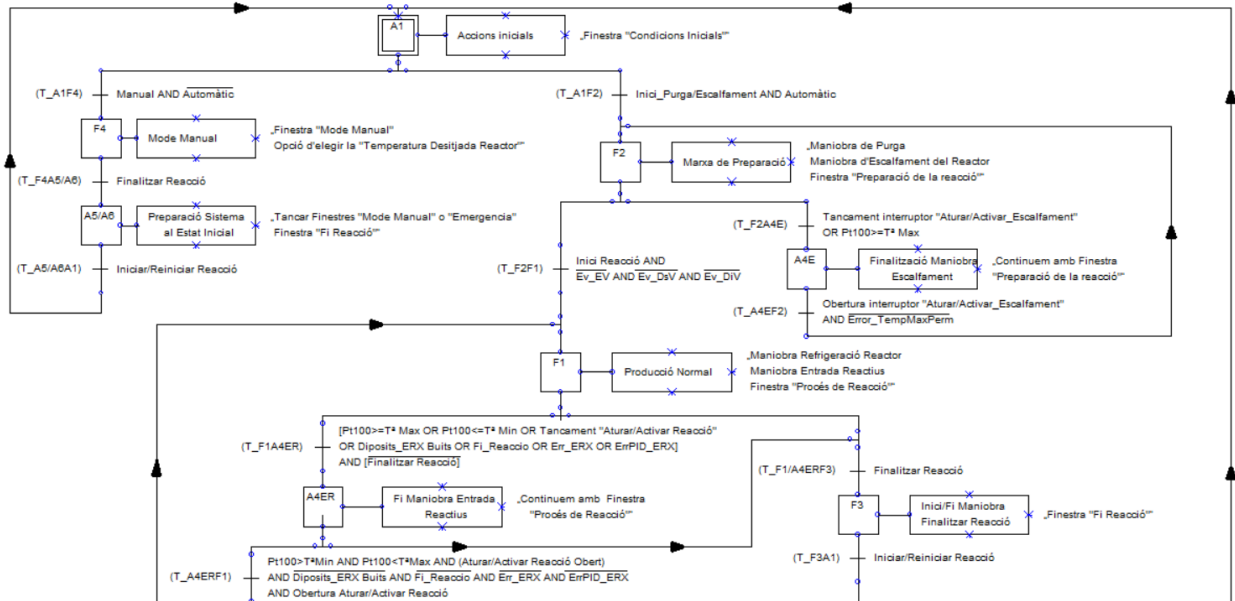


Figura 3. GRAFCET de les etapes inicials

El següent GRAFCET estaria format per l'estat d'emergència, el qual no s'ha afegit al GRAFCET anterior per falta d'espai, però és un estat en el qual es pot accedir des de qualsevol etapa. L'etapa que segueix a la d'emergència (la A5/A6) és la que prepara el sistema per a iniciar una nova reacció o reiniciar la reacció que s'estava duent a terme.

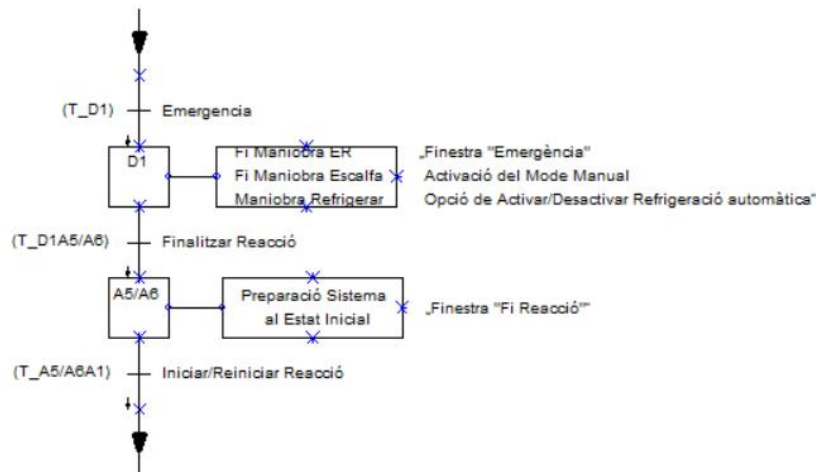


Figura 4. GRAFCET de l'estat d'emergència

A continuació, s'explicarà en detall cadascuna d'aquestes etapes i les subetapes que els formen. Les accions a realitzar poden ser maniobres relacionades amb el control de vàlvules i bombes connectades al reactor o poden ser aparicions de finestres o pulsadors a la pantalla SCADA, entre altres accions.

- **Etapa Parada Inicial: A1 de la guia GEMMA: Parada a l'estat inicial**

Primera etapa del GRAFCET que defineix el funcionament del sistema. Correspon a la parada a l'estat inicial (A1).

A aquesta etapa s'accedeix si es pitja el polsador "Iniciar/Reiniciar Reacció".

A la pantalla SCADA, dins de la pantalla Inici, s'obre la finestra "Condicions Inicials", en la qual en un primer moment hi ha dos polsadors per indicar el mode de funcionament (manual o automàtic).

Si s'ha triat manual, es passa a l'etapa "Mode Manual" per tant, es una manera de sortir d'aquesta etapa.

Si es tria automàtic, es apareix uns camps d'entrada a la finestra "Condicions Inicials" per indicar el cabal d'entrada dels productes, els litres de reactius que hi ha als dipòsits de Premix, catalitzador i reductor, la temperatura desitjada al reactor i opció d'obrir les desviacions superiors. També apareix un indicador del temps que durarà la reacció depèn dels cabals i litres als dipòsits indicats.

Si s'ha omplert tots aquests camps d'entrada, apareix l'interruptor "Inici Purga/Escalfament".

La manera de sortir d'aquesta etapa es pitjant el polsador "Inici Purga/Escalfament".

- **Etapa Marxa de Preparació: (F2 de la guia GEMMA: Marxa de preparació**

Aquesta etapa està dividida en 4 subetapes les quals realitzaran la preparació del reactor per a que la reacció (Producció Normal (F1)) es realitzi en les condicions necessàries. Les primeres dues etapes corresponen a la inicialització i a la finalització de la purga del circuit escalfador i refrigerador. Les dues etapes restants corresponen al inici i fi de l'escalfament del reactor.

Aquest és el que GRAFCET inclou totes les subetapes de l'etapa Marxa de Preparació (F2) juntament amb la parada de l'escalfament del reactor (A4E):

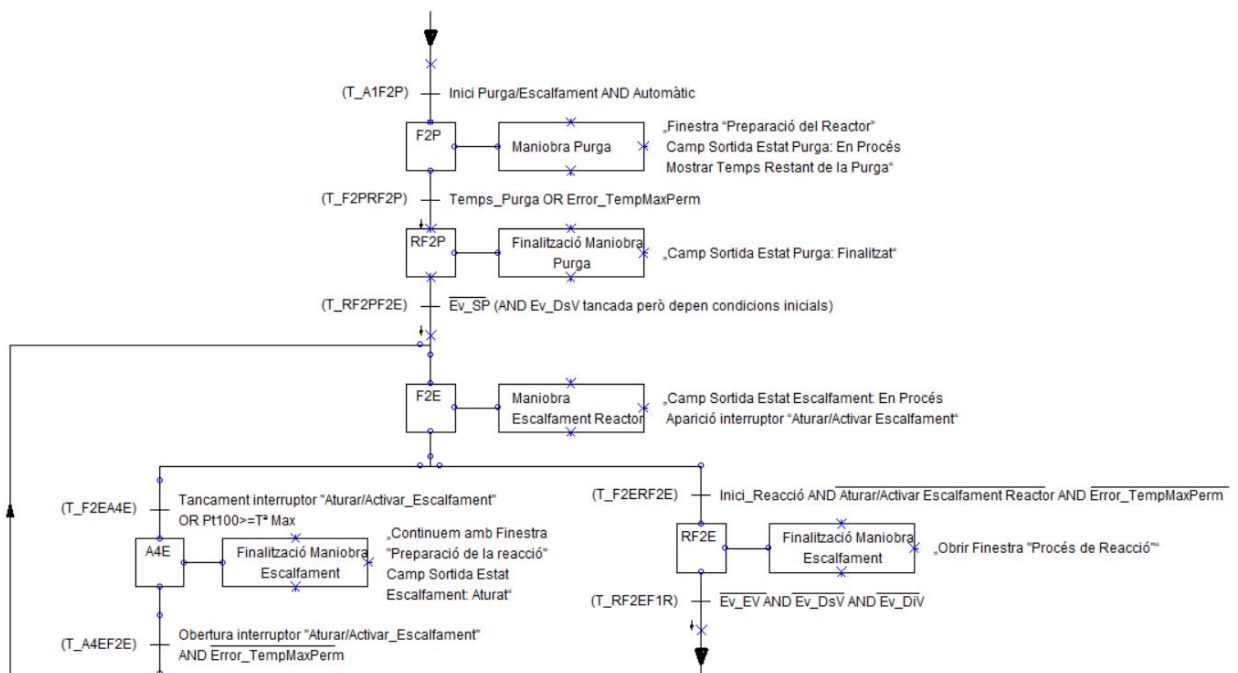


Figura 5. GRAFCET de l'etapa Marxa de Preparació i parada de l'escalfament del reactor

Seguidament es descriuen les accions que realitzen cadascuna d'aquestes subetapes i les condicions de cada transició.

- Subetapa Inici Purga (F2P):

Aquesta subetapa s'inicia un cop es polsa el polsador "Inici Purga/Escalfament" i sempre i quan estiguem en Mode Automàtic. Les accions que realitza són tancar la finestra "Condicions Inicials" i obrir la finestra "Preparació del reactor" on hi ha un camp de sortida indicant l'estat de la purga i un altre indicant el temps que li queda per a finalitzar-la. També es dóna inici a la maniobra de la purga del circuit escalfador i refrigerador que durarà un temps per defecte (explicada en detall més endavant).

La subetapa finalitza en el moment en el qual ha transcorregut el temps per defecte o en el cas de superar el límit de temperatura màxim permès.

- Subetapa Finalització Purga (RF2P):

Aquesta subetapa s'inicia en el moment en el qual ha transcorregut el temps per defecte (Temps Purga igual a 1). S'encarrega de dur a terme la finalització de la maniobra de purga del circuit escalfador i refrigerador la qual s'explica més endavant. Aquesta subetapa finalitza en el moment en què la vàlvula de la purga es tanca.

- Subetapa Inici Escalfament (F2E):

Aquesta subetapa s'inicia en el moment en què la vàlvula de la purga es tanca o en el moment en que s'obre l'interruptor "Aturar/Activar Escalfament" en el cas de que ja s'hagués començat el procés d'escalfar el reactor abans. Les accions que realitza són iniciar la maniobra d'escalfament del reactor (explicada en detall més endavant) i fer aparèixer a la finestra "Preparació de la reacció" un camp de sortida indicant l'estat d'aquesta maniobra en tot moment juntament amb un indicador dels graus centígrads que marca el sensor temperatura del reactor. A més a més, es mostra l'interruptor "Aturar/Activar Escalfament".

Aquesta subetapa acaba en el moment en el qual s'estabilitza la temperatura del reactor al valor de la temperatura desitjada (Fi Escalfament a 1) i es pitja el polsador "Inici Reacció" o quan es tanca l'interruptor "Aturar/Activar Escalfament".

- Subetapa Finalització Escalfament (RF2E):

Aquesta subetapa s'inicia en el moment en el qual es pitja el polsador "Inici Reacció", el qual apareix quan la temperatura s'ha estabilitzat i no està tancat l'interruptor "Aturar/Activar Escalfament". S'encarrega de realitzar la finalització de la maniobra d'escalfament del reactor la qual s'explica més endavant. La subetapa finalitza en el moment en què la vàlvula d'entrada de vapor i les desviacions inferior i superior estan tancades.

- **Etapa Parada en l'Escalfament del Reactor (A4E): A4 de la guia GEMMA:
Parada obtinguda**

Aquesta etapa es tracta d'una parada en un estat determinat, en aquest cas es un parada en el moment en què s'està realitzant l'escalfament del reactor. Es necessària una parada així per si hi ha el cas en el qual els operadors s'han oblidat d'afegir algun tensioactiu o si s'ha d'afegir més aigua o en el cas de voler aturar-ho per a continuar posteriorment. El tancament de l'interruptor "Aturar/Activar Escalfament" és el què dóna inici a aquesta etapa. L'acció que es produirà és la finalització de la maniobra d'escalfament del reactor (explicada més endavant). L'etapa finalitza en el moment en què s'obri l'interruptor "Aturar/Activar Escalfament".

- **Etapa Procés de Reacció: F1 de la guia GEMMA: Producció normal:**

Aquesta etapa és l'encarregada de realitzar la producció normal del sistema quan està en mode Automàtic. Està formada per dues subetapes: La subetapa de Refrigeració (F1R) i la subetapa d'entrada de reactius (F1ER) les quals tal com indica el seu nom, s'encarreguen de la refrigeració del reactor i de l'entrada de reactius dins d'ell, respectivament.

Aquest és el GRAFCET que inclou totes les subetapes de l'etapa Procés de Reacció (F1) juntament amb la parada de les entrades de reactius (A4E) i la de finalització de la reacció (F3):

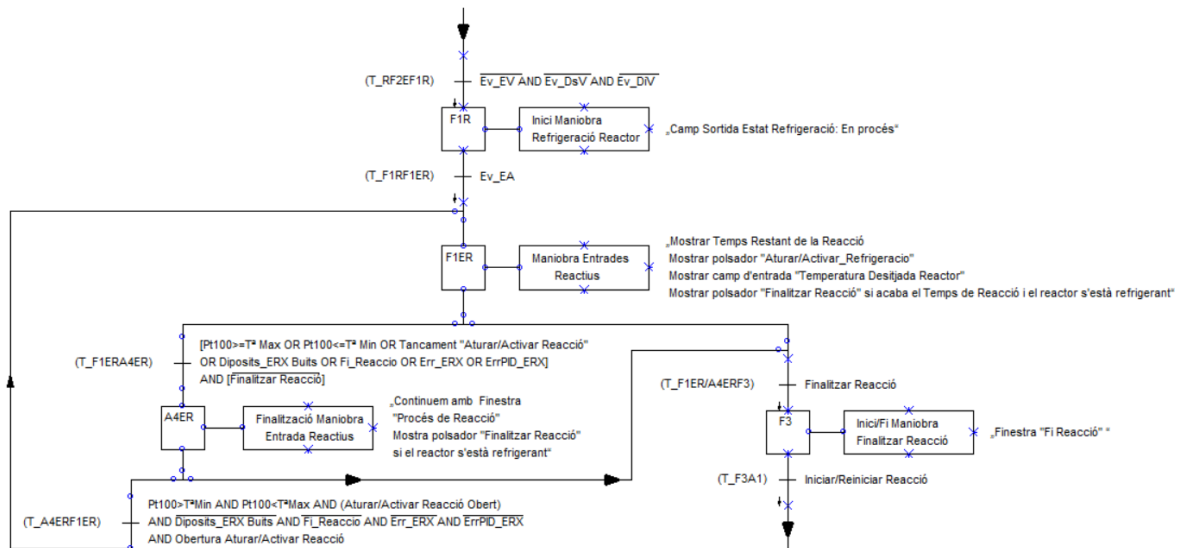


Figura 6. GRAFCET del Procés de Reacció amb la parada de les entrades de reactius i la finalització de la reacció

Seguidament es descriuen les accions que realitzen cadascuna d'aquestes subetapes i les condicions de cada transició.

- **Subetapa de Refrigeració del Reactor (F1R):**

Aquesta subetapa s'inicia en el moment en què la vàlvula d'entrada de vapor i les desviacions inferior i superior estan tancades. Les accions que realitza són iniciar la maniobra de refrigeració del reactor explicada més endavant, tancar la finestra "Preparació del reactor" i obrir la finestra "Procés de reacció" juntament amb un camp de sortida indicant el seu estat i uns indicadors que mostren la temperatura del reactor i el cabal de les tres entrades de reactius. La subetapa acaba quan la vàlvula d'entrada d'aigua està oberta i així es mantindran durant tota la reacció, sempre i quan no es tanqui l'interruptor "Aturar/Activar Refrigeració".

- **Subetapa d'Entrada de Reactius (F1ER):**

Aquesta subetapa s'activa quan la vàlvula d'entrada d'aigua està oberta i en aquest moment, apareix a la finestra "Procés de reacció", els interruptors "Aturar/Activar Reacció" i el "Aturar/Activar Refrigeració" juntament amb un indicador del temps restant que li queda a la reacció.

Les accions que realitza són iniciar la maniobra de les entrades de reactius explicada més endavant. En el cas de que es tanqui l'interruptor "Aturar/Activar Reacció", es passarà a les següents etapes. També es pot acabar aquesta etapa en el cas de que la temperatura del reactor sigui superior a la temperatura màxima permesa o inferior a la temperatura mínima permesa, si s'ha produït algun error a les bombes/variadors o als PIDs de les entrades de

reactius, si els dipòsits de la Premix, catalitzador i reductor estan buits o si el compte enrere del temps de reacció s'acaba. Si no es pitja ningun d'aquests pulsadors o no es sobrepassa els límits permesos de temperatura, es continuarà executant aquesta subetapa.

Nota: El límit de temperatura màxima permesa és de 5°C per sobre de la temperatura desitjada al reactor i el límit de temperatura mínima permesa és de 5°C per sota de la temperatura desitjada al reactor.

- **Etapa Parada de les entrades de reactius (A4ER): A4 de la guia GEMMA: Parada obtinguda**

Aquesta etapa es tracta d'una parada durant el procés de reacció. Només es pot iniciar una vegada s'ha inicialitzat la subetapa d'entrada de reactius. Les condicions per a poder accedir a aquesta etapa són obrir l'interruptor "Aturar/Activar Reacció" o que la temperatura del reactor sigui superior a la temperatura màxima permesa o inferior a la temperatura mínima permesa, si s'ha produït algun error a les bombes/variadors o als PIDs de les entrades de reactius, si els dipòsits de la Premix, catalitzador i reductor estan buits o si el compte enrere del temps de reacció s'acaba.

L'acció que realitza aquesta etapa és iniciar la finalització de la maniobra de les entrades de reactius per a deixar el sistema en estat de repòs.

L'etapa s'acaba en el moment en el qual es tanca l'interruptor "Aturar/Activar Reacció" o quan es pitja el pulsador "Finalitzar Reacció". També es pot acabar si els errors de les vàlvules o bombes es solucionen o si la temperatura del reactor deixa de sobrepassar els límits de temperatura màxima i mínima permesa sempre i quan, l'interruptor "Aturar/Activar Reacció" estigui obert, d'aquesta manera, si hem aturat la reacció amb l'interruptor "Aturar/Activar Reacció", per molt que estiguem dins dels límits de temperatura permesos, no es sortirà d'aquesta etapa de parada.

- **Etapa Finalització Reacció: F3 de la guia GEMMA: Marxa de tancament**

Aquesta etapa té la funció de finalitzar el procés de reacció (F1) i esta formada per tres subetapes tal com es mostra a aquest GRAFCET:

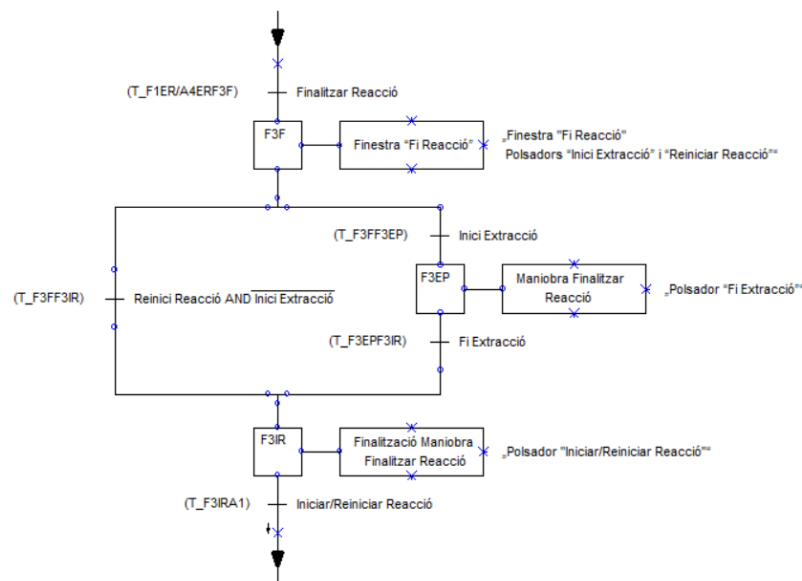


Figura 7. GRAFCET de la finalització del procés de reacció

Explicació de les 3 subetapes:

- Subetapa Finalitzar Reacció (F3F):

La manera d'activar aquesta subetapa es pitjant el polsador "Finalitzar Reacció". L'acció que realitza és tancar la finestra "Procés de reacció" i fer aparèixer la finestra "Fi Reacció" en la qual hi ha els polsadors "Inici Extracció" i "Reiniciar Reacció". La pulsació dels polsadors "Inici Extracció" o "Reiniciar Reacció" farà que s'acabi aquesta subetapa.

- Subetapa Extreure Producte (F3EP):

S'activa quan es pitja "Inici Extracció". L'acció que realitza es fer aparèixer el polsador "Fi Extracció" i iniciar la maniobra finalitzar reacció explicada més endavant. S'acaba en el moment en el qual es polsa "Fi Extracció".

- Subetapa Iniciar/Reiniciar Reacció (F3IR):

Aquesta etapa comença en el moment en què es polsen els polsadors "Fi Extracció" (si s'estava a la subetapa F3EP) o "Reiniciar Reacció". L'acció que realitza és iniciar a la finalització de la maniobra finalitzar reacció que s'explica després. En el moment en què finalitza aquesta maniobra, es tanca la finestra "Fi Reacció" i apareixerà el polsador "Iniciar/Reiniciar Reacció" el qual al pitjar-lo, s'acabarà aquesta subetapa i donarà inici a l'etapa Parada Inicial.

- **Etapa Parada d'Emergència: D1 de la guia GEMMA.**

Aquesta etapa és la de l'emergència, la qual es imprescindible afegir-la a tots els sistemes industrials. Conté totes aquelles accions necessàries per portar el sistema a una situació de parada segura. S'ha de poder accedir a l'estat d'emergència des de qualsevol altra etapa o subetapa que formi part del sistema simplement pitjant el polsador "Emergència" que està situat a totes les pantalles disponibles. L'objectiu d'aquesta etapa és tancar totes les vàlvules i bombes excepte les que s'utilitzen per refrigerar el reactor que es deixaran obertes per seguretat. Per tant, les accions que es fan són iniciar la finalització de la maniobra d'entrada de reactius, de la maniobra d'escalfament del reactor i de la purga i s'iniciarà la maniobra de refrigeració del reactor perquè així, es realitzarà el control de la temperatura de forma automàtica.

A més a més, per tal de que els operadors puguin realitzar comprovacions, proves i manteniments, s'activa el Mode Manual de totes les vàlvules i bombes, excepte de la vàlvula proporcional d'entrada d'aigua la qual només funcionarà manualment si es pitja l'interruptor "Activar/Desactivar_Mode_ManualEvEA" situat a la seva finestra emergent de la pantalla Reactor. Si després es vol tornar a activar el mode automàtic de la refrigeració del reactor, només cal tornar a pitjar l'interruptor.

També es farà desaparèixer la finestra que estigués oberta a la pantalla Inici i apareixerà la finestra "Emergència". Dins d'aquesta finestra hi ha el polsador "Finalitzar Reacció" que si es polsa, s'acabarà aquesta etapa i es passarà a l'etapa "Preparació del Sistema a l'Estat Inicial". També hi ha indicadors d'errors de les vàlvules i les bombes per poder veure on s'ha produït l'avaria i indicadors de si es sobrepassen els límits de temperatura i mostradors de quines maniobres estan activades.

- **Etapa Preparació del Sistema a l'Estat Inicial: A5/A6 de la guia GEMMA**

Aquesta etapa englobaria els estats de funcionament A5 i A6 de la guia GEMMA ja que té la opció de realitzar l'extracció del producte del reactor i té la funció de preparar el sistema per a deixar-ho òptim per a poder tornar a començar una nova reacció o continuar la reacció començada. Es tracta d'una etapa molt semblant a la F3 la diferència és que s'activen les maniobres necessàries per a desactivar tots els actuadors menys els que s'utilitzen per a realitzar la maniobra de refrigeració ja que al vindre del mode manual o d'emergència, com que són modes en els quals es poden activar i desactivar els actuadors de forma manual, s'ha de comprovar que no s'hagi quedat cap actuator obert.

Aquesta etapa està formada per dues subetapes que formarien part de l'estat A5 i una altra que seria l'estat A6 tal com es mostra al següent GRAFCET:

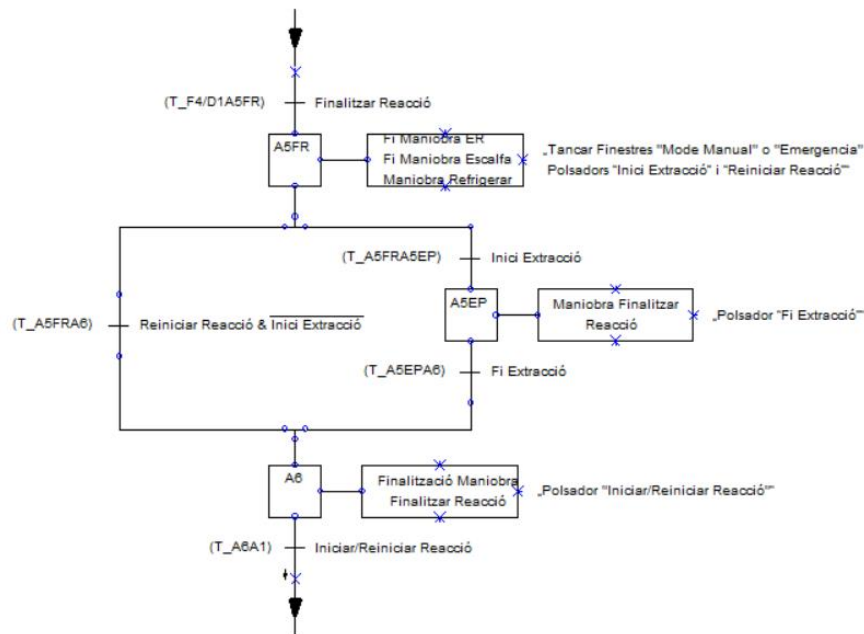


Figura 8. GRAFCET de la preparació de l'estat inicial

- **Subetapa Preparació de la Finestra Fi Reacció (A5FR):**

A aquesta etapa s'accedirà després d'haver estat a l'etapa d'emergència o després d'haver estat en mode manual. S'activa un cop es pitja el polsador "Finalitzar Reacció". L'acció que realitza és tancar la finestra "Emergència" o la de "Mode Manual" i fer aparèixer la finestra "Fi Reacció" en la qual hi ha els polsadors "Inici Extracció" i "Reiniciar Reacció".

També té la funció d'iniciar la finalització de la maniobra d'entrada de reactius, de la maniobra d'escalfament del reactor i de la purga per a què en el cas d'haver quedat alguna vàlvula o bomba activada quan s'estava al Mode Manual o al d'Emergència, es tanqui de forma automàtica. A més a més, per tal de tindre un control segur de la temperatura, s'iniciarà la maniobra de refrigeració del reactor ja que a diferència de la etapa F3, aquesta maniobra vindrà d'estar desactivada menys en el cas d'haver estat en Mode d'Emergència i haver tingut funcionant la refrigeració en mode automàtic.

La pulsació dels polsadors "Inici Extracció" o "Reiniciar Reacció" farà que s'acabi aquesta subetapa.

- Subetapa Extreure Producte (A5EP):

S'activa quan es pitja "Inici Extracció". L'acció que realitza és iniciar la maniobra finalitzar reacció explicada més endavant. S'acaba en el moment en el qual es polsa "Fi Extracció".

- Subetapa Posada del Sistema en el Estat Inicial (A6):

Aquesta etapa comença en el moment en que es polsen els polsadors "Fi Extracció" o "Reiniciar Reacció". L'acció que realitza és iniciar a la finalització de la maniobra finalitzar reacció que s'explica després. En el moment que finalitza aquesta maniobra, apareixerà el polsador "Iniciar/Reiniciar Reacció" el qual farà que s'acabi aquesta subetapa i donarà inici a l'etapa Parada Inicial.

- **Etapa Mode Manual: F4 de la guia GEMMA. Marxes de verificació sense ordre**

Aquesta etapa es pot activar sempre i quan la reacció estigui per a començar, és a dir, només en el cas d'estar en l'etapa "Parada Inicial". S'activa en el moment en el qual es pitja el polsador "Manual" que hi ha a la finestra "Condicions Inicials" dins de la pantalla Inici. Les accions que realitza són obrir la finestra "Mode Manual" on hi ha polsadors i camps d'entrada per a poder manipular tots els actuadors disponibles. També realitza l'acció d'iniciar la maniobra mode manual explicada més endavant, i que té com objectiu posar en mode manual totes les vàlvules i bombes que es tenen en compte en aquest projecte.

Si es pitja el polsador "Finalitzar Reacció", s'acabarà aquesta etapa i es passarà a l'etapa "Preparació del Sistema a l'Estat Inicial".

Maniobres específiques:

Aquestes maniobres només indiquen, mitjançant variables, quines electrovàlvules o bombes s'han d'obrir i en quina intensitat ho faran ja que les sortides físiques s'executen a un altre bloc.

- **Maniobra de purga del circuit escalfador i refrigerador:**

Aquesta maniobra té la funció d'indicar que s'ha d'obrir la electrovàlvula de sortida de la purga, les desviacions inferiors i superiors de vapor (tot i no haver seleccionat la desviació superior en les condicions inicials, igualment es deixarà preparada la camisa superior per si es decideix obrir-la més endavant) i l'electrovàlvula d'entrada del vapor a un 20 % de la seva capacitat, a la vegada que s'inicia un temporitzador de 5 minuts (en aquest treball s'ha ficat de 20 segons per a poder realitzar la comprovació i verificació del sistema més ràpidament). La variable que indica que el temps ja s'ha acabat es diu "Temps Purga". A més a més, es realitza la resta del temps total que dura la purga amb el temps que ha transcorregut per a poder obtenir el temps restant i poder mostrar-ho a la finestra de "Preparació de la reacció".

- **Finalització de la maniobra de purga del circuit escalfador i refrigerador:**

Aquesta maniobra consisteix en indicar que s'ha de tancar la sortida de la purga i la desviació superior en cas de no haver sigut seleccionada en un inici a les condicions inicials i ficar a zero la variable que conta el temps del temporitzador. També s'encarrega de ficar la variable "Temps Purga" a 0.

- **Maniobra d'escalfament del reactor:**

És una maniobra que s'executarà de forma cíclica perquè conté un PID anomenat PID d'escalfament. En el moment en que s'activa, des del Main, es posa en mode automàtic el PID d'escalfament que controla l'obertura de l'electrovàlvula d'entrada de vapor. Per fer realitzar aquest control, té d'entrada el sensor Pt100 del reactor i de consigna la temperatura desitjada del reactor.

Cada vegada que vagi executant aquesta maniobra, el PID anirà realitzant els ajustos necessaris a l'obertura d'entrada de vapor i comprovarà si el valor del Pt100 s'igualava en el valor de temperatura desitjat. En el moment en el qual els valors són iguals per primera vegada, s'inicia un temporitzador de 10 segons per a donar temps a que s'estabilitzi correctament.

Un cop finalitza aquests 10 segons, es ficarà la variable "Fi Escalfament" a 1 per indicar que s'ha acabat el procés d'escalfament.

- **Finalització maniobra d'escalfament del reactor:**

Aquesta maniobra consisteix en posar en estat inactiu el PID d'escalfament i en tancar l'electrovàlvula d'entrada de vapor i les desviacions superior i inferior.

- **Maniobra de refrigeració del reactor:**

Aquesta maniobra és cíclica perquè inclou el PID de refrigeració que controla l'obertura de l'electrovàlvula d'entrada d'aigua. En el moment en que s'inicia la maniobra, des del Main, s'activa el PID de refrigeració el qual té d'entrada el sensor Pt100 del reactor i de consigna la temperatura desitjada al reactor. Cada vegada que vagi executant aquesta maniobra, el PID anirà ajustant el valor d'obertura de l'electrovàlvula de entrada d'aigua per a que s'ajusti a la temperatura desitjada.

- **Maniobra de les entrades de reactius:**

Es tracta d'una maniobra cíclica ja que inclou PIDs que controlen els variadors de freqüència que alimenten les entrades de reactius.

Des del Main, s'activen els PIDs de totes les entrades de reactius on cadascun d'ells, tindrà d'entrada el seu propi cabalímetre i de consigna el seu propi cabal desitjat.

- **Finalització de la maniobra de les entrades de reactius:**

Aquesta maniobra consisteix en tancar les bombes de les entrades de reactius. Per tant, s'haurà de desactivar els PIDs i els variadors de freqüència de cada entrada de reactius.

- **Maniobra finalitzar reacció:**

Aquesta maniobra té la funció d'obrir l'electrovàlvula de sortida del reactor, per a que el producte final surti del reactor per acció de la gravetat.

- **Finalització de la maniobra finalitzar reacció:**

Aquesta maniobra té l'objectiu de tancar totes les vàlvules i bombes que es tenen en compte en aquest treball. Té la particularitat de que en el cas que s'hagi indicat una temperatura desitjada al reactor, no es tancaran les desviacions inferiors i superiors d'aigua i l'entrada d'aigua fins que no s'hagin tancat correctament els altres actuadors, d'aquesta manera, no

desconnectem la via de seguretat fins a assegurar-nos que no es pot produir ningun altre error. També, es ficaran totes les dades i variables als seus valors inicials, com per exemple, els cabals i temperatura desitjats, els límits, els valors de les variables assignades a cada polsador, etc.

- **Maniobra Mode Manual:**

Aquesta maniobra té l'objectiu de deixar totes les vàlvules i bombes preparades per a que siguin accionades i controlades des de les diferents finestres que es poden obrir des de la pantalla "Reactor". Al activar aquesta maniobra, no es tindrà en compte el procés normal automàtic, per tant, tot el sistema serà controlat exclusivament pels operadors des de la pantalla SCADA, concretament des de la finestra "Mode Manual" situada a la pantalla Inici i des de la pantalla Reactor.

Alarmes:

En aquest apartat, es descriuran totes les possibles alarmes que es poden activar. Es tracta d'un bloc que forma part del programa del Tia Portal el qual s'accedirà a cada cicle del Main. Té la funció de dur a terme totes les comprovacions necessàries per saber si s'ha produït algun error o advertència. Cada vegada que es produeixi un d'aquests errors o advertències, es farà aparèixer a la pantalla SCADA una finestra i un indicador d'avisos.

Hi ha dos tipus d'errors i advertències. Els errors en alguna electrovàlvula o bomba i les advertències o perills en l'evolució de la temperatura del reactor.

- **Errors electrovàlvules i bombes:**

Totes les electrovàlvules tot o res, disposen d'una sortida la qual proporciona 0V en el cas de que l'electrovàlvula estigui tancada i 24V en el cas de que estigui oberta. D'aquesta manera, es pot comprovar si de veritat es realitzen les accions d'obrir i tancar la vàlvula. Per tant, totes les electrovàlvules tot o res necessitaran una entrada digital del PLC per a poder captar el senyal.

El bloc d'alarmes disposarà de temporitzadors de 10 segons que s'activaran cada vegada que s'obri o es tanqui una vàlvula. En el cas de que transcorri aquest temps i la sortida de la vàlvula accionada no s'hagi ficat a 0V en cas de tancar-la o, a 24V en cas d'haver-la obert, s'activaran els senyals d'error.

Pel que fa a les electrovàlvules proporcionals, cadascuna disposa d'una sortida que s'activa en cas d'haver algun error. Aquesta sortida serà de tipus digital i es tradueix en una entrada digital al PLC.

Aquesta es la llista de totes les possibles senyals d'error:

Circuit escalfador i refrigerador:

- Error obertura electrovàlvula desviació superior aigua (ErrorObt_DsA)
- Error tancament electrovàlvula desviació superior aigua (ErrorTnc_DsA)
- Error obertura electrovàlvula desviació inferior aigua (ErrorObt_DiA)
- Error tancament electrovàlvula desviació inferior aigua (ErrorTnc_DiA)
- Error obertura electrovàlvula desviació superior vapor (ErrorObt_DsV)

- Error tancament electrovàlvula desviació superior vapor (ErrorTnc_DsV)
- Error obertura electrovàlvula desviació inferior vapor (ErrorObt_DiV)
- Error tancament electrovàlvula desviació inferior vapor (ErrorTnc_DiV)
- Error electrovàlvula entrada aigua (Error_EA)
- Error electrovàlvula entrada vapor (Error_EV)
- Error obertura electrovàlvula sortida purga (ErrorObt _SP)
- Error tancament electrovàlvula sortida purga (ErrorTnc _SP)
- Error obertura electrovàlvula sortida reactor (ErrorObt _SR)
- Error tancament electrovàlvula sortida reactor (ErrorTnc _SR)

Pel que fa als errors a les bombes o al variador, s'engloben en una sola sortida que es transfereix per comunicació PROFINET, per tant, no es necessitaran entrades digitals per a captar aquestes senyals.

Entrades Reactius:

- Error variador o bomba premix (Error_ERP)
- Error variador o bomba catalitzador (Error_ERC)
- Error variador o bomba reductor (Error_ERR)

Advertències i perills en la temperatura del reactor:

- Temperatura Màxima Permesa (Error_TempMaxPerm): El límit de temperatura màxima permesa és de 5°C per sobre de la temperatura desitjada al reactor.
- Temperatura Mínima Permesa (Error_TempMinPerm): El límit de temperatura mínima permesa és de 5°C per sota de la temperatura desitjada al reactor.

3. Descripció de la solució

En aquest apartat s'explicarà les solucions adoptades per a poder realitzar l'automatització del control de temperatura del reactor i tots els elements hardware i software que es necessiten.

3.1 Elements de control:

L'element principal de control és el PLC SIMANTIC S7-1500 amb CPU 1513-1 PN (6ES7 513-1AL01-0AB0) amb firmware V2.1. S'ha escollit aquest tipus de PLC perquè la sèrie S7-1500 és la única capaç de simular PIDs. Els altres motius pels quals s'ha escollit aquesta CPU és perquè no incorpora mòduls d'entrades i sortides, ja que les CPU que n'incorporen, tenen moltes més entrades i sortides digitals de les necessàries. Un altre motiu és degut al tipus de comunicació que utilitza (PROFINET IO) i perquè incorpora opcions de runtime i té suficient memòria per a elaborar aquest projecte. En el cas de no haver de simular els PIDs, es podria escollir altres CPU, ja que la majoria compleixen amb altres especificacions.

Aquest PLC, es simularà amb el software SIMATIC STEP 7 PLCSIM V14 + SP1.

S'utilitza un sistema PC el qual es pot anomenar SCADA per a realitzar la supervisió i el control del sistema. Es necessita un ordinador i el WinCC Professional V14 SP1 instal·lat per a poder fer ús de la pantalla SCADA. A més a més, també s'ha de tenir el STEP 7 Professional V14 + SP1.

3.2 Entrades i sortides del PLC:

Les següents llistes, indiquen totes les entrades i sortides que són necessàries per a poder adquirir els senyals dels sensors i per poder accionar els actuadors en el cas que es volgués implementar el projecte a la fabrica.

Llista entrades:

| Nom | Tipus |
|--|-------------------|
| Cabalímetre de l'entrada de reactius de la premix (E_CERP) | Entrada analògica |
| Cabalímetre de l'entrada de reactius del catalitzador (E_CERC) | Entrada analògica |
| Cabalímetre de l'entrada de reactius del reductor (E_CERR) | Entrada analògica |
| Sensor de temperatura del reactor (E_Pt100) | Entrada analògica |
| Senyal error entrada d'aigua (E_EvEA) | Entrada digital |
| Senyal error entrada vapor (E_EvEV) | Entrada digital |
| Senyal obertura/tancament electrovàlvula desviació superior de l'aigua (E_EvDsA) | Entrada digital |

| | |
|--|-----------------|
| Senyal obertura/tancament electrovàlvula desviació inferior de l'aigua (E_EvDiA) | Entrada digital |
| Senyal obertura/tancament electrovàlvula desviació superior del vapor (E_EvDsV) | Entrada digital |
| Senyal obertura/tancament electrovàlvula desviació inferior del vapor (E_EvDiV) | Entrada digital |
| Senyal obertura/tancament electrovàlvula sortida purga (E_EvSP) | Entrada digital |
| Senyal obertura/tancament electrovàlvula sortida reactor (E_EvSR) | Entrada digital |
| Senyal d'error variador/bomba Premix (Error_ERP) | PROFINET |
| Senyal d'error variador/bomba Catalitzador (Error_ERC) | PROFINET |
| Senyal d'error variador/bomba Reductor (Error_ERR) | PROFINET |

Llista sortides:

| Nom | Tipus |
|--|-------------------|
| Velocitat de gir de la bomba de l'entrada de reactius de la premix (VGS_ERP) | PROFINET |
| Velocitat de gir de la bomba de l'entrada de reactius del catalitzador (VGS_ERC) | PROFINET |
| Velocitat de gir de la bomba de l'entrada de reactius del reductor (VGS_ERR) | PROFINET |
| Electrovàlvula entrada d'aigua (S_EvEA) | Sortida analògica |
| Electrovàlvula entrada vapor (S_EvEV) | Sortida analògica |
| Electrovàlvula sortida purga (S_EvSP) | Sortida digital |
| Electrovàlvula sortida reactor (S_EvSR) | Sortida digital |
| Electrovàlvula desviació superior de l'aigua (S_EvDsA) | Sortida digital |
| Electrovàlvula desviació inferior de l'aigua (S_EvDiA) | Sortida digital |

| | |
|---|-----------------|
| Electrovàlvula desviació superior del vapor (EvDsV) | Sortida digital |
| Electrovàlvula desviació inferior del vapor (EvDiV) | Sortida digital |

En total seran necessaris connectar al PLC 8 entrades digitals, 4 entrades analògiques, 6 sortides digitals, 2 sortides analògiques i 3 connexions per PROFINET, una per a cada variador utilitzat, aquestes connexions s'utilitzen com a entrada i com a sortida. El PLC SIMANTIC S7-1500 amb CPU 1513-1 PN (6ES7 513-1AL01-0AB0) no té incorporat mòduls d'entrada i sortida, per tant, s'han d'escollir quins triar.

3.3 Mòduls d'entrades i sortides:

Es necessiten 8 entrades digital, les quals seran entrades de 24V que es connectaran al mòdul DI 16x24VDC BA (6ES7 521-1BH10-0AA0). Sobraran 8 entrades digitals però aquest PLC no disposa de mòduls més petits. S'utilitzaran les 8 primeres direccions d'aquest mòdul són, %I8.0, %I8.1, %I8.2, %I8.3, %I8.4, %I8.5, %I8.6 i %I8.7.

Són necessàries 6 sortides digitals, les quals es connectaran al mòdul DQ 8x24VDC/2A HF (6ES7 522-1BF00-0AB0) el qual incorpora 8 sortides digitals, per tant, hi haurà dues sortides que no s'utilitzaran. Les sortides que es faran servir tenen les següents direccions %Q0.0, %Q0.1, %Q0.2, %Q0.3, %Q0.4 i %Q0.5. Aquest mòdul, subministra 24VDC a la sortida digital que és la tensió que necessiten les electrovàlvules tot o res per a poder obrir-se, en el cas de electrovàlvules normalment tancades. Si són normalment obertes, els 24V seran els que tancaran la electrovàlvula.

Les 4 entrades analògiques i les 2 sortides analògiques es repartiran en aquest mòdul.

El mòdul AI/AQ 4xU/I/RTD/TC / 2xU/I ST (6ES7 534-7QE00-0AB0) el qual incorpora 4 entrades analògiques que ocupen 2 bytes cadascuna amb direccions %IW0, %IW2, %IW4 i %IW6. També conté 2 sortides analògiques amb aquestes direccions %QW1 i %QW3.

El cabalímetres utilitzats incorporen uns transmissors que actuen com a transductors i transformen el senyal mesurat en un valor d'intensitat de 4 a 20 mA. Aquests transmissors són de 4 fils. Aquestes són les configuracions que s'han d'anotar des del Tia Portal dins de les propietats de les tres primeres entrades analògiques del mòdul AI/AQ 4xU/I/RTD/TC / 2xU/I ST.

L'entrada analògica restant, correspon al port des del qual s'obté el valor del sensor de temperatura. S'ha de configurar que el rang de mesura és de 4 a 20 mA i amb un transductor de 2 fils, ja que el transmissor que incorpora el Pt100 sense el valor de temperatura amb aquestes característiques.

A les dues sortides analògiques aniran connectades les electrovàlvules d'entrada d'aigua i vapor.

3.4 Elements sensors i actuadors:

Resum dels sensors i actuadors utilitzat per a realitzar la solució de l'automatització. S'expliquen en més detall al punt 4.6, 4.7 i 4.8.

- **Sensors:**

- Cabalímetre:

Són necessaris 3 cabalímetres per a mesurar el cabal de les entrades de reactius. El cabalímetre utilitzat és el Emerson Micro Motion Serie F concretament el model F050P, juntament amb el transmissor Micro Motion 1700 el qual ens permet obtenir cabal màssic o cabal volumètric amb una sortida en de 4-20 mA. Aquest cabalímetre és de tipus màssic els quals són molt precisos. És capaç de mesurar fins a un cabal màxim de 4570 kg/h (aproximadament 4570 l/h) i un nominal de 2287 kg/h.

- Sensor de temperatura:

El sensor de temperatura Pt100 és l'elegit per a mesurar la temperatura del reactor.

El model que hem triat i que s'adapta millor a les nostres necessitats és el sensor de temperatura Rosemount™ 214C RTD juntament amb el transmissor de temperatura Rosemount™ 148.

Té la capacitat de mesurar temperatures dins del rang de -196° y 600° C i proporciona un rang de 4 a 20 mA.

- **Actuadors:**

- Vàlvules tot o res:

Aquestes vàlvules s'utilitzen a les dues desviacions de vapor, a les sortides de la purga i del reactor i a les dues desviacions d'aigua.

El model de vàlvula utilitzat és de la marca Prisma i la vàlvula sencera està formada per la vàlvula de bola de brides, l'electrovàlvula, l'actuador pneumàtic i la caixa de finals de carrera.

La referència del model exacte d'aquest conjunt de vàlvula de bola de brides amb actuador pneumàtic d'alumini és PRABV1531-34 amb codi d'actuador PA05S.

L'electrovàlvula escollida és la Prisma norma NAMUR model EV-500.024C que és el model de 24V DC.

Pel que fa a les caixes de finals de carrera, es fan servir les de la marca Prisma i model FCI-201 per a poder assegurar-se que la vàlvula respon als accionaments que se li donen gràcies als dos sensors inductius que té.

- Vàlvules proporcionals:

A les entrades d'aigua i de vapor s'utilitzaran vàlvules de control. La raó per la qual s'escull aquest tipus de vàlvules és perquè són vàlvules que permeten posicions intermèdies de la tija i estan construïdes per a realitzar la regulació dels fluids amb un control precís.

La vàlvula de control escollida serà el model 3241 amb accionador pneumàtic model 3725, de la marca Samson i el posicionador model 3725 de la marca Samson.

El posicionador electropneumàtic és d'efecte simple, per a vàlvules de control pneumàtic i el seu punt de consigna és un senyal elèctric de 4 a 20 mA procedent del regulador que converteix el senyal pneumàtic proporcional en el convertidor.

- Bombes:

S'utilitza bombes per a impulsar els reactius des dels tres dipòsits fins al reactor.

Unes bombes que s'adapten molt bé a aquest tipus d'entorn i d'aplicació són les bombes lobulars que tenen la característica de que s'adapten molt bé a líquids de gran viscositat gràcies a la seva estructura i manera de funcionar.

Concretament s'utilitza la bomba SSP Sèrie N, el model N1-000L-H07. Les principals característiques d'aquesta bomba és que pot arribar a proporcionar un cabal de 2300 l/h i pot aguantar fins a 7 bars de pressió, les quals s'adapten perfectament a les nostres necessitats.

L'accionament d'aquesta bomba es realitza mitjançant el motor elèctric Siemens de 2 CV 1500 B3 230/400V IE3 1LE1001-0EB42-2FA. Aquest motor permet arribar als 1000 rpm que són els que proporcionen els 2300 l/h màxims que pot subministrar la bomba escollida.

EL control del motor que acciona la bomba es fa a través del variador de freqüència que s'explica a continuació.

- Variador de freqüència:

El variador utilitzat és de la família SINAMICS G, concretament el G120P ja que es tracta d'un convertidor utilitzat en màquines de bombeig i ventilació. Funciona amb una unitat de control específica per a aquest tipus d'equips, la CU230P.

La comunicació que es fa des del PLC amb aquest variador és a través de PROFINET i utilitzant la funció SENNA_SPEED de la llibreria DriveLib la qual està explicada al punt 5.4.3.

3.5 Comunicació

La comunicació del PLC amb la pantalla SCADA i els accionaments/variadors de freqüència es realitza a través del protocol de comunicació PROFINET.

Profinet està basat en Ethernet Industrial, TCP/IP i alguns estàndards de comunicació pertinents al món TI. Entre les seves característiques destaca que és Ethernet en temps real, on els dispositius que es comuniquen pel bus de camp acorden cooperar en el processament de sol·licituds que es realitzen dins del bus.

3.6 Estructura del programa al Tia Portal

En aquest apartat es mostraran tots els blocs d'organització (OB), funcions (FC) i blocs de dades (DB) que s'utilitzen per a realitzar el software necessari per a fer el control de temperatura del reactor. S'utilitza principalment el llenguatge de programació KOP (diagrama de contactes) excepte per a realitzar els blocs FC que simulen els sensors cabalímetres i Pt100 els quals utilitzen el llenguatge SCL (alt nivell semblant al llenguatge Pascal).

Per realitzar aquest software, s'ha tingut en compte tot el que s'ha explicat als apartats anteriors i sobretot els GRAFCETs i maniobres descrites a l'apartat "Descripció detallada de l'automatització". En aquell apartat es descriu en primer lloc, el GRAFCET principal el

qual hi ha etapes que engloben subetapes descrites posteriorment. El GRAFCET que descriu la totalitat del programa seria el que engloba tan les etapes com les subetapes.

El software segueix una estructura cíclica la qual comença en un bloc d'arrancada que només s'executarà als moments en els quals el PLC passi d'estar parat (STOP) ha està en funcionament (RUN).

Un cop comença a executar-se el programa, el qual és cridat des del OB principal o Main, en primer lloc, es realitza la lectura de les entrades dels sensors però, al ser un treball teòric, aquesta lectura es fa de forma simulada ja que des dels FC de simulació, s'accionen les entrades digitals que provindrien dels actuadors i es dona valors directament a les variables que emmagatzemarien les senyals de les entrades analògiques on estarien connectats els sensors.

Un cop s'emmagatzemen tots els valors de les entrades a variables, es realitzen totes les comprovacions necessàries per a revisar que no s'hagi produït ninguna advertència o error i, posteriorment, es duran a terme tots els càlculs necessaris per a obtenir el valors que s'han de transmetre als actuadors i a les sortides a la pantalla SCADA.

Finalment, s'enviaran el contingut de les variables calculades a les sortides físiques del PLC i tornarà a començar el procés cíclic.

Per tant, en pràcticament la totalitat del programa, s'utilitzaran marques i variables globals per a realitzar tots els càlculs necessaris que posteriorment es transmeten a les sortides físiques. Pel que fa a les variables globals, s'emmagatzemen en blocs de dades (DB).

Per a que el programa tingui una estructura clara, s'han dividit els FC i DB, en grups els quals cadascun d'ells realitza unes funcions determinades. Aquests grups serveixen simplement per a organitzar el programa, no donen ni prioritats ni s'executen conjuntament.

- **Grup Simulació:**

Aquest grup engloba totes les funcions necessàries per a simular tots els actuadors i sensors connectats al reactor. La simulació del reactor permet verificar el funcionament del programa i, està feta de tal manera que es pot extreure fàcilment de la resta del codi per tal de poder instal·lar-ho al reactor real de forma senzilla si es volgués.

Es realitza la simulació dels cabalímetres de les tres entrades de reactius, del sensor de temperatura del reactor i de les entrades de les vàlvules tot o res que indiquen si la vàlvula s'ha obert o no. Els FC que formen aquest grup són:

- **fc_SimulacioCabalimetre:** Es tracta d'un FC escrit amb llenguatge SCL que mitjançant variables locals, crea la simulació d'un cabalímetre. Des del Main es cridarà tres vegades aquest FC per a simular els cabalímetres de les entrades de reactius de la premissa, el catalitzador i el reductor. Per realitzar el càlcul del valor del cabalímetre es té en compte principalment el percentatge de velocitat de gir a la que es fa anar a la bomba.
- **fc_SimulacioPt100:** FC que utilitza llenguatge SCL i que simula el sensor de temperatura Pt100 del reactor. Per realitzar aquest càlcul, en cas d'estar escalfant es té en compte el percentatge d'obertura de la vàlvula d'entrada de vapor i en cas d'estar refredant el de l'entrada d'aigua.

- **fc_ControlSimuladors:** És un FC que té la funció de manipular les variables que controlen el fc_SimulacioCabalimetre i el fc_SimulacioPt100 per a què funcionin correctament quan facin falta.
- **fc_SimulacioEntrades:** Es tracta d'un FC que té la funció de simular les entrades digitals dels actuadors, les quals, en un sistema real les activarien els propis actuadors però, en un sistema simulat no existeix aquesta opció.
- **fc_FiSimulacio:** Funció que serveix per a reiniciar totes les variables que formen part del db_Sensors un cop s'arriba al punt en el qual es prepara el reactor per a una nova reacció o reiniciar la que s'estava duent a terme.

Les funcions fc_SimulacioCabalimetre i el fc_SimulacioPt100 es cridaran des del Main de manera cíclica utilitzant marques de cycle de 1 Hz (cridarà la funció cada segon). D'aquesta manera, s'aconsegueix que els valors dels sensors augmentin o disminueixin lentament.

Dins d'aquest grup hi ha el DB "db_Sensors" el qual emmagatzema totes les variables necessàries per a realitzar correctament les simulacions sempre i quan no hagin de ser utilitzades a altres parts del programa, perquè una de les característiques del programa es que es pugui esborrar tot aquest grup sense que apareguin errors després.

- **Grup Entrades:**

Es tracta del grup que es dedica a llegir les entrades i a emmagatzemar els seus valors en variables a cada inici de cycle del main. Després, aquestes variables s'utilitzen per a realitzar tots els càlculs i funcions necessàries per a fer funcionar el sistema, d'aquesta manera, s'evita que durant la duració d'un cycle sencer del main, el senyal de les entrades pugui canviar i provocar incoherències i problemes al programa. Només hi ha un únic FC a aquest grup:

- **fc_LecturaEntrades:** S'encarrega de llegir els valors de les entrades de les vàlvules tot o res, de les vàlvules proporcionals i les entrades analògiques on van connectats els sensors i guardar-los a variables globals. Pel que fa als variadors i bombes de les entrades de reactius, la lectura de les seves dades es realitza a través de PROFINET des de la funció fc_SortidesFisiques ja que en aquest cas, tan la lectura com la escriptura de dades als variadors de freqüència, es realitzen a la vegada cridant a una sola funció especial, per tant, s'ha decidit que millor ficar-la al final quan ja estiguin calculades les sortides.

Aquest grup disposa del db_Entrades en el qual es guarda les variables que emmagatzemen els valors dels sensors que en aquest treball, aquest valor es rep des dels FC que simulen els cabalímetres i el sensor de temperatura. També hi ha algunes altres variables com per exemple la de sincronització que permet sincronitzar l'obtenció dels valors dels sensors amb el OB cíclics dels PIDs.

- **Grup Alarmes:**

Aquest grup conté tots els FC i DB necessaris per a realitzar les comprovacions necessàries per saber si s'ha produït alguna advertència o error. Hi ha dos tipus d'errors i advertències, els errors en alguna vàlvula o bomba i les advertències o perills en l'evolució de la temperatura del reactor. Totes aquestes alarmes es comprovaran en dos FC, un per a cada tipus on les variables principals que s'utilitza estaran declarades al DB "db_Alarmes".

- **fc_AlarmesActuadors:** Comprova els possibles errors de tots els actuadors i els emmagatzema en variables per a poder fer aparèixer una finestra i un indicador d'avisos a la pantalla SCADA, entre altres coses. Els errors de les entrades de reactius no es comproven en aquest FC ja que la funció que ens ajuda a comunicar-nos amb els variadors de freqüència es crida al **fc_SortidesFisiques**. El que si que es fa és tancar l'entrada "Encendre/Aturar_ERX" (la X canvia segons si es tracta de l'entrada de reactius de la premix (P), catalitzador (C) o reductor (R)) que es tracta de la variable que encén i apaga el variador. El variador s'atura automàticament si es produeix un error però aquesta entrada continuarà estan a 1, llavors quan s'acusi l'error, per tornar a encendre el variador, s'ha de passar de 0 a 1. Si ja es fica a 0 quan es produeix l'error, un cop solucionat, només s'haurà de posar a 1.
- **fc_AlarmesLimits:** És el FC on es comprova i s'indica si es sobrepassa els límits de temperatura. Aquests límits són el de "Temperatura Maxima Permesa" (TempMaxPerm) i el de "Temperatura Minima Permesa" (TempMinPerm). També es comprova si els dipòsits dels reactius es buiden del tot o no i activen unes variables que faran aparèixer un missatge a la finestra d'avisos.

Pel que fa al "db_Alarmes", conté totes la variables que emmagatzemen el valor de les sortides d'error de les electrovàlvules, tots els límits de temperatura indicats als altres apartats, etc.

- **Grup GRAFCET:**

Aquest grup conté els FC que donen forma als GRAFCETs que indiquen quines accions s'han de realitzar en cada instant. Cada estat i transició estarà representat per una variable global les quals tenen el mateix nom que apareix als GRAFCETs del apartat "Descripció detallada de l'automatització". Pel que fa als polsadors i variables necessàries, es declararan dins de diversos DBs. Aquest grup està format pels següents FC:

- **fc_Inicialitzacions:** Aquest FC activa l'etapa inicial quan s'ha de començar a executar el GRAFCET.
- **fc_Transicions:** Activa la transició que toca tenint en compte els valors dels sensors, polsadors, alarmes, actuadors i l'etapa que estigui activada en aquell instant.
- **fc_EtapaTransicio:** Activa i desactiva etapes segons l'etapa que s'estava executant en aquell instant i la transició que estigui activa.
- **fc_Accions:** Realitza les accions que s'han de fer segons l'etapa que s'estigui executant. Aquestes accions poden ser donar valors a les variables que representen les sortides, crida les maniobres que s'han d'executar, actuar sobre les variables que controlen la pantalla SCADA, etc.

En aquest cas hi ha els següents DB:

db_Grafcet: Emmagatzema totes les variables booleanes que representen cadascuna de les etapes i transicions que forma el GRAFCET que controla el sistema.

db_Pantalla: Emmagatzema les variables que s'utilitzen per controlar la pantalla SCADA com per exemple les variables que guarden els valors dels polsadors, les que activen i desactiven les finestres emergents o les dels camps d'entrada i sortida, entre altres.

db_Accions: Guarda les variables que són accionades al fc_Accions com per exemple, variables per a donar visibilitat a polsadors o objectes de la pantalla SCADA.

- **Grup Maniobres:**

En aquest grup, hi ha un FC o OB cíclic per a cada maniobra descrita al apartat “Descripció detallada de l’automatització”.

- fc_Purga: Aquest FC executa la maniobra de purga del circuit escalfador i refrigerador.
- fc_FiPurga: Es tracta del FC que executa la finalització de la maniobra de purga del circuit escalfador i refrigerador.
- ob_Escalfament: Aquest bloc d’organització (OB) és de tipus interrupció cíclica perquè conté un PID. Té un temps de cicle baix i té més prioritat que el OB Main. Executa la maniobra d’escalfament del reactor.
- fc_FiEscalfament: Executa la finalització maniobra d’escalfament del reactor.
- ob_Refrigeracio: Aquest bloc d’organització (OB) és de tipus interrupció cíclica. Dóna inici a la maniobra de refrigeració del reactor.
- ob_EntradaReactius: Aquest OB també és de tipus interrupció cíclica i activa la maniobra de les entrades de reactius.
- fc_FiEntradaReactius: Aquest FC dóna inici a la finalització de la maniobra de les entrades de reactius.
- fc_FinalReaccio: Activa la maniobra finalitzar reacció.
- fc_FiFinalReacció: Executa la finalització de la maniobra finalitzar reacció.
- fc_ModeManual: Dóna inici a la maniobra mode manual.
- fc_ActivarPIDs: Aquest FC té la funció de posar en estat automàtic els PIDs utilitzats en aquest treball.
- Dc_DesactivarPIDs: Aquest FC té la funció de posar en estat inactiu els PIDs utilitzats en aquest treball.
- fc_CalculTempsReaccio: Funció en la qual es calcula el temps que durarà la reacció tenint en compte els litres que hi ha als dipòsits dels reactius i la velocitat (l/h) en què s’aboquin dins del reactor. En principi, les tres entrades de reactius han d’acabar de buidar-se al mateix temps però, per si a cas, s’ha programat per a que es tingui en compte l’entrada de reactius que disposi del dipòsit que tardi més a buidar-se.

En aquest grup hi ha diversos blocs de dades (DB):

db_Maniobres: En aquest DB s’emmagatzemen totes les variables que donen inici i final a les maniobres juntament amb altres variables utilitzades com, per exemple, variables necessàries per executar temporitzadors.

db_EvTotRes: Conté totes les entrades i sortides en forma de variables (no conté les sortides físiques) de les vàlvules tot o res. És a dir, les vàlvules de sortida de la purga (EvSP), de sortida del reactor (EvSR), desviació superior de l’aigua (EvDsA), desviació inferior de l’aigua (EvDiA), desviació superior del vapor (EvDsV) i desviació inferior del vapor (EvDiV).

db_EvProporcionals: Conté totes les entrades i sortides en forma de variables (no conté les sortides físiques) de les vàlvules proporcionals, juntament en les utilitzades com a sortides dels PIDs. Concretament, les vàlvules d'entrada de d'aigua (EvEA) i vapor (EvEV).

db_Variadors: Conté totes les entrades i sortides en forma de variables (no conté les sortides físiques) utilitzades pels variadors de freqüència que accionen les bombes de les entrades de reactius. Les úniques entrades que no es declaren aquí són les d'error ja que estan declarades al db_Alarmes. Aquests variadors de freqüència són el de l'entrada de reactius de la premissa, el de l'entrada de reactius del catalitzador i el de l'entrada de reactius del reductor.

- **Grup Actuadors:**

Aquest grup conté els FCs que realitzen totes les accions necessàries per a transportar les dades calculades durant tot el recorregut del programa fins als actuadors. Està format per 3 funcions:

- fc_PreparacioSortides: Aquesta funció té l'objectiu de realitzar la normalització i escala de les variables que contenen els valors de sortida calculats pels PIDs. Aquests valors de sortida s'adapten a les vàlvules proporcionals i als variadors de freqüència.
- fc_SortidesFisiques: Aquest FC té la funció de transportar els valors de sortida calculats durant tot el procés a les sortides físiques. En el cas dels variadors de freqüència, es dona els valors als variadors incorporats al Tia Portal, a través d'una funció d'una llibreria que et facilita la comunicació amb el variador.
- fc_AccionsPosteriors: Es tracta d'un FC que té la característica de que es crida quan ja s'han donat els valors a les sortides físiques. Té la funció de calcular l'estat de la purga, l'escalfament, la refrigeració i la reacció. A més a més, es manipulen les variables que fan canviar l'aparença de les canonades de la pantalla Reactor. S'ha decidit cridar després del fc_SortidesFisiques perquè d'aquesta manera, ens assegurem que quan donem l'estat de les diferents maniobres o canviem l'aparença de les canonades, verdaderament estan accionades les sortides on van connectats els actuadors, tot i que, més que res es per tindre el programa més ordenat ja que al executar-se tant ràpidament, no s'apreciarà.

En aquest cas només hi ha un DB:

db_AccionsActuadors: Conté totes les variables que necessiten els tres FC d'aquest grup, sempre i quan, no s'hagin declarat abans o es tractin de les sortides físiques.

Pel que fa a les sortides i les entrades físiques, es declararan a una taula de variables del PLC tot i que hi ha entrades físiques que no s'utilitzaran perquè seran simulades.

També hi ha els DB SENNA SPEED que es tracta dels blocs de dades de les funcions que s'utilitzen per comunicar-se amb els variadors.

- **Altres OB:**

ob_Main: Es tracta d'un bloc d'organització que s'executa cíclicament sense un temps de cicle definit. Té la prioritat més baixa per a què els altres OB puguin executar-se per davant d'ell. Es tracta del OB que cridarà totes les funcions FC descrites fins ara.

ob_Startup: Es tracta del OB d'arrancada. S'executa sempre que el PLC passa d'estar parat (STOP) a estar arrancat (RUN). Realitza totes les condicions prèvies que s'han de dur a terme abans de començar a executar la resta del programa.

3.7 Pantalla SCADA

La pantalla SCADA està formada per 4 imatges/pantalles i 20 finestres emergents.

- **Pantalla Inici:**

Disposa de pulsadors fixes per a poder anar a qualsevol de les 3 pantalles restants. També conté el pulsador d'emergència el qual es pot pitjar sempre que sigui necessari i que es mantindrà durant tot el procés a diferència del pulsador "Iniciar/Reiniciar Reacció" que dona inici al procés i que tal com es pitgi desapareixerà de la pantalla.

La resta de la pantalla estarà buida perquè en tot moment hi haurà alguna finestra emergent de les descrites al apartat "Descripció detallada de l'automatització".

Aquestes finestres, aniran apareixen i desapareixen a mesura que transcorren les etapes del GRAFCET principal descrit també al apartat "Descripció detallada de l'automatització".

Aquestes són les finestres emergents que aniran apareixent seguint l'ordre descrit als apartats anteriors:

- **Condicions inicials:**

Aquesta finestra tindrà en un primer moment els pulsadors "Automàtic" i "Manual". Si es pitja el pulsador "Manual" es tanca aquesta finestra i apareix la finestra "Mode Manual". Si es pitja l'altre pulsador, apareix uns camps d'entrada per indicar el cabal d'entrada dels productes, els litres dels dipòsits dels reactius, la temperatura desitjada al reactor, l'opció d'obrir les desviacions superiors i el pulsador "Iniciar Simulació". També hi ha un indicador que et mostra el temps que li queda per finalitzar la purga i un altre mostrant la temperatura actual del reactor.

Finalment apareix el pulsador "Inici Purga/Escalfament".

- **Preparació del reactor:**

Hi ha un camp de sortida indicant l'estat de la purga i un indicador que et mostra el temps que li queda per finalitzar la purga. Un cop acaba, apareixerà un camp de sortida indicant l'estat de l'escalfament del reactor juntament amb un indicador dels graus centígrads que marca el sensor temperatura del reactor. En aquest mateix instant, també es mostrarà l'interruptor "Aturar/Activar Escalfament". Quan s'estabilitzi la temperatura, apareixerà el pulsador "Inici Reacció".

- **Procés de reacció:**

Hi ha un camp de sortida indicant l'estat de la reacció i de refrigeració i, uns indicadors que mostren la temperatura del reactor i el cabal de les tres entrades de reactius. Hi ha un interruptor per a poder aturar i reprendre la reacció i un altre per a la refrigeració. També hi ha un camp d'entrada que et permet modificar la temperatura desitjada al reactor i un indicador del temps restant que li queda per finalitzar la reacció. Finalment, hi ha el pulsador "Finalitzar Reacció" que et permet acabar la reacció i que apareix només en casos

concrets explicats anteriorment. Si es pitja, es passa a la finestra “Fi Reacció”, sinó, es continua a aquesta finestra.

- **Fi Reacció:**
En aquesta finestra hi ha els pulsadors “Inici Extracció” i “Reiniciar Reacció”. Si es pitja el pulsador “Inici Extracció” apareix el missatge “S’està extraient el producte final” i el pulsador “Fi Extracció”. La pulsació dels pulsadors “Fi Extracció” (un cop iniciada l’extracció) o “Reiniciar Reacció” farà que s’acabi la reacció i per tant, es tanqui aquesta finestra i es quedi la pantalla Inici tal com estava abans de començar el procés quan no hi havia ninguna finestra emergent oberta.
- **Emergència:**
Dins d’aquesta finestra hi ha camps de sortida que indiquen els possibles errors que poden tenir tots els actuadors. A més a més, també es pot visualitzar l’estat de l’esclafament, la reacció i de la refrigeració en tot moment, igual que la temperatura del reactor i hi ha indicadors per a saber si la temperatura sobrepassa algun límit de temperatura.. Per poder sortir de l’estat d’emergència, s’ha de pitjar el pulsador “Finalitzar Reacció” que dóna accés a la finestra “Fi Reacció”.
- **Mode Manual:**
Aquesta finestra disposa de camps d’entrada per a poder accionar tots els actuadors que es tenen en compte en aquest treball. Aquest control també es pot realitzar des de la pantalla Reactor obrint les finestres emergents de cada actuator. Per sortir del mode manual, es disposarà del pulsador “Finalitzar Reacció” que si es pitja, es tancarà la finestra i s’accedirà a la finestra Fi Reacció”.

- **Pantalla Reactor:**

Aquesta pantalla es d’on es pots supervisar i controlar cadascuna de les electrovàlvules i bombes que formen el sistema. Hi ha la imatge d’un reactor amb totes les electrovàlvules i bombes, que s’han tingut en compte en aquest treball, connectades a ell. També conté uns pulsadors per a poder anar a qualsevol de les 3 pantalles restants. A més a més, hi ha el pulsador d’emergència el qual es pot pitjar sempre que sigui necessari.

La pantalla esta equipada amb camps de sortida dels cabals i temperatura actuals, entre altres indicacions com el poder visualitzar si les vàlvules i bombes estan treballant, o no, mitjançant el color que tinguin (verd si estan obertes o color predeterminat si estan tancades).

Si es pitja a sobre de les imatges de les electrovàlvules o de les bombes apareixeran unes finestres emergents que et donaran més informació del actuator triat. En cas d’estar en mode manual, es poden manipular tots aquests actuadors. Si estem en mode automàtic, només es podrà visualitzar el seu estat excepte en el cas de les desviacions superiors, les qual es poden obrir i tancar quan es vulgui.

Es poden classificar les finestres emergents en tres tipus:

- **Electrovàlvules tot o res:**
Es mostra l'estat (ON/OFF) de la electrovàlvula. També s'indica si hi ha error, o no. En el cas d'estar en mode manual, es podrà canviar l'estat de totes les vàlvules. Pel que fa a les electrovàlvules de les desviacions superiors, el seu estat també es pot canviar quan estem en mode automàtic.
- **Electrovàlvules proporcionals:**
Es mostra el percentatge d'obertura de les electrovàlvules el qual només es pot variar si estem en mode manual. També hi ha un indicador de la temperatura del reactor i es mostrarà si hi ha errors, o no, tant a la vàlvula com al PID. A més a més, s'ha incorporat un polsador "Reset" per a restablir el PID o l'error que prové del variador/bomba a través de PROFINET.
- **Bombes:**
S'indica el percentatge de velocitat a la que gira la bomba respecte el seu màxim, el cabal actual, i a més a més, en el cas d'estar en mode manual, aquest percentatge de velocitat de gir es pot variar. També es pot comprovar si hi ha error, o no, a la vàlvula i al PID i, es pot acusar els error en cas de que n'hi hagi algun.

- **Pantalla de les entrades de reactius:**

Aquesta pantalla té l'objectiu de mostrar l'evolució temporal de l'estat de cadascuna de les tres entrades de reactius. Disposa de tres polsadors per a poder accedir a les altres tres pantalles i tres gràfics, un per a cada entrada de reactius.

A aquests gràfics es mostra per a cada cas, l'evolució temporal del valor del cabalímetre, juntament amb la consigna de cabal i el percentatge de velocitat a la que gira la bomba respecte el seu màxim.

- **Pantalla del circuit escalfador i refrigerador:**

Aquesta pantalla té l'objectiu de mostrar l'evolució temporal de les electrovàlvules regulables del circuit escalfador i refrigerador. Disposa de tres polsadors per a poder accedir a les altres tres pantalles i un gràfic temporal.

El gràfic mostra l'evolució temporal de la Pt100, juntament amb la temperatura desitjada, els límits de temperatura, i amb el percentatge d'obertura de les vàlvules d'entrada d'aigua i vapor.

4 Especificacions de les tecnologies utilitzades per a l'automatització.

En aquest apartat es realitza la descripció dels equips i elements que componen la automatització de la instal·lació, és a dir, els sistemes de control, sistemes de supervisió, comunicacions, sensors, actuadors i sistemes d'adquisició de senyals.

4.1. Sistema de Control. PLC SIMATIC S7-1500 amb CPU 1513-1 PN (6ES7 513-1AL01-0AB0)

El controlador S7-1500 ofereix la flexibilitat i la potència necessàries per controlar una gran varietat de dispositius per a les diferents necessitats d'automatització. És el que s'adapta millor al projecte realitzat principalment per la capacitat de simular PIDs, la qual es una característica que no té cap altra sèrie de PLC de Siemens. La versió del firmware és la 2.1 que és la més nova dins del Tia Portal V14.

Les sigles PN corresponen a la comunicació PROFINET que és la que s'utilitza per a comunicar-se amb els variadors de freqüència.



Figura 9. PLC SIMATIC S7-1500

El S7-1500 és, avui dia, l'autòmat de més altes prestacions de la marca alemanya. Va sortir al mercat aportant importants innovacions, així com per substituir tant al S7-300 com al S7-400.

Es tracta del controlador més ràpid de SIEMENS ja que gràcies al seu ràpid bus de fons, el rendiment PROFINET s'aconsegueix els temps de reacció més curts i un temps de processament de comandes de fins a 1 ns a la CPU.

També es caracteritza per tindre un mòdul amb memòria central 300 kb per al programa i 1,5 MB per a dades, una interfície amb ports per a PROFINET, 40 ns bit-performance, entre moltes altres característiques resumides als annexes i detallades al pdf indicat a la bibliografia.

4.2. Sistemes d'entrades i sortides de senyals de camp

Per a poder connectar de forma segura i útil tots els actuadors i sensors amb el PLC, s'utilitzen mòduls d'entrades i sortides digitals o analògics depenen de la naturalesa de la senyal que es tracta.

4.2.1 Mòdul d'entrades digitals

El mòdul utilitzat és el DI 16x24VDC BA (6ES7521-1BH10-0AA0) de SIEMENS. Només s'utilitzaran 8 entrades digitals de les 16 que té, però aquest PLC no disposa de mòduls més petits.



Figura 10. Mòdul d'entrades digitals DI 16x24VDC BA (6ES7521-1BH10-0AA0) de SIEMENS

El mòdul té les següents característiques tècniques:

- 16 entrades digitals, aïllades en grups de 16
- Tensió nominal d'entrada 24 V DC
- Adequat per a interruptors i detectors de proximitat a 2, 3 o 4 fils
- retard de les entrades 3,2MS
- Inclou connector frontal PUSH-IN

4.2.2 Mòdul de sortides digitals

El mòdul de sortides digitals elegit és el DQ 8x24VDC/2A HF (6ES7 522-1BF00-0AB0). De les 8 sortides, s'utilitzaran 6.



Figura 11. Mòdul de sortides digitals DQ 8x24VDC/2A HF (6ES7 522-1BF00-0AB0)

El mòdul té les següents característiques tècniques:

- 8 sortides digitals, aïllades en grups de 4. D'aquestes, els canals 0 i 4 opcionalment amb funció de modulació d'amplada de impuls (PWM)
- Tensió nominal de sortida 24 V DC
- Corrent nominal de sortida 2 A
- Valors substitutius parametrizables (per canal)
- Diagnòstic parametrizable (per canal)
- Adequat per a electrovàlvules, dispositius amb contactes, contactors de corrent contínua i llums de senyalització
- Comptador de cicles de commutació per als actuadors connectats, com, p. ex., electrovàlvules

4.2.3 Mòdul d'entrades i sortides analògiques

El mòdul utilitzat és AI/AQ 4xU/I/RTD/TC / 2xU/I ST (6ES7 534-7QE00-0AB0). Disposa de 4 entrades i 2 sortides analògiques les quals s'utilitzaran totes.

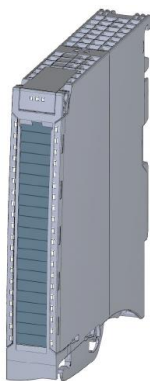


Figura 12. Mòdul d'entrades i sortides analògiques AI/AQ 4xU/I/RTD/TC / 2xU/I ST

El mòdul té les següents característiques tècniques:

- Entrades analògiques:
 - 4 entrades analògiques
 - Resolució 16 bits incl. Signe
 - Tipus de mesura: Tensió ajustable canal per canal
 - Tipus de mesurament: Intensitat ajustable canal per canal
 - Tipus de mesura: Resistència ajustable per als canals 0 i 2
 - Tipus de mesurament: Termoresistència (RTD) ajustable per als canals 0 i 2
 - Tipus de mesurament: Termopar (TC) ajustable canal per canal
 - Diagnòstic parametrizable (per canal)
 - Alarma de procés en depassar valors límit ajustable canal per canal (dos límits superiors i dos límits inferiors, respectivament)
- Sortides analògiques:
 - 2 sortides analògiques
 - Resolució: 16 bits incl. Signe
 - Selecció de sortida de tensió canal per canal
 - Selecció de sortida d'intensitat canal per canal
 - Diagnòstic parametrizable (per canal)

4.3. Sistema de supervisió i control

Per a poder dur a terme la supervisió i control de la temperatura del reactor, s'utilitza un sistema PC, és a dir, una pantalla d'ordinador amb el WinCC RunTime Advanced. Aquest paquet de programari WinCC constitueix l'entorn avançat de desenvolupament de Siemens en el marc dels SCADA per a visualització i control de processos industrials.



Figura 13. WinCC RunTime Advanced

Les seves característiques més importants són les següents:

- Arquitectura de desenvolupament oberta (programació en C)
- Suport de tecnologies Active X
- Comunicació amb altres aplicacions via OPC
- Comunicació senzilla mitjançant drivers (codi que implementa el protocol de comunicacions amb un determinat equip intel·ligent) implementats
- Programació online: no cal aturar la runtime del desenvolupament per poder actualitzar les modificacions a la mateixa.

El sistema WinCC RT Advanced s'encarrega de:

- Representar processos: El procés es representa al panel de operador. Si es modifica per exemple un estat en el procés, s'actualitzarà la visualització en el panel de l'operador.
- Controlar processos: L'operador pot controlar el procés a través de la interfície gràfica d'usuari. Per exemple, l'operador pot especificar un valor tècnic per a l'autòmat o iniciar un motor.
- Emetre avisos: Si durant el procés es produeixen estats de procés crítics, automàticament s'emeteix un avís (per exemple, si se sobrepassa un valor límit especificat).
- Arxiu de valors de procés i avisos: El sistema HMI pot arxivar avisos i valors de procés. D'aquesta forma es pot documentar el transcurs del procés i, posteriorment, també serà possible accedir a anteriors dades de producció.
- Documentar valors de procés i avisos: El sistema HMI permet visualitzar avisos i valors de procés en informes. D'aquesta manera, podrà, per exemple, emetre els dades de producció una vegada finalitzat el torn.

Per a poder realitzar la comunicació amb el PLC a través de PROFINET, s'ha d'adjuntar el mòdul de comunicació PROFINET/Ethernet IE General. Aquest mòdul té les següents característiques:

- Permet una connexió industrial PROFINET i Ethernet
- ISO
- TCP/IP
- Disposa de connexions S7
- Routing
- Controlador PROFINET IO
- Arrancada prioritzada

4.4. Eines d'enginyeria.

4.4.1. TIA PORTAL V14

El TIA PORTAL és un paquet que inclou el següent programari:

- Step7 Professional V14
- WinCC Comfort/Advanced V14

Step7 Professional V14:

STEP 7 Professional és l'eina d'enginyeria per a la configuració i programació de tots els PLC de la marca Siemens. Step 7, permet els següents llenguatges de programació IEC:

- Text estructurat (SCL)
- Esquema de contactes (KOP)
- Diagrama de funcions (FUP)
- Llista d'instruccions (AWL)
- Programació seqüència (GRÀFICA)

WinCC Comfort/Advanced 14:

WinCC TIA Portal és el programari per desenvolupar totes les aplicacions HMI, des del més senzill amb Basic Panell, fins a solucions SCADA en sistemes multiusuari basats en PC. El sistema de llibreries del TIA Portal no es limita a blocs de programa o faceplates administrats. TIA Portal permet formar llibreries pròpies fàcilment reutilitzables a partir de diverses parts dels objectes d'enginyeria. Això permet, per exemple, guardar configuracions completes de diferents màquines d'instal·lacions de forma centralitzada en un servidor. Components ja desenvolupats, dades de projecte provats i projectes de versions anteriors poden reutilitzar-se en tot moment.

Apart d'aquest paquet de WinCC, també s'ha instal·lat el paquet WinCC RT Advanced explicat al apartat 4.2.

4.4.2 S7-PLCSIM V14 SP1

S7-PLCSIM V14 SP1 permet provar els programes del PLC en un PLC simulat sense necessitat de hardware real. Concretament es simula el PLC SIMANTIC S7-1500 amb CPU 1512C-1 PN. S7-PLCSIM funciona conjuntament amb STEP 7 al TIA Portal. El PLC i qualsevol mòdul de senyals connectats es poden configurar en STEP 7; així mateix, es pot programar la lògica de l'aplicació i, a continuació, descarregar la configuració de maquinari

i el programa al PLC simulat en S7-PLCSIM. Des d'allà, és possible avançar a través de la lògica del programa, observar l'efecte de les entrades i sortides simulades, així com ajustar la lògica del seu programa segons sigui necessari.

4.4.3 SINAMICS Startdrive

Es tracta d'una eina amb la qual es pot configurar/parametritzar els accionaments de la gamma SINAMICS. Amb la versió v14 de TIA Portal, només es disposa dels corresponents a la gamma G.

4.5. Protocol de Comunicacions

La comunicació del PLC amb la pantalla SCADA i els accionaments/variadors de freqüència es realitza a través del protocol de comunicació PROFINET. Pel que fa a la comunicació del PLC amb els sensors i la resta actuadors, es realitza a través de les entrades digitals i analògiques.

4.5.1 PROFINET

PROFINET és un protocol estàndard creat a principis del segle XXI en base al funcionament de PROFIBUS i Ethernet, per a la comunicació en bus de camp a través de quatre fils. El cable és de color verd per defecte, per diferenciar-lo d'altres, i els connectors generalment són RJ45. La velocitat de comunicacions estàndard és de 100 Mbps i al disposar d'equips concentradors de senyals (interruptors), és possible realitzar diferents i molt variades topologies, en línia com es realitzava antigament en PROFIBUS, així com connexions en arbre o en estrella. Cal destacar la possibilitat d'utilitzar protocols de redundància com a MRP (Media Redundancy Protocol) o HRP (High Speed Redundancy Protocol) per, bàsicament, realitzar una connexió a l'anell i que existien dues vies de comunicació amb cada equip, així en el cas d'una desconnexió o ruptura del cable, el sistema seguiria comunicant sense problemes per l'altra via.

Donat que està muntat sobre Ethernet estàndard, tots els equips en el vermell tindran direcció una direcció IP, a més se li donaran nom a cada un. La comunicació de PROFINET en temps real (RT) es realitza a través d'aquest nom i al disposar de direcció IP, també es pot accedir a altres serveis típics d'Ethernet, com seria per exemple el servidor web d'un PLC.

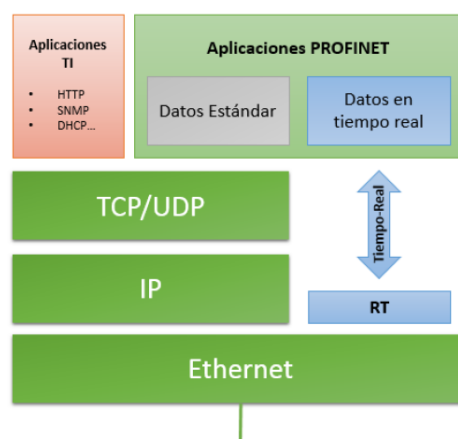


Figura 14. PROFINET

4.6. Sensors

En cas de que el projecte es volgués instal·lar a la fàbrica, els sensors necessaris són 3 cabalímetres i un sensor de temperatura. A continuació, es mostra els models escollits i les seves característiques principals. Es pot obtenir una informació més amplia als annexes del projecte.

4.6.1. Cabalímetre

El cabalímetre que s'ha triat és un cabalímetre màssic de tipus Coriolis que són els més precisos i els que s'adapten més a qualsevol tipus de producte.

El funcionament bàsic dels cabalímetres de Coriolis es basa en els principis de la mecànica del moviment. A mesura que el líquid es mou a través d'un tub vibrant es veu obligat a accelerar a mesura que es mou cap al punt de vibració d'amplitud màxima. En el seu lloc, el líquid desaccelerant s'allunya del punt d'amplitud pic a mesura que surt del tub. El resultat és una reacció de rotació del tub de flux durant les condicions de flux a mesura que passa a través de cada cicle de vibració.

El model que hem triat i que s'adapta millor a les nostres necessitats és el mesurador de cabal Emerson Micro Motion Serie F concretament el model F050P, juntament amb el transmissor Micro Motion 1700 el qual ens permet obtenir cabal màssic o cabal volumètric amb una sortida en de 4-20 mA.



Figura 15. Cabalímetre Emerson Micro Motion Serie F

Les principal especificacions són les següents:

- Capaç de mesurar fins a un cabal màxim de 4570 kg/h (aproximadament 4570 l/h) i un nominal de 2287 kg/h, és a dir, pot mesurar sobradament el cabal que circula per qualsevol de les tres entrades de reactius.
- S'ha escollit aquest model perquè s'adapta a les canonades de DN15.
- Per obtenir el valor del cabal que mesura el sensor s'utilitzarà la sortida analògica que és prèviament sensada pel transmissor de 4 fils i té un rang de 4-20 mA.
- Alimentació del transmissor en CA: de 85 a 265 V CA, 50/60 Hz, 6 watts típic, 11 watts màxim.

4.6.2. Sensor de temperatura Pt100

El sensor de temperatura Pt100 és l'elegit per a mesurar la temperatura del reactor.

Els sensors Pt100 son un tipus específic de detector de temperatura RTD (detector de temperatura por resistència). La característica més important dels elements Pt100 és que

estan fabricats amb platí amb una resistència elèctrica de 100 ohms a una temperatura de 0 °C y és amb diferència el tipus més comú de sensor RTD.

El model que hem triat i que s'adapta millor a les nostres necessitats és el sensor de temperatura Rosemount™ 214C RTD juntament amb el transmissor de temperatura Rosemount™ 148.



Figura 16. Sensor de temperatura Rosemount™ 214C RTD

Les principal especificacions són les següents:

- Té la capacitat de mesurar temperatures dins del rang de -196° y 600° °C, per tant, pot mesurar sobradament les temperatures a les que pot estar el reactor.
- El senyal de sortida que prèviament està sensada pel transmissor (transductor) és de 2 fils i té un rang de 4 a 20 mA.

4.7. Actuadors

En aquest punt, s'explica els models i especificacions principals de les vàlvules i bombes utilitzades.

4.7.1. Vàlvules

En aquest projecte, s'utilitzen dos tipus de vàlvules diferents per fer l'automatització del procés. Tenim les vàlvules tot o res i les vàlvules proporcionals.

- **Vàlvules tot o res:**

Aquestes vàlvules s'utilitzen a les dues desviacions de vapor, a les sortides de la purga i del reactor i a les dues desviacions d'aigua.

Com a seguretat, s'han d'utilitzar diferents tipus de vàlvules tot o res depenent del lloc on s'instal·len. Concretament s'utilitzaran vàlvules normalment tancades i vàlvules normalment obertes de simple efecte. Les normalment tancades s'utilitzen en les dues desviacions de vapor i en les sortides de la purga i del reactor. Per accionar l'electrovàlvula s'han de donar 24V DC. Si es dona 24V, l'actuador pneumàtic s'obrirà i deixarà passar el fluid, sinó, es tancarà. Les electrovàlvules tot o res normalment obertes, s'utilitzen en les dues desviacions d'aigua. La vàlvula estarà obert quan se li doni 0V, en aquest moment, la sortida que marca l'obertura/tancament de la vàlvula entregarà 24V. Si se li dona 24V, la vàlvula estarà tancada i la sortida dels finals de carrera serà de 0V.

El model de vàlvula utilitzat és de la marca Prisma i està format per un conjunt d'uns quants elements per a permetre un control automàtic. Concretament les parts que formen aquest conjunt són la vàlvula, l'electrovàlvula, l'actuador pneumàtic i la caixa de finals de carrera.



Figura 17. Conjunt vàlvula i actuador pneumàtic

Conjunt vàlvula de bola de brides amb actuador pneumàtic d'alumini:

La referència del model exacte d'aquest conjunt de vàlvula de bola de brides amb actuador pneumàtic d'alumini és PRABV1531-34 amb codi d'actuador PA05S.

És el model de 25mm de diàmetre que és la mesura de tots els tubs del circuit escalfador i refrigerador i és de simple efecte per a que només es necessiti una entrada d'aire per a accionar-lo.

S'ha triat aquest model de vàlvula de bola perquè compleix perfectament amb la funció d'obrir i tancar el conducte. El fet d'haver triat una vàlvula amb brides és perquè és el mecanisme que utilitzen a aquesta fabrica per acoblar els elements als conductes.

La vàlvula es col·loca en la seva posició segura en cas de ruptura de la membrana o fallada de membrana de l'energia auxiliar. Les posicions de seguretat de la vàlvula poden ser: sense energia auxiliar oberta o sense energia auxiliar, tancada.

En les dues desviacions de vapor i en les sortides de la purga i del reactor s'escollirà la segona opció. Això vol dir que en cas de tenir un fracàs d'energia auxiliar, la vàlvula del sector de la pilota es tancarà. En canvi, en les dues desviacions d'aigua, si falta energia auxiliar s'obrirà.

- Electrovàlvula:

L'electrovàlvula és el mecanisme que mitjançant un entrada digital obre o tanca l'entrada d'aire que acciona l'actuador pneumàtic.

En aquest cas s'ha escollit l'electrovàlvula Prisma norma NAMUR model EV-500.024C que és el model de 24V DC.

Per a la selecció de l'electrovàlvula adequada cal tenir en compte diverses factors, un d'ells és la posició de seguretat de la vàlvula, és a dir, si es produeix una fallada d'energia això

obre el camí o el tanca. L'electrovàlvula s'ha de configurar depenent de la posició on estigui instal·lada com a normalment oberta o normalment tancada.

- Caixa finals de carrera inductius

S'utilitzen les caixes de finals de carrera de la marca Prisma FCI-201 per a poder assegurar-se que la vàlvula respon als accionaments que se li donen. Concretament s'utilitza el model FCI-201 que es el que disposa de dos sensors inductius per a realitzar la funció de final de carrera tan per a saber si la vàlvula s'ha obert o tancat.

Es tracta d'un element de seguretat que tindran totes les vàlvules.

- **Vàlvula de control:**

A les entrades d'aigua i de vapor s'utilitzaran vàlvules de control. La raó per la qual s'escull aquest tipus de vàlvules és perquè són vàlvules que permeten posicions intermèdies de la tija i estan construïdes per a realitzar la regulació dels fluids amb un control precís.

Les vàlvules de control estaran equipades amb un posicionador electropneumàtic, alimentat per 24 V. No és necessari utilitzar una electrovàlvula, ja que aquestes vàlvules no faran treballs de tall o obertura de canonades.

La vàlvula de control escollida serà el model 3241 amb accionador pneumàtic model 3725, de la marca Samson i el posicionador model 3725 de la marca Samson.



Figura 18. Conjunt vàlvula, accionador pneumàtic i posicionador

La vàlvula de control té les següents característiques:

- Construcció: Vàlvula lineal
- Utilització: Aplicació de baixa pressió, aplicació de regulació, criogènia
- Execució: DIN
- Temperatura ambiental: 196 fins a 450 °C / -320.8 fins a 842 °F
- Energia auxiliar: pneumàtic
- Pas nominal: DN 15 fins a DN 300
- Pressió nominal: PN 10 fins a PN 40

Els accionadors pneumàtics són accionaments de membrana enrotllable i molles internes.

Característiques:

- Dimensionament per a la pressió de control fins a 6 bar (90 psi)
- Carreres nominals de 7,5 a 30 mm
- Alta força d'empenta i velocitat de posicionament
- Fricció mínima
- Diversos marges nominals de senyal de control
- Canvi del marge nominal del senyal i reversió de la direcció de moviment sense necessitat d'eines especials
- Posició de seguretat: Els posicionadors tenen dues possibles posicions de seguretat en funció de l'execució, que són efectives quan la membrana es descarrega de pressió o en cas de fallada de l'energia auxiliar: "Tija sortint de la unitat (FA)": la tija de la unitat es mou a la seva posició final inferior. "Tija entrant a la unitat (FE)": la tija entra a la unitat per la força de les molles.

El posicionador electropneumàtic és d'efecte simple, per a vàlvules de control pneumàtic i el seu punt de consigna és un senyal elèctric de 4 a 20 mA procedent del regulador que converteix el senyal pneumàtic proporcional en el convertidor.

4.7.2. Bombes

Degut a que els cabals necessaris a les tres entrades de reactius són molt semblants, les bombes utilitzades són iguals. Els cabals necessàries varien d'entre 900 l/h (catalitzador i reductor) fins a 2000 l/h (premix) i el material que passa a través de la bomba serà líquid tot i que la seva viscositat pot variar, a més a més, s'ha de protegir la bomba perquè es tracta de productes químics.

Unes bombes que s'adapten molt bé a aquest tipus d'entorn i d'aplicació són les bombes lobulars que tenen les característiques de que ocupen poc espai perquè són molt compactes, tenen baixos costos de manteniment i s'adapten molt bé a líquids de gran viscositat gràcies a la seva estructura i manera de funcionar.

Concretament s'utilitza la bomba SSP Sèrie N, el model N1-000L-H07. Les principals característiques d'aquesta bomba és que pot arribar a proporcionar un cabal de 2300 l/h i pot aguantar fins a 7 bars de pressió, les quals s'adapten perfectament a les nostres necessitats.



Figura 19. bomba SSP Sèrie N

| PUMP MODEL | MAXIMUM SPEED (RPM) | APPROX DISPLACEMENT LITRES/HOUR |
|-------------|---------------------|---------------------------------|
| N1-000S-H07 | 1000 | 1230 |
| N1-000L-H07 | 1000 | 2316 |

| COMPONENT | Nm | lbft |
|----------------------------|-----|------|
| Rotorcase Front Cover Nut | 8.0 | 6.0 |
| Rotor Retention Disc Screw | 5.0 | 3.7 |

| PUMP MODEL | PORT SIZE | | DISPLACEMENT | | MAXIMUM DISCHARGE PRESSURE | | MAXIMUM SPEED |
|-------------|-----------|----|--------------|----------|----------------------------|-----|---------------|
| | in | mm | gal/100rev | l/100rev | lbf/in ² | bar | rpm |
| N1-000S-H07 | ¼ | 6 | 0.45 | 2.05 | 100 | 7 | 1000 |
| N1-000L-H07 | ½ | 12 | 0.85 | 3.86 | 100 | 7 | 1000 |
| | 1 | 25 | | | | | |

L'accionament d'aquesta bomba es realitza mitjançant un motor elèctric, el qual ha de poder arribar als 1000 rpm que són els que proporcionen els 2300 l/h màxims que pot subministrar la bomba escollida tal com es pot observar a les taules anteriors. També ha de poder tindre suficient força per impulsar el líquid als 7 bars màxims, per fer-ho tal com s'observa a la taula dels components, el rotor pot arribar a proporcionar un parell motor de 8 Nm.

El motor elèctric escollit és el Motor Siemens de 2 CV 1500 B3 230/400V IE3 1LE1001-0EB42-2FA. Es tracta d'un motor asíncron de 1,5 kW, pols, un parell motor de fins a 10 Nm, amb una velocitat angular màxima de 1500 rpm i amb una freqüència de 50 Hz en condicions nominal. L'alimentació d'aquest motor és de 230 V en triangle i 400 V en estrella a 50 Hz (es connecta en estrella). S'ha escollit el model amb una brida de tipus B5 per a poder realitzar l'encaixament amb la bomba. Totes aquestes característiques confirmen que el motor s'adapta perfectament a les necessitats de la bomba utilitzada per impulsar els reactius.

Per alimentar el motor elèctric es necessària una font d'alimentació capaç de proporcionar 400 V (connexió en estrella) i 1,5 kW. Una font d'alimentació que s'adapta a aquestes condicions és la PM240 IP20 FSA U 400V 1,5kW amb referència 6SL3224-0BE21-5UA0. Aquesta font té un rang tensió de 380 – 480V, una potència de 1,5 kW i grau de protecció IP20.

4.8. Variador de freqüència

Per a poder controlar les velocitats a la que giren els motors elèctrics que impulsen les bombes, s'utilitzen variadors de freqüència, ja que es tracta de la solució més òptima. S'ha decidit utilitzar els variadors de freqüència SINAMICS de la marca Siemens que estan formats per les series V, G i S. Per tal de poder realitzar tots els ajustos necessaris des del Tia Portal, es necessari instal·lar el software SINAMICS Startdrive, el qual es descriu al apartat 4.4.3.

- **SINAMICS V:**

Els equips pertanyents a la sèrie V, ofereixen una sèrie de solucions molt econòmiques per a la maquinària més senzilla i de menors dimensions. Depenent de l'equip utilitzat, es tenen disponibles diferents modes de control: des del "clàssic" V/f en llaç obert, és a dir, sense realimentació, fins a modes de control amb realimentació de velocitat, i fins i tot, posició del motor. Els models disponibles són el V20, el V70 i el V90.

- **SINAMICS G:**

La família de SINAMICS G s'implementa en màquines utilitzades per al transport de mercaderies, bombeig, ventilació, etc., és a dir, per a modes de control en llaç obert (V/f) o regulació vectorial en llaç tancat, amb controls de velocitat o parell; encara que alguna unitat de control d'aquesta sèrie inclou el control de posició, però això serà una cosa puntual. Dins d'aquesta sèrie existeixen subsèries les quals disposen de més models que es diferencien segons el tipus constructiu i per altres característiques específiques. Aquestes subsèries són les G110, G120, G130 i G150.

- **SINAMICS S:**

Els equips de la sèrie SINAMICS S s'implementen en màquines de producció (envasament, embalatge, maquinària tèxtil, de paper) i màquines d'eina. Permeten utilitzar control V/f, regulació vectorial i servorregulació, sent els dos últims els més utilitzats. Generalment, són màquines amb més d'un eix (motor), tot i que es disposa de solucions per a un únic eix (SINAMICS S110 i S120 mono-eix). També hi ha una altra solució puntual amb el S150 per a uns tipus de màquines concretes (centrifugadores, talladores transversals...).

- **Variador de freqüència utilitzat:**

En aquest projecte, el variador utilitzat és de la família SINAMICS G, concretament el G120P ja que es tracta d'un convertidor utilitzat en màquines de bombeig i ventilació. Funciona amb una unitat de control específica per a aquest tipus d'equips, la CU230P, la qual aporta funcions utilitzades en aquestes màquines i de la qual es deriven diferents models que es diferencien, principalment, pel sistema bus utilitzat per comunicar-se amb el PLC. Com que ens interessa realitzar una comunicació per PROFINET, la CPU escollida és la CU230P-2 PN. Per a controlar la velocitat del motor s'han ajustat els paràmetres del variador per a que realitzi un control V/f (classe d'aplicació: Standard Drive Control (SDC)). Un altre ajust important a realitzar quan es descriuen els paràmetres del motor és que la carga que ha de suportar el motor és una carga dinàmica que depèn de la velocitat ja que a major flux del reactiu, major serà el parell resistent que haurà de contrarestar el motor.



Figura 20. Variador de freqüència G120P

4.9. Controlador PID

El control per PID s'utilitza per a obtenir el valor d'obertura de les vàlvules d'entrada d'aigua i vapor i per a obtenir la velocitat de gir de les bombes de les tres entrades de reactius.

L'algoritme del control PID té tres paràmetres diferents: el proporcional, l'integral i el derivatiu. El valor proporcional depèn de l'error actual; l'Integral depèn dels errors passats; i el Derivatiu és una predicció dels errors futurs. La suma d'aquestes tres accions es fa servir per ajustar el procés per mitjà d'un element de control com la posició d'una vàlvula de control o la velocitat de gir d'una bomba. Els membres de la família de controladors PID inclouen tres accions: proporcional (P), integral (I) i derivativa (D). Aquests controladors són els anomenats P, PI, PD i PID.

- Control proporcional (P):

A l'algoritme de control proporcional la sortida del controlador ($u(t)$) és proporcional al senyal d'error ($e(t)$):

$$u(t) = Kp * e(t)$$

On Kp és el guany proporcional ajustable.

- Control proporcional integral (PI):

Acció de control proporcional-integral, és una combinació entre aquests dos tipus de reguladors i es defineix mitjançant:

$$u(t) = [Kp * e(t)] + [Kp Ti * \int e(t)dt]$$

El temps d'integració Ti regula la velocitat de l'acció de control, per la qual cosa la sortida del controlador varia en relació amb el temps en què ha romàs l'error. Amb una acció proporcional, la resposta del controlador serà instantània a la detecció del senyal d'error, mentre que l'acció Integral serà l'encarregada d'anul·lar totalment l'error, ja que amb un petit error positiu sempre donarà una acció de control creixent, i si fos negatiu el senyal de control serà decreixent. Per tant, l'error en règim permanent serà sempre zero.

- Control proporcional derivatiu (PD):

Acció de control proporcional-derivativa, es defineix mitjançant:

$$u(t) = [Kp * e(t)] + [Kp * Td * de(t) dt]$$

On Td és una constant de temps anomenada temps derivatiu. Quan la velocitat de variació a l'entrada del sistema és ràpida, la resposta del regulador és molt brusca. A causa de l'acció derivativa, aquest tipus de controlador té el desavantatge d'amplificar senyals de soroll i afegir amortiment al sistema, encara que és molt recomanable en casos en què el senyal d'error varia en el temps de forma contínua i s'ha d'actuar ràpidament.

- Control proporcional integral derivatiu (PID):

Acció de control proporcional-integral-derivativa, aquest tipus de regulació intenta aprofitar els avantatges de cadascuna de les tres accions de control individuals. L'equació d'un controlador PID es defineix mitjançant:

$$u(t) = [Kp * e(t)] + [Kp Ti * \int e(t)dt] + [Kp * Td * de(t) dt]$$

5 Programa PLC

A continuació, es descriu detalladament el desenvolupament dels programes PLC, que contenen la lògica de funcionament, així com la configuració de xarxes i equips que aquests PLC controlen.

5.1. Estil de Programació

El programa realitzat segueix una estructura relacionada amb els estats descrits a la guia GEMMA. Totes les funcions i blocs d'organització realitzen les seves accions quan el teòric GRAFCET de la guia GEMMA ho indica.

Principalment, el llenguatge de programació utilitzat és el de diagrama de contactes (KOP) i en menor mesura el llenguatge SCL.

Les funcions incloses al Grup GRAFCET descrit a l'apartat 3.6 són les encarregades de organitzar tot el programa perquè són les que representen el GRAFCET de la guia GEMMA. Pel que fa al tipus de programació, s'utilitza la programació estructurada i la modular.

Es estructurada perquè s'utilitzen estructures selectives en les quals s'avaluen les condicions i en funció del resultat de les mateixes es realitzen unes accions o altres i també perquè hi ha estructures repetitives (ob cíclics) en les quals es realitzen seqüències d'instruccions que es repeteixen un nombre determinat de vegades.

Es modular perquè hi ha blocs lògics que es reutilitzen per a tasques estàndard, com ara l'activació o desactivació de PIDs.

5.2. Configuració de Xarxes i Equips

El primer pas de la nostra programació serà la configuració de les nostres xarxes i equips des de TIA PORTAL.

S'ha d'indicar quin maquinari serà utilitzat en el nostre projecte, per això es selecciona, des de les llibreries que ens ofereix TIA PORTAL, tots els dispositius que formaran part del nostre projecte.

Un cop s'ha seleccionat el nostre maquinari, haurem de configurar una xarxa mitjançant la qual es comunicaran els nostres equips.

Els equips es comunicaran per PROFINET i per tant, s'haurà d'assignar una adreça IP a cada un dels nostres equips. Aquestes són els equips configurats, juntament amb la seva adreça IP:

| Nom Equip | Descripció | Adreça IP |
|-------------------------|--|------------------|
| PLC_Ctrl_Temp_Reactor | PLC CPU 1513-1 PN | 192.168.0.1 |
| PC-System_Ctrl_Temp_Rct | Estació PC SIMATIC amb WinCC RT Advanced | 192.168.0.2 |
| Accionament_ERP | Variador de freqüència per l'entrada ERP G120P CU230P-2 PN | 192.168.0.5 |
| Accionament_ERC | Variador de freqüència per l'entrada ERC G120P CU230P-2 PN | 192.168.0.6 |

| | | |
|-----------------|--|-------------|
| Accionament_ERR | Variador de freqüència per l'entrada G120P CU230P-2 PN | 192.168.0.7 |
|-----------------|--|-------------|

Aquest és l'aspecte que presenten els equips una vegada han estat configurats.

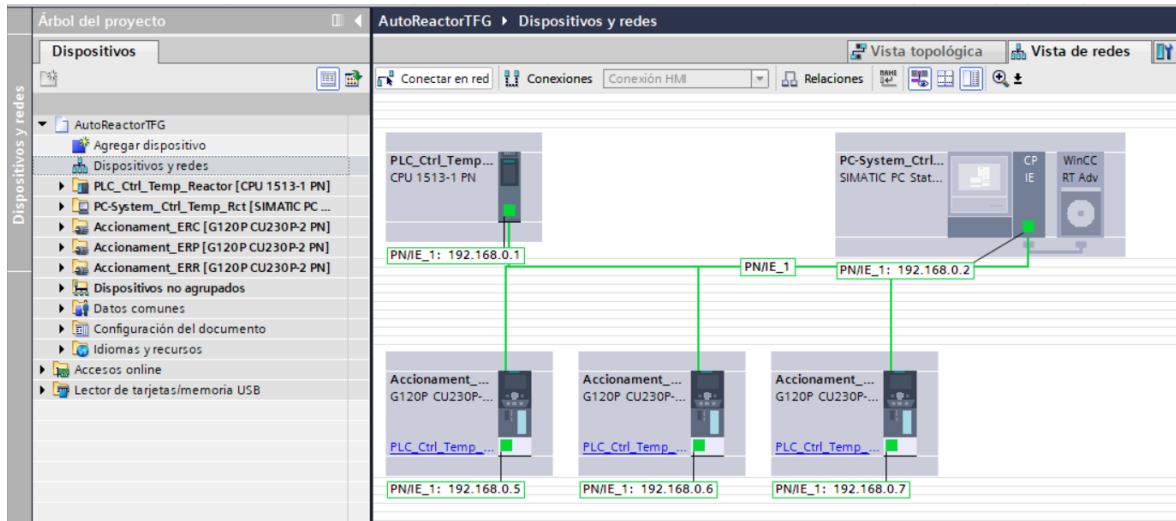


Figura 21. Esquema xarxes i equips

Com es pot observar a la imatge anterior, s'ha creat una xarxa PROFINET (color verd) amb tots els dispositius que hi pertanyen. A l'arbre del projecte també veiem que s'han creat les diferents carpetes associades de cadascun dels equips nombrats.

5.2. Llistat de Entrades, Sortides, Marques i Variables Internes

| General | Variables IO | Constantes de sistema | Textos | |
|---------|--------------|-----------------------|--------------------|--------------------------------------|
| Nombre | Tipo | Dirección | Tabla de variables | Comentario |
| S_EvSP | Bool | %Q0.0 | Sortides_Fisiques | Sortida Ev. Sortida Purga |
| S_EvSR | Bool | %Q0.1 | Sortides_Fisiques | Sortida Ev. Sortida Reactor |
| S_EvDsV | Bool | %Q0.2 | Sortides_Fisiques | Sortida Ev. Desviació Superior Vapor |
| S_EvDiV | Bool | %Q0.3 | Sortides_Fisiques | Sortida Ev. Desviació Inferior Vapor |
| S_EvDsA | Bool | %Q0.4 | Sortides_Fisiques | Sortida Ev. Desviació Superior Aigua |
| S_EvDiA | Bool | %Q0.5 | Sortides_Fisiques | Sortida Ev. Desviació Inferior Aigua |
| | Bool | %Q0.6 | | |
| | Bool | %Q0.7 | | |

Figura 22. Mòduls entrades i sortides

Per definir les entrades i sortides corresponents a cada ET, cal seleccionar dins de cada mòdul d'E/S quina adreça tindrà cadascuna.

En el cas d'una entrada digital s'indicarà que es tracta d'una variable booleana i per tant, l'adreça serà %I XX.X.

En el cas d'una sortida digital s'indicarà que es tracta d'una variable booleana la adreça de la qual serà %Q XX.X.

En el cas de les entrades analògiques caldrà indicar que és una variable de tipus Word de 16 bits, la nomenclatura dels quals serà %IWXX

Pel que fa a les sortides analògiques, seran variables de tipus Word amb un format %QWXX

- Llistat complet de les entrades del PLC:

| Nom | Tipus de dades | Direcció | Descripció |
|------------|-----------------------|-----------------|--|
| E_EvEA | Bool | %I8.0 | Senyal d'error de la vàlvula d'entrada d'aigua. |
| E_EvEV | Bool | %I8.1 | Senyal d'error de la vàlvula d'entrada de vapor. |
| E_EvDsV | Bool | %I8.2 | Senyal obertura/tancament vàlvula desviació superior de vapor. |
| E_EvDiV | Bool | %I8.3 | Senyal obertura/tancament vàlvula desviació inferior del vapor. |
| E_EvDsA | Bool | %I8.4 | Senyal obertura/tancament vàlvula desviació superior de l'aigua. |
| E_EvDiA | Bool | %I8.5 | Senyal obertura/tancament vàlvula desviació inferior del vapor. |
| E_EvSP | Bool | %I8.6 | Senyal obertura/tancament vàlvula sortida purga. |
| E_EvSR | Bool | %I8.7 | Senyal obertura/tancament vàlvula sortida reactor. |
| E_CERP | Int | IW0 | Cabalímetre de l'entrada de reactius de la premix. |
| E_CERC | Int | IW2 | Cabalímetre de l'entrada de reactius del catalitzador. |
| E_CERR | Int | IW4 | Cabalímetre de l'entrada de reactius del reductor. |
| E_Pt100 | Int | IW6 | Sensor de temperatura del reactor. |

- Llistat complet de les sortides del PLC:

| Nom | Tipus de dades | Direcció | Descripció |
|---------|----------------|----------|---------------------------------------|
| S_EvSP | Bool | %Q0.0 | Sortida Ev. Sortida Purga. |
| S_EvSR | Bool | %Q0.1 | Sortida Ev. Sortida Reactor. |
| S_EvDsV | Bool | %Q0.2 | Sortida Ev. Desviació Superior Vapor. |
| S_EvDiV | Bool | %Q0.3 | Sortida Ev. Desviació Inferior Vapor. |
| S_EvDsA | Bool | %Q0.4 | Sortida Ev. Desviació Superior Aigua. |
| S_EvDiA | Bool | %Q0.5 | Sortida Ev. Desviació Inferior Aigua. |
| S_EvEA | Int | %QW1 | Sortida Ev. Entrada Aigua. |
| S_EvEV | Int | %QW2 | Sortida Ev. Entrada Vapor. |

- Marques:

Pel que fa les marques, només s'utilitzen per a configurar els flancs de pujada i baixada de per exemple els senyals d'entrada de les entrades digitals.

- Variables Internes:

Per emmagatzemar les variables internes usades al programa s'han creat blocs de dades (DB).

Els blocs de dades (DB) es creen al programa d'usuari per emmagatzemar les dades dels blocs lògics. Tots els blocs del programa d'usuari poden accedir a les dades d'un DB global.

Els DB creats es mostren al apartat 5.4.4

5.3. Programa

A continuació, es descriu la lògica programada dins del PLC CPU 1513-1 PN.

El programa té la següent estructura:



Figura 23. Estructura cíclica del programa

Hi ha un bloc d'arrancada que només s'executarà al moment en el qual el PLC passi d'estar parat (STOP) ha està en funcionament (RUN).

Després es realitza una lectura dels sensors i els actuadors i es guarden els valors a la memòria. En el nostre cas, aquesta lectura es fa de manera simulada.

Amb aquests valors es realitzaran els càlculs de totes les sortides dels PID's, es comprovaran que els sensors no sobrepassin cap valor límit dins del bloc de les alarmes, es comprovarà si des de la pantalla SCADA s'ha pitjat algun interruptor o canviat algun valor de qualsevol variable, sortida o entrada i es realitzarà les accions pertinents depenen de si estem al inici, entremig o final de la reacció.

Amb totes aquestes accions es definiran els valors que han de tindre les sortides en aquell instant i s'enviaran aquests valors a les sortides físiques del PLC i tornarà a començar el procés cíclic.

5.4 Blocs de Programa

La part de control programada al PLC s'ha estructurat per grups, que contenen al seu torn els blocs utilitzats per a cadascuna de les accions a realitzar en l'aplicació. El haver-los estructurat així és només per a major claredat, però no té cap implicació des del punt de vista de la execució dels mateixos. També es poden observar fora d'aquests grups, els blocs d'execució cíclica programa (OB1) i el d'execució en l'arrencada (OB100).

5.4.1. Blocs d'organització (OB)

El llistat de blocs d'organització (OB) és el següent:

- **Startup (OB100):**

Es tracta del bloc d'arrencada. Es un OB que només s'activa una vegada, quan el PLC passa d'estar aturat (STOP) a estar arrancat (RUN).

- ▶ Segmento 1: Obrir/Accionar Sortida Ev. Desviació Superior Aigua
- ▶ Segmento 2: Obrir/Accionar Sortida Ev. Desviació Inferior Aigua
- ▶ Segmento 3: Visibilitat del polsador "Iniciar/Reiniciar_Reacció".

Figura 24. Startup (OB100)

Acciona les sortides de les desviacions superior i inferior d'aigua perquè són electrovàlvules N.O. i han d'estar tancades al iniciar el programa. També es fa aparèixer el polsador "Iniciar/Reiniciar_Reacció" a la pantalla Inici.

- **Main (OB1):**

El OB1 conté, separades per diferents segments, les crides a totes les funcions (FC) de la instal·lació.

- ▶ Segmento 1: Lectura de les Entrades Físiques
- ▶ Segmento 2: Simulació dels sensors, les entrades digitals i tot el necessari per a la simulació del reactor
- ▶ Segmento 3: Grup Alarmes
- ▶ Segmento 4: Grup GRAFCET
- ▶ Segmento 5: Grup Maniobres
- ▶ Segmento 6: Preparació de les sortides
- ▶ Segmento 7: Accionament de les sortides físiques
- ▶ Segmento 8: Accions posteriors al accionament de les sortides físiques

Figura 25. Main (OB1)

Tal com es pot observar, es criden les funcions seguint l'ordre explicat al apartat 5.3.

- **ob_Escalfament:**

Aquest bloc d'organització (OB) és de tipus interrupció cíclica perquè conté un PID. Té un temps de cycle baix i té més prioritat que el OB Main. Executa la maniobra d'escalfament del reactor.

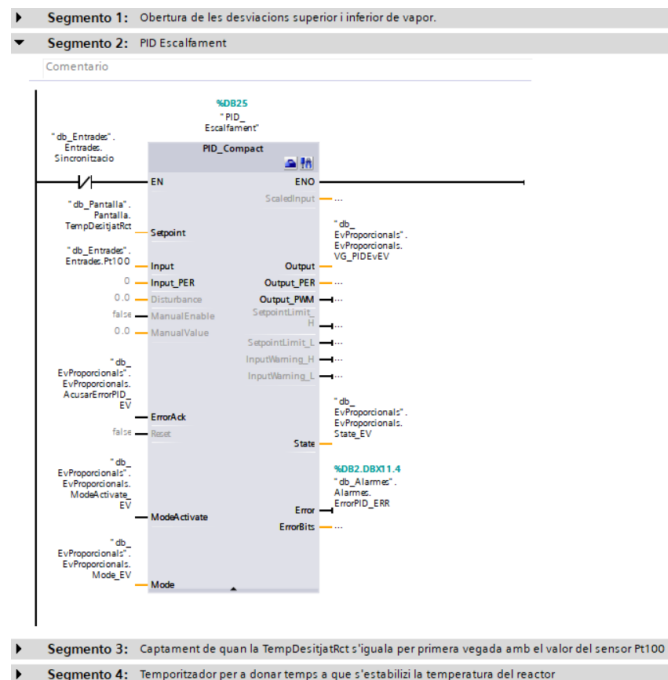


Figura 26. ob_Escalfament

Una altra funció que realitza és activar un temporitzador quan la temperatura del sensor s'iguala per primera vegada amb la consigna, així, es deixa un temps per a que s'estabilitzi abans de poder passar a la següent finestra de la pantalla Inici.

- **ob_Refrigeracio:**

Aquest bloc d'organització (OB) és de tipus interrupció cíclica. Dóna inici a la maniobra de refrigeració del reactor.

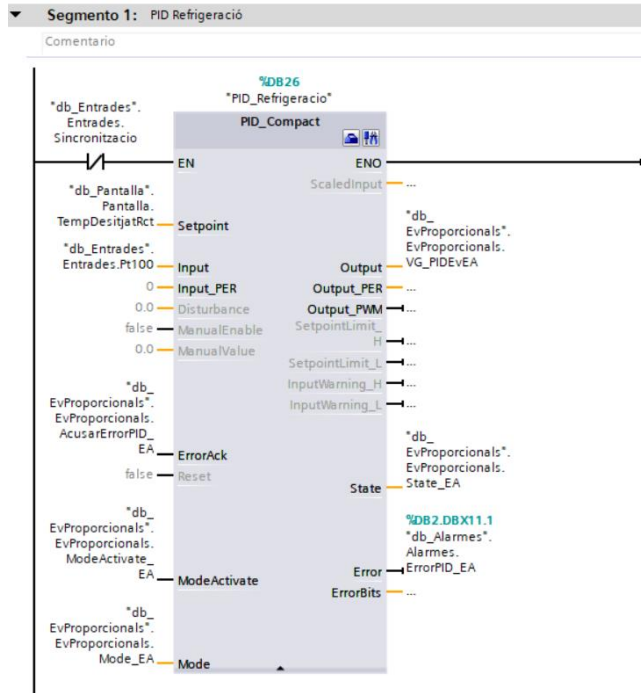


Figura 27. ob_Refrigeració

- **ob_EntradesReactius:**

Aquest OB també és de tipus interrupció cíclica i conté els PID que calculen la sortida que se li passa als variadors de freqüència.

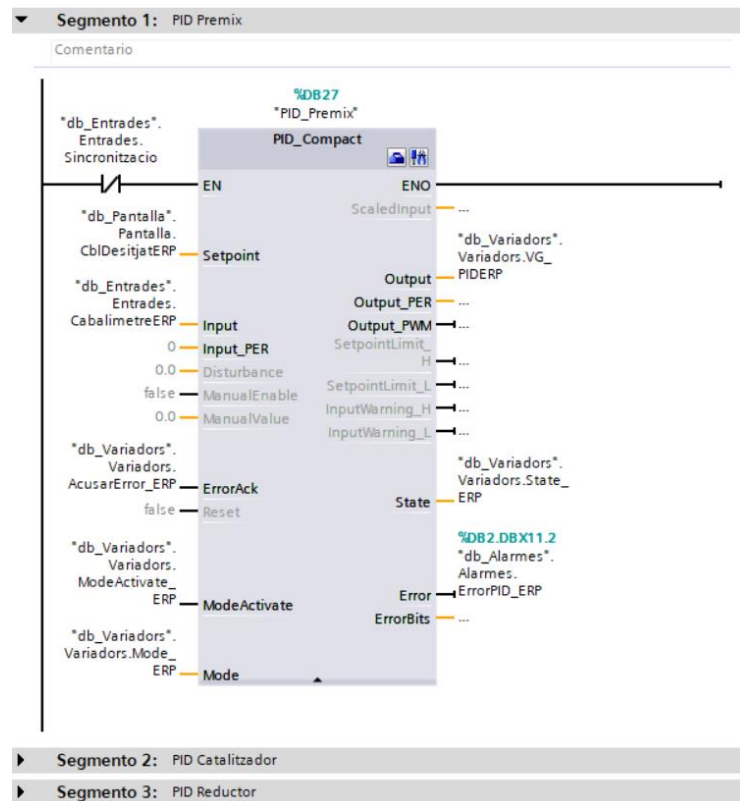


Figura 28. ob_Entrades reactius

5.4.2. Funcions (FC)

El llistat de totes les funcions (FC) és el següent:

- **fc_LecturaEntrades:**

Aquesta funció s'encarrega de llegir els valors de les entrades de les vàlvules tot o res, de les vàlvules proporcionals i les entrades analògiques on van connectats els sensors i guardarlos a variables globals que són les que s'utilitzaran per a realitzar tots els càlculs necessaris per a obtenir els valors de sortida dels actuadors.

Mentre el programa sigui simulat, aquestes entrades s'accionaran des del fc_SimulacioEntrades. Si s'utilitza a un reactor real, llavors les senyals de les entrades si que serien reals.

Es pot dividir el FC en els segments que llegeixen entrades digitals i els segments que llegeixen entrades analògiques.

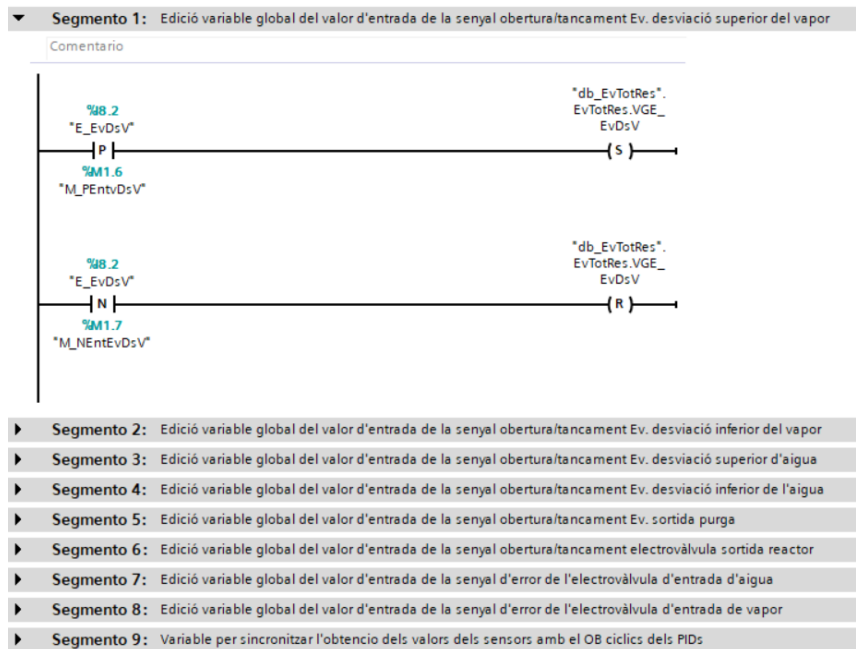


Figura 29a. fc_LecturaEntrades

Cada vegada que es detecta un senyal de pujada o baixada a una entrada digital, es posa a 1 o a 0 la variable global que correspongui.

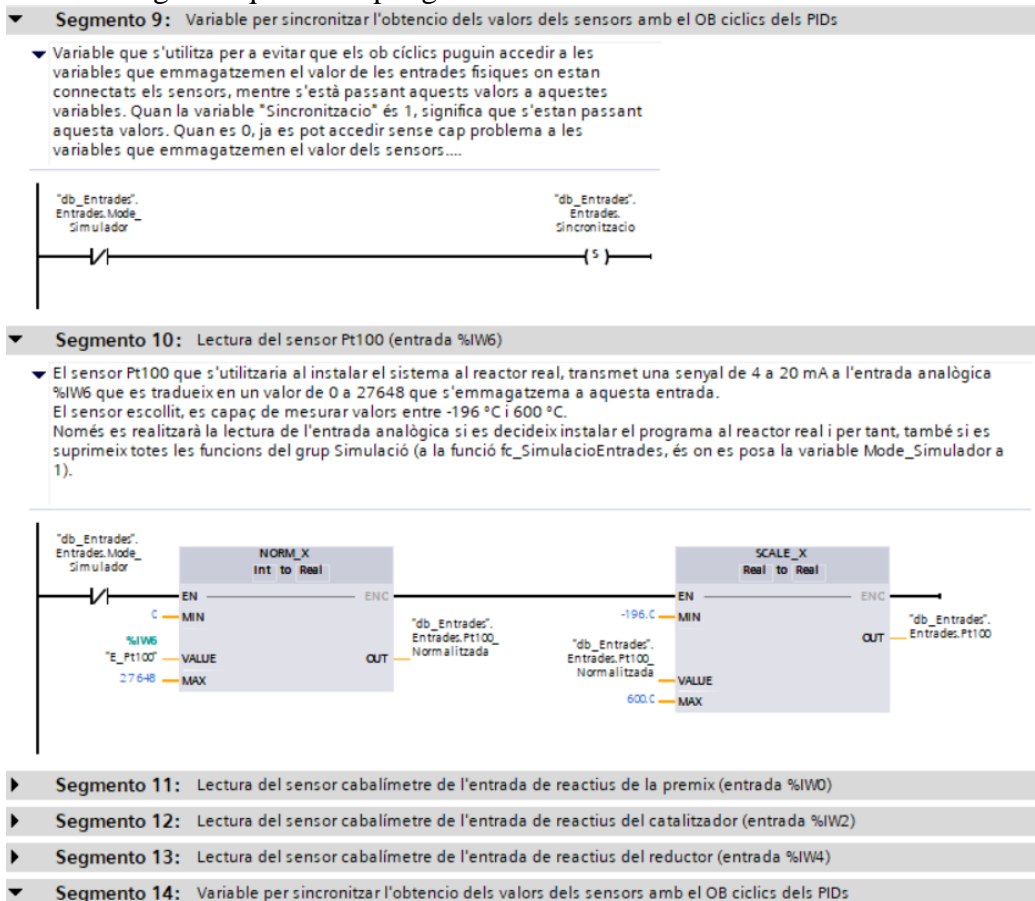


Figura 29b. fc_LecturaEntrades

En cas de que s'elimini les FC de simulació, hi ha els segments 9 i 14 per a evitar que els ob cíclics puguin activar-se quan s'està realitzant la lectura de les entrades i transportant els valors a les seves variables globals.

En les entrades analògiques es necessari realitzar una normalització i escalament dels valors obtinguts per adequar-los al valors que necessitem.

- **fc_SimulacioCabalimetre:**

Es tracta d'un FC que mitjançant variables locals i llenguatge SCL, crea la simulació d'un cabalímetre. Des del Main es crida tres vegades aquest FC per a simular els cabalímetres de les entrades de reactius de la premissa, el catalitzador i el reductor.

```

1 IF #Inici_Simulacio THEN
2   #Sincronitzacio := 1;
3   IF #Mode_Manual OR #Simular_Cabals THEN
4     IF #Mode_Manual = 1 THEN
5       #S_EntradaReactius := #S_Manual_EntradaReactius;
6     END_IF;
7     IF #Mode_Manual = 0 THEN
8       #S_EntradaReactius := #S_PID_EntradaReactius;
9     END_IF;
10    IF #S_EntradaReactius >= 97 THEN
11      #Cabalimetre := #Cabalimetre + 4;
12    END_IF;
13    IF #S_EntradaReactius >= 90 AND #S_EntradaReactius < 97 THEN
14      #Cabalimetre := #Cabalimetre + 1.5;
15    END_IF;
16    IF #S_EntradaReactius >= 75 AND #S_EntradaReactius < 90 THEN
17      #Cabalimetre := #Cabalimetre + 0.8;
18    END_IF;
19    IF #S_EntradaReactius >= 60 AND #S_EntradaReactius < 75 THEN
20      #Cabalimetre := #Cabalimetre + 0.6;
21    END_IF;
22    IF #S_EntradaReactius >= 45 AND #S_EntradaReactius < 60 THEN
23      #Cabalimetre := #Cabalimetre + 0.3;
24    END_IF;
25    IF #S_EntradaReactius >= 30 AND #S_EntradaReactius < 45 THEN
26      #Cabalimetre := #Cabalimetre - 0.3;
27    END_IF;
28    IF #S_EntradaReactius >= 15 AND #S_EntradaReactius < 30 THEN
29      #Cabalimetre := #Cabalimetre - 0.6;
30    END_IF;
31    IF #S_EntradaReactius >= 5 AND #S_EntradaReactius < 15 THEN
32      #Cabalimetre := #Cabalimetre - 1.5;
33    END_IF;
34    IF #S_EntradaReactius < 5 THEN
35      #Cabalimetre := #Cabalimetre - 6;
36    END_IF;
37    //Limitem els valors del cabalimetre als que tindria el sensor real:
38    IF #Cabalimetre < 0 THEN
39      #Cabalimetre := 0;
40    END_IF;
41    IF #Cabalimetre > #LimitCabalimetre THEN
42      #Cabalimetre := #LimitCabalimetre;
43    END_IF;
44  END_IF;

```

Figura 30. fc_SimulacióCabalímetres

Com es pot observar, la simulació dels cabalímetres només es realitzarà es posi a 1 la variable “Inici Simulació” des del fc_ControlSimuladors. S'utilitza la variable sincronització com una espècie de Mutex ja que el valor del cabalímetre és un recurs compartit perquè s'utilitza dins d'aquesta funció i també en el ob_EntradaReactius i per evitar conflictes, s'evita que es pugui utilitzar aquest recurs compartit mentre es manipula dins d'aquest FC.

El valor del cabalímetre depèn exclusivament del percentatge d'obertura que representa la velocitat de gir de la bomba d'entrada de reactius. D'aquesta manera, es pot realitzar una simulació més realista del sistema ja que els PIDs notaran que els sensors canvien de valor depenen de la sortida calculada per ells. Finalment, s'ha limitat el valor del cabalímetre als valors que pot obtenir cadascun dels cabalímetres reals.

- **fc_SimulacioPt100:**

Es tracta d'un FC que mitjançant variables locals i llenguatge SCL, crea la simulació d'un sensor de temperatura Pt100.

```

1 IF #Inici_simulacio THEN
2     #Sincronitzacio := 1;
3 IF #Mode_Escalfor_Reactor THEN
4     IF #S_EntradaVapor >= 90 THEN
5         #Pt100 := #Pt100 + 0.8;
6     END_IF;
7     IF #S_EntradaVapor >= 75 AND #S_EntradaVapor < 90 THEN
8         #Pt100 := #Pt100 + 0.7;
9     END_IF;
10    IF #S_EntradaVapor >= 60 AND #S_EntradaVapor < 75 THEN
11        #Pt100 := #Pt100 + 0.6;
12    END_IF;
13    IF #S_EntradaVapor >= 45 AND #S_EntradaVapor < 60 THEN
14        #Pt100 := #Pt100 + 0.3;
15    END_IF;
16    IF #S_EntradaVapor >= 30 AND #S_EntradaVapor < 45 THEN
17        #Pt100 := #Pt100 - 0.2;
18    END_IF;
19    IF #S_EntradaVapor >= 15 AND #S_EntradaVapor < 30 THEN
20        #Pt100 := #Pt100 - 0.4;
21    END_IF;
22    IF #S_EntradaVapor >= 5 AND #S_EntradaVapor < 15 THEN
23        #Pt100 := #Pt100 - 0.5;
24    END_IF;
25    IF #S_EntradaVapor < 5 THEN
26        #Pt100 := #Pt100 - 0.6;
27    END_IF;
28 END_IF;

```

Figura 31a. fc_SimulacióPt100

```

32 IF #Mode_Refrigerar_Reactor THEN
33     IF #S_EntradaAigua >= 90 THEN
34         #Pt100 := #Pt100 - 1;
35     END_IF;
36     IF #S_EntradaAigua >= 75 AND #S_EntradaAigua < 90 THEN
37         #Pt100 := #Pt100 - 0.8;
38     END_IF;
39     IF #S_EntradaAigua >= 60 AND #S_EntradaAigua < 75 THEN
40         #Pt100 := #Pt100 - 0.6;
41     END_IF;
42     IF #S_EntradaAigua >= 45 AND #S_EntradaAigua < 60 THEN
43         #Pt100 := #Pt100 - 0.3;
44     END_IF;
45     IF #S_EntradaAigua >= 30 AND #S_EntradaAigua < 45 THEN
46         #Pt100 := #Pt100 + 0.3;
47     END_IF;
48     IF #S_EntradaAigua >= 15 AND #S_EntradaAigua < 30 THEN
49         #Pt100 := #Pt100 + 0.4;
50     END_IF;
51     IF #S_EntradaAigua >= 5 AND #S_EntradaAigua < 15 THEN
52         #Pt100 := #Pt100 + 0.6;
53     END_IF;
54     IF #S_EntradaAigua < 5 THEN
55         #Pt100 := #Pt100 + 0.7;
56     END_IF;
57 END_IF;
58 //Indiquem el valor que ha de tindre el Pt100 quan les variables Mode_
59 IF #Mode_Escalfor_Reactor = 0 AND #Mode_Refrigerar_Reactor = 0 THEN
60     #Pt100 := #Pt100 - 1;
61 END_IF;
62 //Limitem els valors del sensor Pt100 als que tindria el sensor real.
63 IF #Pt100 < 0 THEN
64     #Pt100 := 0;
65 END_IF;
66 IF #Pt100 > #LimitPt100 THEN
67     #Pt100 := #LimitPt100;
68 END_IF;
69 #Sincronitzacio := 0;
70 END_IF;

```

Figura 31b. fc_Simulació Pt100

En aquest cas, s'inicia la simulació amb la mateixa variable que en la simulació dels cabalímetres i també disposa de la mateixa variable de sincronització.

El valor del Pt100 depèn del percentatge d'obertura de l'electrovàlvula d'aigua o de vapor d'aquesta manera, s'aconsegueix obtenir una simulació més realista del sistema. Si el sistema s'està escalfant, quan més oberta està l'electrovàlvula d'entrada de vapor més augmentarà el valor del Pt100. Si s'està refrigerant, funciona de manera contrària, ja que una major entrada d'aigua, faria reduir la temperatura del reactor.

- **fc_ControlSimuladors:**

És un FC que té la funció de manipular les variables que controlen el fc_SimulacioCabalimetre i el fc_SimulacioPt100 per a què funcionin correctament quan facin falta.

| | |
|---|--|
| ▶ | Segmento 1: Segment que serveix per a modificar de manera simulada que els dipòsits dels reactius s'han buidat. |
| ▶ | Segmento 2: A l'etapa A1, es dóna inici a la simulació dels sensors |
| ▶ | Segmento 3: A l'etapa F4, es dóna inici a la simulació dels sensors |
| ▶ | Segmento 4: Activació de la simulació del sensor Pt100 en mode refrigeració a l'etapa A5FR |
| ▶ | Segmento 5: Atur de la simulació del sensor Pt100 en mode escalfament i dels cabalímetres a l'etapa A6 |
| ▶ | Segmento 6: Atur de la simulació del sensor Pt100 en mode refrigeració i activació del mode escalfament a l'etapa F2E |
| ▶ | Segmento 7: Atur de la simulació del sensor Pt100 en mode escalfament i activació del mode refrigeració a l'etapa F1R |
| ▶ | Segmento 8: Activació de la simulació dels cabalímetres |
| ▶ | Segmento 9: Atur de la simulació del sensor Pt100 en mode escalfament i dels cabalímetres a l'etapa F3IR |
| ▶ | Segmento 10: Activació de la simulació del sensor Pt100 en mode refrigeració i atur de la simulació dels cabalímetres |
| ▶ | Segmento 11: Activació de la simulació del sensor Pt100 en mode refrigeració i atur de la simulació dels cabalímetres |

Figura 32. fc_ControlSimuladors

Es pot observar com depenen de l'etapa en la que s'està, s'activa o es desactiva la simulació dels sensors.

- **fc_SimulacioEntrades:**

Es tracta d'un FC que té la funció de simular les entrades digitals dels actuadors, les quals, en un sistema real les activarien els propis actuadors però, en un sistema simulat no existeix aquesta opció.

| | |
|---|---|
| ▶ | Segmento 1: Activació variable que indica si s'han de simular o no, els sensors i les entrades físiques. |
| ▶ | Segmento 2: Activació o desactivació de Entrada Física Ev. Desviació Superior Vapor |
| ▶ | Segmento 3: Activació o desactivació de Entrada Física Ev. Desviació Inferior Vapor |
| ▶ | Segmento 4: Activació o desactivació de Entrada Física Ev. Desviació Superior Aigua |
| ▶ | Segmento 5: Activació o desactivació de Entrada Física Ev. Desviació Inferior Aigua |
| ▶ | Segmento 6: Activació o desactivació de Entrada Física Ev. Sortida Purga |
| ▶ | Segmento 7: Activació o desactivació de Entrada Física Ev. Sortida Reactor |

Figura 33. fc_SimulacióEntrades

El segment 1 s'activa una variable que s'utilitza per a indicar que no s'han de normalitzar ni escalar els valors d'entrada dels sensors perquè estem en mode simulació. En cas d'instal·lar el programa al reactor real, al eliminar totes les FC de simulació, aquesta variable estaria

sempre a 0 i per tant, si que es realitzaria la normalització i escalat de les entrades analògiques dels sensors.

- **fc_FiSimulacio:**

Funció que serveix per a reiniciar totes les variables que formin part del db_Sensors un cop s'arriba al punt en el qual es prepara el reactor per a una nova reacció o reiniciar la que s'estava duen a terme.

▶ Segmento 1: Reset de totes les variables de la secció de Simulació.

Figura 34. fc_FiSimulacio

Només es desactiva la simulació del sensor Pt100 quan totes les altres vàlvules estan tancades correctament, que es quan es tanca, al programa principal, les vàlvules del bloc de refrigeració.

- **fc_AlarmesActuadors:**

En aquest FC s'emmagatzema en variables tots els errors transmesos per les entrades d'error dels actuadors. No estan els errors de les entrades de reactius perquè es transmeten per PROFINET i la funció que facilita l'obtenció del les dades, es crida al fc_SortidesFisiques.

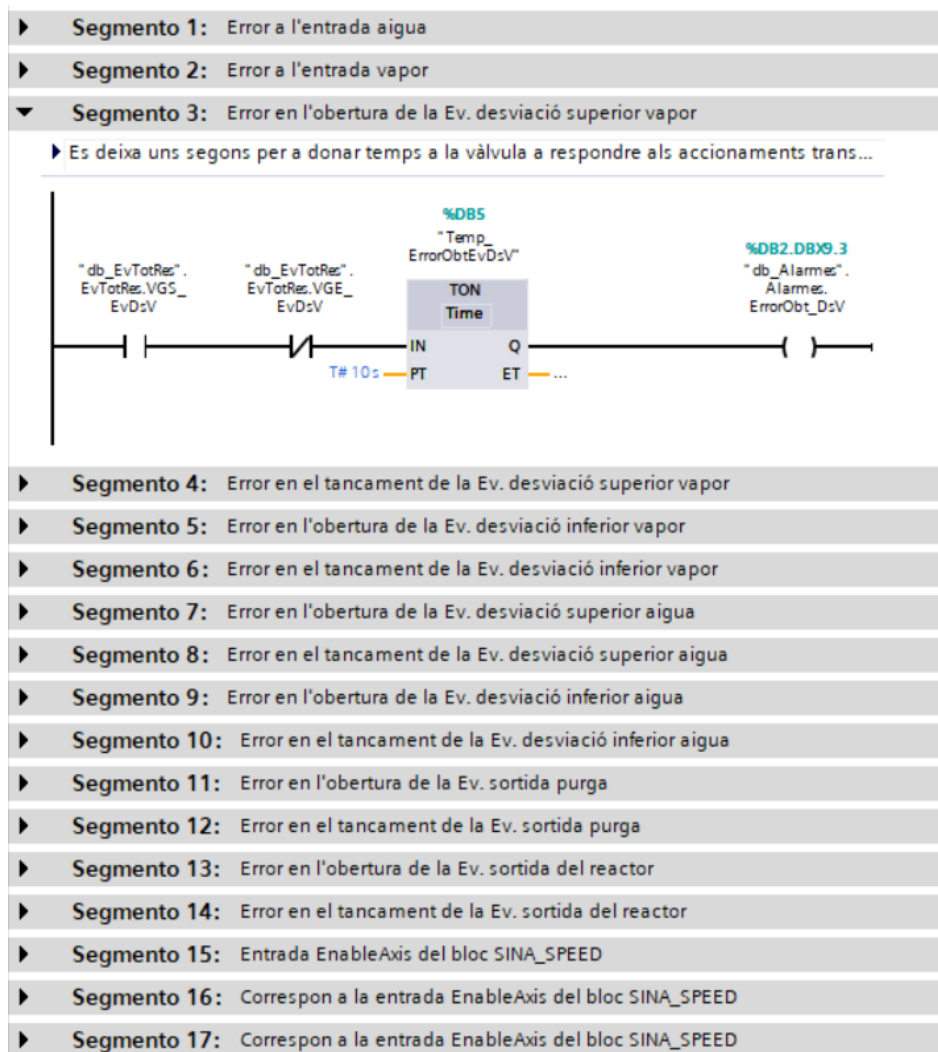


Figura 35. fc_AlarmesActuadors

Els errors d'obertura i tancament de les electrovàlvules tot o res, només s'activen si transcorre un cert temps un cop s'acciona l'electrovàlvula, així es deixa suficient temps per a respondre a la ordre efectuada.

- **fc_AlarmesLimits:**

Funció que té l'objectiu de detectar i anotar si es sobrepassen el límit "Temperatura Màxima Permesa" (TempMaxPerm) i el de "Temperatura Mínima Permesa" (TempMinPerm). Només es comprovarà un cop comença el procés de reacció (F1).

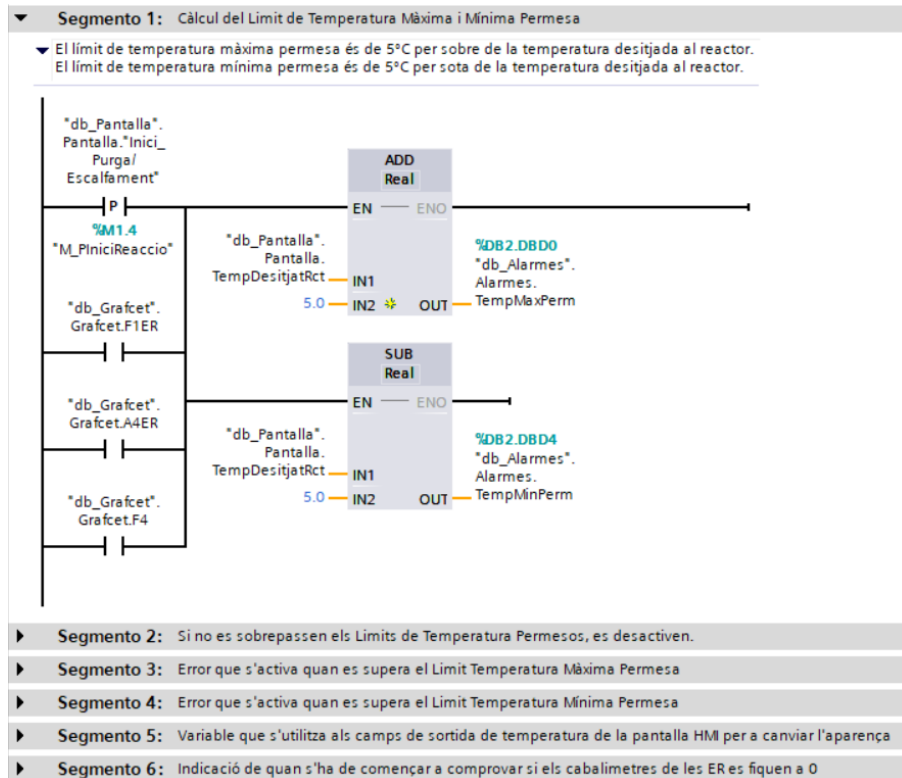


Figura 36a. fc_AlarmesLimits

En primer lloc, calcula el valor d'aquests límits depenen del valor de la temperatura desitjada per a realitzar la reacció, posteriorment, es comprova a cada cicle del Main si es sobrepassen o no els límits.

Un altre avís que es comprova a aquest FC és si els dipòsits de les bombes estan buits.

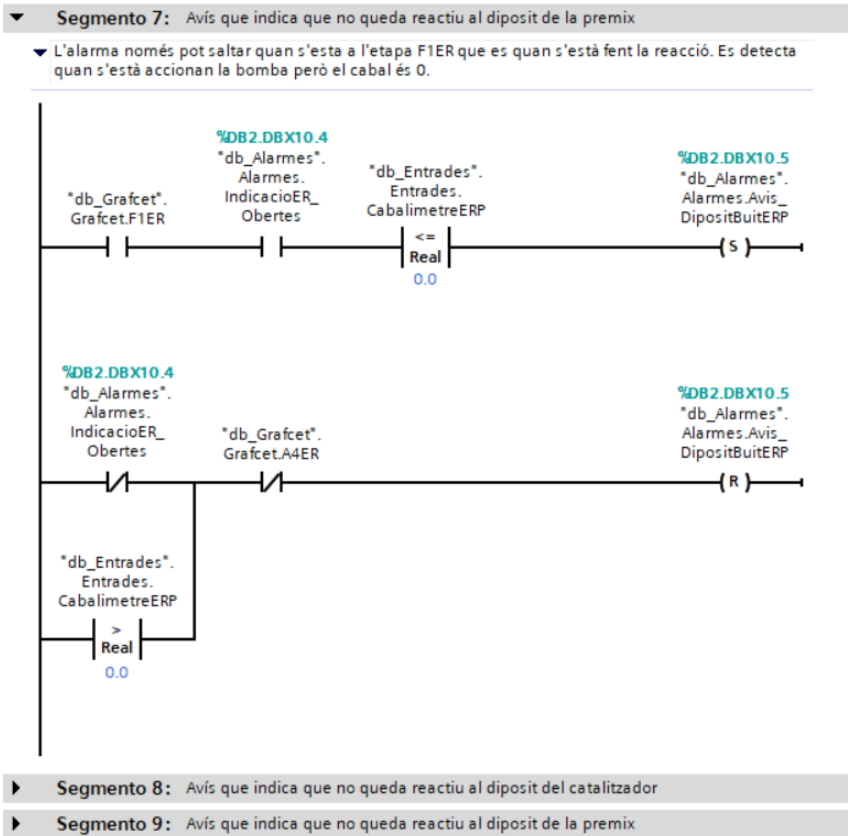


Figura 36b. fc_AlarmesLimits

- **fc_Inicialitzacions:**

Aquest FC activa l'etapa inicial quan s'ha de començar a executar el GRAFCET.

► **Segmento 1:** Inicialització GRAFCET programa

Figura 37. fc_Inicialitzacions

- **fc_Transicions:**

Activa la transició que toca tenint en compte els valors dels sensors, polsadors, alarmes, actuadors, etc, i de l'etapa que estigui activada en aquell instant.

| | |
|----------------|--|
| ▶ Segmento 1: | Transició de l'etapa A1 fins a la etapa F4 |
| ▶ Segmento 2: | Transició de l'etapa F4 fins a la subetapa A5FR (Inici Etapa A5/A6) |
| ▶ Segmento 3: | Transició de la subetapa A5FR fins a la A5EP |
| ▶ Segmento 4: | Transició de subetapa A5EP fins a la A6 |
| ▶ Segmento 5: | Transició de la subetapa A5FR fins a la A6 |
| ▶ Segmento 6: | Transició de la subetapa A6 fins a l'etapa A1 (Final etapa A5/A6) |
| ▶ Segmento 7: | Transició de l'etapa A1 fins a la subetapa F2P (Inici etapa F2) |
| ▶ Segmento 8: | Transició de la subetapa F2P fins a la RF2P |
| ▶ Segmento 9: | Transició de la subetapa RF2P fins a la F2E |
| ▶ Segmento 10: | Transició de la subetapa F2E fins a l'etapa A4E (Final/Atur de l'etapa F2 i inici etapa A4E) |
| ▶ Segmento 11: | Transició de l'etapa A4E fins a la subetapa F2E (Final etapa A4E i continuació etapa F2) |
| ▶ Segmento 12: | Transició de la subetapa F2E fins a la RF2E |
| ▶ Segmento 13: | Transició de la subetapa RF2E fins a la F1R (Final etapa F2 i inici etapa F1) |
| ▶ Segmento 14: | Transició de la subetapa F1R fins a la F1ER |
| ▶ Segmento 15: | Transició de la subetapa F1ER fins a l'etapa A4ER (Final/Atur etapa F1 i inici etapa A4ER) |
| ▶ Segmento 16: | Transició de l'etapa A4ER fins a la subetapa F1ER (Final etapa A4ER i continuació etapa F1) |
| ▶ Segmento 17: | Transició de l'etapa A4ER fins a la subetapa F3F (Final etapa A4ER i inici etapa F3) |
| ▶ Segmento 18: | Transició de la subetapa F1ER fins a la F3F (Final etapa F1 i inici etapa F3) |
| ▶ Segmento 19: | Transició de la subetapa F3F fins a la F3EP |
| ▶ Segmento 20: | Transició de la subetapa F3EP fins a la F3IR |
| ▶ Segmento 21: | Transició de la subetapa F3F fins a la F3IR |
| ▶ Segmento 22: | Transició de la subetapa F3IR fins a l'etapa A1 (Final etapa F3 i inici etapa A1) |
| ▶ Segmento 23: | Transició des de qualsevol etapa o subetapa fins a l'etapa D1 (Inici etapa D1) |
| ▶ Segmento 24: | Transició de l'etapa D1 fins a la subetapa A5FR (Final etapa D1 i inici etapa A5/A6) |

Figura 38. fc_Transicions

- **fc_EtapaTransicio:**

Activa i desactiva etapes segons l'etapa que s'estava executant en aquell instant i la transició que estigui activa.

| | |
|----------------|--|
| ▶ Segmento 1: | Activació F4 i desactivació A1 |
| ▶ Segmento 2: | Activació A5FR i desactivació F4 |
| ▶ Segmento 3: | Activació A5EP i desactivació A5FR |
| ▶ Segmento 4: | Activació A6 i desactivació A5EP |
| ▶ Segmento 5: | Activació A6 i desactivació A5FR |
| ▶ Segmento 6: | Activació A1 i desactivació A6 |
| ▶ Segmento 7: | Activació F2P i desactivació A1 |
| ▶ Segmento 8: | Activació RF2P i desactivació F2P |
| ▶ Segmento 9: | Activació F2E i desactivació RF2P |
| ▶ Segmento 10: | Activació A4E i desactivació F2E |
| ▶ Segmento 11: | Activació F2E i desactivació A4E |
| ▶ Segmento 12: | Activació RF2E i desactivació F2E |
| ▶ Segmento 13: | Activació F1R i desactivació RF2E |
| ▶ Segmento 14: | Activació F1ER i desactivació F1R |
| ▶ Segmento 15: | Activació A4ER i desactivació F1ER |
| ▶ Segmento 16: | Activació F1ER i desactivació A4ER |
| ▶ Segmento 17: | Activació F3F i desactivació A4ER |
| ▶ Segmento 18: | Activació F3F i desactivació F1ER |
| ▶ Segmento 19: | Activació F3ER i desactivació F3F |
| ▶ Segmento 20: | Activació F3IR i desactivació F3ER |
| ▶ Segmento 21: | Activació F3IR i desactivació F3F |
| ▶ Segmento 22: | Activació A1 i desactivació F3IR |
| ▶ Segmento 23: | Activació D1 i desactivació de la resta d'etapes i subetapes |
| ▶ Segmento 24: | Activació A5FR i desactivació D1 |

Figura 39. fc_EtapaTransicio

En el cas de activar-se l'etapa D1, s'han de desactivar totes les etapes i subetapes perquè aquesta etapa es pot activar des de qualsevol punt del programa.

- **fc_Accions:**

Realitza les accions que s'han de fer segons l'etapa que s'estigui executant. Aquestes accions poden ser donar valors a les variables que representen les sortides, crida les maniobres que s'han d'executar, actuar sobre les variables que controlen la pantalla SCADA, etc.

| |
|---|
| ▶ Segmento 1: Accions que es realitzen a l'etapa A1 |
| ▶ Segmento 2: Accions que es realitzen a l'etapa F4 |
| ▶ Segmento 3: Accions que es realitzen a l'etapa A5FR |
| ▶ Segmento 4: Accions que es realitzen a l'etapa A5EP |
| ▶ Segmento 5: Accions que es realitzen a l'etapa A6 |
| ▶ Segmento 6: Accions que es realitzen a l'etapa F2P |
| ▶ Segmento 7: Accions que es realitzen a l'etapa RF2P |
| ▶ Segmento 8: Accions que es realitzen a l'etapa F2E |
| ▶ Segmento 9: Accions que es realitzen a l'etapa A4E |
| ▶ Segmento 10: Accions que es realitzen a l'etapa RF2E |
| ▶ Segmento 11: Accions que es realitzen a l'etapa F1R |
| ▶ Segmento 12: Accions que es realitzen a l'etapa F1ER |
| ▶ Segmento 13: Accions que es realitzen a l'etapa A4ER |
| ▶ Segmento 14: Accions que es realitzen a l'etapa F3F |
| ▶ Segmento 15: Accions que es realitzen a l'etapa F3EP |
| ▶ Segmento 16: Accions que es realitzen a l'etapa F3IR |
| ▶ Segmento 17: Accions que es realitzen a l'etapa D1 |

Figura 40. fc_Accions

- **fc_Purga:**

Aquest FC executa la maniobra de purga del circuit escalfador i refrigerador.

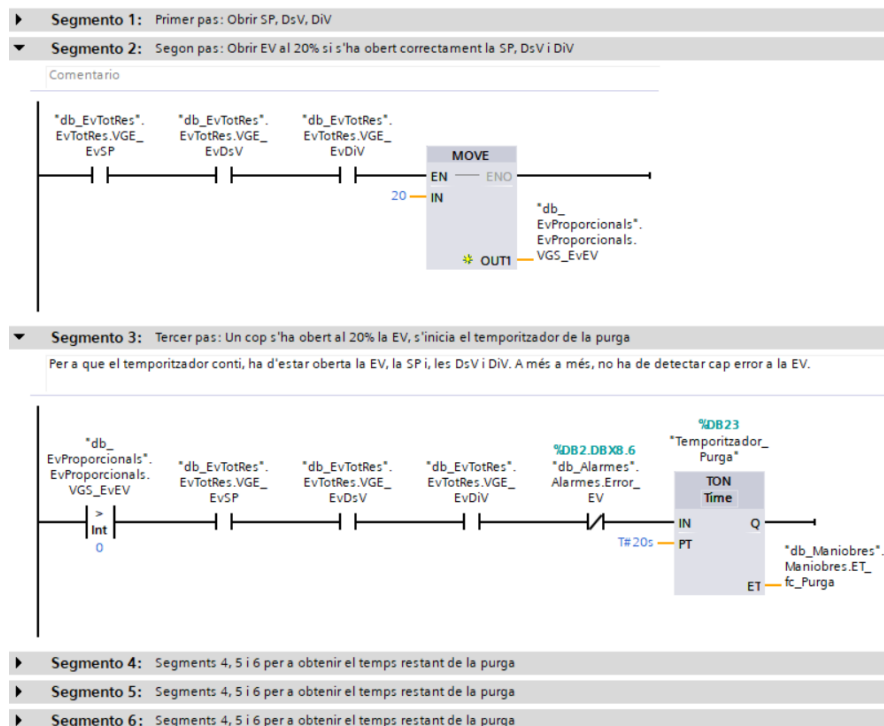


Figura 41. fc_Purga

Al segment 2 és on se li assigna una obertura del 20% a l'entrada de vapor i al segment 3 es on s'inicia el temporitzador de la purga, el qual està en un temps reduït per a poder realitzar la simulació més ràpidament.

- **fc_FiPurga:**

Es tracta del FC que executa la finalització de la maniobra de purga del circuit escalfador i refrigerador.

▶ **Segmento 1:** Tancament de la vàlvula SP i de Dsv (en cas de que no s'hagi seleccionat a la finestra "Condicions Inicials")

Figura 42. fc_FiPurga

La Dsv només es tanca en cas de que des de la finestra "Condicions Inicials" no s'hagi obert.

- **fc_ActivarPIDs:**

Aquest FC té la funció de posar en estat automàtic els PIDs utilitzats en aquest treball.

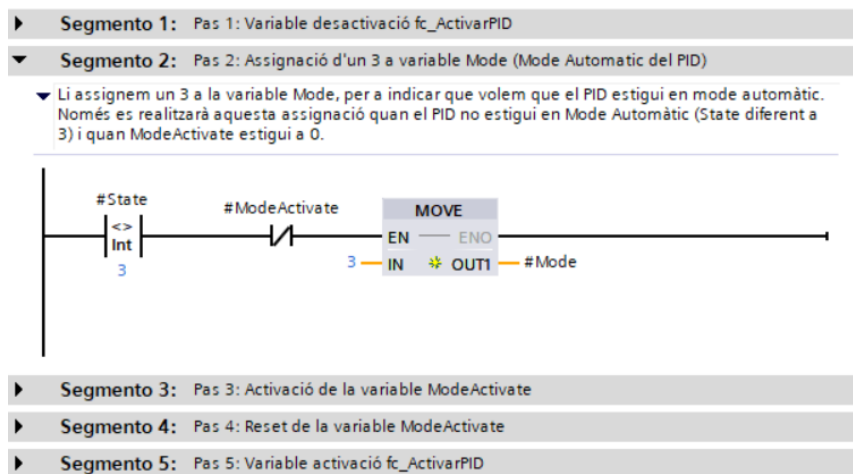


Figura 43. fc_ActivarPIDs

La variable Mode és la que emmagatzema el numero que representa l'estat del PID.

- **fc_DesactivarPIDs:**

Aquest FC té la funció de posar en estat inactiu els PIDs utilitzats en aquest treball.

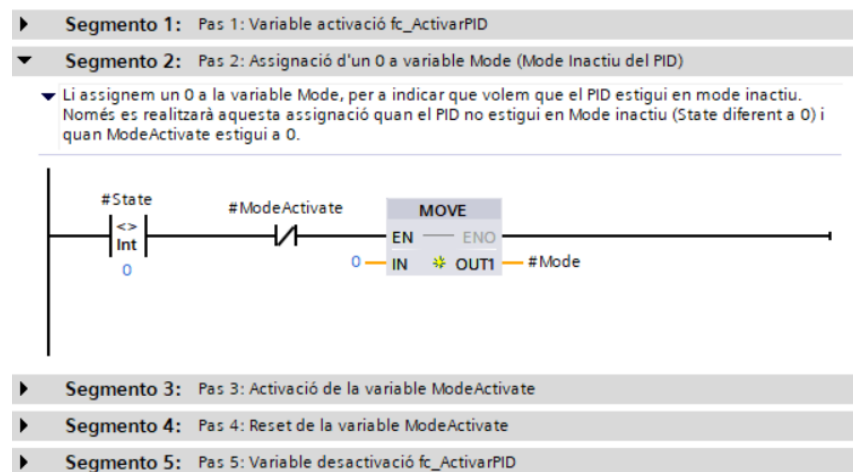


Figura 44. fc_DesactivarPIDs

La variable Mode és la que emmagatzema el numero que representa l'estat del PID.

- **fc_FiEscalfament:**

Executa la finalització maniobra d'escalfament del reactor.

- ▶ **Segmento 1:** Desactivació del PID d'Escalfament cridant la funció fc_DesactivarPIDs
- ▶ **Segmento 2:** Tancament de la vàlvula proporcional de l'entrada de vapor

Figura 45. fc_FiEscalfament

Es desactiva el PID d'escalfament amb la funció fc_DesactivarPIDs i es tanca l'entrada de vapor i les desviacions superiors i inferiors de vapor.

- **fc_FiEntradaReactius:**

Aquest FC dóna inici a la finalització de la maniobra de les entrades de reactius.

- ▶ **Segmento 1:** Desactivació dels PID i dels variadors de la premix, catalitzador i reductor
- ▶ **Segmento 2:** Tancament de les bombes d'entrada de la premix, catalitzador i reductor

Figura 46. fc_FiEntradaReactius

Es desactiven el PIDs de les 3 entrades de reactius cridant la funció fc_DesactivarPIDs i després es fiquen a 0 les variables globals que representen la velocitat de gir de les bombes.

- **fc_FinalReaccio:**

Activa la maniobra finalitzar reacció.

- ▶ **Segmento 1:** Activació variable global del valor de sortida de l'electrovàlvula de la sortida del reactor

Figura 47. fc_FinalReaccio

Simplement s'indica que s'ha d'obrir la sortida del reactor.

- **fc_FiFinalReaccio:**

Executa la finalització de la maniobra finalitzar reacció.

- ▶ **Segmento 1:** Pas 1: Reset de les dades i variables utilitzades
- ▶ **Segmento 2:** Pas 2: Reset de les variables que accionen les Sortides Fisiques excepte les del bloc de refrigeració
- ▶ **Segmento 3:** Pas 3: Reset de les variables que accionen les sortides fisiques de la Ev_DsA, Ev_DiA i Ev_EA

Figura 48. fc_FiFinalReaccio

Les vàlvules utilitzades per a la refrigeració del reactor no es tanquen fins que t'assegures que tots els altres actuadors estan tancats correctament.

- **fc_ModeManual:**

Dóna inici a la maniobra mode manual.

- ▶ **Segmento 1:** Accions que s'han de realitzar quan s'activa el mode manual

Figura 49. fc_ModeManual

Apart d'activar la variable que permet el control manual dels actuadors, també es dóna visibilitat a polsadors i interruptors situats a les finestres emergents que es poden obrir des de la pantalla Reactor.

- **fc_CalculTempsReaccio**

Funció en la qual es calcula el temps que durarà la reacció tenint en compte els litres que hi ha als dipòsits dels reactius i la velocitat (l/h) en què s'aboquin dins del reactor. En principi, les tres entrades de reactius han d'acabar de buidar-se al mateix temps però, per si a cas, s'ha programat per a que es tingui en compte l'entrada de reactius que disposi del dipòsit que tardi més a buidar-se.

- ▶ **Segmento 1:** Càlcul del temps que tardarà en buidar-se cada dipòsit.
- ▶ **Segmento 2:** Comprovació de quin dipòsit tardarà més a buidar-se
- ▶ **Segmento 3:** Conversió del temps en hores amb variable tipus Real al temps en segons amb variable Time_Of_Day i Time

Figura 50. fc_CalculTempsReaccio

- **fc_PreparacioSortides**

Aquesta funció té l'objectiu de realitzar la normalització i escala de les variables que contenen els valors de sortida calculats pels PIDs. Aquests valors de sortida s'adapten a les vàlvules proporcionals i als variadors de freqüència.



Figura 51a. fc_PreparacioSortides

En les vàlvules proporcionals d'entrada d'aigua i vapor, els valors que necessita són entre 0 i 100. En el cas de la velocitat de gir de les bombes, el seu valor màxim és de 1000.

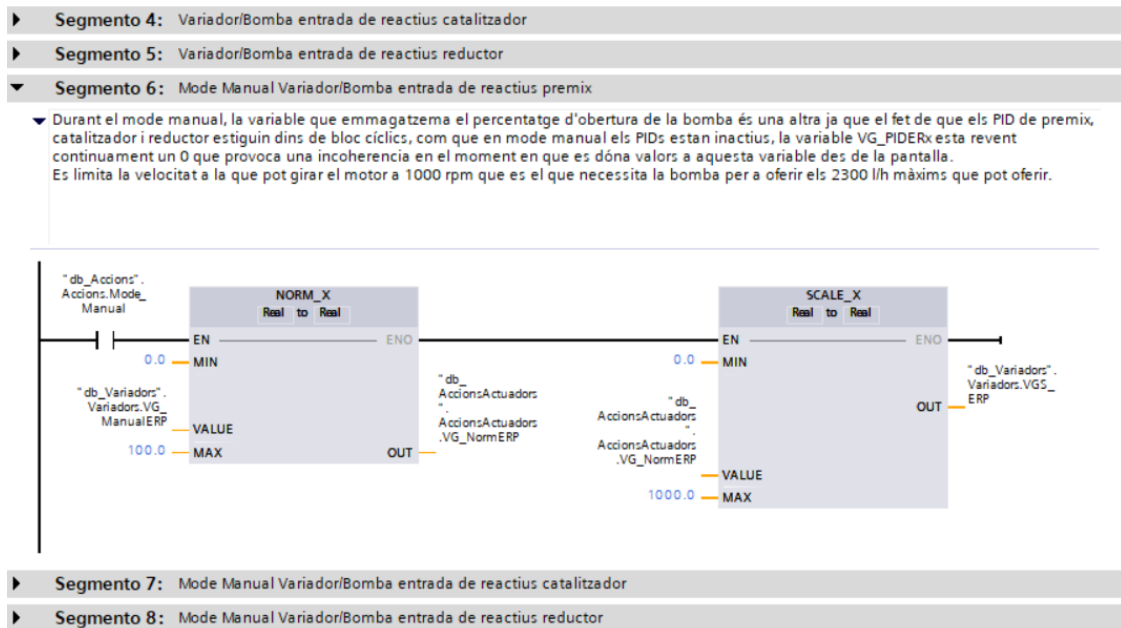


Figura 51b. fc_PreparacioSortides

Si estem en mode manual, la variable que dóna el valor en el qual ha de girar la bomba, es diferent que en el cas d'estar en mode automàtic.

- **Fc_SortidesFisiques:**

Aquest FC té la funció de transportar els valors de sortida calculats durant tot el procés a les sortides físiques.

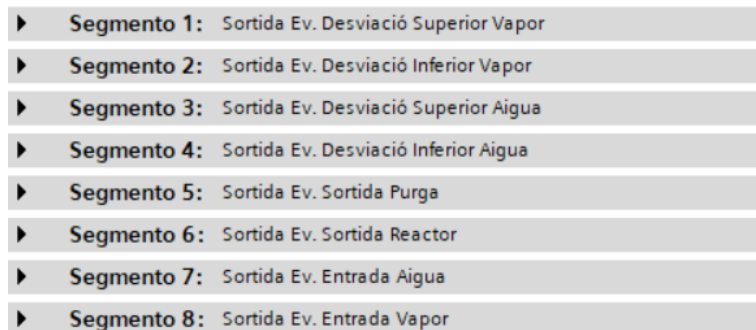


Figura 52. fc_SortidesFisiques

En el cas dels variadors de freqüència, es dona els valors als variadors incorporats al Tia Portal, a través d'una funció d'una llibreria que et facilita la comunicació amb el variador.

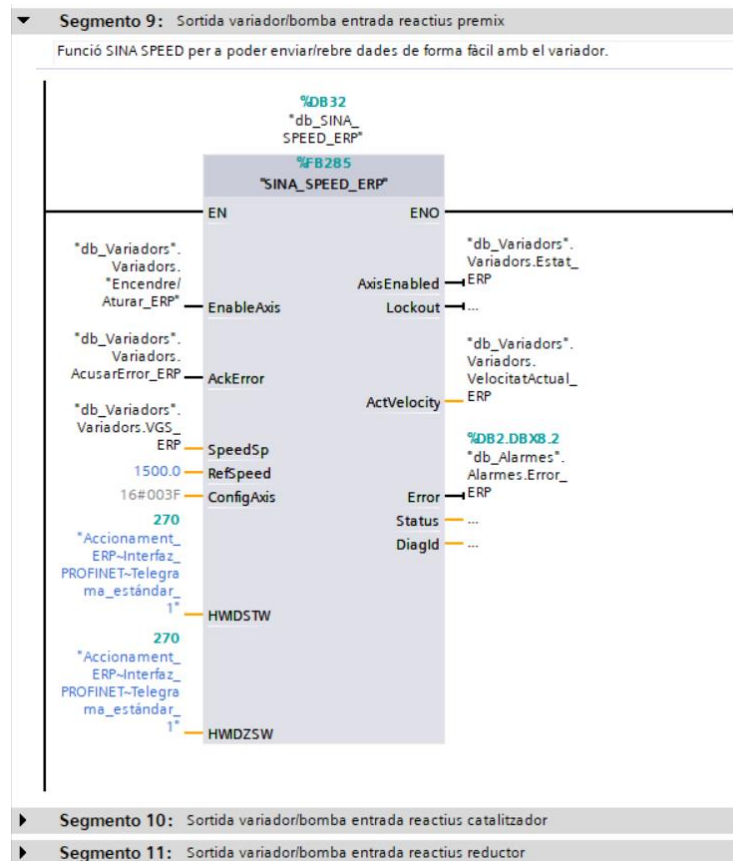


Figura 53. Funció SENNA SPEED

5.4.3 SENNA_SPEED

És la funció utilitzada per a poder comunicar-se amb els variadors de freqüència que accionen les bombes de les entrades de reactius.

Aquesta funció es troba a la llibreria DriveLib la qual es pot descarregar a través d'internet. Aquesta llibreria inclou les següents funcions:

SINA_PARA: Serveix per a variar els paràmetres del variador des del PLC (no cal si ja ho fas directament des del Tia Portal, però podria ser útil si es volen variar des de la pantalla HMI).

SINA_PARA_S: Et permet modificar paràmetres més avançats dels variador des del PLC.

SINA_POS: Et permet modificar la posició del motor que controla el variador. Requereix tindre un Encoder o algun sensor semblant per saber la posició de gir del motor en tot moment.

SINA_SPEED: Et permet modificar la velocitat del motor, bomba, etc que controla el variador.

La que millor s'adapta a les nostres necessitats es la SINA_SPEED.

Segons el manual d'aquesta llibreria que està indicat a la bibliografia, la comunicació amb el variador es pot realitzar en diferents Telegrames, el que s'utilitza es el Telegram Standard.

Els valors que s'envien del PLC al variador a través del Telegram indicat, es mostren a la següent taula:

Input interface SINA_SPEED

| Input signal | Type | Default | Meaning |
|--------------|-------|-----------|---|
| EnableAxis | BOOL | 0 | "EnableAxis" = 1 → switching on the drive |
| AckError | BOOL | 0 | Acknowledgement of axis fault → "AckFlt"=1 |
| SpeedSp | REAL | 0.0 [rpm] | Speed setpoint |
| RefSpeed | REAL | 0.0 [rpm] | Rated speed of the drive → p2000 |
| ConfigAxis | WORD | 3 | For additional information, see Pre-assignment of the ConfigAxis input (Page 111) |
| HWIDSTW | HW_IO | 0 | Symbolic name or HW ID on the SIMATIC S7-1200/1500 of the setpoint slot, see Selection of the right hardware submodules (Page 24) |
| HWIDZSW | HW_IO | 0 | Symbolic name or HW ID on the SIMATIC S7-1200/1500 of the actual value slot, see Selection of the right hardware submodules (Page 24) |

Figura 54. Input SINA SPEED

EnableAxis (BOOL): Quan EnableAxis=1, s'encén el variador. Per engegar-lo s'ha de passar de 0 a 1. Es fica a 0 automàticament quan la sortida Error o la Lockout es fiquen a 1. Quan torna a ser 0, per tornar a engegar el variador (i, en conseqüència el motor), s'ha de passar el EnableAxis de 0 a 1.

AckError (BOOL): Si és 1, s'acusa l'error que hagi hagut (ha de passar de 0 a 1).

SpeedSp (REAL): És la consigna de la velocitat en què volem que giri el motor en rpm. Aquí s'indica la velocitat a la que volem que giri en cada moment el motor. Si es fica una velocitat negativa, el motor girarà en sentit contrari.

RefSpeed (REAL): Aquí s'indica la velocitat nominal del motor. Depèn de les característiques del motor. Als paràmetres del accionament, esta velocitat correspon a la "Velocitat de gir assignada del motor".

HWIDSTW (HW_IO): Aquí s'indica el telegrama que s'utilitza per a realitzar la comunicació per **enviar** dades des del PLC fins al variador. El telegrama utilitzat és el Telegram Standard 1.

HWIDZSW (HW_IO): Aquí s'indica el telegrama que s'utilitza per a realitzar la comunicació per **rebre** dades que provenen del variador i es reben al PLC. El telegrama utilitzat és el Telegram Standard 1.

ConfigAxis (WORD): És per canviar informació addicional, se li ha de passar una valor en hexadecimal (de 2 bytes que son 16 bits per això es passa en hexadecimal) i serveix per indicar altres configuracions. El valor o cosa que es canvia de cada bit, s'indica al següent taula:

Pre-assignment of the ConfigAxis input

| ConfigAxis | Meaning | PZD | Interconnection in the drive | Default |
|------------|--|-----|------------------------------|---------|
| Bit0 | OFF2 | 1 | r2090.1 = p 844[0] | 1 |
| Bit1 | OFF3 | 1 | r2090.2 = p 848[0] | 1 |
| Bit2 | Inverter enable | 1 | r2090.3 = p 852[0] | 1 |
| Bit3 | Ramp-function generator enable | 1 | r2090.4 = p1140[0] | 1 |
| Bit4 | Continue ramp-function generator | 1 | r2090.5 = p1141[0] | 1 |
| Bit5 | Speed setpoint enable | 1 | r2090.6 = p1142[0] | 1 |
| Bit7 | Direction of rotation | 1 | r2090.11 = p1113[0] | 0 |
| Bit6 | Holding brake must be opened | 1 | r2090.12 = p855[0] | 0 |
| Bit8 | Motorized pot. setpoint higher | 1 | r2090.13 = p1035[0] | 0 |
| Bit9 | Motorized pot. setpoint lower | 1 | r2090.14 = p1036[0] | 0 |
| Bit10 | Reserve - can be used as required (bit 8) | 1 | r2091.8 | 0 |
| Bit11 | Reserve - can be used as required (bit 9) | 1 | r2091.9 | 0 |
| Bit12 | Reserve - can be used as required (bit 15) | 1 | r2091.15 | 0 |
| Bit13 | | | | 0 |
| Bit14 | | | | 0 |
| Bit15 | | | | 0 |

Figura 55. ConfigAxis input

El valor per defecte del ConfigAxis és 003F en hexadecimal, en binari és 1111110000000000, tal com es pot observar a la taula.

El valor de les sortides de la funció SINA_SPEED s'indica a la següent taula:

Output interface SINA_SPEED

| Output signal | Type | Default | Meaning |
|---------------|------|----------|--|
| AxisEnabled | BOOL | 0 | Operating mode is executed or enabled |
| Lockout | BOOL | 0 | 1 = switch-on inhibit active |
| ActVelocity | REAL | 0.0[rpm] | Current velocity → depending on the normalization factor RefSpeed |
| Error | BOOL | 0 | 1 = group fault present |
| Status | INT | 0 | 16#7002: No error – block is being processed 16#8401: Error in drive 16#8402: Switching on inhibited 16#8600: Error DPRD_DAT 16#8601: Error DPWR_DAT |
| DiagID | WORD | 0 | Expanded communication error →SFB call error |

Figura 56. Output SINA_SPEED

Aquests valors corresponen a les dades que provenen del variador i que les rep el PLC.

AxisEnabled (BOOL): Indica si el variador està executant-se o està parat.

Lockout (BOOL): És una variable (tipo la d'error) que si és 1 indica que el variador s'ha aturat per algun error o problema o directament no s'ha arribat a activar-se. Aquest error farà parar el variador. Després, s'ha d'acusar l'error i fer passar la entrada EnableAxis de 0 a 1.

ActVelocity (REAL): Velocitat actual en funció del factor de normalització RefSpeed. Indica la velocitat actual del motor.

Error (BOOL): Si és 1, es que hi ha un error. Aquest error farà parar el variador. Després, s'ha d'acusar l'error i fer passar la entrada EnableAxis de 0 a 1.

Status (INT): Indica quin tipus d'error s'ha produït. A la taula de baix s'indica a que correspon cada numero hexadecimal que dona la sortida Status quan es produeix un error.

DiagID: Error de comunicació ampliat. Error de trucada SFB

Missatges d'error que s'indiquen a la sortida "Error" de la funció:

Troubleshooting the SINA_SPEED function block

The group error "Error" is set if the SINAMICS drive is faulted or the switch-on inhibit of the SINAMICS drive is active or if the call of the SFB reports an error. A corresponding "Status" is also output:

| Error number Status | Meaning | Remedy |
|------------------------|--|--|
| 16#7002 | No fault active | |
| 16#8401 | Drive fault active | Evaluate active errors of the SINAMICS per acyclic communication |
| 16#8402 | Switching on of drive inhibited active | Check for parking axis, safety active, parameter p10 ≠ 0 |
| 16#8600 16#8601 | SFB call error active | Clearing the communication fault |

- The faults of the SINAMICS drive can be acknowledged via the "AcktError" input.
- The fault of the SFB call is displayed at the DiagID output and must be checked by the user. Once this fault has been cleared or goes away, the group error "Error" is rescinded as needed and the error ID "Status" is updated.

Note

If error message 8092(hex) occurs at the DIAGID output, the S7-1x00 firmware must be checked. The following applies:

- S7-1200 Firmware at least 2.x
- S7-1500 Firmware at least 1.1

Figura 57. Missatges d'error

L'error de grup "Error" s'estableix si l'accionament SINAMICS té un error o la inhibició d'encesa de l'accionament SINAMICS està activa o si la trucada de l'SFB informa d'un error. Per saber de quin error es tracta, se li assigna un valor en hexadecimal concret a la sortida "Status":

16#7002: Cap falla activa. Missatge a la finestra d'avís: No hi ha cap error actiu.

16#8401: Error d'accionament actiu: avalueu els errors actius del SINAMICS per comunicació acíclica. Missatge a la finestra d'avís: Hi ha un error per comunicació acíclica amb el variador SINAMICS.

16#8402: Encesa de l'accionament inhibít actiu: Comproveu l'eix d'estacionament, seguretat activa, paràmetre p10 ≠ 0. Missatge a la finestra d'avís: S'ha aturat el variador SINAMICS degut a un error en l'eix d'estacionament, en la seguretat, en algun paràmetre, etc.

16#8600 o 16#8601: Error de trucada SFB actiu: esborra l'error de comunicació. Missatge a la finestra d'avís: Hi ha hagut un error amb la comunicació entre el PLC i el variador SINAMICS.

5.4.4 Blocs de Dades (DB):

En aquest apartat mostraran tots els blocs de dades creats juntament amb les variables globals que emmagatzemen.

- **db_Simulador:**

| | Nombre | Tipo de datos | Valor de arranq... |
|----|---------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | Static | | |
| 2 | Simulador | *0. TD_Simulador* | |
| 3 | LimitCblERP | Real | 32700.0 |
| 4 | LimitCblERC | Real | 32700.0 |
| 5 | LimitCblERR | Real | 32700.0 |
| 6 | LimitPt100 | Real | 600.0 |
| 7 | Mode_Escalfament | Bool | false |
| 8 | Mode_Refrigeracio | Bool | false |
| 9 | Simular_Cabals | Bool | false |
| 10 | Inici_Simulacio | Bool | false |
| 11 | ActivarCabalsER | Bool | false |
| 12 | AturarCabalsER | Bool | false |
| 13 | VG_SimulacioERP | Real | 0.0 |
| 14 | VG_SimulacioERC | Real | 0.0 |
| 15 | VG_SimulacioERR | Real | 0.0 |
| 16 | M_P_EvDsV | Bool | false |
| 17 | M_N_EvDsV | Bool | false |
| 18 | M_P_EvDiV | Bool | false |
| 19 | M_N_EvDiV | Bool | false |
| 20 | M_P_EvDsA | Bool | false |
| 21 | M_N_EvDsA | Bool | false |
| 22 | M_P_EvDiA | Bool | false |
| 23 | M_N_EvDiA | Bool | false |
| 24 | M_P_EvSP | Bool | false |
| 25 | M_N_EvSP | Bool | false |
| 26 | M_P_EvSR | Bool | false |
| 27 | M_N_EvSR | Bool | false |
| 28 | M_PControlSimula... | Bool | false |
| 29 | M_PControlSimula... | Bool | false |

Figura 58. db_Simulador

- **db_Entrades:**

| | Nombre | Tipo de datos | Valor de arranq... |
|----|---------------------|------------------|--------------------|
| 1 | Static | | |
| 2 | Entrades | *1. TD_Entrades* | |
| 3 | Pt100_Normalitzada | Real | 0.0 |
| 4 | CabalimetreERP_N... | Real | 0.0 |
| 5 | CabalimetreERC_N... | Real | 0.0 |
| 6 | CabalimetreERR_N... | Real | 0.0 |
| 7 | CabalimetreERP | Real | 0.0 |
| 8 | CabalimetreERC | Real | 0.0 |
| 9 | CabalimetreERR | Real | 0.0 |
| 10 | Pt100 | Real | 0.0 |
| 11 | Mode_Simulador | Bool | false |
| 12 | Sincronitzacio | Bool | false |

Figura 59. db_Entrades

- db_Alarmes:

| | Nombre | Tipo de datos | Offset | Valor de arranq... |
|----|----------------------|-----------------|--------|--------------------|
| 1 | Static | | | |
| 2 | Alarmes | "2. TD_Alarmes" | 0.0 | |
| 3 | TempMaxPerm | Real | 0.0 | 0.0 |
| 4 | TempMinPerm | Real | 4.0 | 0.0 |
| 5 | Error_TempMaxPer... | Bool | 8.0 | false |
| 6 | Error_TempMinPerm | Bool | 8.1 | false |
| 7 | Error_ERP | Bool | 8.2 | false |
| 8 | Error_ERC | Bool | 8.3 | false |
| 9 | Error_ERR | Bool | 8.4 | false |
| 10 | Error_EA | Bool | 8.5 | false |
| 11 | Error_EV | Bool | 8.6 | false |
| 12 | ErrorObt_SP | Bool | 8.7 | false |
| 13 | ErrorTnc_SP | Bool | 9.0 | false |
| 14 | ErrorObt_SR | Bool | 9.1 | false |
| 15 | ErrorTnc_SR | Bool | 9.2 | false |
| 16 | ErrorObt_DsV | Bool | 9.3 | false |
| 17 | ErrorTnc_DsV | Bool | 9.4 | false |
| 18 | ErrorObt_DIV | Bool | 9.5 | false |
| 19 | ErrorTnc_DIV | Bool | 9.6 | false |
| 20 | ErrorObt_DsA | Bool | 9.7 | false |
| 21 | ErrorTnc_DsA | Bool | 10.0 | false |
| 22 | ErrorObt_DiA | Bool | 10.1 | false |
| 23 | ErrorTnc_DiA | Bool | 10.2 | false |
| 24 | IndicacioError_Te... | Bool | 10.3 | false |
| 25 | IndicacioER_Obertes | Bool | 10.4 | false |
| 26 | Avis_DipositBuitERP | Bool | 10.5 | false |
| 27 | Avis_DipositBuitERC | Bool | 10.6 | false |
| 28 | Avis_DipositBuitERR | Bool | 10.7 | false |
| 29 | ErrorPID_EV | Bool | 11.0 | false |
| 30 | ErrorPID_EA | Bool | 11.1 | false |
| 31 | ErrorPID_ERP | Bool | 11.2 | false |
| 32 | ErrorPID_ERC | Bool | 11.3 | false |
| 33 | ErrorPID_ERR | Bool | 11.4 | false |

Figura 60. db_Alarmes

- db_Grafcet:

| | Nombre | Tipo de datos | Valor de arranq... |
|----|------------|------------------|--------------------|
| 1 | Static | | |
| 2 | Grafcet | "3.1 TD_Grafcet" | |
| 3 | A1 | Bool | false |
| 4 | T_A1F4 | Bool | false |
| 5 | F4 | Bool | false |
| 6 | T_F4A5FR | Bool | false |
| 7 | A5FR | Bool | false |
| 8 | T_A5FRA5EP | Bool | false |
| 9 | A5EP | Bool | false |
| 10 | T_A5EPA6 | Bool | false |
| 11 | T_A5FRA6 | Bool | false |
| 12 | A6 | Bool | false |
| 13 | T_A6A1 | Bool | false |
| 14 | T_A1F2P | Bool | false |
| 15 | F2P | Bool | false |
| 16 | T_F2PRF2P | Bool | false |
| 17 | RF2P | Bool | false |
| 18 | T_RF2PF2E | Bool | false |
| 19 | F2E | Bool | false |
| 20 | T_F2EA4E | Bool | false |
| 21 | A4E | Bool | false |
| 22 | T_A4EF2E | Bool | false |
| 23 | T_F2ERF2E | Bool | false |
| 24 | RF2E | Bool | false |
| 25 | T_RF2EF1R | Bool | false |
| 26 | F1R | Bool | false |
| 27 | T_F1RF1ER | Bool | false |
| 28 | F1ER | Bool | false |
| 29 | T_F1ERA4ER | Bool | false |
| 30 | A4ER | Bool | false |
| 31 | T_A4ERF1ER | Bool | false |
| 32 | T_A4ERF3F | Bool | false |
| 33 | T_F1ERF3F | Bool | false |
| 34 | F3F | Bool | false |
| 35 | T_F3FF3EP | Bool | false |
| 36 | F3EP | Bool | false |
| 37 | T_F3EPF3IR | Bool | false |
| 38 | T_F3FF3IR | Bool | false |
| 39 | F3IR | Bool | false |
| 40 | T_F3IRA1 | Bool | false |
| 41 | T_D1 | Bool | false |
| 42 | D1 | Bool | false |
| 43 | T_D1A5FR | Bool | false |

Figura 61. dBGrafcet

- db_Accions:

| | Nombre | Tipo de datos | Valor de arranq... |
|----|-------------------------|------------------|--------------------|
| 1 | ▼ Static | | |
| 2 | ▼ Accions | "3.3 TD_Accions" | |
| 3 | Tempes_Purga | Bool | false |
| 4 | Fi_Escalfament | Bool | false |
| 5 | Proces_Reaccio | Bool | false |
| 6 | Fi_Reaccio | Bool | false |
| 7 | V_Automatic | Bool | false |
| 8 | V_IniciPurga/Escalf... | Bool | false |
| 9 | V_TextTancantEvERX | Bool | false |
| 10 | V_FiExtraccio | Bool | false |
| 11 | V_IniciExtraccio | Bool | false |
| 12 | V_Iniciar/Reiniciar_... | Bool | false |
| 13 | V_Escalfament | Bool | false |
| 14 | V_TextTancantEvEV | Bool | false |
| 15 | V_IniciReaccio | Bool | false |
| 16 | V_Reaccio | Bool | false |
| 17 | V_TextRefrigeracio... | Bool | false |
| 18 | V_FinalitzarReaccio | Bool | false |
| 19 | V_TextTancantEvER | Bool | false |
| 20 | V_TextPreparacioN... | Bool | false |
| 21 | V_ModeManualEvEA | Bool | false |
| 22 | V_ModeManualEvEV | Bool | false |
| 23 | V_Activar/Desactiv... | Bool | false |
| 24 | V_CampEntradaEv... | Bool | false |
| 25 | V_CampEntradaEv... | Bool | false |
| 26 | Estat_Purga | UInt | 0 |
| 27 | Estat_Escalfament | UInt | 0 |
| 28 | Estat_Refrigeracio | UInt | 0 |
| 29 | Estat_Reaccio | UInt | 0 |
| 30 | Mode_Manual | Bool | false |

Figura 62. db_Accions

- db_Pantalla:

| | Nombre | Tipo de datos | Valor de arranq... |
|----|-------------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | ▼ Static | | |
| 2 | ▼ Pantalla | "3.2 TD_Pantalla" | |
| 3 | Automatic | Bool | false |
| 4 | Manual | Bool | false |
| 5 | Finalitzar_Reaccio | Bool | false |
| 6 | Inici_Extraccio | Bool | false |
| 7 | Fi_Extraccio | Bool | false |
| 8 | Reinici_Reaccio | Bool | false |
| 9 | Iniciar/Reiniciar_Re... | Bool | false |
| 10 | Inici_Purga/Escalfa... | Bool | false |
| 11 | Aturar/Activar Esca... | Bool | false |
| 12 | Inici_Reaccio | Bool | false |
| 13 | Aturar/Activar_Rea... | Bool | false |
| 14 | Aturar/Activar_Refr... | Bool | false |
| 15 | Emergencia | Bool | false |
| 16 | Activar/Desactivar... | Bool | false |
| 17 | ContinuarReaccio | Bool | true |
| 18 | CblDesitjatERP | Real | 0.0 |
| 19 | CblDesitjatERC | Real | 0.0 |
| 20 | CblDesitjatERR | Real | 0.0 |
| 21 | TempDesitjatRct | Real | 0.0 |
| 22 | LitresDipositERP | Real | 0.0 |
| 23 | LitresDipositERC | Real | 0.0 |
| 24 | LitresDipositERR | Real | 0.0 |

Figura 63. db_Pantalla

- **db_EvTotRes:**

| | Nombre | Tipo de datos | Valor de arranq... |
|----|-----------|-------------------|--------------------|
| 1 | Static | | |
| 2 | EvTotRes | "4.2 TD_EvTotRes" | |
| 3 | VGS_EvSP | Bool | false |
| 4 | VGS_EvSR | Bool | false |
| 5 | VGS_EvDsV | Bool | false |
| 6 | VGS_EvDiV | Bool | false |
| 7 | VGS_EvDsA | Bool | false |
| 8 | VGS_EvDiA | Bool | false |
| 9 | VGE_EvSP | Bool | false |
| 10 | VGE_EvSR | Bool | false |
| 11 | VGE_EvDsV | Bool | false |
| 12 | VGE_EvDiV | Bool | false |
| 13 | VGE_EvDsA | Bool | false |
| 14 | VGE_EvDiA | Bool | false |

Figura 64. db_EvTotRes

- **db_Proporcionals:**

| | Nombre | Tipo de datos | Valor de arranq... |
|----|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | Static | | |
| 2 | EvProporcionals | "4.3 TD_EvProp..." | |
| 3 | VGS_EvEA | Int | 0 |
| 4 | VGS_EvEV | Int | 0 |
| 5 | VG_PIDEvEA | Real | 0.0 |
| 6 | VG_PIDEvEV | Real | 0.0 |
| 7 | VGE_EvEA | Bool | false |
| 8 | VGE_EvEV | Bool | false |
| 9 | AcusarErrorPID_EV | Bool | false |
| 10 | State_EV | Int | 0 |
| 11 | Mode_EV | Int | 0 |
| 12 | ModeActivate_EV | Bool | false |
| 13 | FiActivarPID_EV | Bool | false |
| 14 | FiDesactivarPID_EV | Bool | false |
| 15 | AcusarErrorPID_EA | Bool | false |
| 16 | State_EA | Int | 0 |
| 17 | Mode_EA | Int | 0 |
| 18 | ModeActivate_EA | Bool | false |
| 19 | FiActivarPID_EA | Bool | false |
| 20 | FiDesactivarPID_EA | Bool | false |

Figura 65. db_Proporcionals

- **db_Variadors:**

| | Nombre | Tipo de datos | Valor de arranq... |
|----|----------------------|---------------|--------------------|
| 7 | VGS_ERC | Real | 0.0 |
| 8 | VGS_ERR | Real | 0.0 |
| 9 | VG_ManualERP | Real | 0.0 |
| 10 | VG_ManualERC | Real | 0.0 |
| 11 | VG_ManualERR | Real | 0.0 |
| 12 | AcusarError_ERP | Bool | false |
| 13 | State_ERP | Int | 0 |
| 14 | Mode_ERP | Int | 0 |
| 15 | ModeActivate_ERP | Bool | false |
| 16 | FiActivarPID_ERP | Bool | false |
| 17 | FiDesactivarPID_ERP | Bool | false |
| 18 | AcusarError_ERC | Bool | false |
| 19 | State_ERC | Int | 0 |
| 20 | Mode_ERC | Int | 0 |
| 21 | ModeActivate_ERC | Bool | false |
| 22 | FiActivarPID_ERC | Bool | false |
| 23 | FiDesactivarPID_ERC | Bool | false |
| 24 | AcusarError_ERR | Bool | false |
| 25 | State_ERR | Int | 0 |
| 26 | Mode_ERR | Int | 0 |
| 27 | ModeActivate_ERR | Bool | false |
| 28 | FiActivarPID_ERR | Bool | false |
| 29 | FiDesactivarPID_ERR | Bool | false |
| 30 | Encendre/Aturar_E... | Bool | false |
| 31 | Estat_ERP | Bool | false |
| 32 | VelocitatActual_ERP | Real | 0.0 |
| 33 | StatusError_ERP | Int | 0 |
| 34 | Encendre/Aturar_E... | Bool | false |
| 35 | Estat_ERC | Bool | false |
| 36 | VelocitatActual_ERC | Real | 0.0 |
| 37 | StatusError_ERC | Int | 0 |
| 38 | Encendre/Aturar_E... | Bool | false |
| 39 | Estat_ERR | Bool | false |
| 40 | VelocitatActual_ERR | Real | 0.0 |
| 41 | StatusError_ERR | Int | 0 |

Figura 66. db_Variadors

- **db_Maniobres:**

| | Nombre | Tipo de datos | Valor de arranq... |
|----|---------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | Static | | |
| 2 | Maniobres | *4.1 TD_Maniob... | |
| 3 | M_Purga | Bool | false |
| 4 | M_FiPurga | Bool | false |
| 5 | M_Escalafament | Bool | false |
| 6 | M_FiEscalafament | Bool | false |
| 7 | M_Refrigeracio | Bool | false |
| 8 | M_EntradaReactius | Bool | false |
| 9 | M_FiEntradaReactiu: | Bool | false |
| 10 | M_FinalReaccio | Bool | false |
| 11 | M_FiFinalReaccio | Bool | false |
| 12 | M_Manual | Bool | false |
| 13 | ComprovaociDsV | Bool | false |
| 14 | TempAssolida | Bool | false |
| 15 | ET_fc_Purga | Time | T#0ms |
| 16 | TempsRestantDInt | DInt | 0 |
| 17 | TempsPurga | DInt | 0 |
| 18 | TempsPurgaDInt | DInt | 0 |
| 19 | TempsPurgaRestant | Time_Of_Day | TOD#00:00:00 |
| 20 | TempsReaccioHor... | Real | 0.0 |
| 21 | TempsReaccioHor... | Real | 0.0 |
| 22 | TempsReaccioHor... | Real | 0.0 |
| 23 | TempsReaccioHores | Real | 0.0 |
| 24 | TempsReaccioMli... | Real | 0.0 |
| 25 | TempsReaccioMli... | DInt | 0 |
| 26 | TempsReaccio_Ti... | Time_Of_Day | TOD#00:00:00 |
| 27 | TempsReaccio_Time | Time | T#0ms |
| 28 | ET_Temprotizador... | Time | T#0ms |
| 29 | ET_Temprotizador... | DInt | 0 |
| 30 | TempsReaccioRest... | DInt | 0 |
| 31 | TempsReaccioRest... | Time_Of_Day | TOD#00:00:00 |
| 32 | TempsReaccioRest... | Time | T#0ms |

Figura 67. db_Maniobres

- **db_AccionsActuadors:**

| | Nombre | Tipo de datos | Valor de arranq... |
|----|------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | Static | | |
| 2 | AccionsActuadors | *5. TD_Accions... | |
| 3 | A_CanonadesERP | Bool | false |
| 4 | A_CanonadesERC | Bool | false |
| 5 | A_CanonadesERR | Bool | false |
| 6 | A_CanonadesEV | Bool | false |
| 7 | A_CanonadesEA | Bool | false |
| 8 | A_CanonadesDsV | Bool | false |
| 9 | A_CanonadesDiV | Bool | false |
| 10 | A_CanonadesDsA | Bool | false |
| 11 | A_CanonadesDiA | Bool | false |
| 12 | A_CanonadesSV | Bool | false |
| 13 | A_CanonadesSA | Bool | false |
| 14 | A_CanonadesSADsA | Bool | false |
| 15 | A_CanonadesSADiA | Bool | false |
| 16 | A_CanonadesSP | Bool | false |
| 17 | A_CanonadesSR | Bool | false |
| 18 | A_CamisaSuperior | UInt | 0 |
| 19 | A_CamisaInferior | UInt | 0 |
| 20 | VG_NormEvEV | Real | 0.0 |
| 21 | VG_NormEvEA | Real | 0.0 |
| 22 | VG_NormERP | Real | 0.0 |
| 23 | VG_NormERC | Real | 0.0 |
| 24 | VG_NormERR | Real | 0.0 |

Figura 68. db_AccionsActuadors

Apart dels DB mostrats, també hi ha els DB de cadascuna de les 3 funcions SENNA SPEED que s'utilitzen i els DB de tots els temporitzadors que s'utilitzen al programa.

| |
|--|
| db_SINA_SPEED_ERC [DB33] |
| db_SINA_SPEED_ERP [DB32] |
| db_SINA_SPEED_ERR [DB34] |
| Bloques de sistema |
| Recursos de programa |
| PID_Compact [FB1130] |
| Temp_ErrorObtEvDiA [DB9] |
| Temp_ErrorObtEvDiV [DB3] |
| Temp_ErrorObtEvDsA [DB7] |
| Temp_ErrorObtEvDsV [DB5] |
| Temp_ErrorObtEvSP [DB11] |
| Temp_ErrorObtEvSR [DB12] |
| Temp_ErrorOTncEvDiV [DB4] |
| Temp_ErrorTncEvDiA [DB10] |
| Temp_ErrorTncEvDsA [DB8] |
| Temp_ErrorTncEvDsV [DB6] |
| Temp_ErrorTncEvSP [DB13] |
| Temp_ErrorTncEvSR [DB14] |
| Temporitzador_Escalament [DB24] |
| Temporitzador_IndicacioER_Obertes [DB30] |
| Temporitzador_Purga [DB23] |
| Temporitzador_TempsReaccioRestant [DB31] |

Figura 69. Funcions SENNA SPEED

6 Programa pantalla SCADA

En aquesta secció es descriu el funcionament i programació de la pantalla del SCADA de l'estació PC que conté el WinCC RT RunTime.

S'ha realitzat de tal manera que sigui el més intuïtiva i funcional possible per a que la interacció amb l'aplicació suposi el mínim esforç per a l'operador.

Es disposa de 4 imatges/pantalles i 20 imatges/finestres emergents per a poder aconseguir supervisar i controlar de la forma més fàcil possible la totalitat del programa.

La llista de imatge/pantalles és la següent:

- Inici
- Reactor
- Gràfics Temperatura
- Gràfics Cabals

La llista de imatges/finestres emergents és la següent:

- Condicions Inicials
- Preparació del Reactor
- Procés de Reacció
- Fi Reacció
- Mode Manual
- Emergència
- Bomba Premix
- Bomba Catalitzador
- Bomba Reductor
- Entrada Aigua
- Entrada Vapor
- Desviació Superior Vapor
- Desviació Inferior Vapor
- Desviació Superior Aigua
- Desviació Inferior Aigua
- Sortida Purga
- Sortida Reactor
- Gràfic ERP
- Gràfic ERC
- Gràfic ERR

Altres:

- Finestra d'avisos
- Indicador d'avisos

En els següents punts es mostraran i es descriuran cadascuna de les següents pantalles i finestres emergents.

6.1 Pantalla Inici

Es tracta de la pantalla en la qual es pot supervisar i controlar l'estat general del procés de reacció.

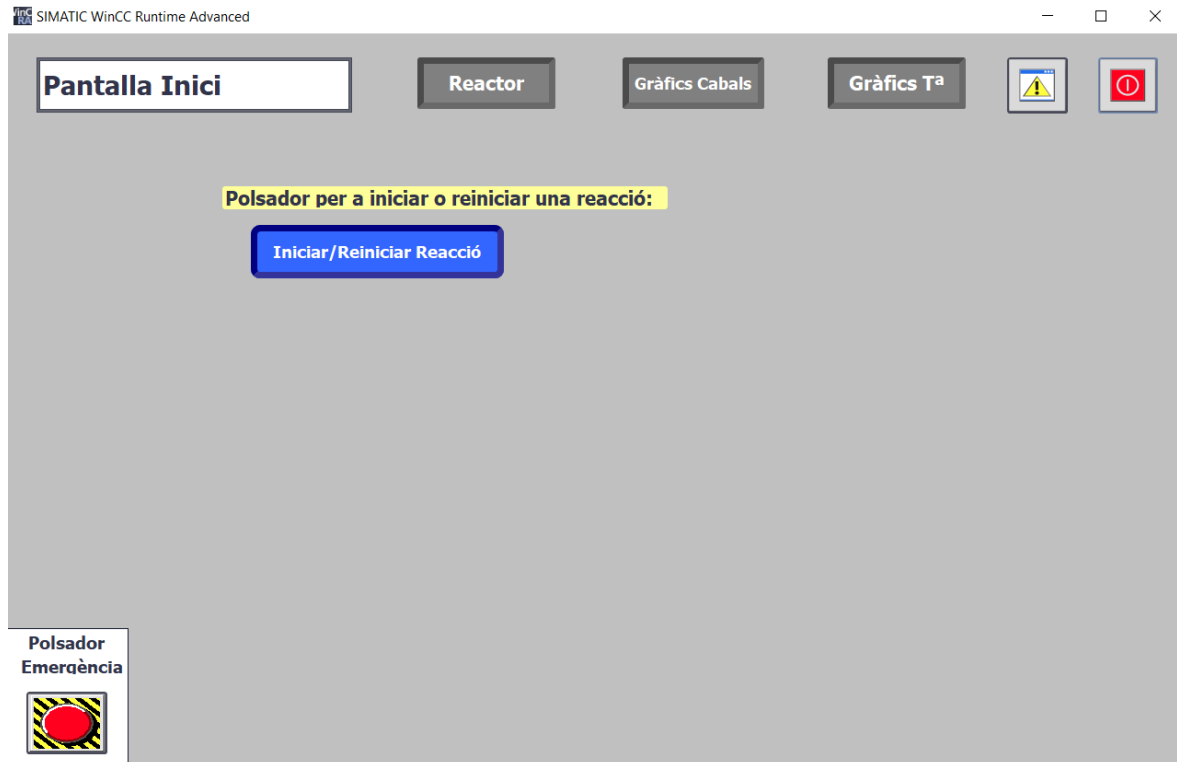


Figura 70. Pantalla Inici

Aquests són els elements que s'han desenvolupat dins aquesta imatge/pantalla:

Pulsador Display Alarm Window: T'obre la finestra d'avisos.

Pulsador Exit RunTime: Et permet sortir del mode RunTime.

Pulsador Emergència: Serveix per a indicar a ficar el programa en Mode Emergència.

Pulsador Reactor: Pulsador que et permet accedir a la pantalla Reactor.

Pulsador Gràfics Cabals: Pulsador que et permet accedir a la pantalla Gràfics Cabals.

Pulsador Gràfics Tª: Pulsador que et permet accedir a la pantalla Gràfics Temperatura.

Pulsador Iniciar/Reiniciar Reacció: És el pulsador que dóna inici a la seqüència per dur a terme una reacció.

6.2 Pantalla Reactor

Aquesta pantalla serveix per a tindre un control més precís del reactor i de totes les bombes i vàlvules que s'hagin tingut en compte en aquest treball.

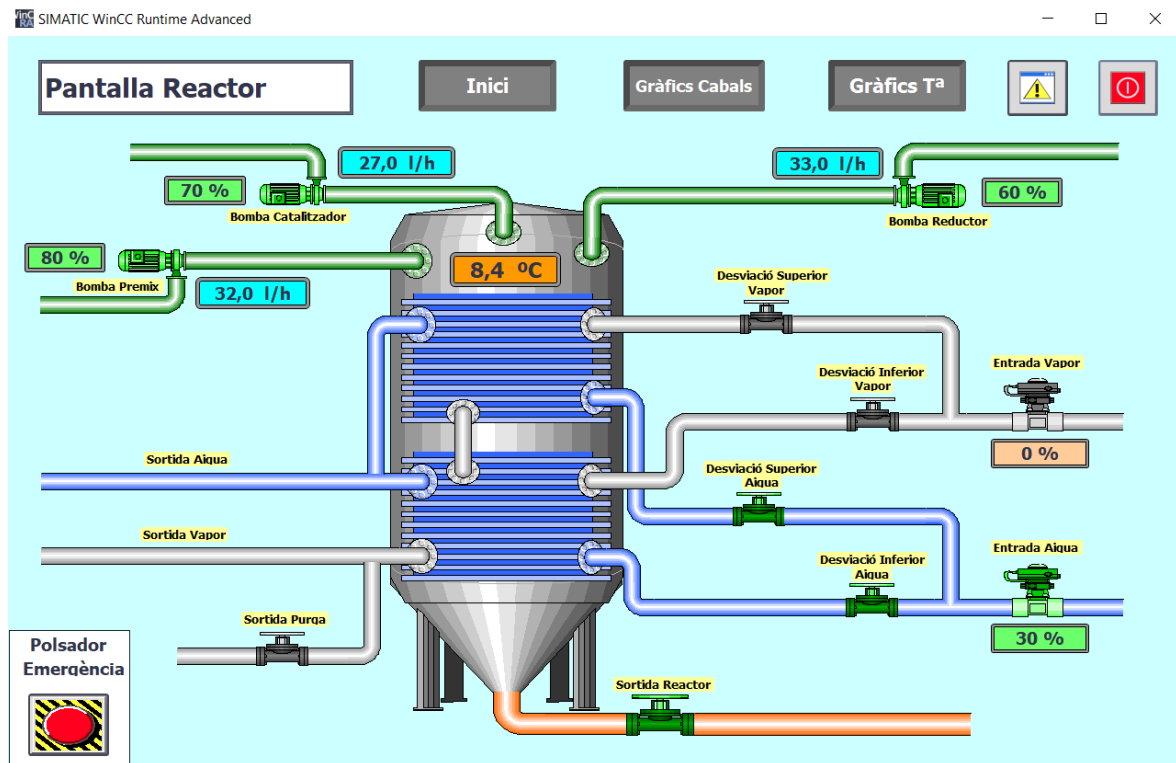


Figura 71. Pantalla Reactor

Aquests són els elements que s'han desenvolupat dins aquesta imatge/pantalla:

Polsador Display Alarm Window: T'obre la finestra d'avisos.

Polsador Exit RunTime: Et permet sortir del mode RunTime.

Polsador Emergència: Serveix per a indicar a ficar el programa en Mode Emergència.

Polsador Inici: Polsador que et permet accedit a la pantalla Inici.

Polsador Gràfics Cabals: Polsador que et permet accedit a la pantalla Gràfics Cabals.

Polsador Gràfics Tª: Polsador que et permet accedit a la pantalla Gràfics Temperatura.

Imatges Bombes i Vàlvules: Si es pitgen, s'obren les seves corresponents finestres emergents.

Camps de sortida: Hi ha diversos camps de sortida que et donen informació tal com el cabal que circula a través de la canonada, la temperatura del reactor, el percentatge d'obertura d'una vàlvula o el percentatge de la velocitat de gir màxima de la bomba.

Canonades: Tenen la capacitat de canviar de color en el cas de que hi circuli reactius, aigua o vapor segons on estiguin situades. El seu color predeterminat (gris) indica que no circula cap líquid. El color blau indica que circula aigua, el roig que circula vapor, el verd que circula algun dels reactius i el taronja que circula el producte final.

6.3 Pantalla Gràfic Temperatura

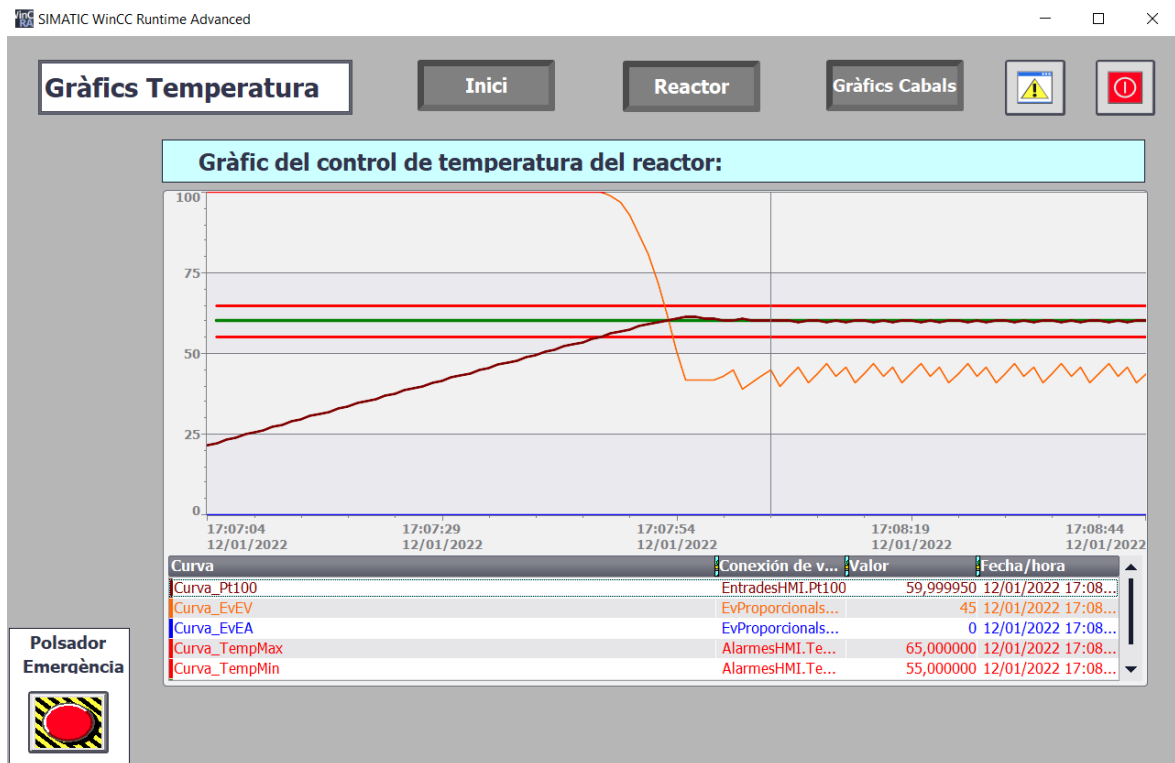


Figura 72. Pantalla Gràfic Temperatura

Aquests són els elements que s'han desenvolupat dins aquesta imatge/pantalla:

Polsador Display Alarm Window: T'obre la finestra d'avisos.

Polsador Exit RunTime: Et permet sortir del mode RunTime.

Polsador Emergència: Serveix per a indicar a ficar el programa en Mode Emergència.

Polsador Inici: Polsador que et permet accedit a la pantalla Inici.

Polsador Reactor: Polsador que et permet accedit a la pantalla Reactor.

Polsador Gràfics Cabals: Polsador que et permet accedit a la pantalla Gràfics Cabals.

Barra vertical del mig del gràfic: Aquesta barra indica l'instant que vols visualitzar a la llegenda del gràfic.

Llegenda del gràfic: Et mostra les diferents corbes que té el gràfic indicant el nom de la corba, la variable que es representa, el valor i hora que té segons on tinguis situada la barra vertical.

6.4 Pantalla Gràfics Cabals



Figura 73. Pantalla Gràfic Cabals

Aquests són els elements que s'han desenvolupat dins aquesta imatge/pantalla:

Polsador Display Alarm Window: T'obre la finestra d'avisos.

Polsador Exit RunTime: Et permet sortir del mode RunTime.

Polsador Emergència: Serveix per a indicar a ficar el programa en Mode Emergència.

Polsador Inici: Polsador que et permet accedit a la pantalla Inici.

Polsador Reactor: Polsador que et permet accedit a la pantalla Reactor.

Polsador Gràfics Tª: Polsador que et permet accedit a la pantalla Gràfics Temperatura.

Polsador Premix: Dóna accés a la imatge emergent Gràfic ERP.

Polsador Catalitzador: Dóna accés a la imatge emergent Gràfic ERC.

Polsador Reductor: Dóna accés a la imatge emergent Gràfic ERR.

6.5 Imatges/Finestres Emergents

En aquest apartat, es mostraran i es descriuran les imatges emergents i els elements que les componen.

Per a obtenir una interfase el més ordenada i clara possible, es fa ús de les finestres emergents que tenen la característica de poder aparèixer mitjançant la pulsació de qualsevol element que estigui a la pantalla. Permeten optimitzar l'espai de la pantalla i es poden configurar de manera que es mostrin de forma ordenada per a que l'operador pugui seguir una seqüència

sense possibilitat de cometre errors. Totes aquestes característiques permeten que el tècnic o operador encarregat de realitzar el control de les reaccions d'aquest reactor, tingui una fatiga visual menor que es traduirà en una disminució de possibles errors humans i en una millor reacció als errors no controlables.

Aquestes finestres s'utilitzen de dues maneres:

- Indicació de l'ordre que ha de seguir l'operador per a controlar la reacció de forma segura i sense possibilitat d'equivocar-se.
Aquest mètode s'utilitza a la pantalla Inici. Està format per 6 finestres emergents, les quals s'activen d'una en una mitjançant la pulsació de pulsadors que només apareixeran quan es pugui accedir a la següent finestra emergent.
- Elements o símbols que representen la totalitat de les vàlvules i bombes que es tenen en compte en aquest treball i que al ser pitjades, es mostren les corresponents finestres emergents que permeten la visualització i el control del seu estat.
Aquest mètode s'utilitza a la pantalla Reactor. Està format per 11 finestres emergents, que permeten que la pantalla Reactor no estigui sobrecarregada d'informació i es pugui accedir a la informació addicional dels actuadors de forma senzilla.
Aquest mètode també s'utilitza a la pantalla Gràfic Cabals en la qual hi ha tres pulsadors per a obrir un per un, els gràfics de cadascuna de les tres entrades de reactius.
- **Imatge Emergent Condicions Inicials:**

Aquesta imatge emergent es pot obrir des de la pantalla Inici i és la primera que apareix quan es dona inícia a una reacció. És on s'indica les condicions en les quals vols que es realitzi la reacció.

| CONDICIONS INICIALS | |
|--|---|
| Mode de Funcionament: Automàtic Manual | |
| Cabals Desitjats: | Temperatura del reactor desitjada: |
| Cabal Premix: 2000,0 l/h | 89,0 °C |
| Litres dipòsit Premix: 4000,0 l | |
| Cabal Catalitzador: 1000,0 l/h | Desviacions Superiors: |
| Litres dipòsit Catalitzador: 2000,0 l | Desviació Superior Aigua: Obrir Tancar |
| Cabal Reductor: 1000,0 l/h | Desviació Superior Vapor: Obrir Tancar |
| Litres dipòsit Reductor: 2000,0 l | |
| | Duració de la Reacció: 2:00:00 |
| Inici del procés de preparació del reactor: Inici Purga/Escalfament | |

Figura 74. Imatge Emergent Condicions Inicials

Pulsador Automàtic: Inicia el Mode Automàtic.

Posador Manual: Inicia el Mode Manual.

Camps entrada: Hi ha diversos camps d'entrada, uns per a indicar els litres/hora que vols que circulin a través de les canonades dels reactius, uns altres per anotar els litres de reactius que hi ha a cada dipòsit i finalment un altre camp d'entrada per indicar la temperatura desitjada a la qual s'ha de realitzar la reacció.

Polsador Obrir/Tancar DsV i DiV: Serveixen per a indicar que es vol obrir o tancar les vàlvules de les desviacions superior i inferior de vapor. El seu valor per defecte és en estat tancat.

Camp sortida Duració Reacció: És un camp on apareix el temps que durarà la reacció segons els litres de dipòsit indicats i els litres/hora que es vols que circulin els reactius.

Polsador Inici Purga/Escalfament: Serveix per a obrir la següent finestra emergent (Preparació del Reactor) i per a iniciar la purga del circuit escalfador i refrigerador.

- **Imatge Emergent Preparació del Reactor:**

En aquesta imatge emergent que es pot obrir des de la pantalla Inici, és on es pot supervisar i controlar les maniobres de la purga i l'escalfament del reactor.

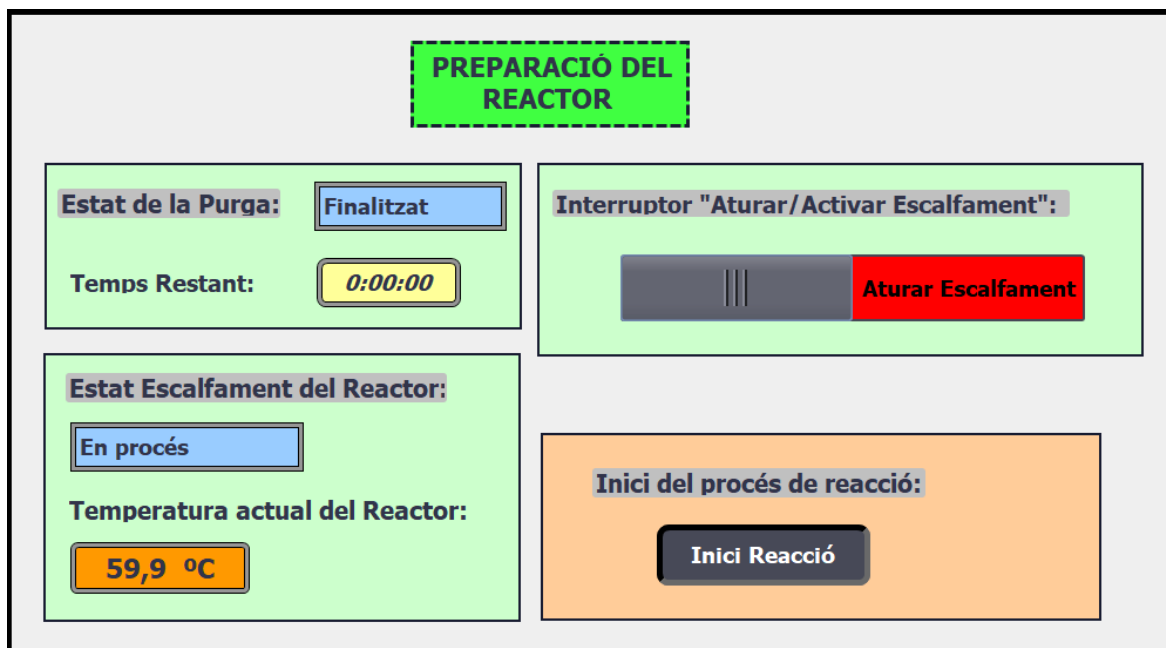


Figura 75. Imatge Emergent Preparació del Reactor

Camps sortida: Hi ha dos que indiquen l'estat de la purga i l'altre l'estat d'escalfament del reactor i hi ha un altre camp de sortida que indica la temperatura que marca el sensor de temperatura en cada instant. Finalment, el camp de sortida groc indica el temps que li queda a la purga per a finalitzar

Interruptor Aturar/Activar Escalfament: Tal com indica el seu nom, aquest interruptor permet aturar i activar l'escalfament del reactor.

Polsador Inici Reacció: Dóna lloc a la següent finestra emergent (Procés de Reacció) i finalitza la maniobra d'escalfament.

- **Imatge Emergent Procés de Reacció:**

Des d'aquesta imatge emergent que es pot obrir des de la pantalla Inici, es pot visualitzar i controlar com es comporta el sistema quan s'està en el plena reacció.

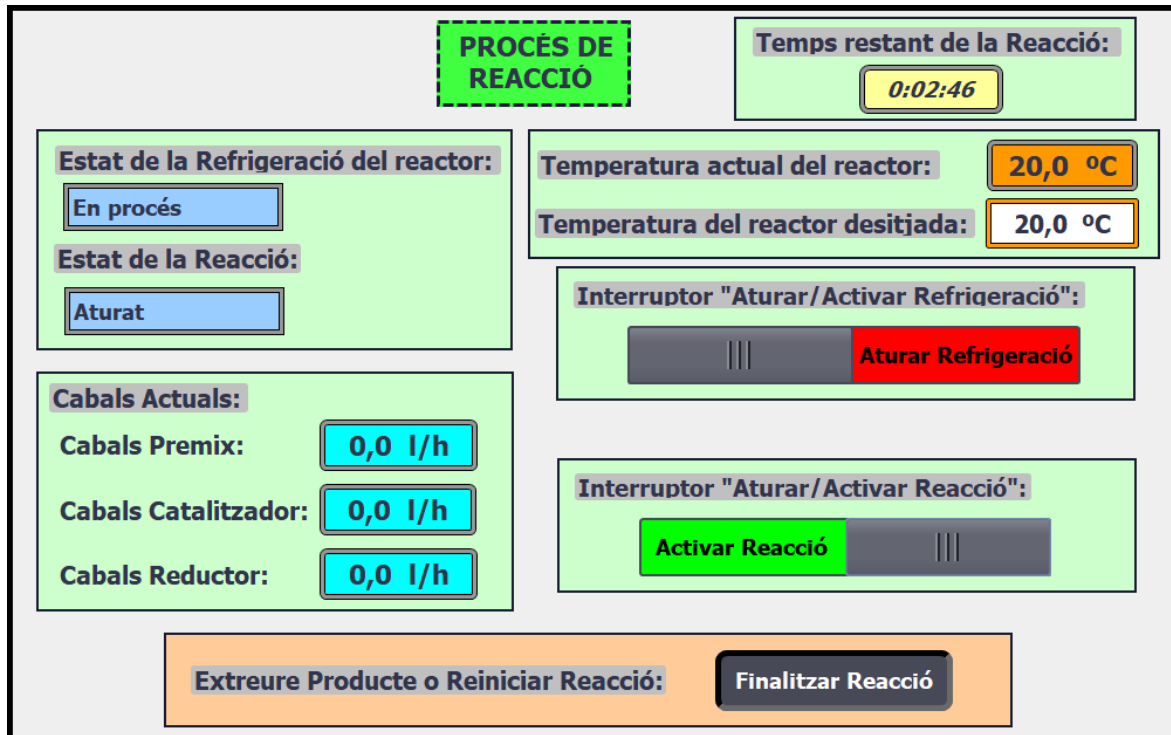


Figura 76. Imatge Emergent Procés de Reacció

Camps sortida: Indiquen l'estat de la refrigeració, de la reacció, cabals de cadascuna de les entrades de reactius, temperatura del reactor i temps restant de la reacció.

Camp entrada Temperatura del reactor desitjada: Et permet canviar el valor de la temperatura desitjada al reactor.

Interruptor Aturar/Activar Refrigeració: Permet aturar i activar la refrigeració del reactor.

Interruptor Aturar/Activar Reacció: Permet aturar i activar les entrades del reactius, és a dir, atura/activa les bombes del reactius.

Polsador Finalitzar Reacció: Al pitjar-lo, es tanca aquesta finestra emergent i s'obre la finestra Fi Reacció.

- **Imatge Emergent Fi Reacció:**

Imatge emergent situada a la pantalla Inici que permet supervisar i controlar els últims passos de la reacció.

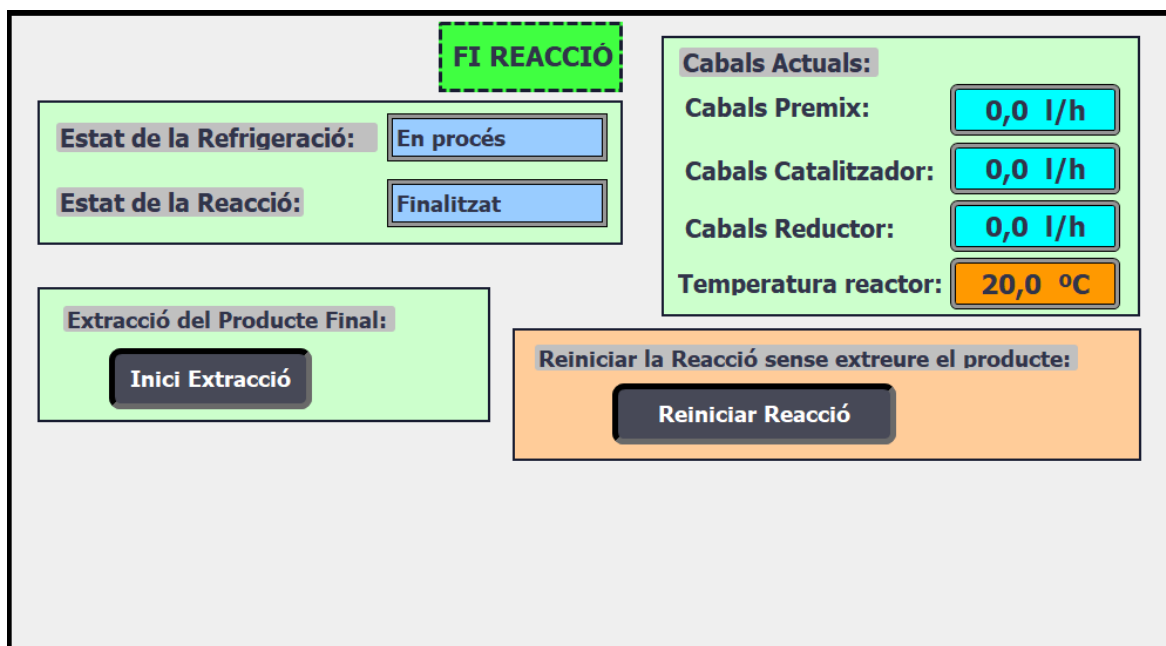


Figura 77a. Imatge Emergent Fi Reacció

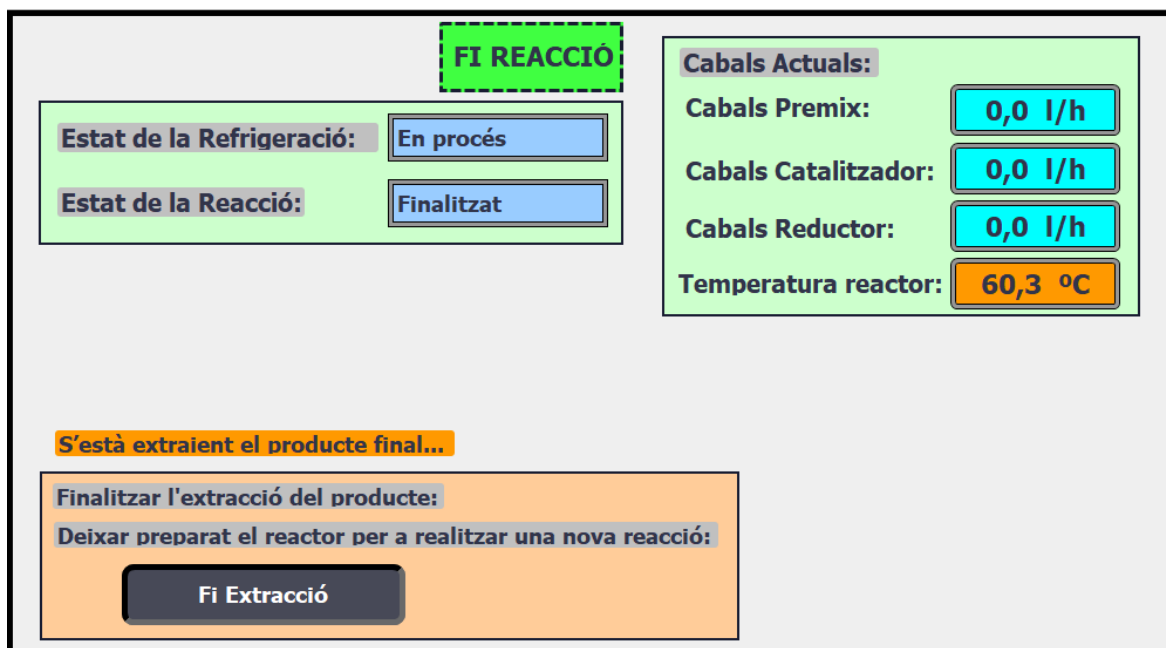


Figura 77b. Imatge Emergent Fi Reacció

Camps sortida: Indiquen l'estat de la refrigeració, de la reacció, cabals de cadascuna de les entrades de reactius i la temperatura del reactor.

Polsador Inici Extracció: Dóna inici a la maniobra per a extreure el producte final a través de la vàlvula del reactor. També fa desaparèixer aquest polsador i el de Reiniciar Reacció i fa aparèixer el posador Fi Extracció.

Polsador Fi Extracció: Permet aturar l'extracció del producte final tancant la vàlvula del reactor i inicia la maniobra que prepara el programa i el reactor per a poder iniciar una nova reacció. A més a més, tanca aquesta finestra.

Posador Reiniciar Reacció: Inicia la maniobra que prepara el programa i el reactor per a poder reiniciar la reacció. A més a més, tanca aquesta finestra.

- **Imatge Emergent Mode Manual:**

Es tracta d'una finestra corresponen a la pantalla Inici preparada per a poder accionar i poder supervisar tots els actuadors que s'han inclòs en aquesta automatització.

| MODE MANUAL | | Temperatura del reactor desitjada: | 0,0 °C |
|--|----------|------------------------------------|--------|
| Sortides Ev. Tot o Res: | | | |
| Ev. D. superior aigua: | Obrir | Tancar | |
| Ev. D. inferior aigua: | Obrir | Tancar | |
| Ev. D. superior vapor: | Obrir | Tancar | |
| Ev. D. inferior vapor: | Obrir | Tancar | |
| Ev. sortida purga: | Obrir | Tancar | |
| Ev. sortida reactor | Obrir | Tancar | |
| Sortides Ev. Proporcional: | | | |
| Ev. entrada d'aigua: | 40 % | | |
| Ev. entrada vapor: | | | |
| Bomba premix: | 70 % | | |
| Bomba catalitzador: | 78 % | | |
| Bomba reductor: | 65 % | | |
| Cabals Actuals: | | | |
| Cabals Premix: | 12,6 l/h | | |
| Cabals Catalitzador: | 13,4 l/h | | |
| Cabals Reductor: | 9,0 l/h | | |
| Temperatura reactor: | 6,9 °C | | |
| Pitjar aquest polsador quan es vulgui sortir del mode manual: Aquest polsador et permet extreure el producte o reiniciar la reacció sense extreure'l: | | | |
| Finalitzar Reacció | | | |

Figura 78. Imatge Emergent Mode Manual

Camps sortida: Indiquen els cabals de cadascuna de les entrades de reactius i la temperatura del reactor.

Polsadors Obrir i Tancar sortides Tot o Res: Permeten obrir i tancar totes les sortides que corresponen a les vàlvules tot o res.

Camps entrada sortides vàlvules proporcional: Et permet introduir un valor entre 0 i 100 per accionar la vàlvula proporcional que vulguis. Per tal d'evitar errors, en el cas de que el valor introduir al camp d'entrada de la vàlvula d'aigua sigui més gran que zero, s'amaga el camp d'entrada de la vàlvula de vapor per seguretat ja que no s'han de poder activar les dues vàlvules a la vegada. Passa el mateix amb el cas contrari.

Polsador Finalitzar Reacció: Permet accedir a la finestra Fi Reacció per a finalitzar la reacció que s'estigui duen a terme.

- **Imatge Emergent Emergència:**

Finestra on es pot visualitzar tots els senyals d'error dels actuadors. Aquesta finestra es pot obrir des de qualsevol de les 4 imatges/pantalles disponibles mitjançant un polsador que apareix al marge inferior esquerre de la pantalla.

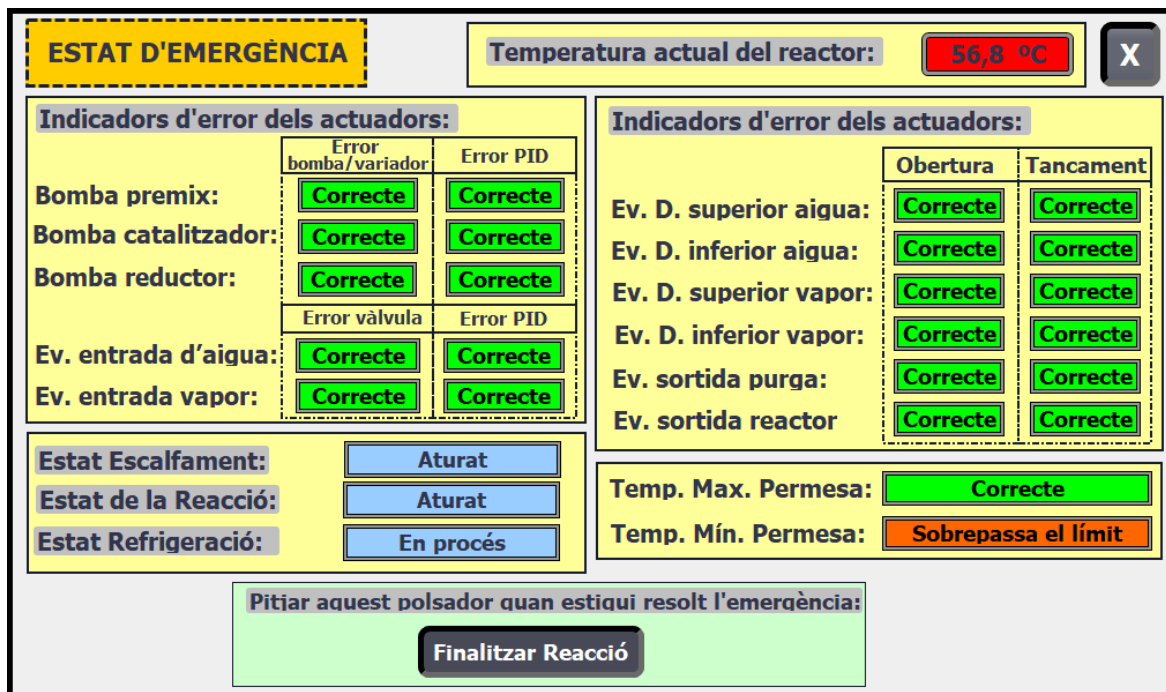


Figura 79. Imatge Emergent Estat Emergència

Camps sortida errors: Hi ha camps de sortida que estan verds i fica “Correcte” quan no hi ha cap error i estan en taronja i apareix el text “Error” quan es produeix un error.

Camps sortida límits: Hi ha un per al límit de temperatura màxima permesa i un altre per al de temperatura mínima permesa que tenen un funcionament similar als camps de sortida d'error.

Camp sortida estats: Són els de color blau, mostren l'estat de l'escalfament, la reacció i la refrigeració.

Polsador Finalitzar Reacció: Permet accedir a la finestra Fi Reacció per a finalitzar la reacció.

- **Imatges Emergents Bomba Premix, Bomba Catalitzador i Bomba Reductor:**

Es tracta de 3 imatges emergents, que es poden obrir des de la pantalla Reactor, amb un disseny molt semblant i que s'utilitzen per a donar una informació i un control més ampli del que es pot tenir des de la pantalla Reactor.

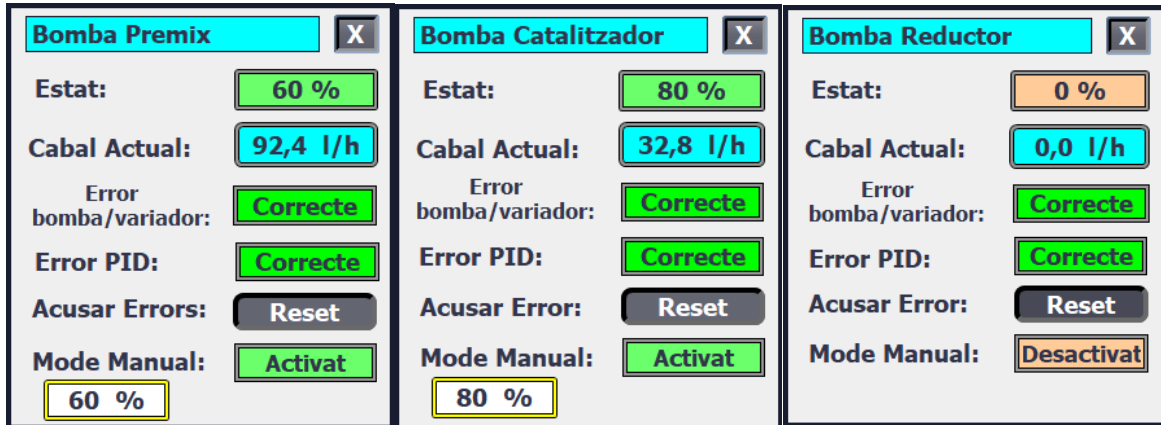


Figura 80, 81, 82. Imatges Emergents Bomba Premix, Bomba Catalitzador, Bomba Reductor

Camps sortida: Es mostra l'estat de la bomba (verd si està en funcionament i taronja si està tancat), el cabal indicat pel cabalímetre, si hi ha errors o no a la bomba, variador o PID (verd i "Correcte" si no hi ha error, taronja i "Error" si hi ha algun error) i finalment un indicador de si esta el mode manual activat o no.

Camp sortida i entrada: El requadre amb marge groc serveix per a indicar el valor en el qual vols accionar la bomba. En cas de no estar en mode manual, aquest requadre desapareix.

Polsador Reset: Permet resetejar els errors produïts a les bombes, variadors i als PIDs un cop estan solucionats.

- **Imatge Emergent Entrada Aigua i Entrada Vapor:**

Són dues finestres emergents, que es poden obrir des de la pantalla Reactor, les quals tenen un disseny molt semblant. Corresponen a les dues vàlvules proporcionals de les que es disposa en aquest projecte.

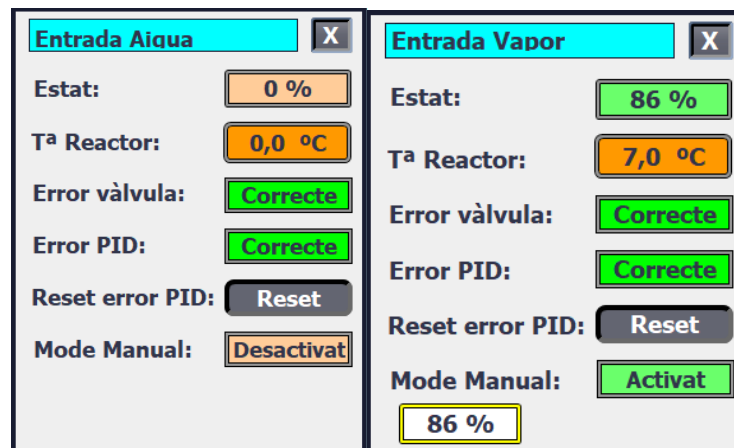


Figura 83, 84. Imatges Emergents Entrada Aigua i Entrada Vapor

Camps sortida: Es mostra l'estat de la vàlvula (verd si està en funcionament i taronja si està tancada), la temperatura indicada per la Pt100, si hi ha errors o no a la vàlvula o al PID (verd i "Correcte" si no hi ha error, taronja i "Error" si hi ha algun error) i finalment un indicador de si esta el mode manual activat o no.

Camp sortida i entrada: El requadre amb marge groc serveix per a indicar el valor en el qual vols accionar la vàlvula. En cas de no estar en mode manual, aquest requadre desapareix.

Polsador Reset: Permet resetejar els errors produïts a les vàlvules i als PIDs un cop estan solucionats.

- **Imatge Emergent Desviació Superior Vapor i Desviació Superior Aigua:**

Aquestes dues imatges emergents, que es poden obrir des de la pantalla Reactor, tenen un disseny molt semblant, per aquest motiu es comentaran juntes. Tenen la particularitat de que es poden accionar estan o no en mode manual.

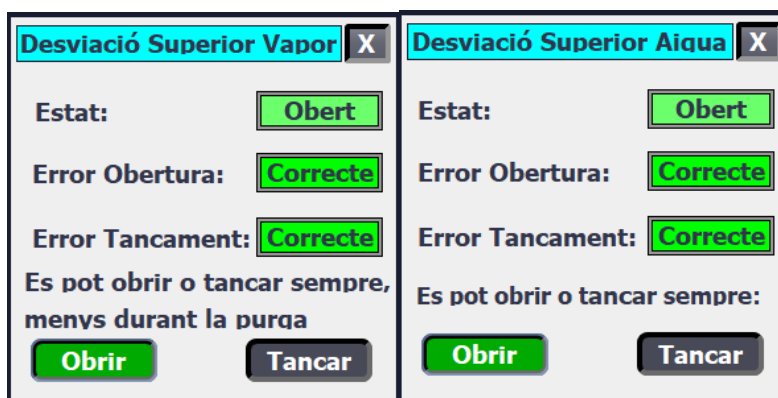


Figura 85, 86. Imatges Emergents Desviació Superior Vapor i Desviació Superior Aigua

Camps sortida: Es mostra l'estat de la vàlvula (verd si està en funcionament i taronja si està tancada) i si hi ha errors o no en l'obertura i tancament de la vàlvula (verd i "Correcte" si no hi ha error, taronja i "Error" si hi ha algun error).

Polsadors Obrir i Tancar: Permeten obrir i tancar les vàlvules.

- **Imatges Emergents Desviació Inferior Vapor, Desviació Inferior Aigua, Sortida Purga i Sortida Reactor:**

Es diferencien del les finestres emergents de les desviacions superiors en què els polsadors d'obrir i tancar les vàlvules només apareixen quan s'està en mode manual

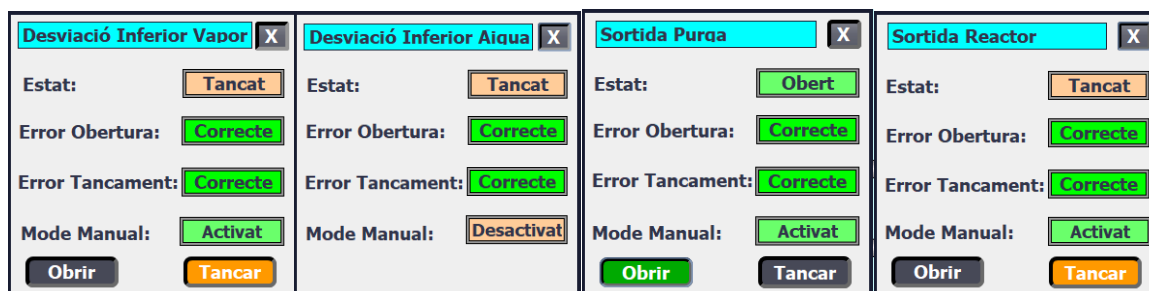


Figura 87, 88, 89, 90. Imatges Emergents Desviació Inferior Vapor, Desviació Inferior Aigua, Sortida Purga i Reactor

Camps sortida: Es mostra l'estat de la vàlvula (verd si està en funcionament i taronja si està tancada) i si hi ha errors o no en l'obertura i tancament de la vàlvula (verd i "Correcte" si no hi ha error, taronja i "Error" si hi ha algun error) i si el mode manual esta activat o desactivat.

Polsadors Obrir i Tancar: Permeten obrir i tancar les vàlvules. Només es mostren quan està activat el mode manual.

- **Imatge Emergent Gràfic ERP, Gràfic ERC i Gràfic ERR:**

Es tracta de 3 imatges emergents, que es poden obrir des de la Gràfics Cabals, que representen cadascuna de les 3 entrades de reactius.

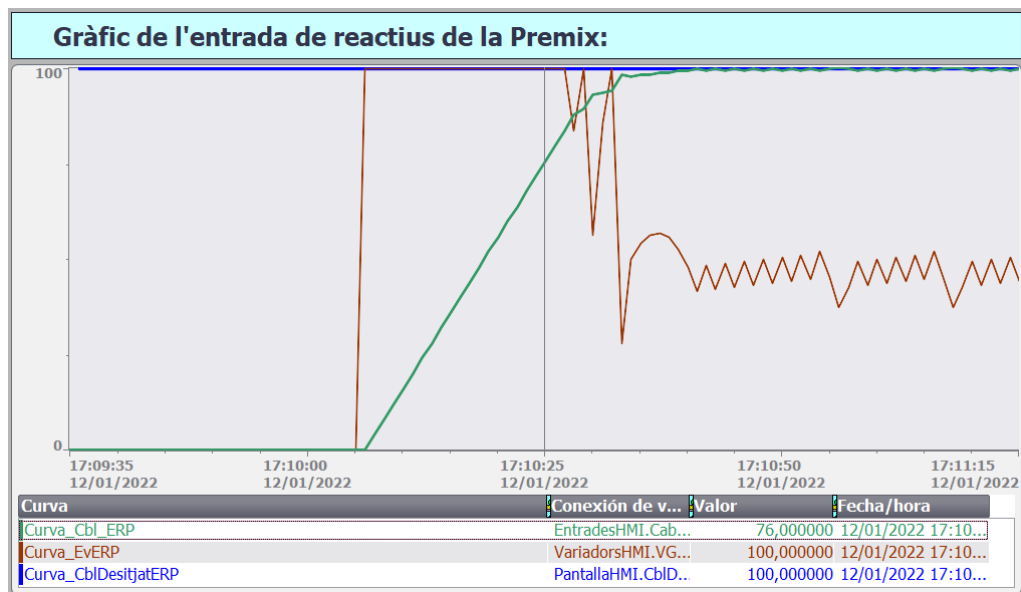


Figura 91. Imatges Emergents Gràfic ERP

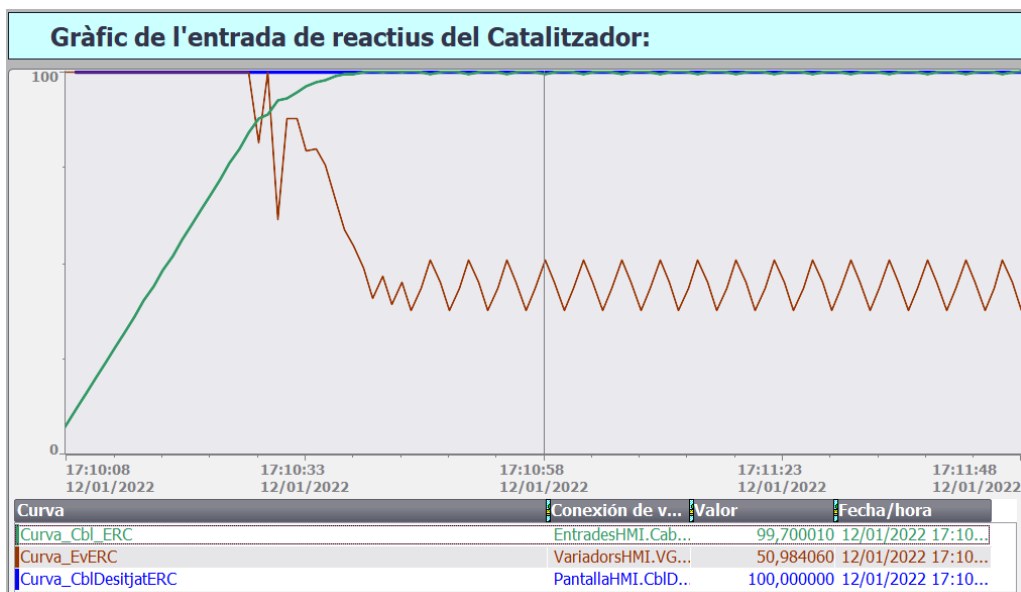


Figura 92. Imatges Emergents Gràfic ERC

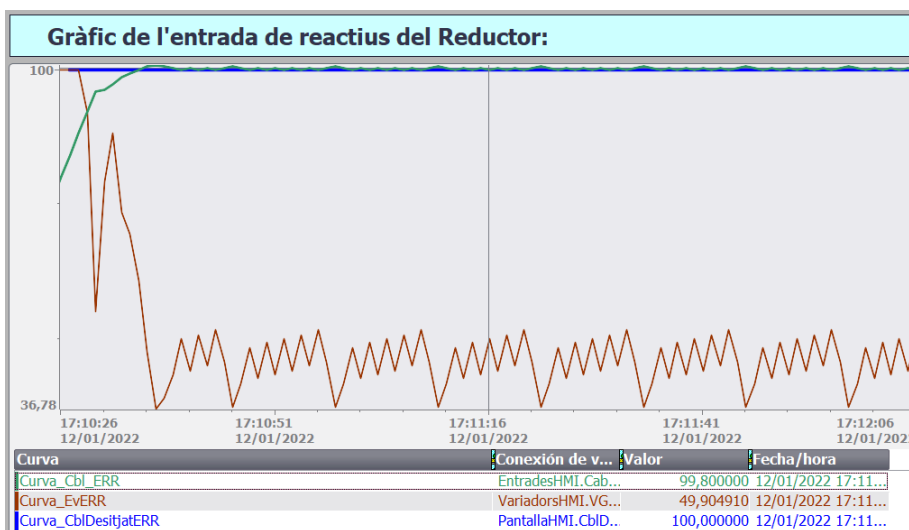


Figura 93. Imatges Emergents Gràfic ERR

Barra vertical del mig del gràfic: Aquesta barra indica l'instant que vols visualitzar a la llegenda del gràfic.

Llegenda del gràfic: Et mostra les diferents corbes que té el gràfic indicant el nom de la corba, la variable que es representa, el valor i hora que té segons on tinguis situada la barra vertical.

6.6 Altres Imatges/Finestres

- **Finestra d'avisos i Indicador d'avisos:**

Tenen l'objectiu d'informar d'algun error, perill o avís al operador. Apareixeran en el cas que hi hagi problemes en alguna vàlvula o bomba, o avisos o perills en l'evolució de la reacció. La finestra d'avisos es pot obrir des de qualsevol pantalla mitjançant el polsador Display Alarm Window.

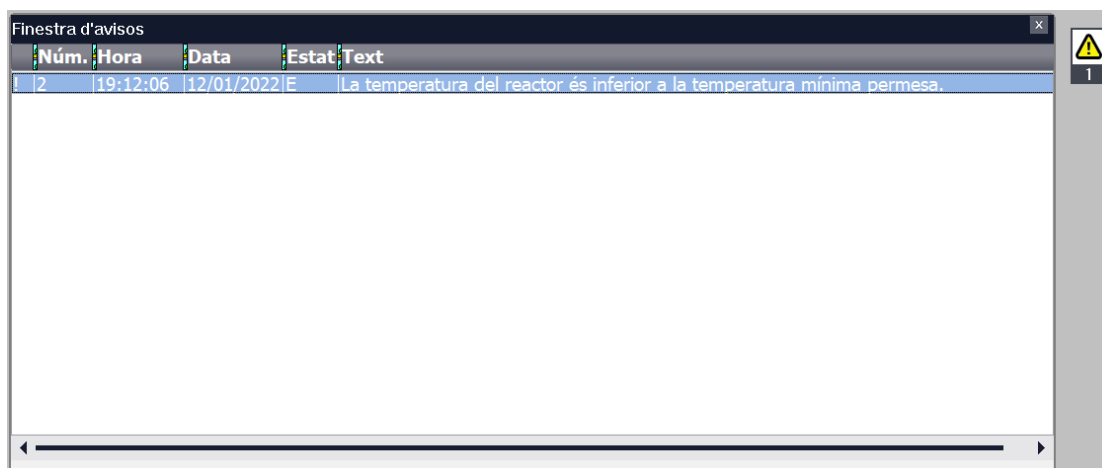


Figura 94. Imatges Emergents Finestra Avisos i Indicador Avisos

Tal com es pot observar, a la finestra d'avisos s'indica la data i hora en la qual s'ha produït l'incident, l'estat d'aquest incident (E=Error) i un text indicant de quin incident es tracta.

El indicador d'avisos només té al funció d'indicar quants avisos estan activats en cada instant.

7 Simulació del procés automatitzat

Per a poder comprovar de la forma més real possible que el programa funcionaria correctament si s'instal·lés al reactor de la fàbrica Bear Química, s'ha realitzat la simulació dels sensors i de les entrades digitals que provindrien dels actuadors.

La simulació dels sensors s'ha fet amb funcions FC escrites amb llenguatge SCL en les quals s'augmenta o es disminueix el valor dels sensors depenen del valor dels actuadors. D'aquesta manera, els PIDs en els quals la seva sortida acciona els actuadors i la seva entrada és el sensor, al notar que si varia la sortida, és modifica el valor dels sensors, s'obté un sistema simulat que s'adapta molt bé a la realitat.

Pel que fa a les entrades digitals, el que es fa es activar per exemple la senyal d'obertura d'una vàlvula quan aquesta s'acciona d'aquesta manera, s'evita que salti l'alarma corresponen a l'error d'obertura. En el cas d'instal·lar-ho al reactor real, la senyal digital d'obertura s'activaria en el moment que s'accionés l'actuador però al ser un treball simulat, aquesta acció s'ha de simular perquè sinó estaria havent errors cada vegada que s'accionés un actuador.

Bàsicament aquestes són les simulacions que es realitzen per imitar el comportament dels sensors i actuadors i en conseqüència del funcionament normal del reactor.

Pel que fa al PLC, tampoc es disposa d'un i per tant, també s'ha de simular. Mitjançant l'eina PLCSIM V14 la qual et permet accionar les entrades, sortides i variables del PLC.

8 Punts de risc i possibles millores del sistema automatitzat

El projecte s'ha elaborat de tal forma que qualsevol seqüència possible que pugui dur-se a terme, estigui controlada tot i així, si es vol instal·lar el programa a la fàbrica de Masdenverge, s'han de revisar i realitzar totes les proves necessàries per assegurar-se de que el programa funciona correctament un cop muntats tots els equips necessaris per a realitzar el projecte que han estat descrits a apartats anteriors. Aquestes proves són les següents:

- Ajustos relacionats amb la lectura/escriptura a les entrades i sortides del PLC i assegurar-se que els actuadors i sensors actuen correctament.
- Comprovar que es realitza una correcta comunicació amb els variadors de freqüència i les bombes i també amb l'estació PC.
- Provar de pitjar els polsadors i escriure als camps d'entrada de diferents maneres per assegurar-se que el programa no es queda enganxat en algun punt (això no hauria de passar perquè ja s'han realitzat moltes proves d'aquest tipus).
- Assegurar-se que les alarmes s'activen correctament realitzant proves manuals.
- Assegurar-se que el polsador d'emergència tanca correctament els actuadors.
-

El programa realitzat té moltes opcions incorporades però com passa en qualsevol sistema automatitzat, sempre es pot millorar. Algunes de les millores que es podrien fer són les següents:

- Seguretat en les dades i en els accessos: Aquesta millora es potser la més imprescindible ja que un dels punts més importants a tindre en compte a l'hora de realitzar instal·lacions i automatitzacions a una fàbrica es protegir el sistema fet de possibles manipulacions fetes pels operadors de la mateixa planta o per individus externs a la fàbrica. Per tant, s'hauria de protegir el programa o inclús certes opcions de dins del programa ficant usuaris i contrasenyes amb diferents graus de autorització. Això podria evitar fallades en el funcionament i possibles accidents laborals.
- Historial d'alarmes: Pot ser molt útil poder obtenir un registre de totes les alarmes que es produeixen durant les reaccions que es duen a terme. Per crear aquest registre seria necessari disposar d'una base de dades on poder emmagatzemar la data i hora de l'alarma, un missatge descrivint-la i inclús el temps que ha estat parada la planta per culpa de l'error, l'usuari que estava al comandant la reacció, etc.
- Receptes: Es podria afegir l'opció de crear receptes per a no haver d'introduir les condicions inicials cada vegada que s'inicia una reacció. Això seria útil en aquest reactor ja que les reaccions que es duen a terme varien bastant. Aquesta millora faria que el projecte ja controlés la totalitat del reactor i no només la temperatura.
- Informes de control de producció: Creació d'informes que t'indiquin els reactius utilitzats, els litres gastats, el nom del producte final, el temps de reacció, etc.
- Informes de Manteniment: Una altra opció molt útil seria poder emmagatzemar dins d'una base de dades les dates en les quals s'ha de realitzar els manteniments de les diferents parts, sensors i actuadors que formen el conjunt del reactor i que des del SCADA es pugui visualitzar i avisar d'aquestes dates.

9 Conclusions

Aquest projecte s'ha centrat en l'automatització del control de la temperatura d'un reactor d'una empresa química mitjançant les entrades d'aigua i de vapor de les camises del reactor i controlant també, les entrades dels productes reactius per poder millorar l'eficiència i la seguretat de la instal·lació. El sistema desenvolupat és capaç de realitzar aquest control de manera automàtica o manual i disposa d'un sistema d'alarmes per detectar errors i avaries i d'un polsador d'emergència.

Per la supervisió i control de la temperatura, s'ha utilitzat un sistema PC amb WinCC RT Advanced que incorpora una pantalla de control, gràfics, camps d'entrada per poder visualitzar i modificar les dades necessàries.

L'automatització ha estat realitzada amb èxit i, en cas d'instal·lar-se a l'empresa, suposaria una clara millora en el procés industrial, millorant la seguretat i disminuint els errors que es poden produir en el control manual. També milloraria la qualitat i traçabilitat dels productes finals manufacturats.

Personalment, m'ha agradat realitzar aquest projecte perquè m'ha permès millorar les habilitats de programació a nivell industrial i poder obrir la ment en els problemes reals a solucionar quan es vol automatitzar màquines i processos industrials. Concretament, també he pogut aprendre molt sobre el Tia Portal i en la realització de sistemes SCADA.

10 Bibliografia

Sistema de control i d'entrades i sortides de senyals de camp:

- PLC SIMATIC S7-1500 amb CPU 1513-1 PN (6ES7 513-1AL01-0AB0):
 - https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/59186494/s71500_cpu1513_1_pn_manual_es-ES_es-ES.pdf
- Mòduls d'entrades i sortides digitals i analògiques
 - https://cache.industry.siemens.com/dl/files/190/83501190/att_905052/v1/s71500_d_i_16x24vdc_ba_manual_es-ES_es-ES.pdf
 - https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/59193089/s71500_dq_8x24vdc_2a_hf_manual_es-ES_es-ES.pdf?download=true
 - https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/91688109/s71500_ai_4xu_i_rt_d_tc_aq_2xu_i_st_manual_es-ES_es-ES.pdf?download=true

Sistema de supervisió i control:

- https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109753803/ReadMe_WinCC_RT_Advanced_V15_enUS.pdf

Eines d'Enginyeria:

- https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109741755/S7-PLCSIMesES_es-ES.pdf
- https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109763294/S120_startdrive_commiss_man_1218_es-ES.pdf

Actuadors i sensors:

- Cabalímetre:
 - <https://www.emerson.com/documents/automation/hoja-de-datos-del-producto-medidores-de-caudal-y-densidad-serie-f-de-micro-motion-es-64820.pdf>
 - <https://www.emerson.com/documents/automation/hoja-de-datos-del-producto-transmisores-series-1000-y-2000-con-tecnolog%C3%ADa-mvd-data-sheet-spanish-micro-motion-es-62202.pdf>
- Sensor de temperatura:
 - <https://www.emerson.com/documents/automation/gu%C3%ADa-de-inicio-r%C3%A1pido-rosemount-214c-sensor-es-es-191602.pdf>
 - <https://www.emerson.com/documents/automation/hoja-de-datos-del-producto-rosemount-148-transmisor-de-temperatura-es-es-89196.pdf>
- Vàlvules tot o res:
 - https://www.prisma.es/pdf/conjuntos_actuador_valvula-esp-eng.pdf.pdf
 - https://www.prisma.es/pdf/elementos_regulacion_control-esp-eng.pdf.pdf
 - https://www.prisma.es/pdf/elementos_regulacion_control-esp-eng.pdf.pdf
- Vàlvules proporcionals:
 - <https://www.samsongroup.com/document/z00020en.pdf>
 - <https://www.samsongroup.com/document/t83101es.pdf>
 - <https://www.samsongroup.com/document/t83940es.pdf>
- Bombes:
 - <https://byeb.es/productos/serie-n/>

- https://www.bombasymotores.es/WebRoot/ce_es/Shops/178511/5829/DB7A/9DAD/A68D/3585/C0A8/1911/597D/SIEMENS IE2 T80 160 TIENDA B3.pdf
- Variador de freqüència:
- https://cache.industry.siemens.com/dl/files/691/99683691/att_77844/v1/G120_CU230P-2_List_Manual_LH9_0414_esp.pdf

Altres:

- Manual SENNA_SPEED:
- https://web.awc-inc.com/wp-content/uploads/2020/06/Sinamics_blocks_for_TIAP_V14_042020_EN.pdf
- Explicacions Youtube:
- https://www.youtube.com/c/Mar%C3%ADAP%C3%A9rezCabezas_Mar%C3%ADAPC/playlists
- https://www.youtube.com/watch?v=kc4BmLucoXw&ab_channel=Hegamurl
- https://www.youtube.com/watch?v=jcJ64W98cSM&ab_channel=Siemens
- Viquipèdia:
- <https://ca.wikipedia.org/wiki/Portada>
- Altres pàgines web:
- <https://www.infopl.net/descargas/103-siemens/automatas/s7-1200/2660-siemens-s7-1200-control-pid>
- <https://support.industry.siemens.com/cs/document/68034568/sinamics-startdrive-v14-sp1?dti=0&dl=en&lc=es-WW>

11 Annexes

PLC SIMATIC S7-1500 amb CPU 1513-1 PN (6ES7 513-1AL01-0AB0):

| | |
|--|------------------------|
| Información general | |
| Ingeniería con | |
| STEP 7 TIA Portal configurable / integrado desde versión | V12.0 SP1 |
| Display | |
| Diagonal de la pantalla (cm) | 3,45 cm |
| Elementos de mando | |
| Nº de teclas | 6 |
| Selector de modo | 1 |
| Tensión de alimentación | |
| Tipo de tensión de la alimentación | 24 V DC |
| Rango admisible, límite inferior (DC) | 19,2 V |
| Rango admisible, límite superior (DC) | 28,8 V |
| Protección contra inversión de polaridad | Sí |
| Intensidad de entrada | |
| Consumo (valor nominal) | 0,7 A |
| Intensidad de cierre, máx. | 1,9 A; Valor nominal |
| I^2t | 0,34 A ² ·s |
| Potencia | |
| Potencia tomada del bus de fondo (balance) | 5,5 W |
| Potencia de alimentación al bus de fondo | 10 W |
| Pérdidas | |
| Pérdidas, típ. | 5,7 W |
| Memoria | |
| Memoria de trabajo | |
| Integrada (para programa) | 300 kbyte |

| | |
|---|---------------------------------|
| Integrada (para datos) | 1,5 Mbyte |
| Memoria de carga enchufable (SIMATIC Memory Card), máx. | 2 Gbyte |
| Respaldo sin mantenimiento | Sí |
| Tiempos de ejecución de la CPU | |
| para operaciones a bits, típ. | 40 ns |
| para operaciones a palabras, típ. | 48 ns |
| para aritmética de coma fija, típ. | 64 ns |
| para aritmética de coma flotante, típ. | 256 ns |
| CPU-bloques | |
| Nº de bloques (total) | 2000 |
| DB | |
| Cantidad, máx. | 2000; Banda numérica: 1 a 65535 |
| Tamaño, máx. | 1,5 Mbyte |
| FB | |
| Cantidad, máx. | 1998; Banda numérica: 1 a 65535 |
| Tamaño, máx. | 300 kbyte |
| FC | |
| Cantidad, máx. | 1999; Banda numérica: 1 a 65535 |
| Tamaño, máx. | 300 kbyte |
| OB | |
| Tamaño, máx. | 300 kbyte |
| Nº de OBs de ciclo libre | 100 |
| Nº de OBs de alarma horaria | 20 |
| Nº de OBs de alarma de retardo | 20 |

| | |
|---|--|
| Nº de OB de alarma cíclica | 20 |
| Nº de OBs de alarma de proceso | 50 |
| Número de OBs de alarmas DPV1 | 3 |
| Nº de OBs de modo isócrono | 1 |
| Nº de OB de alarmas de sincronismo tecnológicas | 2 |
| Nº de OBs de arranque | 100 |
| Nº de OBs de errores asíncronos | 4 |
| Nº de OBs de errores síncronos | 2 |
| Nº de alarmas de diagnóstico | 1 |
| Profundidad de anidamiento | |
| por cada prioridad | 24 |
| Contadores, temporizadores y su remanencia | |
| Contadores S7 | |
| Cantidad | 2048 |
| Remanencia | |
| Configurable | Sí |
| Contadores IEC | |
| Cantidad | cualquiera (limitado solo por la memoria de trabajo) |
| Remanencia | |
| Configurable | Sí |
| Temporizadores S7 | |
| Cantidad | 2048 |
| Remanencia | |
| Configurable | Sí |
| Temporizadores IEC | |

| | |
|---|--|
| Temporizadores IEC | |
| Cantidad | cualquiera (limitado solo por la memoria de trabajo) |
| Remanencia | |
| Configurable | Sí |
| Áreas de datos y su remanencia | |
| Área de datos remanentes total (incl. temporizadores, contadores, marcas), máx. | 128 kbyte; memoria remanente utilizable para marcas, temporizadores, contadores, DB y datos tecnológicos (ejes): 88 kbytes |
| Marcas | |
| Cantidad, máx. | 16 kbyte |
| Nº de marcas de ciclo | 8 |
| Bloques de datos | |
| Remanencia configurable | Sí |
| Remanencia predeterminada | No |
| Datos locales | |
| por cada prioridad, máx. | 64 kbyte; máx. 16 kbytes por bloque |
| Área de direcciones | |
| Número de módulos de E/S | 2048 |
| Área de direcciones de periferia | |
| Entradas | 32 kbyte; Todas las entradas están en la imagen de proceso |
| Salidas | 32 kbyte; Todas las salidas están en la imagen de proceso |
| de ellos, de cada subsistema de E/S | |
| Entradas (volumen) | 8 kbyte |
| Salidas (volumen) | 8 kbyte |
| de ellas, por cada CM / CP | |

| | |
|------------------------------------|---|
| Entradas (volumen) | 8 kbyte |
| Salidas (volumen) | 8 kbyte |
| Imágenes de subproceso | |
| Nº de imágenes de subproceso, máx. | 32 |
| Espacio de direcciones por módulo | |
| Número de subsistemas de E/S | 7 |
| Configuración del hardware | |
| Módulos por bastidor, máx. | 32; CPU + 31 módulos |
| Bastidores, nº de líneas, máx. | 1 |
| Nº de maestros DP | |
| vía CM | 6; En total se pueden enchufar un máximo de 6 CMs/CPs (PROFIBUS, PROFINET, Ethernet) |
| Número de IO-Controller | |
| integrada | 1 |
| CM PaP | |
| Número de CMs PaP | El número de CM PaP conectables solo está limitado por la disponibilidad de los slots |
| Hora | |
| Reloj | |
| Tipo | Reloj por hardware |
| Desviación diaria, máx. | 10 s; típ.: 2 s |
| Duración del respaldo | 6 wk; a 40 °C de temperatura ambiente, típ. |
| Sincronización de la hora | |
| Soporta servidor iPAR | Sí |
| en el autómata, maestro | Sí |
| en el autómata, esclavo | Sí |
| por Ethernet vía NTP | Sí |

| | | |
|---|----|-----|
| Interfaces | | |
| N.º de interfaces PROFINET | | 1 |
| 1. Interfaz | | |
| Física de la interfaz | | |
| Número de puertos | | 2 |
| Switch integrado | Sí | |
| RJ 45 (Ethernet) | Sí | |
| Informes (logs) | | |
| PROFINET IO-Controller | Sí | |
| PROFINET IO-Device | Sí | |
| Comunicación SIMATIC | Sí | |
| Comunicación IE abierta | Sí | |
| servidores web | Sí | |
| Redundancia del medio | Sí | |
| Física de la interfaz | | |
| RJ 45 (Ethernet) | | |
| 100 Mbits/s | Sí | |
| Autonegociación | Sí | |
| Autocrossing | Sí | |
| LED de estado Industrial Ethernet | Sí | |
| Nº de conexiones | | |
| Número de conexiones máx. | | 128 |
| Número de conexiones reservadas para ES/HMI/Web | | 10 |
| Número de conexiones vía interfaces integradas | | 88 |
| Informes (logs) | | |

| | |
|---|--|
| PROFINET IO-Controller | |
| Servicios | |
| Comunicación PG/OP | Sí |
| S7-Routing | Sí |
| Modo isócrono | Sí |
| Comunicación IE abierta | Sí |
| IRT | Sí |
| MRP | Sí; como administrador de redundancia MRP y/o cliente MRP; número máx. de dispositivos en el anillo: 50 |
| PROFIenergy | Sí |
| Arranque priorizado | Sí; máx. 32 PN Devices |
| Nº de IO Devices que se pueden conectar en total, máx. | 128; en total se puede conectar mediante CP/CM un máximo de 256 unidades periféricas descentralizadas vía PROFIBUS o PROFINET. |
| Nº de IO-Devices conectables para RT, máx. | 128 |
| de ellos, en línea, máx. | 128 |
| Nº de IO Devices con IRT y la opción "alto rendimiento", máx. | 64 |
| Nº de IO-Devices activables/desactivables simultáneamente, máx. | 8 |
| Nº de IO-Devices por herramienta, máx. | 8 |
| Tiempos de actualización | El valor mínimo del tiempo de actualización también depende de la parte de comunicación ajustada para PROFINET IO, de la cantidad de IO-Devices y de la cantidad de datos útiles configurados. |
| para RT | |
| con un ciclo de emisión de 250 µs | 250 µs a 128 ms |

| | |
|--|---|
| con un ciclo de emisión de 500 μ s | 500 μ s a 256 ms |
| con un ciclo de emisión de 1 ms | 1 ms a 512 ms |
| con un ciclo de emisión de 2 ms | 2 ms a 512 ms |
| con un ciclo de emisión de 4 ms | 4 ms a 512 ms |
| para IRT con la opción "alto rendimiento" | |
| con un ciclo de emisión de 250 μ s | 250 μ s a 4 ms |
| con un ciclo de emisión de 500 μ s | 500 μ s a 8 ms |
| con un ciclo de emisión de 1 ms | 1 ms a 16 ms |
| | 2 ms a 32 ms |
| con un ciclo de emisión de 4 ms | 4 ms a 64 ms |
| para IRT con la opción "alto rendimiento" y parametrización de los impulsos de emisión denominados "impares" | Tiempo de actualización = ciclo de emisión "impar" ajustado (cualquier múltiplo de 125 μ s: 375 μ s, 625 μ s ... 3,875 μ s) |
| PROFINET IO-Device | |
| Servicios | |
| Comunicación PG/OP | Sí |
| S7-Routing | Sí |
| Modo isócrono | Sí |
| Comunicación IE abierta | Sí |
| IRT, soportado | Sí |
| MRP, función soportada | Sí |
| PROFenergy | Sí |
| Comunicación SIMATIC | |
| Comunicación S7, como servidor | Sí |
| Comunicación S7, como cliente | Sí |

| | |
|---|--|
| Eje de velocidad | |
| Cantidad de ejes de velocidad, máx. | 6; en total se soporta un máximo de 6 ejes (eje de velocidad, eje de posicionamiento, encóders externos) |
| Eje de posicionamiento | |
| Cantidad de ejes de posicionamiento, máx. | 6; en total se soporta un máximo de 6 ejes (eje de velocidad, eje de posicionamiento, encóders externos) |
| Encóder externo | |
| Cantidad de sensores externos, máx. | 6; en total se soporta un máximo de 6 ejes (eje de velocidad, eje de posicionamiento, encóders externos) |
| Regulador | |
| PID_Compact | Sí; regulador PID universal con optimización integrada |
| PID_3Step | Sí; regulador PID con optimización para válvulas integrada |
| Contaje y medida | |
| High Speed Counter | Sí |
| Condiciones ambientales | |
| Temperatura de empleo | |
| Montaje horizontal, mín. | 0 °C |
| Montaje horizontal, máx. | 60 °C; Pantalla: 50 °C; la pantalla se apaga a una temperatura de empleo típ. de 50 °C |
| Montaje vertical, mín. | 0 °C |
| Montaje vertical, máx. | 40 °C; Pantalla: 40 °C; la pantalla se apaga a una temperatura de empleo típ. de 40 °C |

| | |
|--|----------------------------------|
| Lenguaje de programación | |
| KOP | Sí |
| FUP | Sí |
| AWL | Sí |
| SCL | Sí |
| GRAPH | Sí; STEP 7 V12 SP1 o superior |
| Protección de know-how | |
| Protección de programa de usuario | Sí |
| Protección contra copia | Sí |
| Protección de bloques | Sí |
| Protección de acceso | |
| Contraseña para display | Sí |
| Nivel de protección: Protección contra escritura | Sí |
| Nivel de protección: Protección contra escritura/lectura | Sí |
| Nivel de protección: protección completa | Sí |
| Vigilancia de tiempo de ciclo | |
| Límite inferior | Tiempo de ciclo mínimo ajustable |
| Límite superior | Tiempo de ciclo máximo ajustable |
| Dimensiones | |
| Ancho | 35 mm |
| Alto | 147 mm |
| Profundidad | 129 mm |
| Pesos | |
| Peso, aprox. | 430 g |

Módul entradas digitales DI 16x24VDC BA (6ES7521-1BH10-0AA0)

Características

El módulo tiene las siguientes características técnicas:

- 16 entradas digitales, aisladas en grupos de 16
- Tensión nominal de entrada 24 V DC
- Adecuado para interruptores y detectores de proximidad a 2, 3 o 4 hilos

Esquema eléctrico y esquema de principio

La figura siguiente muestra la forma de conectar el módulo y la asignación de los canales a las direcciones (byte de entrada a y byte de entrada b).

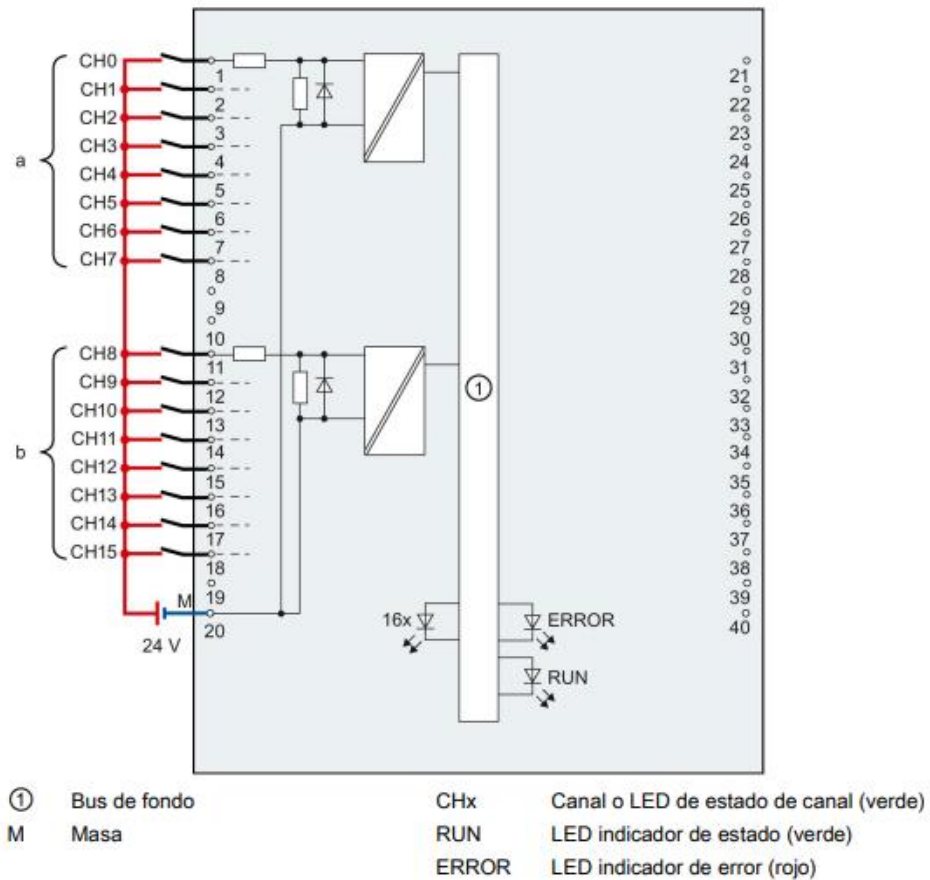


Figura 3-1 Esquema de principio y asignación de conexiones

Espacio de direcciones en la configuración como DI 16x24VDC BA de 1 x 16 canales

La figura siguiente muestra la asignación del espacio de direcciones en la configuración como módulo de 1 x 16 canales. La dirección de inicio del módulo puede asignarse a discreción. Las direcciones de los canales se derivan de la dirección de inicio.

Las letras "a" a "b" están serigrafadas en el módulo. P. ej., "IB a" significa dirección de inicio byte de entrada "a".

Asignación en la memoria imagen de proceso de las entradas (MIPE)

| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | Valor de entrada: | |
|-------------|---|---|---|---|---|---|---|----|-----------------------------------|--|
| IB a | | | | | | | | | Canal 0 a 7 (entrada CH0 a CH7) | |
| | | | | | | | | 15 | 8 | |
| IB b (=a+1) | | | | | | | | | Canal 8 a 15 (entrada CH8 a CH15) | |

Figura 4-1 Espacio de direcciones en la configuración como DI 16x24VDC BA de 1 x 16 canales

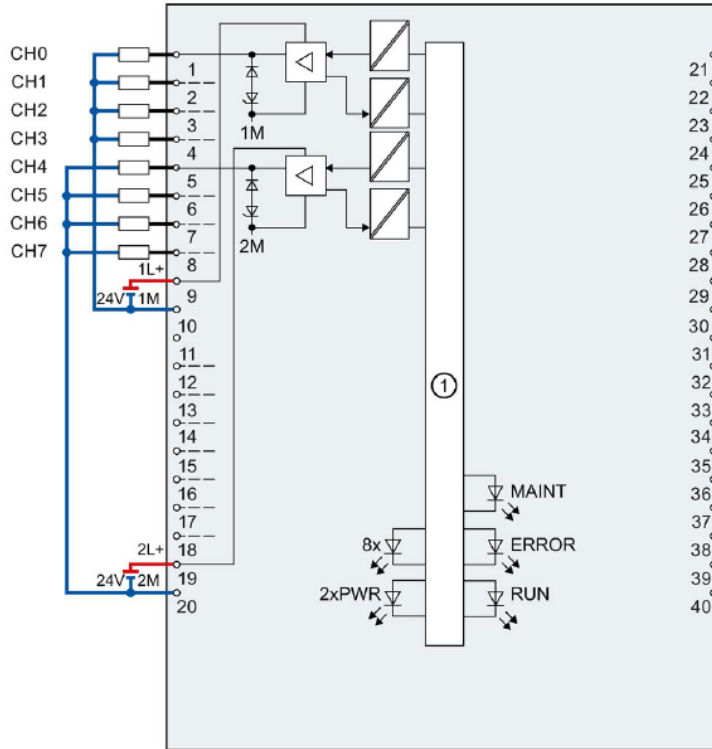
Datos técnicos del DI 16x24VDC BA

| | 6ES7521-1BH10-0AA0 |
|---|--------------------|
| Información general | |
| Nombre del tipo de producto | DI 16x24VDC BA |
| Versión del hardware | FS01 |
| Versión de firmware | V1.0.0 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de actualizar el firmware | Sí |
| Función del producto | |
| Datos I&M | Sí; I&M0 a I&M3 |
| Ingeniería | |
| Configurable/integrado en STEP 7 TIA Portal desde la versión | V13/V13 |
| Configurable/integrado en STEP 7 desde la versión | V5.5 SP3 / - |
| PROFIBUS desde la versión GSD/revisión GSD | V1.0 / V5.1 |
| PROFINET desde la versión GSD/revisión GSD | V2.3 / - |
| Modo de operación | |
| DI | Sí |
| Contadores | No |
| MSI | Sí |
| Tensión de alimentación | |
| Valor nominal (DC) | 24 V |
| Rango admisible, límite inferior (DC) | 20,4 V |
| Rango admisible, límite superior (DC) | 28,8 V |
| Potencia | |
| Potencia tomada del bus de fondo | 1,05 W |
| Potencia disipada | |
| Potencia disipada, típ. | 1,8 W |
| Entradas digitales | |
| Número de entradas | 16 |
| Entradas digitales parametrizables | No |
| Tipo M/P | Tipo P |
| Característica de entrada según IEC 61131, tipo 3 | Sí |
| Tensión de entrada | |
| Tipo de tensión de entrada | DC |
| Valor nominal (DC) | 24 V |
| Para señal "0" | -30 ... +5 V |
| Para señal "1" | +11 ... +30 V |

Mòdul sortides digitals DQ 8x24VDC/2A HF (6ES7 522-1BF00-0AB0)

Esquema elèctric i esquema de principi

La figura següent mostra com a exemple la assignació de connexions i la assignació de les canalos. Els canalos 0 i 4 poden parametritzar-se opcionalment per al mode d'operació Modulació de ample d'impuls.



| | | | |
|-----|--|-------|---|
| ① | Bus de fons | MAINT | LED indicador de manteniment (amarillo) |
| xL+ | Tensió d'alimentació de 24 V DC | RUN | LED indicador d'estat (verde) |
| xM | Masa | ERROR | LED indicador d'error (rojo) |
| CHx | Canal o LED d'estat del canal (verde/rojo) | PWR | LED de tensió d'alimentació POWER (verde) |

4.2.1 Espacio de direcciones modo de operación DQ

Espacio de direcciones en la configuración como DQ 8x24VDC/2A HF de 8 canales

La figura següent mostra la assignació de l'espai de direccions en la configuració com a mòdul de 8 canalos amb informació de qualitat. La direcció inicial del mòdul pot assignar-se lliurement. Les direccions de les canalos se deriven de dicha direcció inicial.

La letra "a" està gravada en el mòdul. "AB a" (QB a) significa: Direcció inicial del mòdul Byte de salida "a".

Asignación en la memoria imagen de proceso de las salidas (MIPS)

| | | | | | | | | | |
|------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | Valor de salida: |
| QB a | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Canales 0 a 7 (salidas CH0 a CH7) |

Asignación en la memoria imagen de proceso de las entradas (MIPE)

| | | | | | | | | | |
|------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | (QI) Información de calidad |
| IB i | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Canales 0 a 7 (bits de calidad QI0 a QI7) |

0 = el valor leído en el canal es erróneo

Figura 4-1 Espacio de direcciones en la configuración como DQ 8x24VDC/2A HF de 8 canales con información de calidad

| | |
|--|---|
| Referencia | 6ES7522-1BF00-0AB0 |
| Tensión de alimentación | |
| Valor nominal (DC) | 24 V |
| Rango admisible, límite inferior (DC) | 20,4 V |
| Rango admisible, límite superior (DC) | 28,8 V |
| Protección contra inversión de polaridad | Sí; protegida internamente hasta 10 A por grupo |
| Intensidad de entrada | |
| Consumo, máx. | 40 mA; 20 mA por grupo, sin salida activada |
| Tensión de salida | |
| Valor nominal (DC) | 24 V |
| Potencia | |
| Potencia tomada del bus de fondo | 0,9 W |
| Pérdidas | |
| Pérdidas, típ. | 5,6 W; 6,8 W en modo PWM |
| Salidas digitales | |
| Tipo de salida digital | Transistor |
| Número de salidas | 8 |
| Tipo P | Sí |
| Protección contra cortocircuito | Sí |
| • Umbral de respuesta, típ. | 3 A |
| Limitación de la sobretensión inductiva de corte a | -17 V |
| Ataque de una entrada digital | Sí |
| Funciones de salidas digitales, parametrizables | |
| • Salida digital configurable | Sí |
| • Salida PWM | Sí |
| – Número, máx. | 2 |
| – Duración del periodo, parametrizable | Sí; 2 ... 100 ms continuamente |
| – Tiempo en ON, mín. | 0 % |
| – Tiempo en ON, máx. | 100 % |
| – Resolución de la duración de la conexión | 0,1 % |
| – Tiempo mínimo de impulso | 300 µs |
| Poder de corte de las salidas | |
| • con carga tipo lámpara, máx. | 10 W |
| Rango de resistencia de carga | |
| • Límite inferior | 12 Ω |
| • Límite superior | 4 kΩ |
| Tensión de salida | |
| • para señal "1", mín. | L+ (-0,8 V) |

| | |
|--|---|
| Referencia | 6ES7522-1BF00-0AB0 |
| Intensidad de salida | |
| <ul style="list-style-type: none"> para señal "1" valor nominal para señal "1" rango admisible, máx. para señal "0" intensidad residual, máx. | <p>2 A</p> <p>2,4 A; Tener en cuenta el derating indicado en modo PWM</p> <p>0,5 mA</p> |
| Retardo a la salida con carga resistiva | |
| <ul style="list-style-type: none"> "0" a "1", típ. "0" a "1", máx. "1" a "0", típ. "1" a "0", máx. | <p>80 µs</p> <p>100 µs</p> <p>300 µs</p> <p>500 µs</p> |
| Conexión en paralelo de dos salidas | |
| <ul style="list-style-type: none"> para combinaciones lógicas para aumentar la potencia para control redundante de una carga | <p>Sí</p> <p>No</p> <p>Sí</p> |
| Frecuencia de conmutación | |
| <ul style="list-style-type: none"> con carga resistiva, máx. con carga inductiva, máx. con carga tipo lámpara, máx. | <p>100 Hz; En modo PWM: 500 Hz</p> <p>0,5 Hz; Según IEC 60947-5-1, DC-13; max. 500 Hz en modo PWM solo con circuito de protección externo; ver la descripción adicional en el manual</p> <p>10 Hz</p> |
| Corriente total de salidas | |
| <ul style="list-style-type: none"> Intensidad por canal, máx. Intensidad por grupo, máx. Intensidad por módulo, máx. | <p>2 A; ver descripción adicional en el manual</p> <p>8 A; ver descripción adicional en el manual</p> <p>16 A; ver descripción adicional en el manual</p> |
| Longitud del cable | |
| <ul style="list-style-type: none"> apantallado, máx. no apantallado, máx. | <p>1 000 m</p> <p>600 m</p> |
| Modo isócrono | |
| Modo isócrono (aplicación sincronizada hasta el borne) | No |
| Alarmas/diagnósticos/información de estado | |
| Función de diagnóstico | Sí |
| Valores de sustitución aplicables | Sí |
| Alarmas | |
| <ul style="list-style-type: none"> Alarma de diagnóstico | Sí |

Mòdul Entrades/Sortides analògiques AI/AQ 4xU/I/RTD/TC / 2xU/I ST (6ES7 534-7QE00-0AB0)

Tipos y rangos de medición

La siguiente tabla muestra los tipos de medición y los rangos de medición correspondientes.

Tabla 4- 1 Tipos y rangos de medición

| Tipo de medición | Rango de medición | Representación de valores analógicos |
|--|--|--|
| Tensión | ±50 mV ±80 mV ±250 mV ±500 mV ±1V ±2,5V 1 a 5V ±5V ±10 V | Ver Representación de valores analógicos en rangos de medición de tensión (Página 78) |
| Intensidad TM2H (Transductor de medida a 2 hilos) | 4 a 20 mA | Ver Representación de valores analógicos en rangos de medición de intensidad (Página 79) |
| Intensidad TM4H (Transductor de medida a 4 hilos) | 0 a 20 mA 4 a 20 mA ±20 mA | |
| Resistencia (Conexión a 2 hilos) | PTC | |
| Resistencia (Conexión a 3 hilos) | 150 Ω | |
| Resistencia (Conexión a 4 hilos) | 300 Ω 600 Ω 6000 Ω | |

| Tipo de medición | Rango de medición | Representación de valores analógicos |
|---|--|--|
| Termorresistencia RTD (Conexión a 3 hilos) (Conexión a 4 hilos) | PT100 estándar/climatiz. PT200 estándar/climatiz. PT500 estándar/climatiz. PT1000 estándar/climatiz. Ni100 estándar/climatiz. Ni1000 estándar/climatiz. LG-Ni1000 estándar/climatiz. | Ver Representación de valores analógicos para sensores resistivos/termorresistencias (Página 80) |
| Termopar TC | Tipo B Tipo E Tipo J Tipo K Tipo N Tipo R Tipo S Tipo T | Ver Representación de valores analógicos para termopares (Página 83) |
| Desactivado | - | |

Las tablas de rangos de entrada, rebase por exceso, rango de saturación por defecto, etc. se encuentran en el anexo [Representación de los rangos de entrada \(Página 77\)](#).

Tipos y rangos de salida

La siguiente tabla muestra los tipos y rangos de salida correspondientes.

| Tipo de salida | Rango de salida | Representación de valores analógicos |
|----------------|---------------------------------------|--|
| Tensión | 1 a 5V 0 a 10 V ± 10 V | Ver Representación de valores analógicos en los rangos de salida de tensión (Página 88) |
| Intensidad | 0 a 20 mA 4 a 20 mA ± 20 mA | Ver Representación de valores analógicos en los rangos de salida de intensidad (Página 89) |
| Desactivado | - | - |

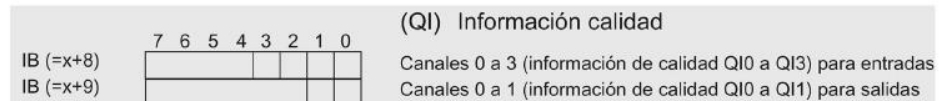
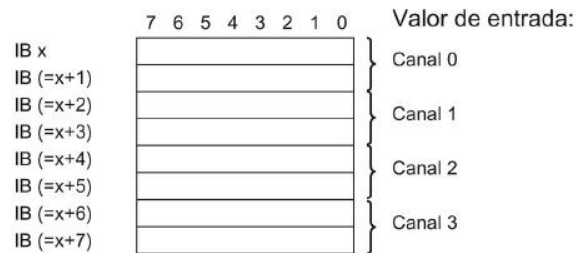
Las tablas de rangos de salida, rango nominal, rango de saturación por exceso, etc., se encuentran en el anexo [Representación de los rangos de salida \(Página 87\)](#).

Espacio de direcciones en la configuración como AI 4xU/I/RTD/TC/ AQ 2xU/I ST QIde 1 x 6 canales

La siguiente figura muestra la asignación del espacio de direcciones en la configuración como módulo de 1 x 6 canales. La dirección inicial del módulo puede asignarse libremente. Las direcciones de los canales se derivan de la dirección inicial.

"EB x" significa, p. ej., el byte de entrada x como dirección inicial del módulo. "AB x", significa, p. ej., el byte de salida x como dirección inicial del módulo.

Asignación en la memoria imagen de proceso de las entradas (MIPE)



0 = el valor del canal es incorrecto

Asignación en la memoria imagen de proceso de las salidas (MIPS)

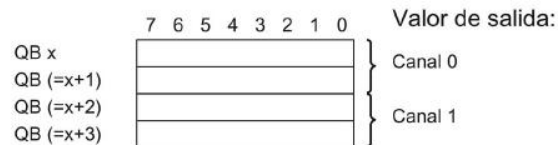


Figura 4-4 Espacio de direcciones en la configuración como AI 4xU/I/RTD/TC/ AQ 2xU/I ST QIde 1 x 6 canales con información de calidad

Cabálmeter Emerson Micro Motion Serie F (model F050P)

Precisión y repetibilidad

Precisión y repetibilidad en líquidos y lodos

| Especificaciones de funcionamiento | Premium ⁽¹⁾ | Mejorado ⁽¹⁾ | Intermedio | Básico |
|--|---------------------------|-------------------------|------------|----------------------|
| Caudal másico y volumétrico ⁽²⁾ | ±0,05% | ±0,1% | ±0,15% | ±0,2% |
| Repetibilidad de caudal másico y volumétrico | ±0,025% | ±0,05% | ±0,075% | ±0,10% |
| Precisión de densidad | ±0,5 kg/m ³ | ±1 kg/m ³ | | ±2 kg/m ³ |
| Repetibilidad de densidad | ±0,2 kg/m ³ | ±0,5 kg/m ³ | | ±1 kg/m ³ |
| Precisión de la temperatura | ±1 °C ±0,5% de la lectura | | | |
| Repetibilidad de temperatura | ±0,2 °C | | | |

(1) No está disponible en todos los modelos.

(2) La precisión de caudal establecida incluye los efectos combinados de repetibilidad, linealidad e histéresis.

Caudales de líquido

Caudal nominal

Micro Motion ha adoptado el término caudal nominal, que es el caudal al cual el agua que está bajo condiciones de referencia ocasiona una caída de presión de aproximadamente 1 barg a través del medidor.

Caudales másicos para todos los modelos

La tabla siguiente muestra caudales másicos con acero inoxidable 316L (S/A), aleación de níquel C22 (H/B) y alta presión (P).

| Modelo | Tamaño nominal de tubería | Caudal nominal | | Caudal máximo | |
|-------------|---------------------------|----------------|---------|---------------|---------|
| | | lb/min | kg/h | lb/min | kg/h |
| F025 | 0,25 in (DN6) | 50 | 1366 | 100 | 2720 |
| F050P | 0.5 in (DN15) | 84 | 2287 | 168 | 4570 |
| F050S/H/A/B | 0.5 in (DN15) | 155 | 4226 | 300 | 8160 |
| F100P | 1 in (DN25) | 400 | 11 000 | 800 | 22 000 |
| F100S/H/A/B | 1 in (DN25) | 717 | 19 500 | 1200 | 32 700 |
| F200 | 2 in (DN50) | 2190 | 59 500 | 3200 | 87 100 |
| F300 | 3 in (DN80) | 4900 | 133 000 | 8740 | 238 000 |
| F400 | 4 in (DN100) | 12 000 | 327 000 | 16 000 | 436 000 |

Materiales en la trayectoria del fluido

| Modelo | Opciones de material | | | Peso del sensor |
|--------|-----------------------|------------------------|---|-----------------|
| | Acero inoxidable 316L | Aleación de níquel C22 | Aleación de níquel C22 y acero inoxidable | |
| F025 | F025S/A | F025H/B | F025P | 4,5 kg |
| F050 | F050S/A | F050H/B | F050P | 5,0 kg |
| F100 | F100S/A | F100H/B/P | | 9,5 kg |
| F200 | F200S | F200H | | 19 kg |
| F300 | F300S | F300H | | 47,6 kg |
| F400 | F400S | | | 81,6 kg |

Valores nominales de presión del proceso

La presión máxima del sensor en funcionamiento refleja el máximo valor de presión posible para un sensor determinado. El tipo de conexión de proceso, así como las temperaturas ambiente y de fluido del proceso pueden reducir el valor máximo. Para ver las combinaciones habituales de sensores y conexiones, consulte la *Hoja de datos técnicos de los medidores de caudal y densidad serie F de Micro Motion*.

Todos los sensores cumplen la Directiva del Consejo 2014/68/UE referente a los equipos a presión.

Nota

Los sensores de la serie F con conexiones a proceso JIS no cumplen con el código de tuberías a presión ASME® B31.1.

Presión de funcionamiento máxima del sensor para todos los modelos

La tabla siguiente muestra la presión máxima de funcionamiento con acero inoxidable 316L (S/A), aleación de níquel C22 (H/B) y alta presión (P).

| Modelo ⁽¹⁾ | Presión |
|--|----------|
| F025S/A, F050S/A, F100S/A, F200S, F300S, F400S | 100 barg |
| F025H/B, F050H/B, F100H/B, F200H, F300H | 149 barg |
| F025P | 160 barg |
| F050P | 400 barg |
| F100P | 431 barg |

(1) Es posible que haya valores de presión mayores disponibles. Póngase en contacto con la fábrica para obtener más información.








Protocolos de comunicación

Las opciones de conectividad de E/S habituales incluyen:

- 4-20 mA
- HART
- Pulso de 10 kHz
- Inalámbrico
- Ethernet
- Modbus® TCP
- FOUNDATION fieldbus
- PROFINET
- PROFIBUS-PA
- PROFIBUS-DP
- E/S discreta

Compatibilidad del transmisor y atributos principales

Para ver una lista completa de todas las configuraciones y opciones del transmisor, consulte las hojas de datos del transmisor y otros recursos disponibles en www.emerson.com/flowmeasurement.

| Modelo | Transmisor | | | | | | |
|------------------|---|---|---|---|--|---|---|
| | 1500/2500 | 1700/2700 | 2400S | Serie 3000 | FMT | 4200 | 5700 |
| |  |  |  |  |  |  |  |
| | Caudalímetros | | | | | | |
| F025, F050, F100 | • | • | • | • | • | • | • |

Transmissor Micro Motion 1700

Tabla 1: Transmisores 1700 y 2700

| Tipo de conexión | 1700 | 2700 |
|--------------------|---|--|
| Entrada/salida | <ul style="list-style-type: none"> ■ Versión intrínsecamente segura: dos pares de terminales de cableado para las salidas del transmisor ■ Salidas analógicas no intrínsecamente seguras (opción de salida A): tres pares de terminales de cableado para las salidas del transmisor | Tres pares de terminales de cableado para E/S y comunicaciones de los transmisores |
| Energía | <ul style="list-style-type: none"> ■ Un par de terminales de cableado admite potencia CA o CC ■ Un borne de tierra interno para la puesta a tierra de la fuente de poder | |
| Puerto de servicio | Dos grapas para conexión temporal al puerto de servicio | |

| Modelo | Código de salida | Canal A | Canal B | Canal C | Canal D |
|--------|------------------|----------------------|---------|---------------------|---------|
| 1700 | A | mA con Bell 202 HART | FO/DO | RS485 HART y Modbus | N/D |
| | D | mA con Bell 202 HART | FO/DO | sin utilizar | N/D |

Leyenda

FO = Salida de frecuencia/pulsos, escalable hasta 10 000 Hz

DO = Salida discreta

DI = Entrada discreta

Código de salida A o 2

Estos son los códigos para la salida de mA no intrínsecamente segura (con HART y Modbus) para los transmisores 1500, 1700 y 2700.

Una salida activa de 4-20 mA

- No intrínsecamente segura
- Aislada a ± 50 VCC de todas las otras salidas y de tierra
- Límite de carga máxima: 820 ohmios
- Los modelos 1500 y 1700 pueden transmitir caudal másico o caudal volumétrico
- El modelo 2700 puede transmitir caudal másico, caudal volumétrico, densidad, temperatura o ganancia de la bobina impulsora
- La salida es lineal con el proceso desde 3,8 hasta 20,5 mA, según NAMUR NE43 (febrero de 2003).

Fuente de alimentación

| Modelo | Descripción |
|-------------|---|
| 1700 y 2700 | <ul style="list-style-type: none"> ■ Entrada autoconmutada CA/CC, reconoce automáticamente la tensión de energía. ■ Es conforme a la directriz de bajo voltaje 2014/35/EU según EN 61010-1 (IEC 61010-1) con la enmienda 2; instalación (sobrevoltaje) categoría II, grado de polución 2 ■ Alimentación de CA: de 85 a 265 V CA, 50/60 Hz, 6 vatios típico, 11 vatios máximo ■ Alimentación de CC: <ul style="list-style-type: none"> — De 18 a 100 V CC, 6 vatios típico, 11 vatios máximo — Mínimo 22 V CC con 305 m de cable de suministro de energía 0,823 mm² — En la puesta en marcha, la fuente de alimentación del transmisor debe proporcionar un mínimo de 1,5 amperios de corriente a corto plazo a un mínimo de 18 voltios en los terminales de entrada de alimentación del transmisor ■ Fusible: IEC 127-1.25 con retardo, que no requiere mantenimiento |

Límites ambientales

1700 y 2700

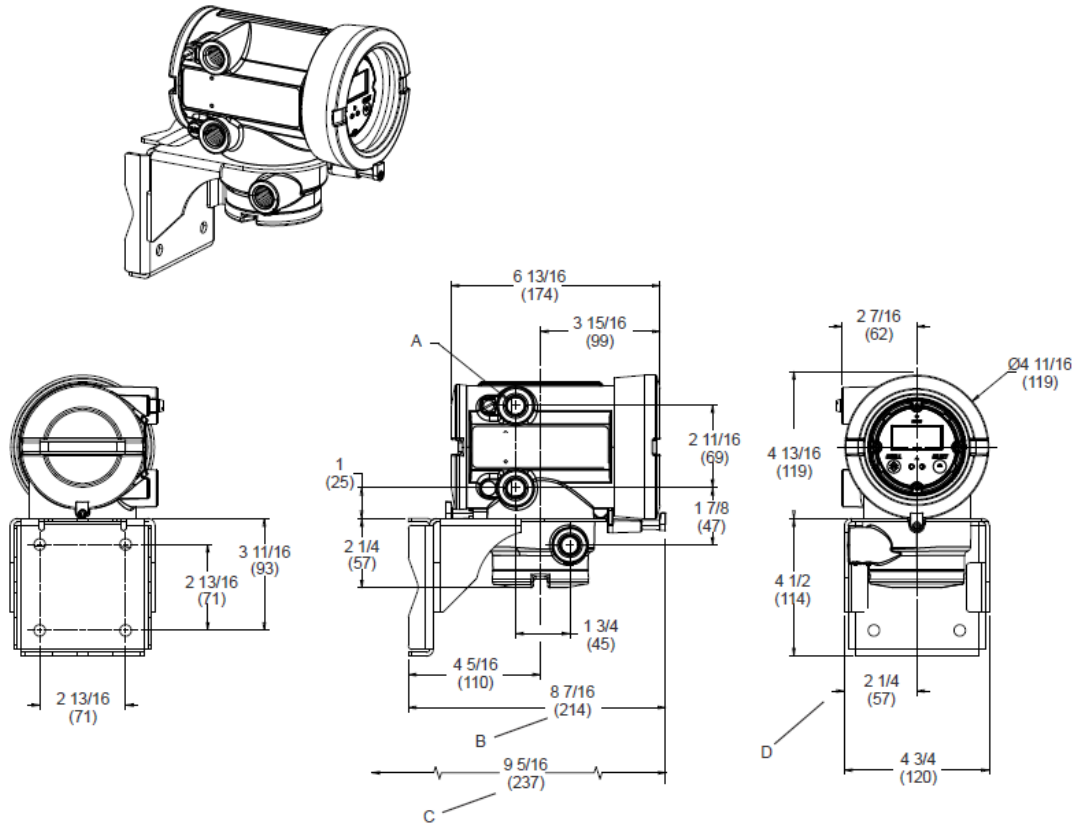
| Tipo | Valor |
|--|--|
| Límites de temperatura ambiente ⁽¹⁾ | Funcionamiento: De -40,0 °C a 60,0 °C |
| | Almacenamiento: De -40,0 °C a 60,0 °C |
| Límites de humedad | Del 5% al 95% de humedad relativa, sin condensación a 60,0 °C |
| Límites de vibración | Conforme a IEC 60068-2-6, barrido de resistencia, de 5 a 2000 Hz hasta 1,0 g |
| Clasificación de la carcasa | NEMA 4X [IP66/67/69(K)] ⁽²⁾ |

(1) La sensibilidad del indicador disminuye y puede ser difícil leerlo por debajo de -20,0 °C. Por encima de 55,0 °C, puede ocurrir algún oscurecimiento del indicador.

(2) La protección se basa en IP69K NEN-ISO 20653:2013 e IP69 cuando se utiliza el estándar IEC/EN 60529.

Transmisor 1700 y 2700 de montaje remoto de 4 hilos con indicador

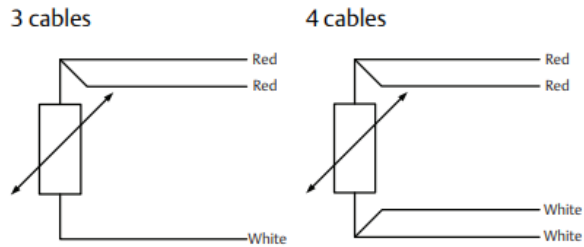
Este esquema es para un transmisor 1700 y 2700 de montaje remoto de 4 hilos con indicador y fabricado con carcasa de aluminio pintada.



- A. $3 \times \frac{1}{2}'' - 14 \text{ NPT}$ o $M20 \times 1,5$
- B. Montaje en pared
- C. A la línea central del tubo de 51 mm (montaje en tubo)
- D. A la abertura del conducto

2 Diagrama del cableado de termorresistencias

Figura 2-1: Configuración de los cables conductores de RTD según IEC 60751 - Un solo elemento



Nota

Para configurar una RTD de 4 cables líneas de un solo elemento como un sistema de 3 hilos, conectar un solo conductor blanco. Aislar o terminar el conductor blanco no utilizado, de modo que se evite hacer cortocircuito a tierra. Para configurar una RTD de 4 cables líneas de un solo elemento como un sistema de 2 hilos, conectar primero los cables emparejados por color y, luego, los cables combinados al terminal.

4 Especificaciones adicionales de los RTD

4.4 Estabilidad

Límite de estabilidad a temperaturas más elevadas evaluado en relación con el cumplimiento de los requisitos de la norma IEC 60751:2008 6.5.3.

4.5 Efectos del ciclo de temperatura

Efectos del ciclo de temperatura evaluados en relación con el cumplimiento de los requisitos de la norma IEC 60751:2008 6.5.5.

4.6 Histéresis

Efecto de la histéresis evaluada en relación con el cumplimiento de los requisitos de la norma IEC 60751:2008 6.5.6.

4.7 Autocalentamiento

Autocalentamiento evaluado en relación con el cumplimiento de los requisitos de la norma IEC 60751:2008 6.5.7.

6 Certificaciones del producto

6.2 Europa

6.2.1 E1 Antideflagrante según ATEX

Condiciones especiales para un uso seguro (X):

1. Las juntas antideflagrantes no están diseñadas para ser reparadas.
2. Las opciones de pintura no estándar pueden ocasionar una descarga electrostática. Evitar las instalaciones que generen una acumulación de carga electrostática en las superficies pintadas y limpiar únicamente las superficies con un paño húmedo. Si se pide la pintura con un código de la opción especial, se deberá consultar al fabricante para obtener más información.
3. Cuando se suministran solos, los sensores tipo adaptador deben montarse en un compartimiento Ex db adecuado con un volumen interno libre no superior a 550 cm³.
4. Proteger los sensores DIN contra impactos mayores que 4 J.

| Rango de temperatura del proceso (°C) ⁽¹⁾ | Rango de la temperatura ambiente (°C) ⁽¹⁾ | Clase de temperatura |
|--|--|----------------------|
| -60 °C a +80 °C | -60 °C a +80 °C | T6 |
| -60 °C a +95 °C | -60 °C a +80 °C | T5 |
| -60 °C a +130 °C | -60 °C a +80 °C | T4 |
| -60 °C a +195 °C | -60 °C a +80 °C | T3 |
| -60 °C a +290 °C | -60 °C a +80 °C | T2 |

Transmisor de temperatura Rosemount™ 148

Especificaciones del transmisor

Especificaciones funcionales

Entradas

Seleccionable por el usuario; terminales del sensor especificados a 42,4 V CC. Consultar "Exactitud del transmisor y efectos de la temperatura ambiental" en la página 8 para conocer las opciones de sensor.

Salida

4–20 mA de 2 hilos, lineal con la temperatura o la entrada.

Aislamiento

El aislamiento de entrada/salida ha sido verificado a 500 VCA rms (707 V CC) a 50/60 Hz.

Voltaje de la fuente de CC

Estándar: 12 a 35 V

Seguridad intrínseca: 12 a 28 V

Voltaje mínimo en los terminales

12 V CC

Límites de humedad

Humedad relativa de 0-95%, sin condensación

Recomendaciones NAMUR

El modelo 148 satisface las siguientes recomendaciones NAMUR:

- NE 21 – Compatibilidad electromagnética (EMC, por sus siglas en inglés) para equipo de laboratorio y de procesos.
- NE 43 – Estándar para transmisores digitales respecto a la información para el abatimiento del nivel de la señal

Protección contra transitorios

El Rosemount 470 opcional evita daños ocasionados por transitorios inducidos por relámpagos, soldaduras, equipo eléctrico pesado y equipo de conmutación. Para obtener más información, consultar la Hoja de datos del 470 (documento número 00813-0100-4191).

Límites de temperatura

Límite de funcionamiento

- -40 a 85 °C (-40 a 185 °F)

Límite de almacenamiento

- -50 a 120 °C (-58 a 248 °F)

Tiempo de activación

Cuando el valor de amortiguación se ha fijado en cero segundos, el transmisor funciona dentro de especificaciones en menos de 5,0 segundos después de encenderse.

Velocidad de actualización

Menos de 0,5 segundos

Amortiguación

32 segundos máximo, 5 segundos por defecto.

Span de medición mínimo recomendado

10 °C (18 °F)

Modo de fallo detectado mediante software

Los valores a los cuales el transmisor lleva su salida a modo de fallo depende de la configuración del dispositivo. El dispositivo se puede configurar para cumplir con un funcionamiento NAMUR (recomendación de NAMUR NE 43). Los valores para funcionamiento estándar y en conformidad con NAMUR son los siguientes:

Tabla 3. Parámetros de funcionamiento

| | Estándar ⁽¹⁾ | En conformidad con NAMUR NE43 ⁽¹⁾ |
|----------------|---|--|
| Salida lineal: | $3,9 \leq I \leq 20,5$ | $3,8 \leq I \leq 20,5$ |
| Fallo alto: | $21 \leq I \leq 23$ (predeterminado) | $21 \leq I \leq 23$ (predeterminado) |
| Fallo bajo: | $I \leq 3,75$ | $I \leq 3,6$ |

(1) Medida en miliamperios.

Ciertos fallos en el hardware, tales como fallos en el microprocesador, siempre harán que la salida sea mayor de 23 mA.

Especificaciones de funcionamiento

EMC (compatibilidad electromagnética) norma NAMUR NE21

El 148 cumple con los requisitos para la clasificación NAMUR NE21.

| Sensibilidad | Parámetro | Influencia |
|-----------------------------|---|------------|
| A descargas electrostáticas | <ul style="list-style-type: none">• 6 kV de descarga al contacto• 8 kV de descarga aérea | Ninguna |
| A la radiación | <ul style="list-style-type: none">• 80–1000 MHz a 10 V/m AM | Ninguna |
| A incrementos repentinos | <ul style="list-style-type: none">• 1 kV para la entrada/salida | Ninguna |
| A sobrevoltajes | <ul style="list-style-type: none">• 0,5 kV de línea a línea• 1 kV de la línea a la conexión a tierra (herramienta de entrada/salida) | Ninguna |
| A la conducción | <ul style="list-style-type: none">• De 150 kHz a 80 MHz a 10 V | Ninguna |

Marca CE

El 148 cumple con todos los requisitos de la normativa IEC 61326: Enmienda 1, 2006.

Efecto de la fuente de alimentación

Menos del $\pm 0,0055$ del span por voltio.

Efecto de la vibración

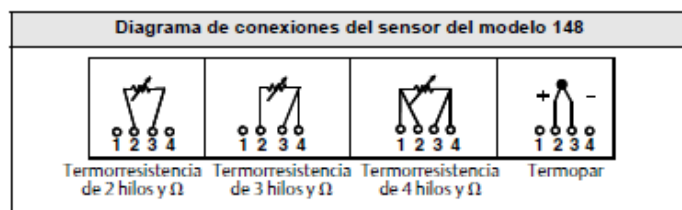
El modelo 148 ha sido probado bajo las siguientes especificaciones sin resultar afectado en su funcionamiento:

| Frecuencia | Vibración |
|--------------|----------------------------|
| 10 a 60 Hz | Desplazamiento de 0,21 mm |
| 60 a 2000 Hz | 3 g de aceleración de pico |

Estabilidad

Para entradas de termopar y termorresistencia, el transmisor tendrá una estabilidad de $\pm 0,15\%$ de la lectura o 0,15 °C (el que sea mayor) durante doce meses.

Conexiones del sensor



* Rosemount Inc. provee sensores de 4 hilos para todas las termorresistencias de elemento individual. Estas termorresistencias se pueden usar en configuraciones de 3 hilos si los conductores que no se requieren se desconectan y aíslan con cinta aislante.

Exactitud del transmisor y efectos de la temperatura ambiental

Nota

El efecto de la temperatura ambiental en la exactitud es la cifra más grande entre los valores fijos y el del porcentaje de span (ver el ejemplo que sigue).

Tabla 4. Opciones de entrada del transmisor 148, precisión y efectos de la temperatura ambiental

| Sensor | Rangos de entrada del transmisor ⁽¹⁾ | | Precisión | | Efectos de la temperatura por cambios de 1,0 °C (1,8 °F) en la temperatura ambiental ⁽²⁾ | |
|---|---|-------------|------------------|------------|---|------------|
| | °C | °F | Fijo | % del span | Fijo | % del span |
| Termorresistencias de 2, 3 y 4 hilos | | | | | | |
| Pt 100 ⁽³⁾ ($\alpha = 0,00385$) | -200 a 850 | -328 a 1562 | 0,3 °C (0,54 °F) | ±0,15 | 0,009 °C (0,016 °F) | ±0,006 |
| Pt 100 ⁽⁴⁾ ($\alpha = 0,003916$) | -200 a 645 | -328 a 1193 | 0,3 °C (0,54 °F) | ±0,15 | 0,009 °C (0,016 °F) | ±0,006 |
| Ni 120 ⁽⁵⁾ | -70 a 300 | -94 a 572 | 0,2 °C (0,36 °F) | ±0,15 | 0,006 °C (0,011 °F) | ±0,006 |
| Cu 10 ⁽⁶⁾ | -50 a 250 | -58 a 482 | 3 °C (5,40 °F) | ±0,15 | 0,09 °C (0,16 °F) | ±0,006 |
| Termopares⁽⁷⁾ | | | | | | |
| Tipo B ⁽⁸⁾⁽⁹⁾ | 100 a 1820 | 212 a 3308 | 2,3 °C (4,05 °F) | ±0,15 | 0,084 °C (0,150 °F) | ±0,006 |
| Tipo J ⁽⁸⁾ | -180 a 760 | -292 a 1400 | 0,8 °C (1,35 °F) | ±0,15 | 0,03 °C (0,054 °F) | ±0,006 |
| Tipo K ⁽⁸⁾⁽¹⁰⁾ | -180 a 1372 | -292 a 2502 | 0,8 °C (1,35 °F) | ±0,15 | 0,03 °C (0,054 °F) | ±0,006 |
| Tipo N ⁽⁸⁾ | -200 a 1300 | -328 a 2372 | 1,2 °C (2,16 °F) | ±0,15 | 0,03 °C (0,054 °F) | ±0,006 |
| Tipo R ⁽⁸⁾ | 0 a 1768 | 32 a 3214 | 1,8 °C (3,24 °F) | ±0,15 | 0,09 °C (0,16 °F) | ±0,006 |
| Tipo S ⁽⁸⁾ | 0 a 1768 | 32 a 3214 | 1,5 °C (2,70 °F) | ±0,15 | 0,09 °C (0,16 °F) | ±0,006 |
| Entrada de ohmios de 2, 3, 4 hilos | 0 a 2000 ohmios | | 1,1 ohmios | ±0,15 | 0,042 ohmios | ±0,009 |

(1) Los rangos de entrada son solo para el transmisor. Los rangos operativos reales del sensor (termorresistencia o termopar) pueden estar más limitados.

(2) El cambio en la temperatura ambiental toma como punto de referencia la temperatura de calibración del transmisor a 20 °C (68 °F) de fábrica.

(3) IEC 751, 1995.

(4) JIS 1604, 1981.

(5) Curva Edison N° 7.

(6) Bobinado de cobre Edison N° 15.

(7) Exactitud total para mediciones con termopar: suma de precisión + 0,5 °C.

(8) Monograma NIST 175, IEC 584.

(9) La precisión fija para NIST tipo B es ±3,0 °C (±5,4 °F) de 100 a 300 °C (212 a 572 °F).

(10) La precisión fija para NIST tipo K es de ±0,7 °C (±1,3 °F) de -130 a -90 °C (-292 a -130 °F).

Conjunt tot o res vàlvula de bola de brides amb actuator pneumàtic:



CARACTERÍSTICAS GENERALES

1.- ACTUADOR NEUMÁTICO

- MATERIAL : ALEACIÓN DE ALUMINIO (1)
- PRESION MAX. : 8 bar
- TEMPERATURA MÁX. : -32°C + 90°C

(1) RECUBIERTO CON CATAFORESIS + RILSAN

2.- ACOPLAMIENTO

| MATERIALES | TIPO DE MONTAJE (ver dorso) | | |
|-------------|-----------------------------|---------------------|---------------|
| | I | II | III |
| CONEXION | - | INOX AISI-316 y (2) | |
| SOPORTE | - | - | INOX AISI-303 |
| TORNILLERIA | INOX AISI-304 | | |

(2) ACERO ZINCADO (modelo PW y PWS)

3.- VÁLVULA BOLA

- **Materiales:**
 - CUERPO : CF8M (AISI-316)
 - BOLA : CF8M (AISI-316)
 - EJE : CF8M (AISI-316)
 - JUNTA BOLA : RPTFE
 - JUNTA CUERPO : RPTFE
 - JUNTAS EJE : PTFE + VITON
- **Especificaciones:**
 - PRESION NOMINAL MAX. : PN-40 DE 1/2" - 2" (W.O.G.)
 - : PN-16 DE 2.1/2" - 4" (W.O.G.)
 - TEMPERATURA MAX. : -20°C + 230°C
 - EXTREMOS : DIN PN16 ANSI-150 / DIN PN40 ANSI-300
 - ORIFICIOS DE DETECCIÓN DE FUGAS SITUADO DEBAJO DE LA BASE
 - BASE SEGUN ISO-5211
 - EMPAQUETADURA AUTO AJUSTABLE
 - DOBLE SISTEMA DE CIERRE EN EL EJE
 - EXENTAS DE SILICONA

GENERAL FEATURES

1.- PNEUMATIC ACTUATOR

- MATERIAL : ALUMINIUM ALLOY (1)
- MAX. PRESSURE : 8 bar
- MAX. TEMPERATURE : -32°C + 90°C

(1) EPOXY RESIN LAID BY CATHODIC ELECTRO DEPOSITION + RILSAN

2.- COUPLING

| MATERIALS | MOUNTING TYPE (look revers) | | |
|---------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|
| | I | II | III |
| DRIVE ADAPTER | - | S.S. AISI-316 and (2) | |
| BRACKET | - | - | S.S. AISI-303 |
| BOLTS | S.S. AISI-304 | | |

(2) ZINC-COATED STEEL (PW and PWS model)

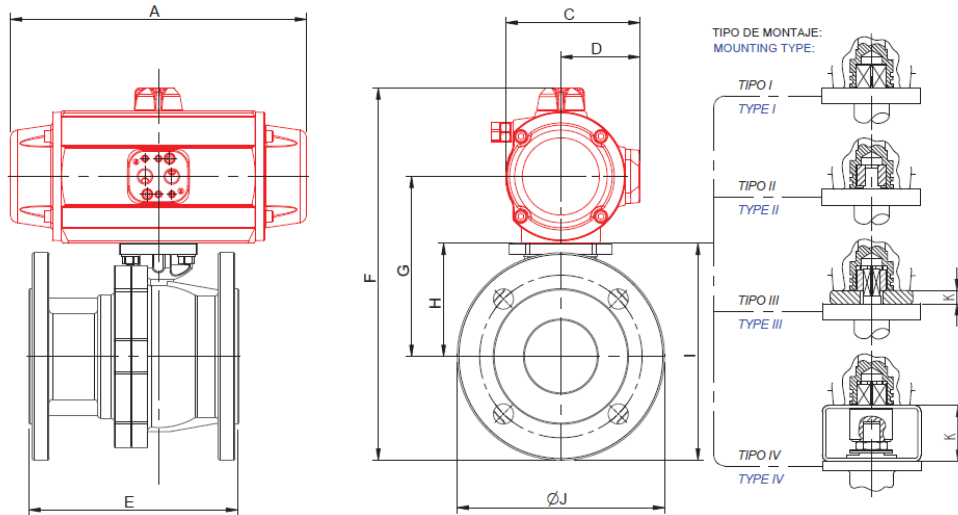
3.- BALL VALVE

- **Materials:**
 - BODY : CF8M (AISI-316)
 - BALL : CF8M (AISI-316)
 - SHAFT : CF8M (AISI-316)
 - BALL GASKET : RPTFE
 - BODY GASKET : RPTFE
 - SHAFT GASKETS : PTFE + VITON
- **Specifications:**
 - MAX. NOMINAL PRESSURE : PN-40 OF 1/2" - 2" (W.O.G.)
 - : PN-16 OF 2.1/2" - 4" (W.O.G.)
 - MAX. TEMPERATURE : -20°C + 230°C
 - ENDS : DIN PN16 ANSI-150 / DIN PN40 ANSI-300
 - LEAKAGE DETECTION HOLES IN THE TOP FLANGE
 - TOP FLANGE ISO-5211
 - AUTO ADJUSTABLE GLAND PACKING
 - DOUBLE END SYSTEM SHAFT
 - SILICONE FREE

R03-1406

C-RABV3135

DIMENSIONES
DIMENSIONS



DOBLE EFECTO
DOUBLE ACTING

| DN VALV. mm inch. | CODIGO CONJUNTO SET CODE | CODIGO ACT. ACT. CODE | TIPO DE MONTAJE MOUNTING TYPE | DIMENSIONES (mm) | | | | | | | | | | PESO WEIGHT Kg |
|------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----------------|
| | | | | A | C | D | E | F | G | H | I | J | K | |
| 10 3/8 | PRABV1531 - 04 | PAW | II | 140 | 76 | 48 | 60 | 143 | 70 | 33 | 54 | 42 | 0 | 1,4 |
| 15 1/2 | PRABV1531 - 06 | PAW | II | 140 | 76 | 48 | 76 | 146 | 73 | 36 | 57 | 42 | 0 | 1,6 |
| 20 3/4 | PRABV1531 - 08 | PAW | II | 140 | 76 | 48 | 80 | 156 | 79 | 42 | 67 | 50 | 0 | 1,9 |
| 25 1 | PRABV1531 - 50 | PAW | II | 140 | 76 | 48 | 90 | 162 | 82 | 45 | 73 | 56 | 0 | 2,1 |
| 32 1.1/4 | PRABV1531 - 12 | PA00 | II | 152 | 84 | 52 | 110 | 185 | 93 | 50 | 84 | 68 | 0 | 3,3 |
| 40 1.1/2 | PRABV1531 - 52 | PA05 | II | 201 | 102 | 62 | 120 | 213 | 104 | 55 | 95 | 80 | 0 | 5,3 |
| 50 2 | PRABV1531 - 54 | PA05 | II | 201 | 102 | 62 | 140 | 235 | 116 | 67 | 117 | 100 | 0 | 7,1 |
| 65 2.1/2 | PRABV1531 - 18 | PA15 | I | 264 | 119 | 71 | 185 | 293 | 153 | 93 | 155 | 124 | 0 | 12,6 |
| 80 3 | PRABV1531 - 20 | PA20 | I | 310 | 128 | 75 | 205 | 342 | 176 | 112 | 196 | 168 | 0 | 19,4 |
| 100 4 | PRABV1531 - 22 | PA20 | IV | 310 | 128 | 75 | 240 | 406 | 234 | 130 | 220 | 180 | 40 | 26,7 |

SIMPLE EFECTO
SPRING RETURN

| DN VALV. mm inch. | CODIGO CONJUNTO SET CODE | CODIGO ACT. ACT. CODE | TIPO DE MONTAJE MOUNTING TYPE | DIMENSIONES (mm) | | | | | | | | | | PESO WEIGHT Kg |
|------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|----------------|
| | | | | A | C | D | E | F | G | H | I | J | K | |
| 10 3/8 | PRABV1531 - 28 | PAWS | II | 140 | 76 | 48 | 60 | 143 | 70 | 33 | 54 | 42 | 0 | 1,5 |
| 15 1/2 | PRABV1531 - 30 | PAWS | II | 140 | 76 | 48 | 76 | 146 | 73 | 36 | 57 | 42 | 0 | 1,7 |
| 20 3/4 | PRABV1531 - 32 | PA00S | II | 152 | 84 | 52 | 80 | 168 | 85 | 42 | 67 | 50 | 0 | 2,6 |
| 25 1 | PRABV1531 - 34 | PA05S | II | 201 | 102 | 62 | 90 | 191 | 94 | 45 | 73 | 56 | 0 | 4,1 |
| 32 1.1/4 | PRABV1531 - 36 | PA05S | II | 201 | 102 | 62 | 110 | 202 | 99 | 50 | 84 | 68 | 0 | 4,8 |
| 40 1.1/2 | PRABV1531 - 38 | PA15S | II | 264 | 119 | 71 | 120 | 233 | 115 | 55 | 95 | 80 | 0 | 7,7 |
| 50 2 | PRABV1531 - 40 | PA15S | II | 264 | 119 | 71 | 140 | 255 | 127 | 67 | 117 | 100 | 0 | 9,5 |
| 65 2.1/2 | PRABV1531 - 42 | PA20S | II | 310 | 128 | 75 | 185 | 301 | 157 | 93 | 155 | 124 | 0 | 15,1 |
| 80 3 | PRABV1531 - 44 | PA25S | II | 356 | 154 | 89 | 205 | 370 | 189 | 112 | 196 | 168 | 0 | 25,1 |
| 100 4 | PRABV1531 - 46 | PA30S | II | 428 | 169 | 97 | 240 | 411 | 216 | 130 | 220 | 180 | 0 | 36,2 |

CODIFICACION:
CODIFICATION:

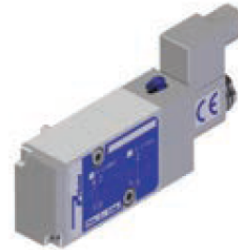
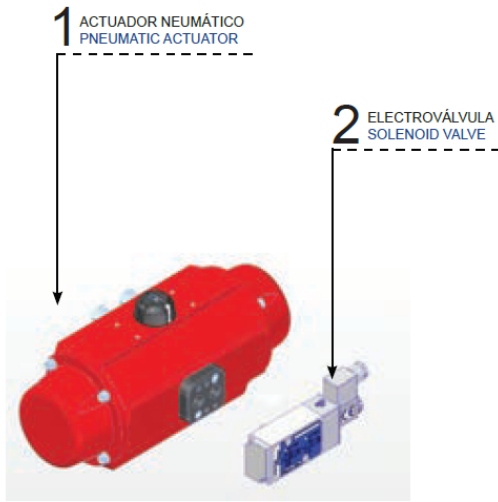
RABV1531-XX: ACTUADOR DE ALUMINIO CON VÁLVULA BSPP
ALUMINIUM ACTUATOR WITH BSPP VALVE
RABV1533-XX: ACTUADOR DE ALUMINIO CON VÁLVULA BW
ALUMINIUM ACTUATOR WITH BW VALVE
RABV1534-XX: ACTUADOR DE ALUMINIO CON VÁLVULA SW
ALUMINIUM ACTUATOR WITH SW VALVE

Aplicación de actuadores a alimentación mínima 6 bar, DP=7
Actuators with 6 bar pressure supply minimum, DP=7
Los datos contenidos en esta hoja pueden modificarse por mejoras en el producto.
The data contained in this leaf can be modified by improvements in the product.

Electroválvula tot o res:

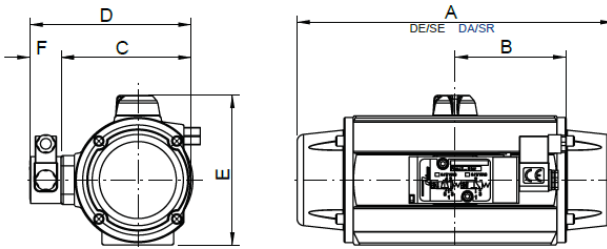


ELEMENTOS DE REGULACIÓN Y CONTROL ELEMENTS OF REGULATION AND CONTROL



ELECTROVÁLVULA PRISMA NORMA NAMUR PRISMA NAMUR SOLENOID VALVE

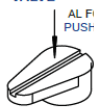
| ACTUADOR | DIMENSIONES (mm) | | DIMENSIONS (mm) | | | |
|------------|------------------|-----|-----------------|-----|-----|----|
| | A | B | C | D | E | F |
| PAW-PAWS | 141 | 109 | 76 | 106 | 89 | 30 |
| PA00-PA00S | 155 | 109 | 84 | 114 | 102 | 30 |
| PA05-PA05S | 201 | 109 | 102 | 132 | 119 | 30 |
| PA10-PA10S | 226 | 109 | 104 | 134 | 123 | 30 |
| PA15-PA15S | 265 | 109 | 119 | 149 | 139 | 30 |
| PA20-PA20S | 312 | 109 | 127 | 157 | 147 | 30 |
| PA25-PA25S | 358 | 109 | 153 | 183 | 175 | 30 |
| PA30-PA30S | 429 | 109 | 169 | 199 | 191 | 30 |
| P40-P40S | 444 | 598 | 109 | 226 | 271 | 45 |
| PA50-PA50S | 694 | 109 | 269 | 314 | 313 | 45 |
| PA60-PA60S | 672 | 109 | 331 | 376 | 368 | 45 |
| PA70-PA70S | 743 | 109 | 403 | 448 | 428 | 45 |



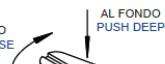
ACCIONAMIENTO ELECTRICO DE LA ELECTROVÁLVULA ELECTRIC ACTIONING OF SOLENOID VALVE



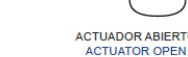
ACCIONAMIENTO MANUAL DE LA ELECTROVÁLVULA MANUAL ACTIONING OF SOLENOID VALVE



AL FONDO
PUSH DEEP



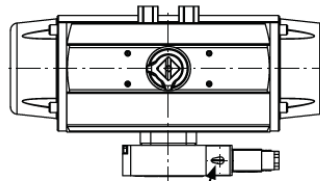
AL FONDO
PUSH DEEP



GIRO HORARIO
CLOCKWISE TURN

ACTUADOR CERRADO
ACTUATOR CLOSED

ACTUADOR ABIERTO
ACTUATOR OPEN



CARACTERÍSTICAS GENERALES

1.- ACTUADOR NEUMÁTICO

2.- ELECTROVÁLVULA

- MATERIALES:
 - Cuerpo : Aluminio recubierio con cromo trivalente
 - Juntas : NBR
- ESPECIFICACIONES:
 - Protección : IP-65
 - Presión : Min. 1,5 bar
 - : Max. 8 bar
 - Función : 5/2 vias - 3/2 vias
 - Conexión de aire : G 1/4"
 - Temp. ambiente : +5°C +50°C
 - Caudal nominal : 1730 NI/min
 - Peso : 0,3 Kg

GENERAL FEATURES

1.- PNEUMATIC ACTUATOR

2.- SOLENOID VALVE

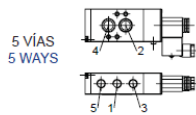
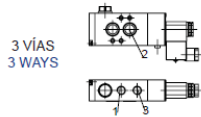
- MATERIALES:
 - Body : Aluminium coated with trivalent chromium
 - Seals : NBR
- SPECIFICATIONS:
 - Protection : IP-65
 - Pressure : Min. 1,5 bar
 - : Max. 8 bar
 - Function : 5/2 ways - 3/2 ways
 - Air connection : G 1/4"
 - Ambient temperature : +5°C +50°C
 - Nominal Flow : 1730 NI/min
 - Weight : 0,3 Kg

R16-201801

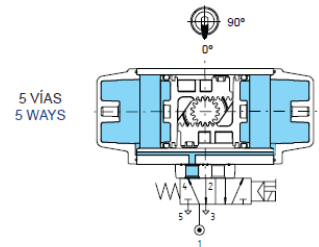
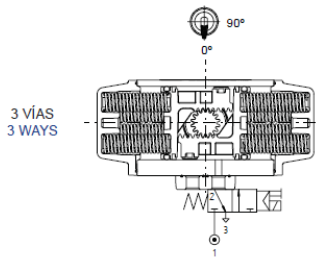
ERC-EV500

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LAS ELECTROVÁVULAS 3 Y 5 VÍAS FUNCTIONING SCHEME FOR 3 AND 5 WAYS SOLENOID VALVES

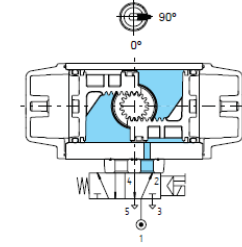
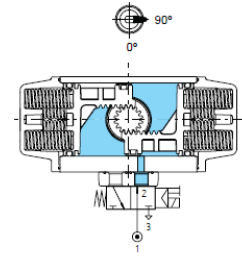
CONEXIONADO NEUMÁTICO PNEUMATIC CONNECTIONS



ACTUADOR CERRADO ACTUATOR CLOSED



ACTUADOR ABIERTO ACTUATOR OPEN



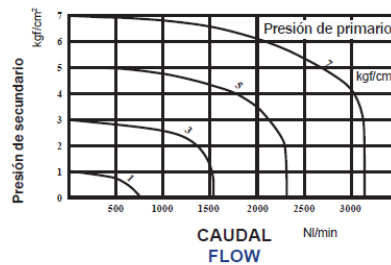
■ AIRE
AIR

TENSIONES DISPONIBLES AVAILABLE TENSIONS

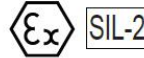
| CÓDIGO CODE | TENSIÓN TENSION | FRECUENCIA FREQUENCY | CONSUMO CONSUMPTION |
|----------------|--------------------|-------------------------|------------------------|
| EV-500.012C | 12V DC | 00 | 2,4 W |
| EV-500.024C | 24V DC | 00 | 2,6 W |
| EV-500.048C | 48V DC | 00 | 2,7 W |
| EV-500.110C | 110V DC | 00 | 3,5 W |
| EV-500.125C | 125V DC | 00 | 6,5 W |

| CÓDIGO CODE | TENSIÓN TENSION | FRECUENCIA FREQUENCY | CONSUMO CONSUMPTION |
|----------------|--------------------|-------------------------|------------------------|
| EV-500.024A | 24V AC | 50-60 Hz | 6,0 VA |
| EV-500.048A | 48V AC | 50-60 Hz | 8,0 VA |
| EV-500.110A | 110V AC | 50-60 Hz | 6,0 VA |
| EV-500.220A | 220V AC | 50-60 Hz | 6,0 VA |

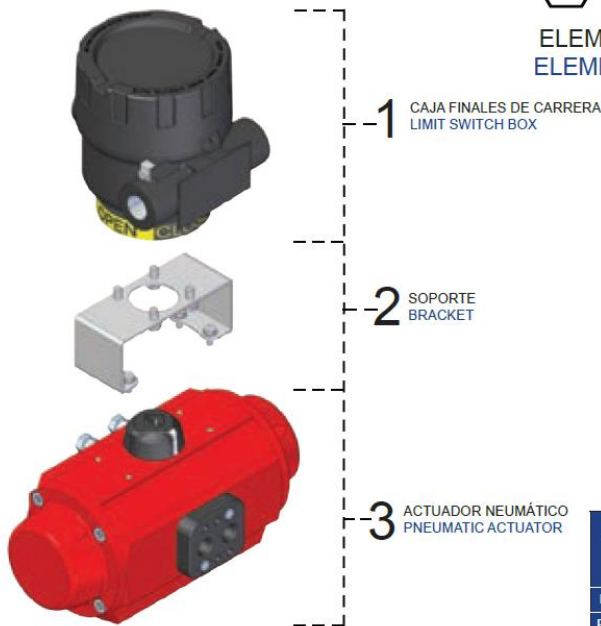
CARACTERÍSTICAS DE CAUDAL FLOW CHARACTERISTICS



Caixa de finais de carrera:

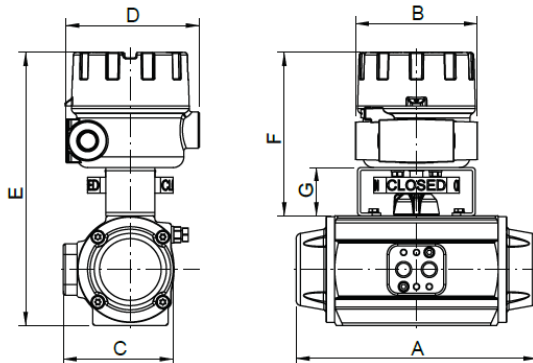


ELEMENTOS DE REGULACIÓN Y CONTROL ELEMENTS OF REGULATION AND CONTROL



**CAJA F.C ATEX Exd / Extb
ATEX Exd / Extb L.S BOX**

| ACTUADOR ACTUATOR | DIMENSIONES (mm) | | | DIMENSIONES (mm) | | | | |
|----------------------|------------------|-------|-----|------------------|-----|-----|-----|----|
| | DE/DA | SE/SR | B | C | D | E | F | G |
| PAW-PAWS | 141 | | 114 | 76 | 125 | 222 | 153 | 45 |
| PA00-PA00S | 155 | | 114 | 84 | 125 | 235 | 153 | 45 |
| PA05-PA05S | 201 | | 114 | 102 | 125 | 252 | 153 | 45 |
| PA10-PA10S | 226 | | 114 | 104 | 125 | 256 | 153 | 45 |
| PA15-PA15S | 265 | | 114 | 119 | 125 | 272 | 153 | 45 |
| PA20-PA20S | 312 | | 114 | 127 | 125 | 280 | 153 | 45 |
| PA25-PA25S | 358 | | 114 | 153 | 125 | 308 | 153 | 45 |
| PA30-PA30S | 429 | | 114 | 169 | 125 | 324 | 153 | 45 |
| P40-P40S | 444 | 598 | 114 | 226 | 125 | 405 | 183 | 75 |
| PA50-PA50S | 694 | | 114 | 258 | 125 | 442 | 183 | 75 |
| PA60-PA60S | 672 | | 114 | 331 | 125 | 501 | 183 | 75 |
| PA70-PA70S | 743 | | 114 | 403 | 125 | 561 | 183 | 75 |



CARACTERÍSTICAS GENERALES

1.- CAJA FINAL DE CARRERA

- Material: Aluminio resistente a la corrosión (libre de cobre) con recubrimiento de poliuretano
- Temperatura: -25°C + 75°C (T6/T85°C)
Opción: baja temperatura -40°C
- Protección: IP66 / IP67
- Finales de carrera: Electromecánicos SPDT
Inductivos 2 hilos y 3 hilos PNP
- Entrada de cable: 3 x entradas roscadas M20 x 1,5
Opción: 3 x 1/2" NPT
- Regleta de conexión: 7 terminales
- Peso: 1,55 kg

2.- SOPORTE

- Material: Inox AISI-304

3.- ACTUADOR NEUMÁTICO DE ALUMINIO

GENERAL FEATURES

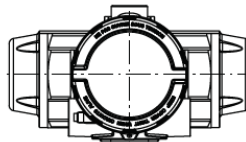
1.- LIMIT SWITCH BOX

- Cover: Corrosion-resistant aluminium (copper free)
Polyurethan powder coating
- Temperature: -25°C + 75°C (T6/T85°C)
Option: low temperature -40°C
- Enclosure: IP66 / IP67
- Limit switches: Electromechanic SPDT
2 wire, 3 wire inductives PNP
- Cable entries: 3 x M20 x 1,5 cable entry
Option: 3 x 1/2" NPT
- Terminal strip: 7 points
- Weight: 1,55 kg

2.- BRACKET

- Material: Stainless Steel AISI-304

3.- ALUMINIUM PNEUMATIC ACTUATOR



R00-201612

ERC-CFC67

CAJA CON FINALES DE CARRERA
LIMIT SWITCHES BOX

| CÓDIGO CODE | TIPO F.C L.S TYPE | Nº F.C. Nº L.S. | SALIDA OUTPUT | TENSIÓN NOMINAL OPERATION VOLTAGE | ZONA CLASIFICADA CAJA F.C L.S BOX CLASSIFIED ZONE | MODELO F.C. L.S. MODEL | TEMPERATURA TEMPERATURE | PESOS (*) WEIGHTS (*) |
|-------------|------------------------------------|-----------------|---------------|-----------------------------------|---|--------------------------|----------------------------|-----------------------|
| CFC-6702 | Electromecánicos Electromechanical | 2 | SPDT | 24V DC, 250V AC | ⊗ II 2G Exd IIC T6Gb ⊗ II 2D Extb IIIC T85°CDb | CHERRY D44X | -25°C +75°C (-40°C option) | 1,55 Kg |
| CFC-6704 | Electromecánicos Electromechanical | 2 | SPDT | 24V DC, 250V AC | ⊗ II 2G Exd IIC T6Gb ⊗ II 2D Extb IIIC T85°CDb | CROUZET 83161.801 | -25°C +75°C (-40°C option) | 1,55 Kg |
| CFC-6725 | Inductivos Inductives | 1 | PNP | 10-30V DC | ⊗ II 2G Exd IIC T6Gb ⊗ II 2D Extb IIIC T85°CDb | PEPPERL+FUCHS NBB2-V3-E2 | -25°C +70°C | 1,55 Kg |
| CFC-6726 | Inductivos Inductives | 2 | | | | | | |
| CFC-6727 | Inductivos Inductives | 1 | - | 5-60V DC | ⊗ II 2G Exd IIC T6Gb ⊗ II 2D Extb IIIC T85°CDb | PEPPERL+FUCHS NBB3-V3-Z4 | -25°C +80°C | 1,55 Kg |
| CFC-6728 | Inductivos Inductives | 2 | | | | | | |

(*): Peso de la caja y el soporte

(*): L.S box + bracket weight

Otros finales de carrera: consultar.

Other limit switches to consult.

| CÓDIGO CODE | DESCRIPCIÓN DESCRIPTION |
|-------------|--|
| IFC-66W | Instalación caja F.C. sobre actuador 80x30 H=20 L.S. installation onto 80x30 H=20 actuator. |
| IFC-660 | Instalación caja F.C. sobre actuador 80x30 H=30 L.S. installation onto 80x30 H=30 actuator. |
| IFC-664 | Instalación caja F.C. a actuador 130x30 H=50 L.S. installation onto 130x30 H=50 actuator. |

La instalación incluye tornillería (acero inox. AISI-304).

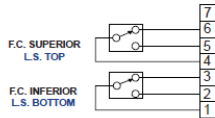
Installation includes bolting (AISI-304 Stainless Steel).

ESQUEMAS DE CONEXIONADO

CONNECTION DIAGRAM

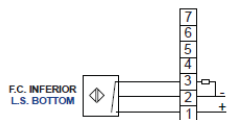
ELECTROMECAÑICOS SPDT
ELECTROMECHANIC SPDT

CFC-6702 - CFC-6704
 2 F.C. SPDT
 2 SPDT L.S.

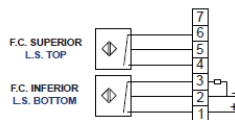


INDUCTIVOS
INDUCTIVES

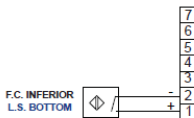
CFC-6725
 1 F.C. PNP
 1 L.S. PNP



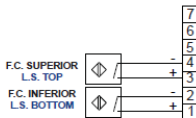
CFC-6726
 2 F.C. PNP
 2 L.S. PNP



CFC-6727
 1 F.C. (N.A)
 1 L.S. (N.O)



CFC-6728
 2 F.C. (N.A)
 2 L.S. (N.O)



Vàlvula de control model 3241:

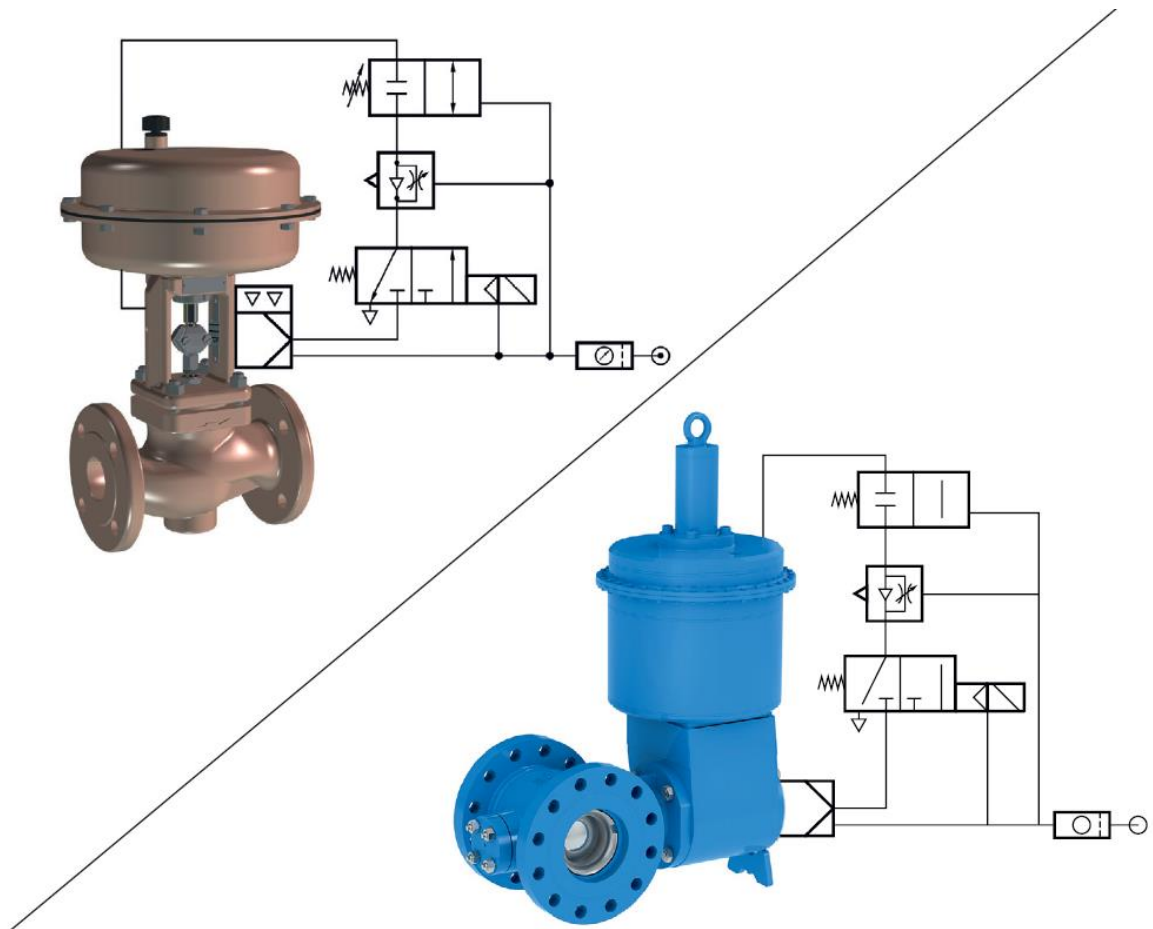


Table 6: Signal pressure connections on Type 3271 and Type 3277 Pneumatic Linear Actuators

| Diaphragm area | Type 3271 | | | | | | | | | | | Type 3277 | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|------|
| | 120 cm ² | 175v2 cm ² | 240 cm ² | 350 cm ² | 350v2 cm ² | 355v2 cm ² | 700 cm ² | 750v2 cm ² | 1000 cm ² | 1400-60 cm ² | 1400-120 cm ² | 1400-250 cm ² | 2800 cm ² | 2x 2800 cm ² | 120 cm ² | 175v2 cm ² | 240 cm ² | 350 cm ² | 350v2 cm ² | 355v2 cm ² | 700 cm ² | 750v2 cm ² | |
| Without | | | | | | | | | | | | | | | • | | | | | | | | |
| G 1/8 or 1/8 NPT | • | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G 1/4 or 1/4 NPT | | • | • | | | | | | | | | | | | | • 1) | • 1) | | | | | | |
| G 3/8 or 3/8 NPT | | | | • | • | • | • | • | | | | | | | | | • 1) | • 1) | • 1) | • 1) | • 1) | • 1) | • 1) |
| G 3/4 or 3/4 NPT | | | | | | | | | • | • | | | | | | | | | | | | | |
| G 1 or 1 NPT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1) G 3/8 connection always used on yoke

6.1 Safe working in the plant

i Note

The plant operator is responsible for establishing and implementing suitable safety measures in the plant.

We recommend the following safety precautions to protect the operating personnel while working in the danger zone ¹⁾ during operation:

Ventilation

Sufficient ventilation must be ensured to prevent oxygen enrichment in the plant.

Oxygen monitor and alarm equipment

The equipment triggers an alarm when the concentration of oxygen exceeds a limit and to ensure that the air is regularly exchanged.

Warning signs

We recommend putting up at least the following warning signs in the plant:

- No open flames
- No smoking
- Oxygen warning
- Entry only with portable oxygen measuring equipment

Entry permit

Entry only for trained operating personnel with written permission (individual authorization).

Absence of particles

- Make sure that the process medium remains free of particles while the plant is in operation

Forces and vibrations from external sources

- On installation, make sure that no vibrations or forces from external sources can occur (see subsection 4.6.2 of EIGA Doc 13/12).

Pressure surges

- Pressure surges (rapid pressurization) in the plant must be ruled out (see EIGA Doc 13/12, Appendix B).

Accionament pneumàtic model 3277:

Tabla 1: Datos técnicos para los accionamientos neumáticos Tipo 3271 y Tipo 3277

| Superficie accionamiento cm ² | 240 · 350 · 700 | 175v2 · 350v2 · 355v2 · 750v2 | 120 Tipo 3271-5/Tipo 3277-5 |
|--|---|--|---|
| Membrana | Aprisionada | Continua | - |
| Presión de alimentación máxima | 6 bar ¹⁾ | | |
| Temperatura ambiente admisible | Material de la membrana NBR: -35 a +90 °C ²⁾⁴⁾ | | Material de la membrana NBR: -35 a +80 °C ²⁾ |
| | Material de la membrana EPDM: -50 a +120 °C ³⁾⁴⁾ | | |
| | - | Material de la membrana PVMQ: -60 a +90 °C ⁴⁾ | |
| Materiales | | | |
| Vástago accionamiento | 1.4404 | | 1.4305 |
| Cierre vástago del accionamiento | NBR | | NBR |
| | EPDM | | |
| Carcasa | 1.0332/1.0335 Chapa de acero, pintada Temperatura ambiente ≥-50 °C | 1.0976/1.0982 Chapa de acero, pintada Temperatura ambiente ≥-60 °C | Fundición de aluminio, pintada |
| | 1.4301 · Chapa de acero inoxidable · Temperatura ambiente ≥-60 °C ⁵⁾ | | |
| | | | |

¹⁾ Observar la limitación de la presión de alimentación.

²⁾ En operación todo/nada temperatura inferior limitada a -20 °C.

³⁾ En operación todo/nada temperatura inferior limitada a -40 °C.

⁴⁾ Para temperaturas <-20 °C montar la desaireación descrita en ► AB 07.

⁵⁾ Material 1.4301 no disponible para 355v2 cm²

Tabla 3: Márgenes de señal nominal de mando para accionamientos neumáticos hasta 750v2 cm²

| Superficie en cm ² | Carrera nominal en mm | Volumen de la carrera para carrera nominal en dm ³ | Volumen muerto en dm ³ | Carrera máx. en mm ¹⁾²⁾ | Margen de señal nominal en bar (Margen de la presión de mando para carrera nominal) | Pretensión adicional de los resortes en % | Margen de trabajo con resortes pretensados en bar | Cantidad de resortes | Fuerza de los resortes para 0 mm de carrera en kN ¹⁾ | Fuerza de los resortes para carrera nominal en kN | Fuerza en kN a carrera nominal y presión de alimentación en bar de | | | | | |
|-------------------------------|-----------------------|---|-----------------------------------|------------------------------------|---|---|---|----------------------|---|---|--|------|------|------|------|------|
| | | | | | | | | | | | 1,4 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 |
| 120 | 7,5 | 0,09 | 0,12 | 9 | 0,4...0,8 | 0 | - | 3 | 0,48 | 0,96 | 0,72 | 1,44 | 2,64 | 3,84 | 5,04 | 6,24 |
| | | | | | 0,8...1,6 | | - | 6 | 0,96 | 1,92 | - | 0,48 | 1,68 | 2,88 | 4,08 | 5,28 |
| | | | | | 1,7...2,1 ³⁾ | | 1,7...2,1 | 6 | 2,04 | 2,52 | - | - | 1,08 | 2,28 | 3,48 | 4,68 |
| | | | | | 2,4...3,0 ³⁾ | | 2,4...3,0 | 12 | 2,88 | 3,6 | - | - | - | 1,2 | 2,4 | 3,6 |
| 120 | 15 | 0,2 | 0,10 | 17 | 0,2...1,0 | 0 | - | 3 | 0,24 | 1,2 | - | 1,2 | 2,4 | 3,6 | 4,8 | 6 |
| | | | | | 0,4...2,0 | | - | 6 | 0,48 | 2,4 | - | - | 1,2 | 2,4 | 3,6 | 4,8 |
| | | | | 1,4...2,3 ³⁾ | - | | 6 | 1,68 | 2,76 | - | - | 0,84 | 2,04 | 3,24 | 4,44 | |
| | | | | 2,1...3,3 ³⁾ | - | | 12 | 2,52 | 3,96 | - | - | - | 0,84 | 2,04 | 3,24 | |

Dibujos dimensionales

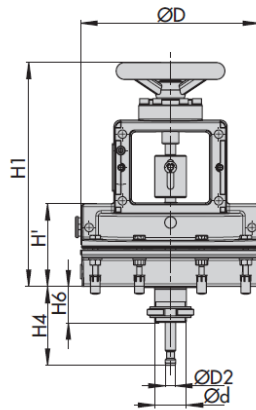


Fig. 15: Tipo 3271-5 con volante manual adicional

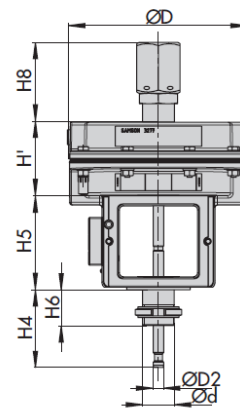


Fig. 16: Tipo 3277-5 con limitación de carrera

Servicio de regulación o todo/nada

Los accionamientos neumáticos utilizados para regular están diseñados para una presión de alimentación máxima de 6 bar. En servicio todo/nada (ON/OFF) la presión de alimentación se debe limitar.

Con el sentido de actuación "vástago entrando al accionamiento por la fuerza de los resortes (FE)" la presión de alimentación admisible sólo puede superar como máx. 3 bar el valor final de los resortes:

| Margen de señal nominal | Posición de seguridad | Presión de alimentación máx. |
|-------------------------|--|------------------------------|
| 0,2...1,0 bar | Vástago entrando al accionamiento (FE) | 4 bar |
| 0,4...2,0 bar | | 5 bar |
| 0,6...3,0 bar | | 6 bar |

Con el sentido de actuación "vástago saliendo del accionamiento por la fuerza de los resortes (FA)" y con limitación de la carrera, la presión de alimentación sólo puede superar como máx. 1,5 bar el valor final de los resortes.

Accesorios

Los accionamientos neumáticos con superficie 750v2 cm² incluyen en la tapa superior una rosca interna, donde se puede roscar una anilla o un cáncamo giratorio. La anilla roscada sirve para elevar verticalmente el accionamiento y se incluye en el suministro. El cáncamo giratorio sirve para orientar la válvula de control y elevar el accionamiento sin válvula. El cáncamo giratorio se puede pedir como accesorio.

| Superficie accionamiento | Núm. de referencia | |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | Anilla roscada (DIN 580) | Cáncamo giratorio roscado |
| 750v2 cm ² | 8325-0131 | 8442-1017 |

Los accionamientos con superficie 355v2 cm² e inferior, debido a su reducido peso, no tienen ni rosca para anilla ni ojal soldado. Los accionamientos de superficie 700 cm² van equipados con un ojal soldado.

Resumen de la documentación

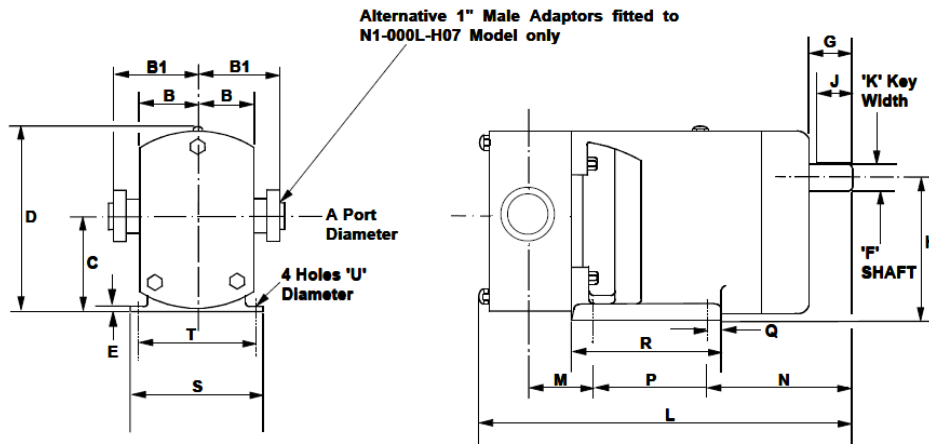
| Tipo de equipo | Superficie en cm ² | Hoja técnica | Instrucciones de montaje y servicio |
|--|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Accionamientos neumáticos Tipo 3271 · Tipo 3277 | 120 | Incluidos en esta hoja técnica | ► EB 8310-1 |
| | 240 · 350 · 700 | | ► EB 8310-6 |
| | 175v2 · 350v2 · 750v2 | | ► EB 8310-5 |
| | 355v2 | | ► EB 8310-4 |
| Accionamiento neumático Tipo 3271 | 1000 | ► T 8310-2/7 | ► EB 8310-2 |
| | 1400-120 · 2800 · 2 x 2800 | | ► EB 8310-7 |
| | 1400-60 | | ► EB 8310-3 |
| | 1400-250 | | ► EB 8310-8 |

Tabla 1: Datos técnicos

| Posicionador Tipo 3725 | |
|---|---|
| Carrera (ajustable) | Montaje integrado al Tipo 3277: 5 a 30 mm Montaje integrado al Tipo 2780-2: 6/12/15 mm Montaje en accionamiento Tipo 3372: 15/30 mm Montaje según IEC 60534-6 (NAMUR): 5 a 50 mm Montaje en accionamiento rotativo: 24 a 100° |
| Punto de consigna w (protegido contra inversión de polaridad) Límite de destrucción estática | Margen de señal 4 a 20 mA · 2-hilos, margen rango partido 4 a 11,9 mA y 12,1 a 20 mA ±33 V |
| Corriente mínima | 3,8 mA |
| Resistencia de carga | Máx. 6,3 V (corresponde a 315 Ω para 20 mA) |
| Aire de alimentación Calidad del aire según ISO 8573-1 | Alimentación: de 1,4 a 7 bar (20 a 105 psi), tamaño y densidad máx. de partícula: clase 4, contenido de aceite: clase 3, punto de rocío: clase 3 o como mín. 10 K por debajo de la menor temp. ambiente posible |
| Presión de mando (salida) | De 0 bar hasta presión aire de alimentación, limitable por software a aprox. 2,3 bar |
| Característica | Se pueden seleccionar: 3 para carrera lineal, 9 para carrera rotativa |
| Histéresis | ≤ 0,3 % |
| Sensibilidad de reacción | ≤ 0,1 % |
| Tiempo de recorrido | Sólo para accionamientos con tiempo de inicialización > 0,5 s ¹⁾ . |
| Sentido de actuación | w/x reversible |
| Consumo de aire | ≤ 100 l _n /h con alimentación hasta 6 bar y presión de mando 0,6 bar |
| Suministro de aire Aireación accionamiento Desaireación accionamiento | con Δp = 6 bar: 8,5 m _n ³ /h, con Δp = 6 bar: 14,0 m _n ³ /h, con Δp = 1,4 bar: 3,0 m _n ³ /h, con Δp = 1,4 bar: 4,5 m _n ³ /h, K _{vmax} (20 °C) = 0,09, K _{vmax} (20 °C) = 0,15 |
| Temperatura ambiente admisible | -20 a +80 °C -25 a +80 °C con racor para cables metálico Para equipos Ex limitaciones adicionales según el Certificado de prueba de tipo. |
| Seguridad | |
| Influencias | Temperatura: ≤ 0,15 %/10 K Vibraciones: ≤ 0,25 % a 2000 Hz y 4 g según IEC 770 Energía auxiliar: Ninguna |
| Compatibilidad electromagnética | Cumple las normas EN 61000-6-2, EN 61000-6-3 y las recomendaciones NE 21. |
| Protección Ex ²⁾ | Seguridad intrínseca: ATEX, STCC, CSA, GOST |
| Tipo de protección | IP 66 |
| Conformidad | CE · ENEC |
| Materiales: | |
| Carcasa | Polifitalamida (PPA) |
| Tapa | Policarbonato (PC) ³⁾ |
| Piezas exteriores | Acero inoxidable 1.4571 y 1.4301 |
| Racor para cables | Poliamida (PA), negro, M20 x 1,5 |
| Desaireación | Polietileno de alta densidad (PE-HD) |
| Peso | Aprox. 0,5 kg |

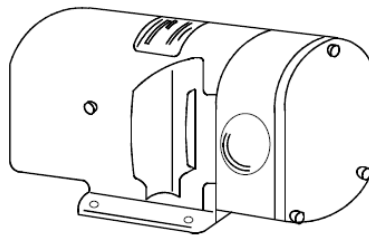
Bomba SSP Sèrie N, el model N1-000L-H07

3.3 Pump Dimensions

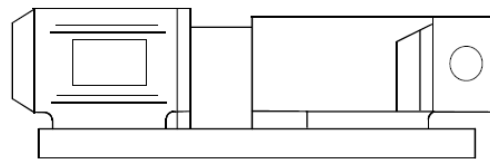


| PUMP SIZE | A | B | B1 | C | D | E | F | G | H | J | K | L | M | N | P | Q | R | S | T | U |
|-------------|---------------|----|----|----|-----|-----|----|----|----|----|---|-----|----|-----|----|----|-----|-----|----|---|
| N1-000S-H07 | ¼in BSPT | 42 | - | 54 | 115 | 6.5 | 12 | 30 | 71 | 25 | 4 | 250 | 25 | 103 | 80 | 11 | 102 | 105 | 90 | 7 |
| N1-000L-H07 | ½-1in BSPT | 42 | 68 | 54 | 115 | 6.5 | 12 | 30 | 71 | 25 | 4 | 266 | 31 | 103 | 80 | 11 | 102 | 105 | 90 | 7 |

3.4 Pump and Pump Unit Weights



BARESHAF PUMP



**PUMP UNIT - PUMP COMPLETE WITH
DRIVE UNIT**

| PUMP MODEL | BARESHAF PUMP KG | PUMP WITH DRIVE UNIT KG |
|---------------|---------------------|----------------------------|
| N1-000S and L | 10 | 40 |

The above weights are for guidance only and will vary depending upon the specification of the pump and drive unit.

3.5 Pump Displacement and Capacities

The following table details the pump capacities for the pump models. This figure will change depending upon speed, pressure, temperature and product being pumped.

| PUMP MODEL | MAXIMUM SPEED (RPM) | APPROX DISPLACEMENT LITRES/HOUR |
|-------------|---------------------|---------------------------------|
| N1-000S-H07 | 1000 | 1230 |
| N1-000L-H07 | 1000 | 2316 |

6.0 Maintenance and Inspection

6.1 Maintenance Schedule

It is advisable to install pressure gauges either side of pump so that any problems within the pump/pipework will be highlighted.

YOUR WEEKLY SCHEDULE SHOULD INCLUDE:

- CHECKING THE **MECHANICAL SEALS** FOR LEAKAGE AND REPLACING AS NECESSARY.
- CHECK **PUMPING PRESSURES**.
- CHECKING THE **OIL SEALS** FOR LEAKAGE.
- ADJUSTING THE **PACKED GLANDS** TO CONTROL LEAKAGE

6.2 Recommended Spare Parts

The following table details the recommended spare parts which should be retained within your maintenance stock.

| Part Description | Quantity |
|----------------------|----------|
| Lip Seal Drive End | 2 |
| 'O' Ring Front Cover | 1 |
| Lip Seal Gland End | 2 |
| Rotors | 2 |
| Product Seals | 2 |

Removing the Rotorcase

Pumps fitted with packed gland :-

1. Remove the gland follower nuts and withdraw the gland follower.
2. Ease the rotorcase off the dowel pins.
3. Tap the rotorcase with a soft mallet on both sides of the rotorcase. The rotorcase must be supported during this operation and not allowed to drop onto the shafts.

Pumps fitted with externally mounted mechanical seals :-

1. Ease the rotorcase off the dowel pins.
2. Take care not to damage the mechanical seals on removing the rotorcase.
3. Keep in complete sets and label top or bottom.

The pump head components may be reassembled by reversing the above procedures.

| COMPONENT | Nm | lbft |
|----------------------------|-----|------|
| Rotorcase Front Cover Nut | 8.0 | 6.0 |
| Rotor Retention Disc Screw | 5.0 | 3.7 |

10.0 Technical Data

10.1 Pump Information Chart

The following table details technical data regarding the pump range, for further details contact your supplier.

| PUMP MODEL | PORT SIZE | | DISPLACEMENT | | MAXIMUM DISCHARGE PRESSURE | | MAXIMUM SPEED |
|-------------|-----------|----|--------------|----------|----------------------------|-----|---------------|
| | in | mm | gal/100rev | l/100rev | lbf/in ² | bar | rpm |
| N1-000S-H07 | ¼ | 6 | 0.45 | 2.05 | 100 | 7 | 1000 |
| N1-000L-H07 | ½ | 12 | 0.85 | 3.86 | 100 | 7 | 1000 |
| | 1 | 25 | | | | | |

10.2 Lubrication

Pumps are to be filled with 0.3 litres of oil prior to operation with the recommended oil grades as follows:

BP Energol GR-XP150
 Castrol Alpha SP150
 Mobil Gear 629
 Shell Omala 150
 Texaco Meropa 150
 Esso Spartan EP150

Oil Filling

Fill with oil through the filler plug on top of the gearbox to the level plug on the side of the gearbox.

Oil Changing

The oil must be changed with the pump static.

First change should be after 150 hours of operation, thereafter every 3000 hours of operation or a period of 2 years, whichever is the soonest.

Motor Siemens de 2 CV 1500 B3 230/400V IE3 1LE1001-0EB4-22FB

© Siemens AG 2013

SIMOTICS GP 1LE1 Standard Motors

Motors with High Efficiency IE2

Self-ventilated or forced-air cooled motors
Aluminum series 1LE1001

IE2

Selection and ordering data

| Operating values at rated output | | | | | | | | | | | | | | Aluminum series | | m _M B3 J | Torque class | | |
|---|-------------------------------|------------|----------------------------|-------------------------|----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--|--|---|--------------------------|-------------------------|---------------------|--------------|-------------|----|
| P _{rated} , 50 Hz | P _{rated} , 60 Hz 1) | Frame size | n _{rated} , 50 Hz | T _{re} , 50 Hz | IE class | η _{rated} , 50 Hz, 4/4 | η _{rated} , 50 Hz, 3/4 | η _{rated} , 50 Hz, 2/4 | COS φ _{rated} , 50 Hz, 4/4 | I _{rated} , 50 Hz | I _{FL} /I _{re} , 50 Hz | I _{FL} /I _{re} , 50 Hz | T _β /T _{re} , 50 Hz | L _{ptA} , 50 Hz | L _{WA} , 50 Hz | | | Article No. | kg |
| <ul style="list-style-type: none"> Cooling: self-ventilated (IC 411) or with order code F90 forced-air cooled without external fan and fan cover (IC 416) Efficiency: High Efficiency IE2, service factor (SF) 1.15 Insulation: thermal class 155 (temperature class F), IP55 degree of protection, utilization in accordance with thermal class 130 (temperature class B) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-pole: 3000 rpm at 50 Hz, 3600 rpm at 60 Hz 1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.75 | 0.86 | 80 M | 2805 | 2.6 | IE2 | 77.4 | 79.5 | 78.8 | 0.84 | 1.67 | 1.9 | 4.9 | 2.3 | 60 | 71 | 1LE1001-0DA2 | 9.0 | 0.0080 | 16 |
| 1.1 | 1.27 | 80 M | 2835 | 3.7 | IE2 | 79.6 | 81.3 | 80.8 | 0.83 | 2.40 | 2.7 | 6.0 | 3.1 | 60 | 71 | 1LE1001-0DA3 | 11 | 0.0011 | 16 |
| 1.5 | 1.75 | 90 S | 2885 | 5.0 | IE2 | 81.3 | 82.3 | 80.8 | 0.84 | 3.15 | 2.7 | 6.9 | 3.6 | 65 | 77 | 1LE1001-0EA0 | 13 | 0.0017 | 16 |
| 2.2 | 2.55 | 90 L | 2890 | 7.3 | IE2 | 83.2 | 83.9 | 82.3 | 0.85 | 4.5 | 2.5 | 7.1 | 3.7 | 65 | 77 | 1LE1001-0EA4 | 15 | 0.0021 | 16 |
| 3 | 3.45 | 100 L | 2905 | 9.9 | IE2 | 84.6 | 85.2 | 84.7 | 0.84 | 6.1 | 2.3 | 7.0 | 3.3 | 67 | 79 | 1LE1001-1AA4 | 21 | 0.0044 | 16 |
| 4 | 4.55 | 112 M | 2950 | 13 | IE2 | 85.8 | 86.7 | 86.1 | 0.86 | 7.8 | 2.4 | 7.4 | 3.3 | 69 | 81 | 1LE1001-1BA2 | 27 | 0.0092 | 16 |
| 5.5 | 6.3 | 132 S | 2950 | 18 | IE2 | 87.0 | 88.0 | 87.4 | 0.87 | 10.5 | 1.8 | 6.6 | 2.9 | 68 | 80 | 1LE1001-1CA0 | 39 | 0.020 | 16 |
| 7.5 | 8.6 | 132 S | 2950 | 24 | IE2 | 88.1 | 88.7 | 88.6 | 0.87 | 14.1 | 2.2 | 7.5 | 3.1 | 68 | 80 | 1LE1001-1CA1 | 43 | 0.024 | 16 |
| 11 | 12.6 | 160 M | 2955 | 36 | IE2 | 89.4 | 90.0 | 89.1 | 0.87 | 20.5 | 2.1 | 7.4 | 3.2 | 70 | 82 | 1LE1001-1DA2 | 67 | 0.045 | 16 |
| 15 | 17.3 | 160 M | 2955 | 48 | IE2 | 90.3 | 90.9 | 90.3 | 0.88 | 27 | 2.4 | 7.6 | 3.4 | 70 | 82 | 1LE1001-1DA3 | 75 | 0.053 | 16 |
| 18.5 | 21.3 | 160 L | 2955 | 60 | IE2 | 90.9 | 91.2 | 90.4 | 0.88 | 33.5 | 2.9 | 7.9 | 3.6 | 70 | 82 | 1LE1001-1DA4 | 84 | 0.061 | 16 |
| 4-pole: 1500 rpm at 50 Hz, 1800 rpm at 60 Hz 1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.55 | 0.63 | 80 M | 1440 | 3.7 | - | 78.1 | 78.9 | 76.1 | 0.74 | 1.37 | 2.2 | 5.3 | 3.1 | 53 | 64 | 1LE1001-0DB2 | 10 | 0.0017 | 16 |
| 0.75 | 0.86 | 80 M | 1440 | 5.0 | IE2 | 79.6 | 80.2 | 78.0 | 0.76 | 1.79 | 2.2 | 5.6 | 3.1 | 53 | 64 | 1LE1001-0DB3 | 11 | 0.0021 | 16 |
| 1.1 | 1.27 | 90 S | 1425 | 7.4 | IE2 | 81.4 | 81.7 | 79.9 | 0.78 | 2.5 | 2.3 | 5.6 | 2.9 | 56 | 68 | 1LE1001-0EB0 | 13 | 0.0028 | 16 |
| 1.5 | 1.75 | 90 L | 1435 | 10 | IE2 | 82.8 | 83.5 | 82.0 | 0.79 | 3.3 | 2.6 | 6.4 | 3.4 | 56 | 68 | 1LE1001-0EB4 | 16 | 0.0036 | 16 |
| 2.2 | 2.55 | 100 L | 1455 | 14 | IE2 | 84.3 | 85.1 | 84.3 | 0.81 | 4.65 | 2.1 | 6.9 | 3.3 | 60 | 72 | 1LE1001-1AB4 | 21 | 0.0086 | 16 |
| 3 | 3.45 | 100 L | 1455 | 20 | IE2 | 85.5 | 86.7 | 86.0 | 0.82 | 6.2 | 2.0 | 6.9 | 3.1 | 60 | 72 | 1LE1001-1AB5 | 25 | 0.011 | 16 |
| 4 | 4.55 | 112 M | 1460 | 26 | IE2 | 86.6 | 87.3 | 86.5 | 0.81 | 8.2 | 2.5 | 7.1 | 3.2 | 58 | 70 | 1LE1001-1BB2 | 29 | 0.014 | 16 |
| 5.5 | 6.3 | 132 S | 1465 | 36 | IE2 | 87.7 | 89.0 | 87.7 | 0.80 | 11.3 | 2.3 | 6.9 | 2.9 | 64 | 76 | 1LE1001-1CB0 | 42 | 0.027 | 16 |
| 7.5 | 8.6 | 132 M | 1465 | 49 | IE2 | 88.7 | 90.3 | 88.8 | 0.83 | 14.7 | 2.3 | 6.9 | 2.9 | 64 | 76 | 1LE1001-1CB2 | 49 | 0.034 | 16 |
| 11 | 12.6 | 160 M | 1470 | 71 | IE2 | 89.8 | 90.9 | 90.8 | 0.85 | 21 | 2.1 | 6.7 | 2.8 | 65 | 77 | 1LE1001-1DB2 | 71 | 0.065 | 16 |
| 15 | 17.3 | 160 L | 1475 | 97 | IE2 | 90.6 | 91.3 | 91.0 | 0.85 | 28 | 2.3 | 7.3 | 3.0 | 65 | 77 | 1LE1001-1DB4 | 83 | 0.083 | 16 |

| Volts | Motor protection | No. of poles | Frame size | Motor type | Version | Order code(s) |
|--|--|------------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Frame sizes 80 M to 90 L²⁾ | | | | | | |
| 50 Hz 230 VΔ/400 VY | 60 Hz ¹⁾ 460 VY | PTC thermistor with 1 temp. sensor | 2, 4 | 80 M ... 90 L | 1LE1001-0D ... -0E | Standard 2 2 B |
| 50 Hz 400 VΔ/690 VY | 60 Hz ¹⁾ 460 VΔ | Without | 2, 4 | 80 M ... 90 L | 1LE1001-0D ... -0E | Standard 3 4 B |
| 50 Hz 400 VY | 60 Hz ¹⁾ 460 VY | Without | 2, 4 | 80 M ... 90 L | 1LE1001-0D ... -0E | Standard 0 2 A |
| Frame sizes 100 L to 160 L: use of the 4 x 90° rotatable connection box | | | | | | |
| 50 Hz 230 VΔ/400 VY | 60 Hz ¹⁾ 460 VY | Any | 2, 4 | 100 L ... 160 L | 1LE1001-1A ... -1D | Standard 2 2 |
| 50 Hz 400 VΔ/690 VY | 60 Hz ¹⁾ 460 VΔ | Any | 2, 4 | 100 L ... 160 L | 1LE1001-1A ... -1D | Standard 3 4 |
| 50 Hz 500 VY | Any | Any | 2, 4 | 100 L ... 160 L | 1LE1001-1A ... -1D | Without add. charge 2 7 |
| 50 Hz 500 VΔ | Any | Any | 2, 4 | 100 L ... 160 L | 1LE1001-1A ... -1D | Without add. charge 4 0 |
| Further voltages ¹⁾ | For additional charges, code numbers, order codes and descriptions, see from Page 2/38 | | | | | 9 0 |
| Types of construction | | | | | | |
| Without flange | IM B3 ³⁾ | No. of poles | Frame size | Motor type | Version | Order code(s) |
| With flange | IM B5 ³⁾ | 2, 4 | 80 M ... 160 L | 1LE1001-0D ... -1D | Standard | A |
| With standard flange | IM B14 ³⁾ | 2, 4 | 80 M ... 160 L | 1LE1001-0D ... -1D | With additional charge | F |
| Further types of construction | For additional charges, code letters and descriptions, see from Page 2/41 | | | | | K |
| Motor protection | | | | | | |
| Without | No. of poles | Frame size | Motor type | Version | Order code(s) | A |
| PTC thermistor with 3 temperature sensors | 2, 4 | 100 L ... 160 L | 1LE1001-1A ... -1D | Standard | B | |
| Further motor protection | For additional charges, code letters and descriptions, see from Page 2/47 | | | | | ... |
| Connection box position | | | | | | |
| Connection box at top | No. of poles | Frame size | Motor type | Version | Order code(s) | 4 |
| Further connection box positions | For additional charges, code numbers and descriptions, see from Page 2/49 | | | | | ... |
| Special versions | | | | | | |
| Forced-air cooled motors without ext. fan/fan cover (IC 416) | No. of poles | Frame size | Motor type | Version | Order code(s) | 1LE1001-... -Z F90 +... +... +... |
| Options | For additional charges, order codes and descriptions, see from Page 2/51 | | | | | 1LE1001-... -Z ... +... +... +... |

¹⁾ Operating values at rated output for 60 Hz are available on request.

²⁾ For converter-fed operation of shaft heights 80 and 90, ordering with PTC thermistors and their connection to the converter is recommended.

³⁾ Types derived from IM B3 (IM B6/7/8, IM V6 and IM V5), from IM B5 (IM V3 and IM V1) and from IM B14 (IM V19 and IM V18) are possible, provided that no requirements exist for condensation drainage holes (H03) and stamping of the type on the rating plate. The basic type IM B3, IM B5 or IM B14 is stamped as standard on the rating plate. When ordering with condensation drainage holes (H03), the type must be specified.