

PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC



Universitat Autònoma de Barcelona
ESCOLA D'ENGINYERIA

Treball de Fi de Grau
GRAU EN ENGINYERIA QUÍMICA

Tutor: Josep Anton Torà



CREUS BOSCH, JÚLIA
JOVELL HIDALGO, DANIEL
MIRANDA SALES, JOSELINE
TOSCA PRÍNCIP, ALBERT
TRIQUELL ROSADO, JOAN



CAPÍTOL 3

CONTROL I INSTRUMENTACIÓ

PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC



CAPÍTOL 3. CONTROL I INSTRUMENTACIÓ

3.1. CARACTERÍSTIQUES DEL SISTEMA DE CONTROL	5
3.1.1. INTRODUCCIÓ	5
3.1.2. DEFINICIONS I CONCEPTES BÀSICS RELATIU AL CONTROL DE PROCESSOS	5
3.1.3. OBJECTIUS DEL SISTEMA DE CONTROL	6
3.1.4. SENYALS I INSTRUMENTS D'UN SISTEMA DE CONTROL DE PROCESSOS	6
3.1.5. TÈCNIQUES DE CONTROL	7
3.1. ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL	12
3.1.1. CONTROL AUTOMÀTIC.....	13
3.1.2. CONTROL PER ORDINADOR	13
3.2. NOMENCLATURA	16
3.2.1. NOMENCLATURA DELS LLAÇOS DE CONTROL	16
3.2.2. NOMENCLATURA DE LA INSTRUMENTACIÓ	16
3.3. INSTRUMENTACIÓ	17
3.3.1. ELEMENTS PRIMARIS O SENSORS	19
3.3.2. ELEMENTS FINALS DE CONTROL	32
3.3.3. FULLS D'ESPECIFICACIONS DELS ELEMENTS PRIMARS I FINALS DE CONTROL	33
3.4. LLISTAT D'INSTRUMENTS I LLAÇOS DE CONTROL.....	44
3.4.1. ÀREA 100.....	44
3.4.2. ÀREA 200.....	52
3.4.3. ÀREA 300.....	54

3.4.4.	ÀREA 400	59
3.4.5.	ÀREA 500	61
3.4.6.	ÀREA 600	69
3.5.	DESCRIPCIÓ I DIAGRAMES DELS LLAÇOS DE CONTROL	72
3.5.1.	ÀREA 100	72
3.5.2.	ÀREA 200	72
3.5.3.	ÀREA 300	91
3.5.4.	ÀREA 400	97
3.5.5.	ÀREA 500	105
3.5.6.	ÀREA 600	119
3.6.	RECOMPTE DE SENYALS	125
3.6.1.	ADQUISICIÓ DE DADES (DAQ)	138
3.7.	BIBLIOGRAFIA	147

3.1. CARACTERÍSTIQUES DEL SISTEMA DE CONTROL

3.1.1. INTRODUCCIÓ

Una planta química integra un conjunt d'unitats de procés (reactors, intercanviadors de calor, bombes, columnes de destil·lació, absorbidors, evaporadors, tancs...) interrelacionats entre sí de manera esquemàtica i racional. L'objectiu d'aquesta planta és el convertir certes matèries primes en productes emprant fonts d'energia accessibles de la forma més econòmica possible.

Durant l'operació de la planta, és necessari assolir certs requeriments, des de la seguretat de la planta fins a les regulacions mediambientals, passant per les especificacions de producció, una avaluació econòmica favorable i les restriccions operacionals imposades als propis equips.

Per tal d'assolir tots els requeriments mencionats és necessari la implementació d'un sistema de monitorització contínua de l'operació química de la planta i un sistema d'intervenció externa (control) per tal de garantir els objectius operacionals. Això s'aconsegueix a través d'una sèrie d'equipaments com ara mesuradors, vàlvules, controladors, ordinadors i la pròpia intervenció humana que confeccionen, plegats, el sistema de control d'una planta química.

En aquest capítol es descriuen les diferents parts de l'estructura del sistema de control, des de la descripció i caracterització dels elements primaris i finals de control fins a l'arquitectura de control emprada per a aconseguir la implementació dels sistemes de control.

3.1.2. DEFINICIONS I CONCEPTES BÀSICS RELATIU AL CONTROL DE PROCESSOS

Per poder entendre el funcionament dels sistemes de control que es descriuen en el present capítol, és necessari uns coneixements mínims i bàsics del control en plantes químiques. Existeixen dos tipus de variables en el control de processos químics:

Variable d'entrada: Mostra l'efecte dels voltants sobre el procés. Normalment fa referència a aquells factors que tenen influència sobre el procés. Un exemple d'una variable d'entrada podria ésser el cabal de vapor que circula a través d'un bescanviador que pot afectar la quantitat d'energia que es subministra al procés. Hi ha efectes sobre el procés que són controlables o no, donant lloc a dos tipus diferents de variables d'entrada:

Variable manipulada: Variable dels voltants que pot ser controlada per un operador o el sistema de control in-situ.

Pertorbacions: Entrades que no poden ser controlades per un operador o un sistema de control. Les pertorbacions, a la vegada, es poden classificar segons si són mesurables o no mesurables.

Variable de sortida: També anomenada variable controlada. Són variables de sortida del procés que tenen una afectació sobre els voltants. Un exemple d'una variable de sortida podria ésser la quantitat de CO₂ que es genera d'una reacció de combustió. Les variables de sortida poden, o no, ser mesurables.

Un altre concepte important a conèixer és el del punt de consigna o *setpoint*, que es defineix com el valor al qual es vol mantenir la variable controlada. La diferència entre el *setpoint* i el valor de la variable de procés en tot moment esdevé l'error o *offset*.

3.1.3. OBJECTIUS DEL SISTEMA DE CONTROL

Prèviament al disseny del sistema de control és necessari definir els objectius que es pretenen aconseguir de la implementació d'aquest. Existeixen tres necessitats bàsiques que un sistema de control ha de satisfer:

Eliminació de les pertorbacions externes: Cal entendre una pertorbació externa l'efecte dels voltants sobre el procés i que normalment està fora del control de l'operador (temperatura externa, variacions de cabal, concentracions dels components, etc.) essent necessari introduir un mecanisme de control que redueixi l'impacte negatiu que les pertorbacions poden tenir en l'operació del procés. Un exemple típic podria ésser un reactor dissenyat per operar a 35°C on les condicions de temperatura ambiental oscil·len entre 10 i 30°C. Aquest fet comporta que es donin fenòmens de transferència del bioreactor cap als voltants que depèn d'una variable externa que no es pot manipular (la temperatura ambiental). El sistema de control del reactor tindrà doncs com a objectiu realitzar una aportació variable de calor per poder compensar les pèrdues energètiques i mantenir la temperatura del procés a les condicions de temperatura desitjades.

Estabilització del procés: Si bé alguns processos són auto-regulats, és dir, no necessiten intervenció externa per la seva estabilització, el cas més habitual correspon a aquells que, evolucionant espontàniament, presenten una resposta inestable allunyant-se de les condicions de treball desitjades. Aquest comportament correspon a un procés inestable, fent que sigui necessari un control extern per la seva estabilització. Un exemple típic esdevindria un procés, l'objectiu del qual és el creixement d'un microorganisme específic que es produeix a un pH òptim de 5. Els productes secundaris del creixement del microorganisme poden produir una acidificació del medi de cultiu. El sistema de control de pH actuaria em el sistema amb l'objectiu de contrarestar l'efecte dels productes de la fermentació i mantenir les condicions d'operació (pH) en les òptimes per el creixement del microorganisme.

Optimització del rendiment: Un problema habitual en els processos químics fa referència a la possibilitat i/o necessitat d'establir diferents condicions de treball al llarg del procés per anar obtenint, en cada moment, aquelles que permeten el major rendiment del mateix. Aquest és un aspecte que cada cop requereix d'una major atenció per conduir alguns processos; disposant d'un sistema de control que no mantingui únicament les consignes, sinó que s'adapti en cada moment a les condicions òptimes del procés per optimitzar l'eficiència del mateix.

3.1.4. SENYALS I INSTRUMENTS D'UN SISTEMA DE CONTROL DE PROCESSOS

El sistema de control de processos del present projecte està constituït per quatre tipus d'elements bàsics, la funció dels quals és necessari definir previ a la caracterització del sistema de control.

Sensor: Els sensors són instruments que mesuren les variables a controlar, les variables de perturbació i les variables secundàries a partir de les quals s'interfereix en el valor d'altres que no puguin mesurar-se directament o que resulti massa car fer-ho. Els exemples més típics de sensors esdevenen els termoparells o els orificis mesuradors per mesurar un cabal.

Transmissor o transductor: L'efecte físic produït al sensor no acostuma a ser utilitzable com a senyal que pugui ésser processada pel controlador per calcular l'acció de control. És necessari, doncs, convertir la magnitud de l'efecte físic en una senyal elèctrica, pneumàtica o digital que pugui ser transmesa a distància sense veure's afectada i que pugui ser utilitzada per un controlador, un registrador o un sistema de monitorització de qualsevol fabricant. Un exemple de transmissor esdevindria el transmissor de pressió diferència, que en el cas de l'orifici mesurador, convertiria la diferència de pressió existent entre les dues preses de pressió en una senyal estàndard elèctrica de 4-20 mA o pneumàtica 3-15 psi.

Controlador: El controlador rep la senyal corresponent a la variable mesurada i calcula l'acció de control d'acord amb l'algorisme de control (vegeu apartat **3.1.5 - TÈCNIQUES DE CONTROL**) que s'hi hagi programat. Aquest càlcul, es tradueix en un valor determinat de la senyal estàndard de sortida que s'envia a l'element final de control. Avui en dia, tots els controladors són digitals i estan equipats amb controladors AD (analògic-digital) i DA (digital analògic) per poder rebre senyals analògiques elèctriques, convertir-les en senyals digitals, processar-les i convertir-les de nou en senyals analògiques estàndard que s'envien als elements finals de control.

Actuador o element final de control: Esdevé l'element que manipula la variable de procés d'acord amb l'acció calculada pel controlador, la qual arriba en forma d'una senyal analògica estàndard com anteriorment s'ha esmentat. En processos químics, la variable de procés manipulada acostuma a ser un cabal d'un corrent i és per això que l'element actuador més utilitzat és la vàlvula de control. Tot i així, existeixen altres elements finals de control capaços de manipular els cabals, com ara les bombes, els compressors o les bufants dotats amb motors de velocitat variable anomenats variadors de freqüència.

3.1.5. TÈCNIQUES DE CONTROL

Per dur a terme els objectius anteriorment descrits s'han desenvolupat o adaptat diferents metodologies de control. La primera i més emprada és el control *feedback* o control per retroalimentació:

3.1.5.1. Control per retroalimentació

La **Figura 3-1** mostra l'esquema d'un control per retroalimentació. En aquest esquema de control, s'analitza a través d'un sensor la variable que es vol mantenir controlada i es comparen els valors obtinguts en cada moment amb un valor de consigna assignat per l'operador del sistema. A partir de l'error existent entre el valor desitjat i el real, un controlador fixa la actuació a realitzar al procés a través d'una modificació de la variable manipulada. Aquest tipus de control únicament realitza l'actuació quan ja s'ha produït una desviació respecte del valor desitjat i si es detecta error, per la qual cosa no evita desviacions sobre el valor desitjat sinó que intenta disminuir l'error produït.

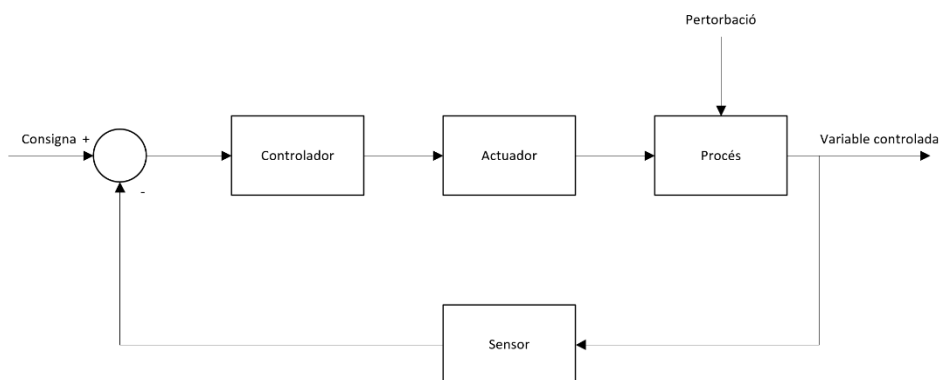


Figura 3-1 Esquema de control per retroalimentació

Una millora d'aquesta metodologia, mantenint el mateix esquema de control, és el denominat control per cascada. Aquest tipus de control, que es presenta a la **Figura 3-2**, estableix dos bucles interconnectats entre sí: un bucle exterior que manté la variable a controlar i un bucle interior aplicat sobre una variable auxiliar.

La **Figura 3-2** representa un sistema de control en cascada per l'oxigen dissolt en un fermentador, en el qual la variable d'actuació del bucle principal seria la consigna d'agitació per un bucle intern de la velocitat d'agitació del sistema. Qualsevol pertorbació que afectés a la velocitat d'agitació, i per extensió, a l'oxigen dissolt del sistema, seria eliminada pel llaç de control interior, a la vegada que el llaç exterior eliminaria variacions en les condicions del sistema (augment de consum d'oxigen, obturació del filtre d'entrada...).

La metodologia del control per retroalimentació es basa en la existència de bucles retroalimentats. En general, aquest tipus de control realitza la mesura de la variable controlada i en cas de discrepància, actuaria modificant alguna variable d'entrada al procés o variable manipulada.

Es poden diferenciar els següents elements en un llaç de control per retroalimentació:

Element sensor: L'evolució de la variable a controlar s'adquireix normalment en forma de dades numèriques a partir dels elements sensors corresponents. Des del punt de vista del control aquelles variables més interessants són les que es poden obtenir en temps real.

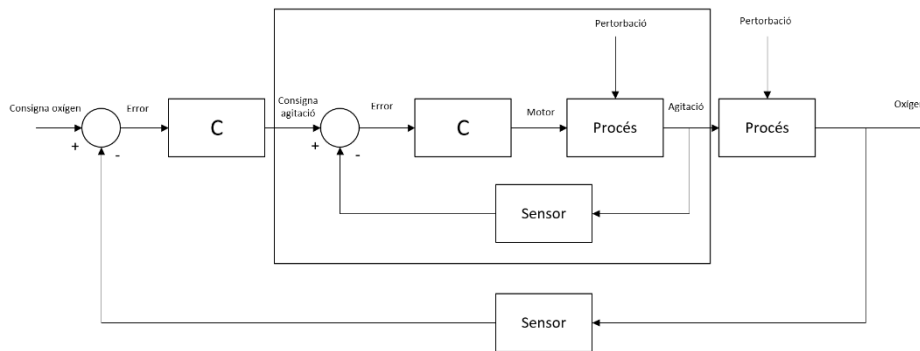


Figura 3-2 Esquema d'un control en cascada

Element condicionador i transmissor: La senyal produïda per l'element sensor no són utilitzables directament pel controlador: acostuma a ser una corrent o un voltatge amb una alta impedància i de extraordinàriament petita magnitud. Aquestes senyals poden presentar bastant soroll i estan subjectes a pertorbacions externes, fet que fa que sigui necessari un tractament previ a la seva utilització que proveeixen els elements condicionadors i transmissors.

Controlador: Es diferencien en general dos tipus d'actuacions respecte a la senyal d'error detectada:

- Independent de la magnitud de l'error (controlador ON/OFF).
- Funció de l'error (controlador P, PI, PID).

Controlador ON/OFF: És la configuració més senzilla de control automàtic. En aquest cas, la resposta del controlador és independent de la magnitud de l'error, senzillament quan es detecta la seva existència fa actuar, en tota la seva intensitat, l'element final. Tot i que aquest tipus de control va associada a una instrumentació senzilla i de baix cost, provoca la presència d'oscil·lacions importants en el sistema. Un altre problema associat a aquest tipus de control fa referència al límit de detecció de l'error o la magnitud de l'error necessària per a que actuï el sistema de control.

Controladors PID: Per eliminar els problemes associats de la resposta excessiva del controlador i a la seva falta de modulació, s'intenta ajustar la seva resposta en funció de la magnitud de l'error.

La primera de les possibilitats és introduir un mecanisme que respongui de forma proporcional a l'error (acció P). Això implica l'aparició d'un primer paràmetre de control a ajustar que correspon al guany. Un valor elevat del guany augmenta les oscil·lacions de la resposta, a la vegada que valors baixos fan la resposta més lenta.

Un dels problemes associats a aquest tipus de control correspon a l'error residual o off-set: una vegada apareix la pertorbació, i allunyat el procés del valor desitjat, la acció del sistema de control tendeix a tornar al valor original fins a un cert punt, a partir del qual el sistema no pot tornar al valor inicial, apareixent l'error residual.

Per eliminar aquest problema, s'afegeix l'efecte integral, en el que la resposta té en compte l'error acumulat. Aquest tipus de control presenta les avantatges de l control proporcional eliminant a més a més, el problema de l'offset, tot i així, el fet d'afegir l'efecte integral augmenta la lentitud de la resposta del controlador, raó per la qual en alguns casos és necessari introduir un nou efecte que l'acceleri.

La forma més habitual correspon a l'addició d'un efecte derivatiu en el que la resposta és proporcional a la derivada de l'error.

L'addició de cadascun dels efectes fa augmentar en nombre de paràmetres a determinar, per la qual cosa és necessari molts cops recórrer a l'ús de metodologies establertes com poden ésser els mètodes de *Ziegler-Nichols* o *Cohen-Coon*.

El controlador PID, amb un ajust correcte dels seus paràmetres, proporciona el millor tipus de resposta essent el millor tipus de resposta seguint la metodologia de control per retroalimentació. Actualment és el que més àmpliament s'empra i es pot afirmar que es capaç de resoldre de forma satisfactòria el 80% de les aplicacions.

Element final de control: L'element final de control varia segons la variable a controlar. En el cas de l'agitació, la senyal de control actuaria sobre la regulació del motor d'agitació emprant variadors de freqüència, en el cas del pH, l'element final esdevindria una bomba dosificadora d'una solució àcida o bàsica. Tot i així, l'element de control més àmpliament emprat són les vàlvules de control que permeten variar el pas de fluids en funció de la senyal de control. Per a més informació relativa als tipus de vàlvules emprades en la realització del present projecte, vegeu el capítol 4: Canonades vàlvules i accessoris.

3.1.5.2. Control anticipatiu

Al control anticipatiu (**Figura 3-3**) s'analitza la pertorbació prèviament a l'entrada del sistema i es pren l'acció de control necessària per minimitzar el seu efecte. La dificultat per disposar de models suficients que permetin definir aquesta acció, juntament amb la pràctica impossibilitat d'identificar totes les pertorbacions possibles al sistema fan que aquest tipus de control no sigui emprat de forma individual, sinó que treballi sempre acoblat a un altre llaç de control per retroalimentació que permeti en tot moment conèixer i ajustar les desviacions de la variable controlada.

3.1.5.3. Control adaptatiu

Més recentment s'han desenvolupat una sèrie de tècniques de control que semblen ser especialment idònies per a poder superar els problemes de control dels processos químics. El control adaptatiu consisteix en un estimador de paràmetres que permet la seva sintonia al llarg del procés i una algorisme de control. La sintonia dels paràmetres de control es realitza generalment a partir de mesures en línia del procés i d'un model de comportament del mateix.

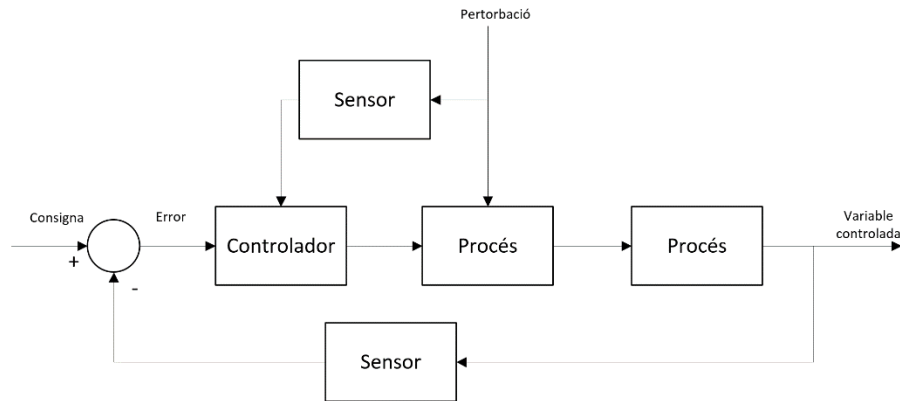


Figura 3-3 Esquema de control anticipatiu

Existeixen diferents tipus de control adaptatiu depenent de la forma en què es realitza la sintonia de paràmetres, essent els més emprats els controladors autosintonitzables (STR), el control amb un model de referència (MRAS) i el control predictiu (MPC).

Un controlador autosintonitzable com el que mostra la **Figura 3-4** permet la adequació dels paràmetres del controlador (per exemple, un PID) a les variacions de les condicions d'operació. L'ajust dels paràmetres pot realitzar-se a partir dels efectes causats per petites desviacions provocades sobre la variable manipulada (en forma de polsos o esglaons).

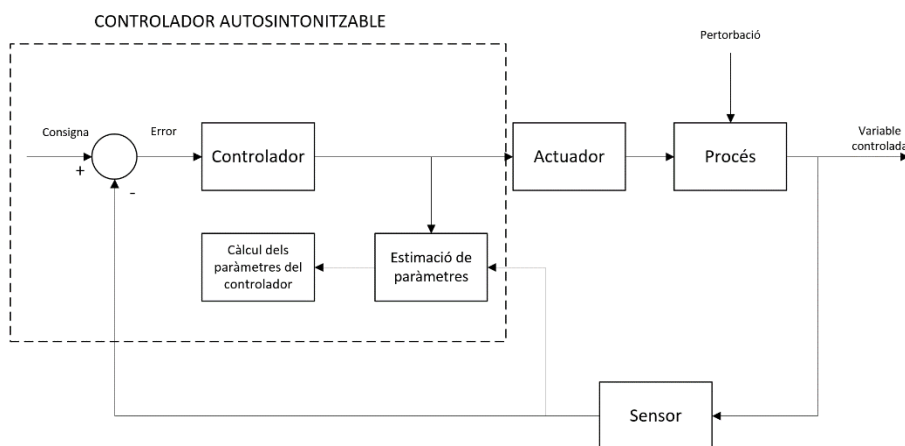


Figura 3-4 Esquema de control adaptatiu

3.1.5.4. Control de rang dividit (*split range control*)

En un control *Split range* o de rang dividit, la variable de sortida es divideix i s'envia a més d'un element final. El divisor decideix com es seqüencia la resposta de cada element final per tal com la resposta del controlador varia en un rang del 0 al 100%.

La **Figura 3-5** mostra un exemple del principi de funcionament del control en rang dividit: el controlador PIC-01 controla la pressió del separador vapor líquid per hidrocarburs a través d'un

controlador de rang dividit amb la senyal de sortida dividida i enviada a dues vàlvules de control, PV-A i PV-B. Quan la pressió augmenta, el fluid s'envia a la unitat de crema; quan la pressió disminueix, s'introdueix gas de combustió per compensar la pressió en el sí del separador.

Els controls en *Split-range* són àmpliament emprats en molts processos industrials, com per exemple en el control de la temperatura d'un tanc que disposa d'un sistema calefactor i refrigerant a la vegada.

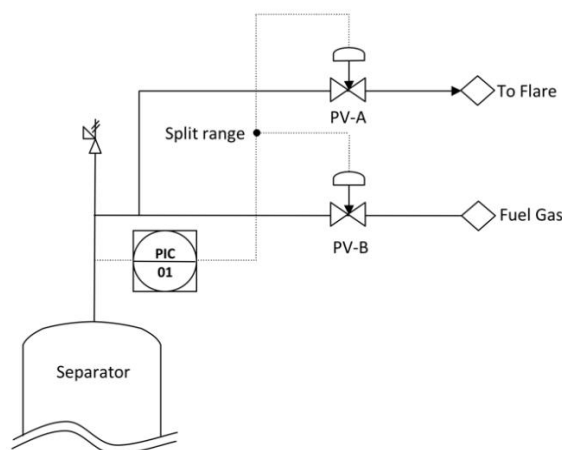


Figura 3-5 Exemple d'aplicació d'un control en rang dividit

3.1.5.5. Control proporcional (*ratio control*)

El control proporcional és un tipus especial de control per retroalimentació on dos pertorbacions són mesurades i mantingudes de forma constant l'una respecte de l'altra. Aquest tipus de control s'empra amb freqüència en control del cabal de diversos corrents: tots dos cabals són mesurats però no tots dos poden ésser controlats. Aquell cabal que no està sota control s'anomena com a corrent salvatge (*wild stream*).

La **Figura 3-6** mostra un exemple d'implementació d'un control proporcional. Tots dos cabals dels corrents A i B són mesurats i es registra la seva proporció. Aquesta proporció es compara amb la proporció desitjada (consigna) i l'error entra les proporcions mesurades i desitjada constitueixen la senyal d'actuació de l'element final de control.

3.1. ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

La implementació del sistema de control es fa mitjançant dues aproximacions diferents: el control automàtic i el control per ordinador. De la implementació del sistema de control en dependran les variables a manipular o controlar, de les quals depèn la qualitat de control.

Definida la implementació del sistema de control, s'especifiquen els instruments de monitorització (vegeu apartat 3.3 - INSTRUMENTACIÓ) i control i es dissenyen els llaços de control dels equips (vegeu apartat 3.5 - DESCRIPCIÓ I DIAGRAMES DELS LLAÇOS DE CONTROL).

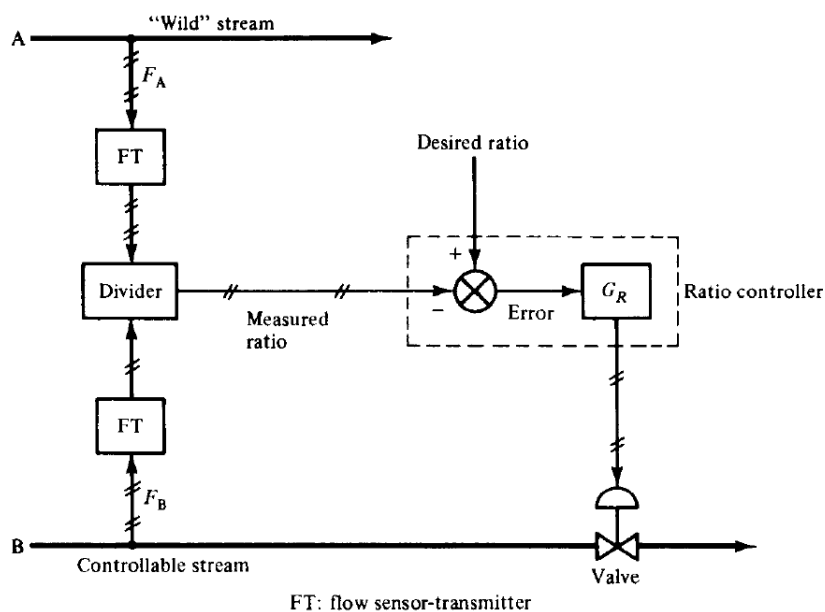


Figura 3-6 Exemple d'un control proporcional

3.1.1. CONTROL AUTOMÀTIC

Es poden diferenciar dos grans grups que d'alguna forma, són successius en el temps i en el desenvolupament de la instrumentació necessària:

El primer grup correspon a les operacions que es realitzen mitjançant cicles o seqüències i que poden ser realitzades per elements mecànics o temporitzadors. Aquestes seqüències són controlades per elements electrònics i més recentment incorporades en les rutines dels ordinadors de control.

El segon grup fa referència als llaços de control clàssics en els quals la instrumentació utilitzada en el llaç de control és analògica.

3.1.2. CONTROL PER ORDINADOR

Durant els darrers anys, el control digital s'ha aplicat més en el control i supervisió dels processos industrials. Aquest fet, es deu a que al permetre una major automatització i coordinació en la operació de les plantes, suposen un increment en la productivitat del treball humà, una millora del control de qualitat i una millora del sistema de seguretat de la planta donat a que ajuden a reduir el nombre d'accidents.

3.1.2.1. Digital direct control (DDC)

Un sistema DDC és un sistema centralitzat en el que totes les mesures es duen a terme a la sala de control, de d'on un o diversos computadors exerceixen directament el control de tots els llaços de control existents a la planta i des d'on s'envien les senyals pneumàtiques per als actuadors, tal i com mostra la **Figura 3-7**.

Les mesures provinents de camp són senyals analògiques que es transformen en senyals digitals a la sala de control per a que puguin ser llegides per el computador, a la vegada que les senyals de comandament entregades per l'ordinador són convertides en senyals digitals abans de ser enviades als actuadors.

Tot i la flexibilitat en el disseny del sistema de control, en rendiment del mateix en el benentès que treballa molt pròxim al punt òptim d'operació i la seguretat al poder comprovar cada variable entre uns límits prefixats, la fallada de l'ordinador podria significar el total descontrol del procés. És per això que aquest tipus de control no s'emptra actualment en la monitorització i control de processos industrials.

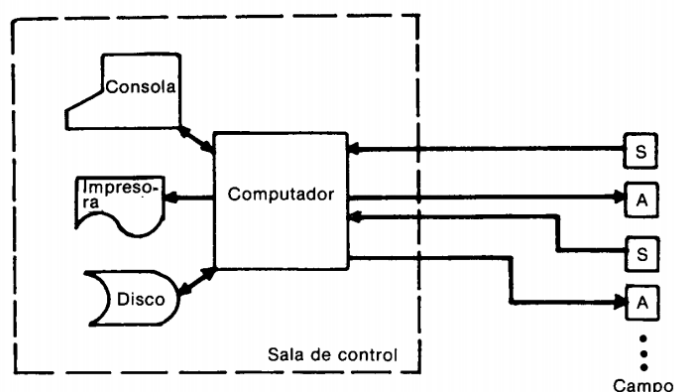


Figura 3-7 Diagrama d'un sistema de control DDC (On C esdevé el controlador, S el sensor i A l'actuador)

3.1.2.2. Distributed control system (DCS) amb software SCADA

En un sistema de control distribuït, els computadores es distribueixen físicament al llarg de tota la planta, controlant cadascun d'ells una de les seves seccions. Al estar els controladors més a prop del procés, es prevenen els sorolls que es puguin originar en transmissions llargues i s'evita la congestió dels cables de control. Un esquema típic d'un sistema de control distribuït es presenta a la **Figura 3-8**.

La xarxa de comunicacions que interconnecta els computadores en un sistema de control distribuït rep el nom de pista de dades i empra una transmissió redundat per cable coaxial o per fibra òptica composta per 2 canals que porten simultàniament la mateixa informació. La comunicació entre els diferents computadores es realitza mitjançant un procés anomenat "fitxa circulat", en el que d'acord a uns torns preestablerts, cada ordinador va transmetent a la xarxa, arribant la informació a la resta d'ordinadors, però essent captada només pel seu destinatari. Si un computador no té res a transmetre quan arriba el seu torn, cedeix el seu torn al següent computador.

Aquesta redundància entre controladors fa que siguin molt fiables en la seva actuació a la planta, evitant que el procés esdevingui inestable degut a una falta de control. És per això que són sistemes dedicat exclusivament el control de processos químics i de fabricació esdevenint així, el sistema de control designat pel control del procés de fabricació d'àcid fòrmic del grup ILANT.

El sistema de control distribuït amb software SCADA consisteix en múltiples dispositius anomenats Unitats Terminals Remotes (Remote Terminal Unit – RTU) enllaçats amb transmissors de

procés i elements finals de control, implementant funcions de control bàsiques com Start/Stop de motors i llaços de control PID. Aquests dispositius de control es comuniquen digitalment amb una unitat mestra (Master Terminal Unit) a una ubicació central on els operadors poden monitoritzar i enviar consignes.

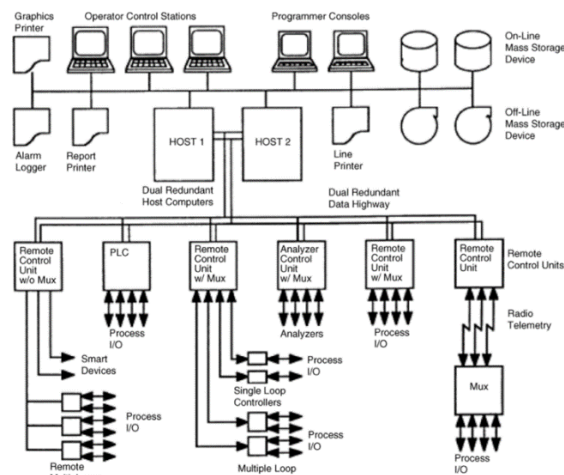


Figura 3-8 Diagrama d'un sistema de control distribuït

Els controladors Lògics Programables (PLCs) esdevenen aparells electrònics digitals que empenen tècniques d'instrucció emmagatzemades internament per implementar funcions específiques tals com lògiques seqüencials, de temporització, de comptatge i aritmètiques pel control de màquines i processos a través dels controls analògics i digitals d'entrades i sortides. Aquest fet, els converteix en candidats ideals per a ser emprats com a dispositius RTU. Els PLCs moderns tenen tots els tipus de senyals I/O, dispositius de xarxa i algorismes de control suficients com per a operar com a terminals remotes.

L'adquisició de dades o de senyals, és a dir, la digitalització de senyals físiques en senyals elèctriques per al processament de la mateixa en una unitat remota és fàcil emprant mòduls de digitalització o targetes remotes repartides en el sí de la planta que, a més a més, permet estalviar en cablejat, manteniment i mà d'obra, donat que aquests mòduls poden estar interconnectats entre sí. Els mòduls de control remot d'entrades i sortides estaran connectats amb un cable BUS tipus Ethernet industrial al PLC.

La planta d'àcid fòrmic es constituirà per un únic PLC encarregat de rebre totes les senyals digitals provinents de les múltiples targetes remotes distribuïdes al voltant de la planta. Es tracta d'un PLC multi modular que permet la combinació de diferents mòduls de CPU (un per cada unitat de control) i diferents mòduls d'entrades digitals i analògiques. Cal considerar, a més a més, les senyals dels PLCs que incorporen de sèrie certs equips de la planta, conformant a grans trets i de forma més senzilla, un control distribuït com el que s'exemplifica en aquest punt.

El software SCADA, *Supervisory Control and Acquisition Data*, permet monitoritzar les variables de procés enviades pels sensors i les aplicacions que governen els PLCs, a més, permet fixar les alarmes pertinents a les variables de procés que hom consideri, fent que no sigui necessari disposar d'aquest tipus d'instrument en camp.

3.2. NOMENCLATURA

Per tal de caracteritzar els llaços de control i els elements que els conformen, es defineixen dos formats d'etiquetat i nomenclatura segons corresponguin a llaços de control o a instrumentació d'acord amb la norma internacional ISA (*Instrument Society of America*), que esdevé la societat que crea i actualitza permanentment les normes usades en la instrumentació emprada en tot procés, essent la norma internacional més usada per aquest propòsit.

3.2.1. NOMENCLATURA DELS LLAÇOS DE CONTROL

La nomenclatura dels llaços de control consisteix en tres termes separats per guions segons la forma A-B-C que ubiquen i identifiquen les propietats del llaç:

A fa referència a la variable controlada. Les abreviatures emprades per a caracteritzar les variables controlades del present projecte es recullen a la **Taula 3-1**.

Taula 3-1 Abreujament de les variables controlades segons la nomenclatura ISA

ABREUJAMENT	VARIABLE CONTROLADA
T	Temperatura
F	Cabal
L	Nivell
P	Pressió
C	Conductivitat

B Designa l'equip sobre el que es realitza el control

C Fa referència al nombre del llaç de control. Aquest, a la vegada, està compost per tres dígit el primer dels quals designa l'àrea on es troba el llaç de control en qüestió i els dos darrers assignen el nombre del llaç de control.

Essent així, un exemple de nomenclatura de llaç de control esdevindria:

T-DC501-501

Fent referència a un llaç de control de temperatura de la columna de destil·lació 501, essent el control número 1 de l'àrea 500.

3.2.2. NOMENCLATURA DE LA INSTRUMENTACIÓ

La nomenclatura emprada per a la instrumentació del present projecte esdevé en essència, el mateix codi alfanumèric que per al cas dels llaços de control, amb els canvis que a continuació es detallen:

A fa referència a l'àrea en la que s'ubica l'instrument en qüestió.

B Designa el tipus d'instrumentació. Les abreviatures emprades per a la caracterització dels diferents instruments que conformen al planta es presenta a la **Taula 3.2**.

C Fa referència al nombre del llaç de control on s'inclou l'instrument. La nomenclatura, en aquest cas, esdevé la mateixa que es descriu a l'**apartat 3.2.1 -NOMENCLATURA DELS LLAÇOS DE CONTROL**.

Essent així, un exemple de nomenclatura d'instrumentació esdevindria:

500-LC-501

Fent referència a un control de nivell localitzat a l'àrea 500 i que integra el llaç de control 501.

3.3. INSTRUMENTACIÓ

Segui quina sigui l'estratègia de control seleccionada, per implementar físicament el sistema de control caldrà mesurar les variables del procés (nivell, cabals, temperatures, etc.), calcular les accions de control corresponents i manipular determinades variables d'entrada. La instrumentació que es requereix per a dur a terme les funcions esmentades es classifica en quatre tipus:

Elements primaris o sensors: Són aquells instruments de mesura o dispositius per mesurar les variables controlades o d'altres variables necessàries per al sistema de control.

Actuadors o elements finals: Són aquells dispositius capaços d'interferir en les variables manipulades del procés segons correspongui.

Sistemes de transmissió de informació: Són aquells instruments capaços d'enviar les senyals mesurades als controladors i les senyals de control als actuadors.

Controladors: O dispositius capaços de determinar les actuacions necessàries a partir de la informació obtinguda del procés i del comportament desitjat

El procés de mesura d'una variable consisteix en la comparació de la mateixa amb una unitat estàndard o patró de mesura. En la majoria dels casos, aquesta comparació es fa de forma directa, però en d'altres es realitza de forma indirecta emprant algun principi fisicoquímic que permeti relacionar la magnitud de la variable que es vol mesurar amb la magnitud d'una altra, més fàcilment mesurable.

Com la mesura s'ha d'enviar al controlador localitzat a certa distància, aquesta s'ha de fer de forma que pugui ésser transmesa i processada amb facilitat. La sèrie d'elements o dispositius que conformen el sistema de mesura d'una variable es presenta a la **Figura 3-9**.

Taula 3-2 Abreujament de la instrumentació de control segons la nomenclatura ISA

ABREUJAMENT	INSTRUMENT	ABREUJAMENT	INSTRUMENT
FAH	Alarma de cabal alt	PC	Controlador de pressió
FAL	Alarma de cabal baix	PE	Sensor de pressió
FC	Controlador de cabal	PI	Indicador de pressió
FE	Sensor de cabal	PSV	Vàlvula d'alleujament de pressió
FQ	Cabalímetre	PT	Transmissor de pressió
FT	Transmissor de cabal	PCV	Vàlvula autoreguladora de pressió
FIT	Transmissor de l'indicador de cabal	PZ	Disc de ruptura
FCV	Vàlvula de regulació de cabal	SC	Variador de freqüència
HV	Vàlvula automàtica tot/res	TAH	Alarma de temperatura alta
LAH	Alarma d'alt nivell	TAL	Alarma de temperatura baixa
LAL	Alarma de baix nivell	TC	Controlador de temperatura
LC	Controlador de nivell	TE	Sensor de temperatura
LE	Sensor de nivell	TI	Indicador de temperatura
LT	Transmissor de nivell	TT	Transmissor de temperatura
LCV	Vàlvula de regulació de nivell	TCV	Vàlvula de regulació de temperatura
PAH	Alarma de pressió alta	ZS	Final de carrera
PAL	Alarma de pressió baixa		
PV	Vàlvula de control de pressió		

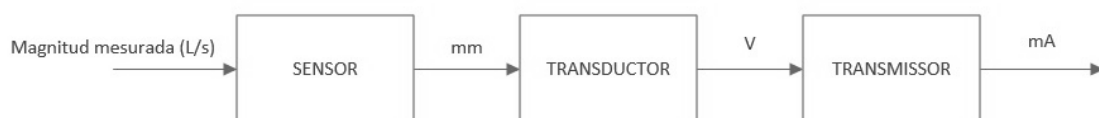


Figura 3-9 Cadena de mesura en supervisió i control

El primer element de la sèrie és l'element primari o sensor que, com ja s'ha esmentat abans, esdevé l'element en contacte amb la variable del procés que es mesura. El següent element és el transductor, que és l'element que modifica la naturalesa de la senyal que proporciona el sensor per a que sigui més fàcilment processable o mesurable. El darrer element de la cadena és el transmissor, un dispositiu que converteix la senyal que proporciona el transductor en una senyal estàndard que es transmet més fàcilment al sistema de control i que, al estar

normalitzada, és compatible amb qualsevol instrument de control, independentment de la seva marca comercial o procedència.

3.3.1. ELEMENTS PRIMARIS O SENSORS

L'apartat següent pretén descriure acuradament cadascun dels elements primaris de control emprats pel grup ILANT en el sistema de control implementat a la planta de producció d'àcid fòrmic.

3.3.1.1. Mesura de la temperatura

La temperatura esdevé, juntament amb el cabal, la variable que es mesura amb major freqüència en la majoria de processos químics.

El rang de temperatures que es mesura en el present projecte és molt ampli, esdevenint una casuística per a la selecció del sistema de control de temperatura adient juntament amb el temps de resposta de l'instrument i les condicions ambientals en què es trobarà el sensor.

En el present projecte s'han emprat dos tipus de sensors de temperatura

TERMOPARELLS

Els termoparells esdevenen, juntament amb les termoresistències, els sensors de temperatura més emprats en processos químics industrials.

El principi físic d'un termoparell consisteix en què quan dos o més metalls diferents s'uneixen, es genera en el punt de d'unió una força electromotriu que és funció de la temperatura. Aquestes parelles normalment estan constituïdes de metalls tals com el ferro, el coure, el platí, el tungstè o alguns aliatges metàl·lics conformats pel níquel, el crom i el magnesi entre d'altres.

La **Taula 3-3** senyala les característiques dels termoparells més emprats en la indústria química.

TERMORESISTÈNCIES

Les termoresistències empren l'increment de resistència elèctrica que experimenta un conductor al augmentar la seva temperatura com el principi físic subjacent de funcionament.

Les termoresistències més emprades són les de platí degut a la seva resistència a la corrosió i a la seva linealitat en un rang molt ampli de temperatures (de -270°C a 650°C). Les termoresistències es poden protegir d'un ambient corrosiu encapsulant-la en una baina metàl·lica de inonel o acer inoxidable, de forma que adquireix l'aspecte externa d'un termoparell.

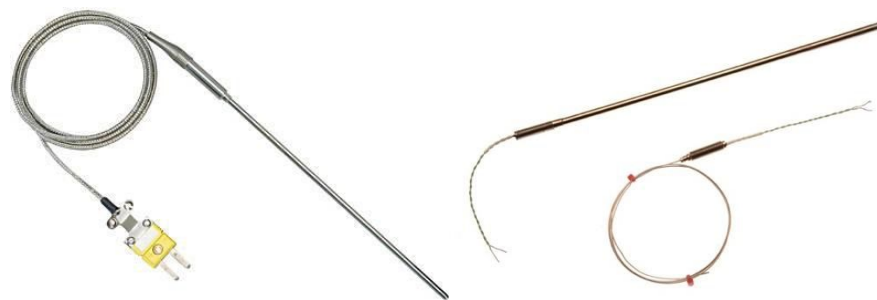


Figura 3-10 A l'esquerra, termoparell tipus K. A la dreta, termoparell tipus T

Taula 3-3 Característiques dels diversos tipus de termoparells i adequació dels mateixos sense baina protectora

TIPUS	DESCRIPCIÓ	RANG (°C)	PRECISIÓ	ATMOSFERA OXIDANT	ATMOSFERA REDUCTORA	BUIT	TEMPERATURES CRIOGÈNIQUES	VAOIRS METÀL·LICS
K	Cromel/Alumel	-270/1370	± 2,2°C	Sí	No	No	Sí	Sí
J	Ferro/Constantà	-210/760	± 1°C	Sí	Sí	Sí	No	Sí
T	Coure/Constantà	-270/400	± 2,2°C	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
E	Cromel/Constantà	-270/1000	± 1°C	Sí	No	No	Sí	Sí
B	Platí/Platí	0/1820	± 1°C	Sí	No	Sí	No	No
R	Platí/Platí	-50/1770	± 1,5°C	Sí	No	No	No	No

TERMISTORS

Els termistors es basen en la variació de la resistència elèctrica que experimenta un material semiconductor quan canvia la temperatura. Tot i que aquest tipus de sensors presenten una gran sensibilitat, la resposta del sensor no es lineal amb la temperatura, de forma que el cap l'aplicació d'aquest tipus de sensors es limita a casos en els que es requereixi una gran resolució en un rang estret de temperatures.

PIRÒMETRES

Els piròmetres són instruments capaços de mesurar la temperatura d'un objecte sense posar-se en contacte amb ell. El principi físic subjacent consisteix en que tots els cossos emeten radiació tèrmica i que la quantitat total d'energia radiada entre dues longituds d'ona depèn de la temperatura de l'objecte. Els piròmetres de radiació han de ser meticulosament calibrats, donats que certs elements com ara el CO₂ i l'aigua tenen una elevada capacitat per absorbir radiacions tèrmiques.



Figura 3-11 A l'esquerra, Termistor tipus NTC amb encapsulament de vidre. A la dreta, termoresistència modular completa

Es diferencien quatre tipus de piròmetres de radiació: de radiació total, òptics, de banda estreta i de dos colors.



Figura 3-12 Piròmetre òptic

SELECCIÓ DEL SENSOR DE TEMPERATURA

La **Taula 3-4** resum les característiques i les consideracions a tenir en compte a l'hora d'escollir un sensor de temperatura.

La **Taula 3-4** mostra com una temperatura d'entre -195°C i 650°C , que comprèn la totalitat del rang de temperatures que conformen la planta de producció d'àcid fòrmic, pot ser mesurada per un termoparell o una termoresistència. Tot i que els termoparells abasten un rang més ampli que les termoresistències, aquests darrers tenen una major precisió: les termoresistències de platí són els sensors comercials intrínsecament més precisos que es poden trobar al mercat.

Pel que fa al temps de resposta, els termistors sense protecció responen quasi instantàniament que tota la resta. A més a més, cal considerar que per a termoparells i termoresistències protegits amb baines, el temps de resposta es multiplica per un factor comprès entre 3 i 10.

Finalment, tot i que el preu dels termoparells és notablement inferior, quan es compara el cost total del sistema de mesura d'aquests amb els dels termoparells, la diferència no esdevé tan àmplia, descartant els piròmetres que tenen un cost intrínsecament superior.

Taula 3-4 Característiques generals dels sensors de temperatura

CARACTERÍSTICA	TERMOPARELL	TERMISTOR	TERMORRESISTÈNCIA	PIRÒMETRE
Rang d'operació	-200 a 1700°C	-195 a 450°C	-250 a 650°C	-40 a 3000°C
Precisió típica	± 2,2°C	± 0,2°C	± 0,1°C	± 0,5%
Biaix	<± 2,2°C l'any	<± 1°C l'any	<± 0,1°C l'any	
Abast mínim (°C)	20	1	5	100 a 500
Abast màxim (°C)	Tot el rang	100	Tot el rang	100
Temps de resposta del 63% (s)	4-5	1	5-6	
Linealitat	Bona	Pobre	Excel·lent	Molt pobre
Avantatges	-Capacitat de mesura a altes temperatures -Diversitat de materials per a diferents entorns -Resposta ràpida sense baina	-Màxima sensibilitat - Mida reduïda - Resposta ràpida -Econòmic	- Gran precisió i estabilitat -Senyal de sortida major que el termoparell	-No requereix contacte amb el material
Inconvenients	-Baixa senyal de sortida -Subjecte a errors associats a cables d'extensió -Requereix compensació	-Abast molt reduït -No pot mesurar a temperatures molt elevades -Subjecte a errors de sobreescalfament	-Fràgil -Subjecta a errors de auto-escalfament	-Linealitat molt pobre -Preu molt elevat

Essent així, i atenent a les consideracions anteriorment esmentades, s'ha decidit emprar les termoresistències, per la seva precisió, el seu rang d'actuació i el cost relativament reduït que el sistema de mesura d'aquests representa.

3.3.1.2. Mesura del nivell

La mesura del nivell assolit per un líquid en un tanc o en un dipòsit esdevé una de les tasques més comunes de la indústria. Del grau de complexitat del mesurador en dependran les propietats del líquid (viscositat, corrosió, sòlids en suspensió...).

El nivell es pot mesurar per mètodes directes o indirectes: els primers mesuren el desplaçament de la superfície del líquid mitjançant sistemes òptics, ultrasònics, flotadors, elèctrodes o d'altres. Els mètodes indirectes mesuren altres variables que estan intrínsecament relacionades amb el nivell tals com la pressió al fons del tanc, la força que s'exerceix sobre una boia, el grau d'inversió de la qual depèn del nivell...

LECTURES TOT-RES

Aquest tipus de lectures permeten determinar si el nivell d'un producte supera una determinada posició o si queda per sota d'aquesta. Proporciona una informació digital del tipus tot-res i no el valor de la variable.

La forma més habitual de realitzar aquestes mesures és emprant sondes de nivell que mesuren la resistència entre dos elèctrodes, un situat a la part inferior del tanc i l'altre a una distància determinada del fons. Depenent de quin nivell de líquid cobreixi o no a aquest segon elèctrode, la resistència del circuit serà baixa o alta respectivament.

Una altra forma de realitzar aquest tipus de lectures és mitjançant una barrera òptica que es interrompuda quan el producte la sobrepassa.

LECTURES PROPORCIONALS

Les lectures proporcionals permeten disposar d'una mesura de l'alçada d'un producte en el tanc. Les mesures proporcionals de nivells es poden realitzar de diverses formes:

SISTEMES BASATS EN FLOTADORS: Es basen en un flotador o boia que es desplaça en sentit vertical amb el nivell del líquid. En nivell es transmet per algun dels mètodes anteriorment explicats a una senyal elèctrica o neumàtica que serà la mesura de nivell.

SISTEMES BASATS EN MESURES DE LA PRESSIÓ: La pressió en el fons d'un recipient que contingui un líquid està directament relacionada amb el nivell de líquid dins del recipient. Aquest tipus de mesuradors estan compostos per un pont de *Wheatstone* que, sotmesos a la pressió del líquid, causa que el sensor flexioni, creant així una tensió captada per les galgues extensiomètriques que donen lloc a una senyal de sortida proporcional a la pressió aplicada que a la vegada, es relaciona directament amb el nivell de líquid del recipient.

MESURES DE NIVELL PER VARIACIÓ DE LA CAPACITAT ELÈCTRICA: La diferent capacitat elèctrica dels líquids respecte de l'aire permet mesurar el nivell dels mateixos considerant la variació de capacitat que es produeix entre dos elements conductors quan canvia el grau d'immersió d'aquests en el líquid. Els sensors basats en la capacitat elèctrica són el mesurador de nivell conductiu o resistiu i el mesurador de capacitat o sensor de radiofreqüència.

MESURES DE NIVELL PER DISPOSITIUS ULTRASÒNICS: Aquest tipus de sensors emeten una senyal ultrasònica i mesuren el temps que triga la ona en viatjar fins a la superfície lliure del líquid i tornar al sensor una vegada reflectida al líquid. En aquest tipus de mesures, el sensor s'ha de situar de forma que l'emissió sigui perpendicular a la superfície lliure del líquid. El sensor

es pot disposar per sobre o per sota del nivell del líquid. Un dels problemes que planteja aquest tipus de sensor son les falses lectures causades pels rebots de la senyal a les parets del tanc , en un agitador, un deflector o qualsevol altre dispositiu intern del tanc.

SELECCIÓ DEL SENSOR DE MESURA DE NIVELL

Els sistemes basats en mesures de la pressió esdevenen els sistemes que s'empraran a la planta de producció d'àcid fòrmic del grup ILANT pel seu rang d'aplicacions i per els seu cost més assequible, juntament amb els sistemes basats en el principi de vibració. En la implementació de la planta, s'empraran mesuradors de nivell per pressió hidrostàtica per a la mesura del nivell continua i forquilles vibrants com a indicadors de nivell màxim i mínim

En els sistemes de pressió hidrostàtica, el líquid al tanc actua sobre el diafragma del sensor. A mesura que el nivell de líquid al tanc augmenta, la gravetat fa que la pressió augmenti de forma proporcional a la columna de nivell de líquid, que esdevé a efectes pràctics, el nivell de líquid del tanc. En un tanc atmosfèric, la pressió es troba contínuament compensada en relació a l'aire de l'ambient. Essent així, el nivell de gas que es troba a la zona superior del tanc no afecta a la mesura del nivell. Tot i així, en addició a la pressió que exerceix la columna de líquid sobre el sensor, la pressió ambiental també actua sobre el diafragma de l'element mesurador. En mesures de nivells del líquid a pressions atmosfèriques, el sensor esdevé un sensor de pressió manomètrica.

Per les alarmes de nivell màxim i nivell mínim, s'han implementat forquilles vibrants, que fan servir el principi de vibració, que estableix una correlació entre la oscil·lació i l'esmoreïment en el medi. Aquest tipus de forquilles, són excitades fins a la seva freqüència de ressonància, de forma que quan un líquid entra en contacte amb les forquilles, és produeix una atenuació de la freqüència d'oscil·lació del sistema, que permet determinar si el líquid ha assolit un determinat nivell.



Figura 3-13 A l'esquerra, principi de funcionament d'un sistema de mesura de nivell per pressió hidrostàtica per tancs. A la dreta, principi de funcionament d'un sistema de forquilles vibrants

3.3.1.3. Mesura de la pressió

Els elements primaris per a la mesura de la pressió són dispositius que tradueixen la pressió en un moviment mecànic que posteriorment es converteix a una senyal elèctrica o pneumàtica.

Són instruments que es situen a prop del procés que es deformen o es desplacen com a conseqüència de la diferència entre la pressió que es vol mesurar i una de referència, que generalment és la atmosfèrica.

Es distingeixen dos tipus d'elements primaris: els de columna de líquid i els elàstics:

COLUMNA DE LÍQUID

La pressió es pot mesurar a partir de la diferència de l'alçada d'un líquid en un tub en U. Aquest tipus de dispositiu mesura la pressió diferencial entre els dos extrems del tub en U, però és possible emprar un tub en U tancat per un extrem en el que s'ha fet el buit.

ELEMENTS ELÀSTICS

En aquests dispositius, la diferència de pressió actua sobre una superfície elàstica, resultant en una força neta sobre aquesta que produeix un desplaçament o una deformació proporcional a la força aplicada. Entre aquests elements, es troben les manxes, els tubs Bourdon i els diafragmes

- Les **manxes** són elements amb una paret prima i plegades de tal forma que només permeten moviments a axials. La diferència de pressió entre l'interior i l'exterior de la manxa fa que aquesta es desplaci de forma proporcional a la pressió exercida.
- Els **tubs Bourdon** són tubs corbats i tancats per l'extrem oposat a la boca de connexió amb el procés. Quan la pressió a l'interior del tub augmenta, el tub tendeix a redreçar-se produint un desplaçament a l'extrem, que es tradueix en un moviment d'una agulla sobre una escala o sobre una senyal elèctrica o pneumàtica estàndard.
- Els **diafragmes** són discs flexibles format per plecs concèntrics per augmentar la seva capacitat de deformació en sentit transversal al pla del disc. Els diafragmes separen dues càmeres, una de les quals es connecta al procés i l'altra a una pressió de referència. La diferència de pressió entre ambdues càmeres provoca una deformació del diafragma en el sentit perpendicular a la superfície d'aquest.

SELECCIÓ DEL SENSOR DE MESURA DE PRESSIÓ

Aprofitant els elements primaris de mesura de cabal i el principi de funcionament que empen, és possible realitzar mesures de pressió emprant la mateixa instrumentació.

La pressió pot ésser contínuament mesurada en tancs i canonades per les quals hi circula un fluid emprant cel·les de pressió ceràmiques absolutes i manomètriques. En aquest tipus de cel·les, un material conductor de l'electricitat s'aplica en un substrat ceràmic formant així, un condensador elèctric.

Al aplicar-se la pressió, el diafragma es deforma, provocant canvis en la capacitància que permet mesurar la variació de la pressió. Existeixen cel·les ceràmiques absolutes, que esdevenen

un sistema tancat que mesura els canvis de pressió respecte del buit, a diferència de les cel·les manomètriques, un sistema obert permet la compensació de la pressió entre l'ambient i l'interior de la cel·la, fent que els valors de pressió que mesura la cel·la siguin relatius a la pressió ambiental.

La mesura de la pressió diferencial en un tanc o recipient tancat també resulta d'utilitat i, de la mateix manera que amb les cel·les de pressió, també pot aprofitar-se els mètodes de mesura de pressió diferencial

La mesura de la pressió diferencial en un recipient tancat no es veu afectada per la pressió atmosfèrica: el sensor diferencial mesura la pressió de la columna de líquid i la pressió de caps de recipient. Tots dos valors es transmeten al transmissor per capil·laritat d'una línia d'oli que, en rebre les dues dades, calcula la pressió del tanc o recipient com la diferència entre tots dos valors.

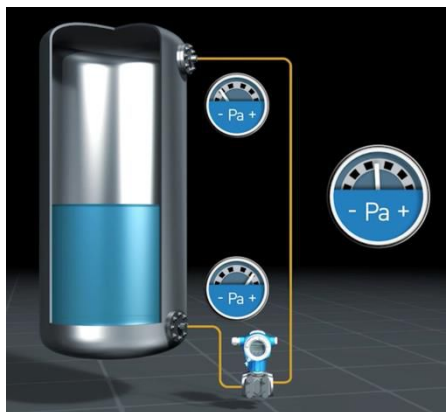


Figura 3-14 Principi de funcionament d'un mesurador de pressió diferencial

3.3.1.4. Mesura del cabal

La mesura de cabals volumètrics i/o màssics de corrents de líquid gas, vapor, o mesclades bifàsiques líquid-vapor esdevé un procés molt freqüent en plantes químiques. Per desgràcia, el mesurador de cabal universal que sigui capaç de fer front a totes les aplicacions amb suficient pressió, sense problemes de manteniment, per qualsevol rang de cabal i sense ocasionar una pèrdua de càrrega significativa.

Per tal d'abastir la totalitat de camps d'operació, existeixen al mercat diversos tipus de mesuradors de cabal:

MESURADORS DE PRESSIÓ DIFERENCIAL

Un cabalímetre de pressió diferencial consisteix en una restricció de la canonada que redueix l'àrea de pas. Al augmentar la velocitat del fluid, i per conseqüència la seva energia cinètica, disminueix la pressió estàtica. La pressió diferencial resultant de la conversió parcial en energia cinètica, es mesura mitjançant preses de pressió situades a ambdós costats de la restricció. Aquesta diferència de pressió és funció del quadrat del cabal, de propietats del fluid

(densitat, viscositat...), de com sigui aquesta restricció i de la distància a la que es situïn les preses de pressió respecte de la restricció.

La pressió diferencial produïda pel sensor de caudal es mesurada generalment per un transmissor electrònic de pressió diferencial el qual genera una senyal elèctrica estàndard de 4-20mA. Existeixen tres tipus de mesuradors que operen sota aquest principi:

PLACA D'ORIFICI: El cabalímetre de placa d'orifici esdevé en essència, una placa plana en la que es practica un orifici pel que circula el fluid. És el mesurador de pressió diferencial més simple i econòmic, tot i que requereix de trams llargs de canonada abans i després de la placa i que provoca una pèrdua de càrrega irrecuperable elevada.

TUB VENTURI: El tub venturi està constituït per una secció tronco-cònica convergent d'entrada, una constricció i una secció tronco-cònica divergent de sortida. Aquest tipus de mesurador presenta una pèrdua irrecuperable de pressió molt inferior de l'orifici mesurador i pot ser emprat per fluids bruts amb partícules en suspensió en no tenir orificis on es puguin acumular els sòlids, tot i que també requereixen de trams de canonada llargs i són sensiblement més cars que els orificis degut a la seva construcció més elevada.

TOVERA: Una tovera té una secció d'entrada el·líptica o radial que evita la possibilitat de que no es disposi brutícia sobre l'element mesurador. Al no tenir una secció divergent de sortida provoca una pèrdua de càrrega superior als tubs venturi, però inferior als orificis mesuradors. S'acostumen a emprar per a mesurar cabals de vapor d'aigua a elevades velocitats i també per fluids agressius o lletades. El cost es notablement inferior al tub venturi.

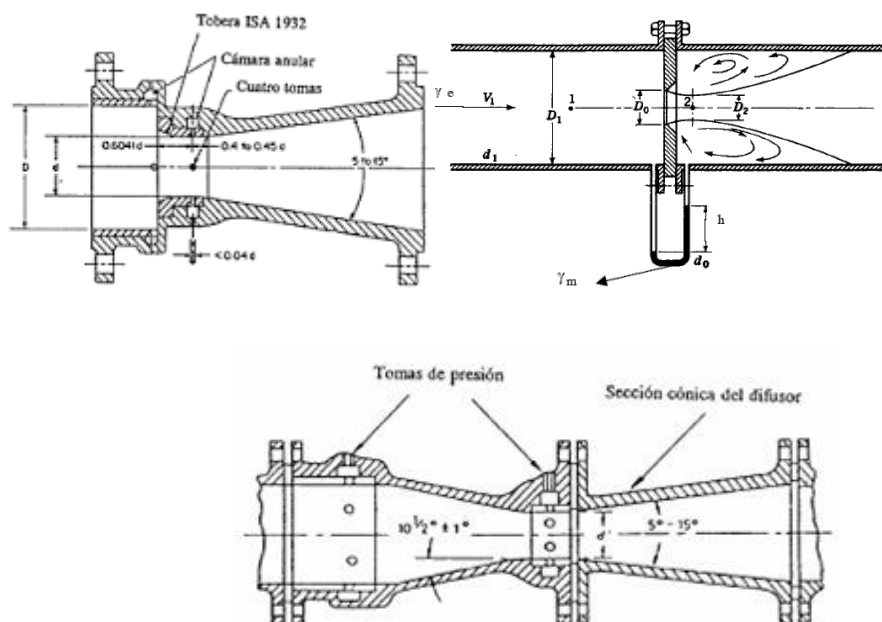


Figura 3-15 D'esquerra a dreta: Tovera, Orifici mesurador. A sota, tub venturi

MESURADORS LINEALS

Aquest tipus de mesuradors generen una senyal proporcional a la velocitat mitjana del fluid a la canonada:

MESURADOR D'ULTRASONS: Existeixen diferents tipus de mesuradors que pertanyen a aquest grup. Els més habituals són els anomenats de “diferència de temps” que es basen en el temps que triga el so en recórrer una certa trajectòria en el sentit del flux i en el sentit contrari. Els mesuradors d'ultrasons consten de parells de sensors un davant de l'altre al tub de mesura. Cada sensor pot alternativament emetre i rebre una senyal ultrasònica: el temps que triga en arribar un impuls d'un sensor a un altre (temps de trànsit) està contínuament mesurat. Quan no hi circula cap fluid, els temps que es registren són els mateixos per a tots els sensors. En el moment en què el fluid hi circula per l'interior del mesurador, els temps de trànsit varien escurçant-se si la senyal circula a co-corrent del fluid o allargant-se si aquesta s'envia en direcció contrària a la direcció de circulació del fluid, de forma que els sensors tenen diferents temps de trànsit, esdevenint un element que es relaciona de forma proporcional amb la velocitat de circulació del fluid.

MESURADOR ELECTROMAGNÈTIC: Aquest tipus de mesuradors es basen en la llei de Faraday que estableix que quan un conductor circula a través d'un camp magnètic, s'indueix una força electromotriu que es proporcional a la velocitat relativa entre el conductor i el camp. El mesurador electromagnètic esdevé doncs, un rodet construït en un material no magnètic. El líquid és el conductor elèctric. La velocitat relativa entre el conductor i el camp és la velocitat mitjana del fluid, que es relaciona amb el voltatge induït sobre el mateix segons la llei de Faraday.

MESURADOR DE TURBINA: Els mesuradors de turbina s'empren principalment per mesurar cabals de líquids, tot i que hi ha dissenys especials apropiats per a gasos. Un cabalímetre de turbina esdevé essencialment un rotor amb diversos àleps que giren per l'acció d'un fluid per l'acció del fluid entorn a un eix suportat per uns coixinets. La velocitat angular de rotació és proporcional al cabal volumètric.

MESURADOR DE REMOLÍ: Un cabalímetre de remolí consisteix en un obstacle no aerodinàmic situat en el sí d'un corrent. En obstacles d'aquest tipus es produeix la separació de la capa límit i la formació de remolins a la zona de baixes pressions, sota de l'obstacle. Aquests remolins es desprenen alternativament de les diferents cares de l'obstacle amb una freqüència proporcional a la velocitat del fluid. Quan es desprèn un remolí d'una de les cares de l'obstacle augmenta la velocitat en aquesta regió i disminueix la pressió, a la vegada que a la cara oposada succeeix exactament el contrari; com a conseqüència, les oscil·lacions de pressió i velocitat tenen una freqüència idèntica a la de la formació dels remolins. Mesurant la freqüència de les oscil·lacions de velocitat o pressió es pot conèixer en el cabal volumètric.

ROTÀMETRES: Un rotàmetre és un mesurador de cabal d'àrea variable que consisteix bàsicament en un tub tronco-cònic vertical amb la boca menor a la part inferior. En el seu interior hi ha un flotador que es desplaça verticalment i que es situa en una posició d'equilibri per a cada cabal de fluid.

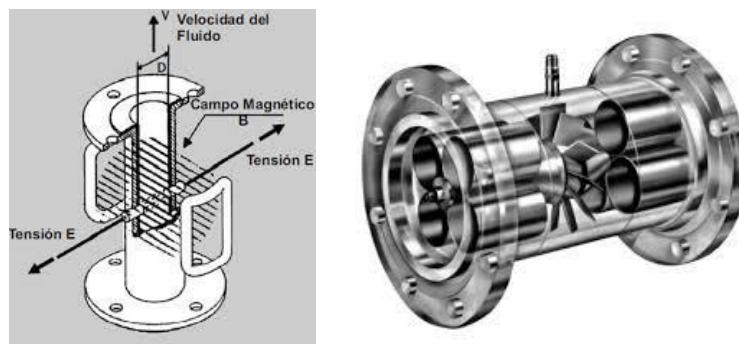


Figura 3-16 A l'esquerra: Mesurador electromagnètic. A la dreta: Mesurador de turbina

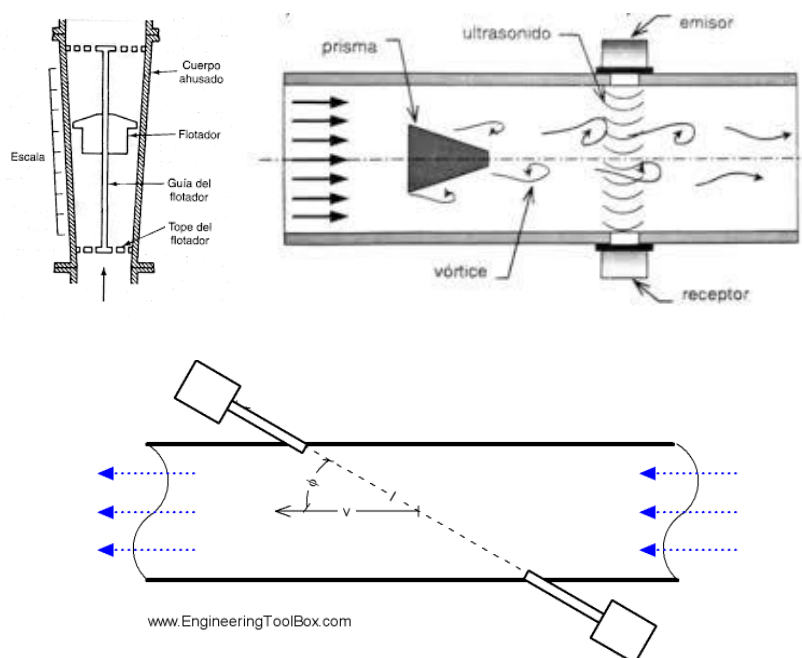


Figura 3-17 Primera fila: Rotàmetre i mesurador de remolí. Segona fila: principi de funcionament d'un mesurador de cabal ultrasònic

MESURADORS D'INSERCIÓ

Els mesuradors d'inserció són dispositius petits que s'introdueixen a la canonada per mesurar la velocitat local en un o diversos punts d'una secció transversal de flux. Provoquen una pèrdua de càrrega menyspreable i són molt econòmics per mesurar grans cabals si bé manquen d'una gran precisió. La senyal que genera l'element primari és proporcional al quadrat de la velocitat. A aquest tipus de mesuradors pertanyen:

TUB PITOT: El tub Pitot és un dispositiu que mesura la velocitat del fluid en el punt de la secció transversal de flux on s'instal·la. En essència, consisteix en dos tubs oberts: un amb la boca d'entrada orientada perpendicularment a les línies de corrent del fluid (tub d'impacte) i un altre amb la boca d'entrada orientada paral·lelament a les línies de corrent. El primer transmet la pressió total o pressió d'estancament i el segon la pressió estàtica, independent de la velocitat del fluid. La diferència entre totes dues pressions és la pressió dinàmica, que es proporcional al quadrat de la velocitat del fluid.

TUB ANNUBAR: El tub Annubar és una modificació del tub de Pitot consistent en dos tubs. El tub d'impacte, que mesura la pressió total, presenta quatre boques al llarg del diàmetre de la canonada connectades a una mateixa càmera tubular de forma que es mesura la pressió total mitjana de les quatre localitzacions radials. El tub que mesura la pressió estàtica es troba darrere el tub d'impacte, amb la boca centrada a l'eix de la canonada. El tub Annubar presenta major precisió que el tub Pitot, presenta també una baixa pèrdua de càrrega i s'empra per mesurar petits i grans cabals de líquids i gasos nets.

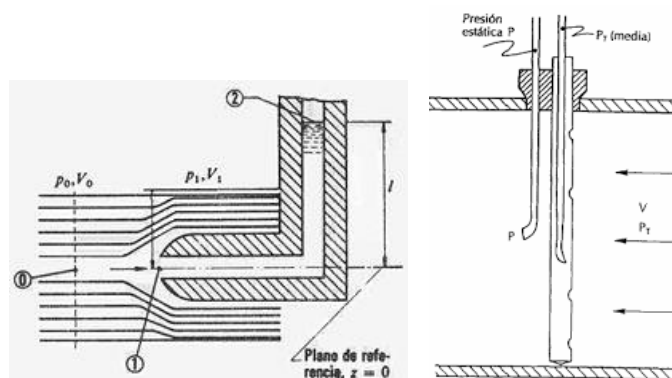


Figura 3-18 A l'esquerra, Tub Pitot. A la dreta, tub annubar

MESURADORS DE CABAL MÀSSIC

Actualment ja no és necessari inferir conèixer el cabal màssic a partir del cabal volumètric, donat que existeixen cabalímetres amb suficient precisió i fiabilitat que mesuren directament el cabal màssic i que són independents de la pressió, la temperatura i el pes específic del fluid.

Un dels mesuradors de cabal màssic més emprats és el mesurador de cabal Coriolis. Aquest mesurador consisteix d'un tub ubicat a la part interior del cabalímetre que està constantment oscil·lant, degut a l'acció d'elements excitadors. Si no hi ha cap flux, el tub de mesura oscil·la de forma uniforme. El mesurador consta de sensors ubicats a l'entrada i a la sortida del tub oscil·latori que permeten registrar de forma precisa l'oscil·lació d'aquest. Tan aviat com el fluid circula per l'interior del tub, el tub es comença a doblegar com a conseqüència de la inèrcia del fluid. Degut a l'efecte Coriolis, l'entrada i la sortida oscil·len en direccions diferents al mateix temps. El sensor recull aquest canvi d'oscil·lació en termes de temps i espai. Aquest canvi en la oscil·lació és la mesura directa de la quantitat de líquid o gas que circula per l'interior d'un tub: a major velocitat i major quantitat circuli pel tub, major serà l'oscil·lació d'aquest.



Figura 3-19 Principi de funcionament d'un mesurador d'efecte Coriolis

SELECCIÓ DEL MESURADOR DE CABAL

De cara a determinar el tipus de mesurador adient, és necessari tenir en compte com a primer factor la compatibilitat entre les característiques del servei i el tipus de mesurador. Per avaluar a aquesta compatibilitat és necessari tenir en compte la pressió i la temperatura d'operació, la viscositat del fluid, la presència o no de sòlids en suspensió...La Taula 3-5 mostra una informació resumida sobre l'adequació de diferents tipus de cabalímetres a diferents condicions de servei a la vegada que la A partir de les dades presentades i considerant el seu extens rang d'aplicacions, el cabalímetre emprat per excel·lència al procés de producció d'àcid fòrmic del grup ILANT esdevindrà el mesurador d'efecte Coriolis que si bé el seu cost resulta elevat, la caiguda de pressió del fluid que circula no resulta significativa i el seu cost de manteniment és reduït. Aquest tipus de mesuradors a més a més, presenten l'avantatge que permeten mesurar tant cabals volumètrics com màssics tant per gasos com per líquids, abastint la totalitat de les necessitats de mesura de cabal de la planta d'àcid fòrmic.

Taula **3-6** amplia la informació proporcionant dades útils per a la implementació dels elements mesuradors de cabal.

Taula 3-5 Comptabilitat entre cabalímetres i condicions de servei (R=Recomanat, L=Us amb limitacions i NR=No recomanat)

MESURADOR	LÍQUID NET	LÍQUID BRUT	LÍQUID VISCÓS	LÍQUID CORROSSIU	LLETADA	GAS NET	GAS BRUT	VAPOR
Orifici	R	NR	NR	NR	NR	R	NR	R
Tovera	R	L	NR	L	NR	R	L	L
Venturi	R	L	NR	L	L	R	L	L
Electromagnètic	R	R	R	R	R	NR	NR	NR
Turbina	R	NR	L	L	NR	R	NR	R
Remolins	R	L	NR	L	NR	R	L	R
Ultrasons	R	L	L	R	NR	NR	NR	NR
Rotàmetre	R	L	L	L	NR	R	NR	L
Pitot	R	NR	NR	L	NR	R	NR	NR
Anubbar	R	L	NR	L	NR	R	L	R
Coriolis	R	R	R	L	R	L	L	L

A partir de les dades presentades i considerant el seu extens rang d'aplicacions, el cabalímetre emprat per excel·lència al procés de producció d'àcid fòrmic del grup ILANT esdevindrà el mesurador d'efecte Coriolis que si bé el seu cost resulta elevat, la caiguda de pressió del fluid que circula no resulta significativa i el seu cost de manteniment és reduït. Aquest tipus de mesuradors a més a més, presenten l'avantatge que permeten mesurar tant cabals volumètrics com màssics tant per gasos com per líquids, abastint la totalitat de les necessitats de mesura de cabal de la planta d'àcid fòrmic.

Taula 3-6 Dades útils de cabalímetres (F=cabal màssic, LS=Límit superior de l'escala, A=Alt, M=Mig, B=Baix)

MESURADOR	MIDA DISPONIBLE (polzades)	PRECISSIÓ	RANG DE CABAL	CAIGUDA DE PRESSIÓ	COST RELATIU	TRAM DE CANONADA RECTA	TIPUS DE SORTIDA
Orifici	>1	± 1 a 2% LS	3:1	A	B	10-30	Quadràtica
Tovera	>2	± 1 a 2% LS	3:1	A	M	10-30	Quadràtica
Venturi	>2	± 1 a 2% LS	3:1	B	A	5-10	Quadràtica
Electromagnètic	>0,1	$\pm 0,5$ F a 2% LS	10:1	B	A	5-10	Lineal
Turbina	>0,25	$\pm 1\%$ F	10-35:1	A	M	10-20	Lineal
Remolins	>0,5	$\pm 0,5$ a 1,5% F	10-20:1	M	M	10-20	Lineal
Ultrasons	>0,5	± 1 F a $\pm 5\%$ LS	10:1	B	M	5-20	Lineal
Rotàmetre	<3	$\pm 0,5$ F a $\pm 1\%$ LS	10:1	M	B	Cap	Lineal
Pitot	>3	$\pm 5\%$ LS	3:1	B	B	20-30	Quadràtica
Anubbar	>0,5	$\pm 1,25\%$ LS	3:1	B	B	10-20	Quadràtica
Coriolis	<10	$\pm 0,2$ a 1% F	25:1	M	A	Cap	Lineal

3.3.2. ELEMENTS FINALS DE CONTROL

Els elements finals de control esdevenen els instruments que finalment modifiquen alguna característica del procés segons el criteri dictat pel controlador. A la implementació del procés de producció d'àcid fòrmic, com en la majoria de plantes químiques, la majoria de les variables a manipular esdevenen cabals de corrents de procés. Per aquest efecte l'element de control més emprat és, amb molta diferència, les vàlvules de control o vàlvules de regulació automàtiques. En determinats casos, també s'han emprat com a elements finals de controls equips d'impulsió capaços de cedir major o menor energia al fluid en funció de la senyal de control. Aquest concepte s'implementa a través de bombes dotades d'un motor de velocitat variable (variador de freqüència) la velocitat de gir de la qual és proporcional a la senyal procedent del control.

A grans trets, una vàlvula de control consta bàsicament de dos components: el cos i l'actuador. En el cos es troben els components que realment regulen el pas del fluid modificant l'àrea de pas. És un receptacle amb elements interns que, al estar en contacte amb el fluid, ha de satisfer els requeriments de resistència mecànica de pressió, resistència a la temperatura i a la corrosió. La forma geomètrica i constructiva del cos es la que determina realment el tipus de vàlvula. L'altre element bàsic d'una vàlvula és l'actuador, la missió del qual és regular la força necessària per a moure els components interns del cos i provocar així un canvi en l'obertura de la vàlvula. Existeixen diversos tipus d'actuadors, amb avantatges i inconvenients per a cada aplicació específica.

En el present projecte, les vàlvules de control que s'han emprat són les vàlvules de seient i les vàlvules de papallona.

VÀLVULES DE SEIENT: Anomenades així perquè el cos de la vàlvula conté l'obturador i el seient d'una forma més o menys esfèrica. El desplaçament vertical de l'obturador respecte del seient, on està l'orifici de pas, augmenta o disminueix l'àrea de pas. La gamma de mides, materials, *rating* i accessoris es molt àmplia, la qual cosa permet abastir la totalitat dels camps d'aplicació de la indústria química. Tot i així, aquest tipus de vàlvules presenten l'inconvenient de provocar una pèrdua de càrrega del fluid que hi circula, particularment quan el cabal és gran, i el seu preu acostuma a ser elevat.

VÀLVULES DE PAPALLONA: Les vàlvules de papallona són vàlvules anomenades rotatives l'ús de les quals s'ha ampliat en els darrers anys degut al seu baix cost, el seu disseny simple i l'elevat valor de K_v que presenten (constant específica de la vàlvula que determina la pèrdua de càrrega per un determinat cabal). Una vàlvula de papallona consta d'un anell més o menys ample a dins del qual girar transversalment un disc circular. La vàlvula pot tancar completament gràcies a un anell de goma encastat al cos anular. Un servomotor exterior fa girar l'eix del disc exercint el seu parell màxim quan la vàlvula està completament oberta. El camp d'aplicació típic de les vàlvules de papallona es caracteritza per elevats cabals (mides de vàlvula de 2 a 36 polzades o majors) i pressions estàtiques baixes o moderades.

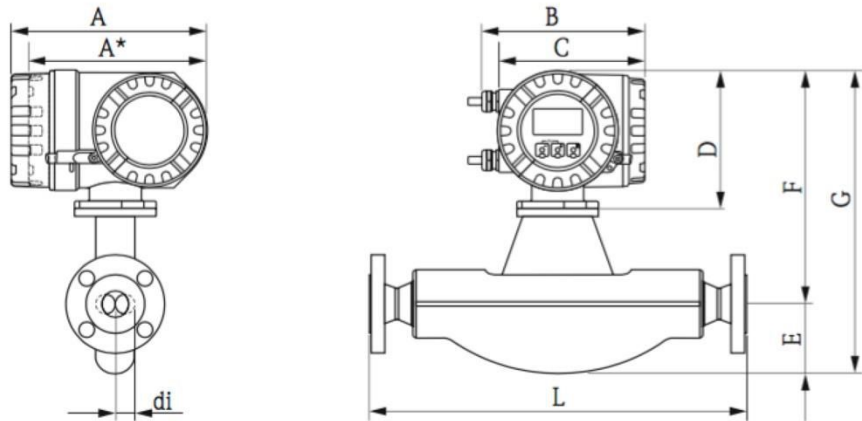
La informació detallada de les vàlvules de regulació emprades en el disseny de la planta, així com les vàlvules tot/res es recull al capítol 4 del present projecte: Canonades, vàlvules i accessoris.

3.3.3. FULLS D'ESPECIFICACIONS DELS ELEMENTS PRIMARS I FINALS DE CONTROL

A continuació es presenten els fulls d'especificacions de cadascun dels tipus d'elements primaris i finals de control emprats en la realització del present projecte. S'especifica el full tipus d'un element en concret, donat que la resta d'elements al llarg del procés esdevenen, en essència, els mateixos.

Full 1-2		 FULL D'ESPECIFICACIONS MESURADOR DE CABAL		
				
REVISAT PER:	Depº. Qualitat	ÀREA:	600	
DATA:	20/06/2016	PLANTA:	Planta d'Àcid Fòrmic	
APROVAT PER:	Direc. Tècnica	LOCALITZACIÓ:	Igualada	
IDENTIFICACIÓ				
DENOMINACIÓ	Cabalímetre			
ÍTEM	600-FT-607			
LLAÇ DE CONTROL	n.a			
SENYAL ENVIADA	Sala de control			
FLUID	Àcid fòrmic 90% pes			
ESTAT	Líquid			
CONDICIONS DE SERVEI				
	MÍNIMA	NORMAL	MÀXIMA	
TEMPERATURA (°C)	8	35	48	
PRESSIÓ (KPA)	n.a	101,3	n.a	
DENSITAT (KG/M3)	n.a	1220	n.a	
DADES D'OPERACIÓ				
ELEMENT DE MESURA	Efecte coriolis			
ALIMENTACIÓ	85-260V AC a 45-65 Hz; 16 a 62V DC			
SENYAL DE SORTIDA	4-20 mA			
VARIABLE MESURADA	Cabal d'àcid fòrmic d'entrada			
PRECISIÓ	±0,05%			
TEMPS DE RESPOSTA (t ₉₅) (ms)	100			
INDICADOR EN CAMP	Sí			
CALIBRAT	Sí			
DADES DE CONSTRUCCIÓ				
ELEMENT SENSOR	Efecte coriolis			
CONNEXIÓ A PROCÉS	Brides estàndard segons EN 1092-1 (DIN 2051)			
TEMPERATURA MÀXIMA (°C)	200			
DIMENSIONS	Vegeu esquema adjunt			
MATERIAL EN CONTACTE AMB EL FLUID	AISI 904L			
DENSITAT MÀXIMA (Kg/m³)	5000			
PRESSIÓ MÀXIMA (KPa)	100000			
PES (KG)	5,0			
DADES D'INSTAL·LACIÓ				
T AMBIENT MÀX (°C)	60	POSICIÓ	HORITZONTAL	X
T AMBIENT MÍN (°C)	-20		VERTICAL	X
FILTRE REDUCTOR	No	SUPORT	n.a	
DISTÀNCIA AL CONTROLADOR (m)	n.a	EMPRESA	Endress+Hauser 	
		MODEL	Proline Promass 80F	

Full 2-2		FULL D'ESPECIFICACIONS MESURADOR DE CABAL	
			
REVISAT PER:	Dep. Qualitat	ÀREA:	600
DATA:	27/05/2016	PLANTA:	Planta d'Àcid Fòrmic
APROVAT PER:	Direc. Tècnica	LOCALITZACIÓ:	Igualada



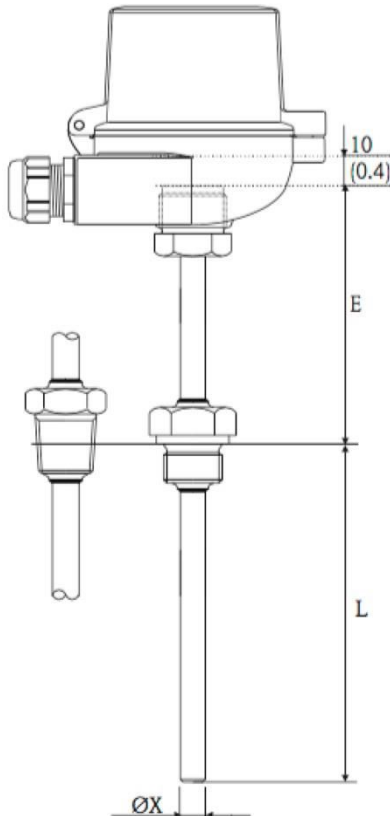
Technical drawing of a flow meter showing front and side views with dimensions A, A*, B, C, D, E, F, G, L, and di.

Dimensions in SI units

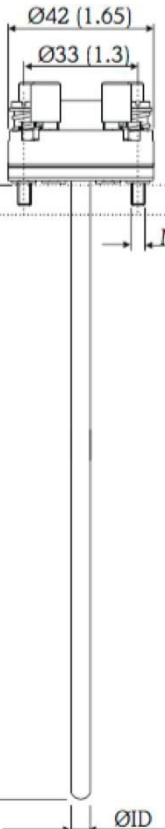
DN	A	A*	B	C	D	E	F	G	L	di
8	227	207	187	168	160	75	266	341	1)	1)
15	227	207	187	168	160	75	266	341	1)	1)
25	227	207	187	168	160	75	266	341	1)	1)
40	227	207	187	168	160	105	271	376	1)	1)
50	227	207	187	168	160	141	283	424	1)	1)
80	227	207	187	168	160	200	305	505	1)	1)
100	227	207	187	168	160	254	324	578	1)	1)
150	227	207	187	168	160	378	362	740	1)	1)
250	227	207	187	168	160	548	390	938	1)	1)

Full 1-2		 FULL D'ESPECIFICACIONS SENSOR DE TEMPERATURA		
				
REVISAT PER:	Dep. Qualitat	ÀREA:	600	
DATA:	20/06/2016	PLANTA:	Planta d'Àcid Fòrmic	
APROVAT PER:	Direc. Tècnica	LOCALITZACIÓ:	Igualada	
IDENTIFICACIÓ				
DENOMINACIÓ		Sonda de temperatura		
ÍTEM		600-TE-601		
LLAÇ DE CONTROL		T-T601-601		
SENYAL ENVIADA		Controlador 600-TC-601		
FLUID		Àcid fòrmic 90% pes		
ESTAT		Líquid		
CONDICIONS DE SERVEI				
	MÍNIMA	NORMAL	MÀXIMA	
TEMPERATURA (°C)	8	25	48	
PRESSIÓ (KPA)	n.a	101,3	n.a	
DENSITAT (KG/M3)	n.a	1220	n.a	
DADES D'OPERACIÓ				
ELEMENT DE MESURA		Termorresistència		
ALIMENTACIÓ		20-250V DC/AC, 50/60 Hz		
SENYAL DE SORTIDA		4-20 mA		
VARIABLE MESURADA		Temperatura tanc àcid fòrmic		
PRECISIÓ		±0,1°C		
TEMPS DE RESPOSTA (t ₉₀) (s)		21		
INDICADOR EN CAMP		Sí		
CALIBRAT		Sí		
DADES DE CONSTRUCCIÓ				
ELEMENT SENSOR		Termorresistència		
CONEXIÓ A PROCÈS		Rosca mascle G ^{1/2} DIN / BSP		
TEMPERATURA MÀXIMA (°C)		600		
ALÇADA/DIÀMETRE (mm)		10/3 (IL/ØX)		
MATERIAL EN CONTACTE AMB EL FLUID		AISI 316L		
DENSIDAD MÀXIM (Kg/m ³)		n.a		
PRESSIÓ MÀXIMA (KPa)		75000		
PES (KG)		1,78		
DADES D'INSTAL·LACIÓ				
T AMBIENT MÀX (°C)	100	POSICIÓ	HORITZONTAL	
T AMBIENT MÍN (°C)	-40		VERTICAL	X
FILTRE REDUCTOR	No	SUPORT	n.a	
DISTÀNCIA AL CONTROLADOR (m)	n.a	EMPRESA	Endress+Hauser 	
		MODEL	Omnigrad M TR10	

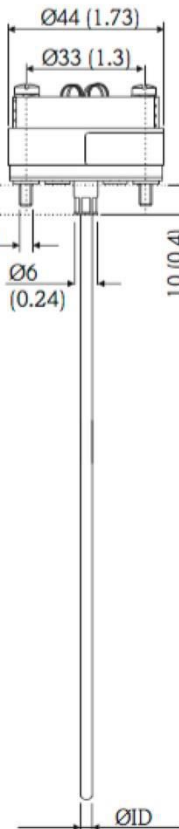
Full 2-2		FULL D'ESPECIFICACIONS SENSOR DE TEMPERATURA	
			
REVISAT PER:	Dep. Qualitat	ÀREA:	600
DATA:	20/06/2016	PLANTA:	Planta d'Àcid Fòrmic
APROVAT PER:	Direc. Tècnica	LOCALITZACIÓ:	Igualada



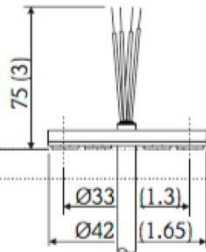
A



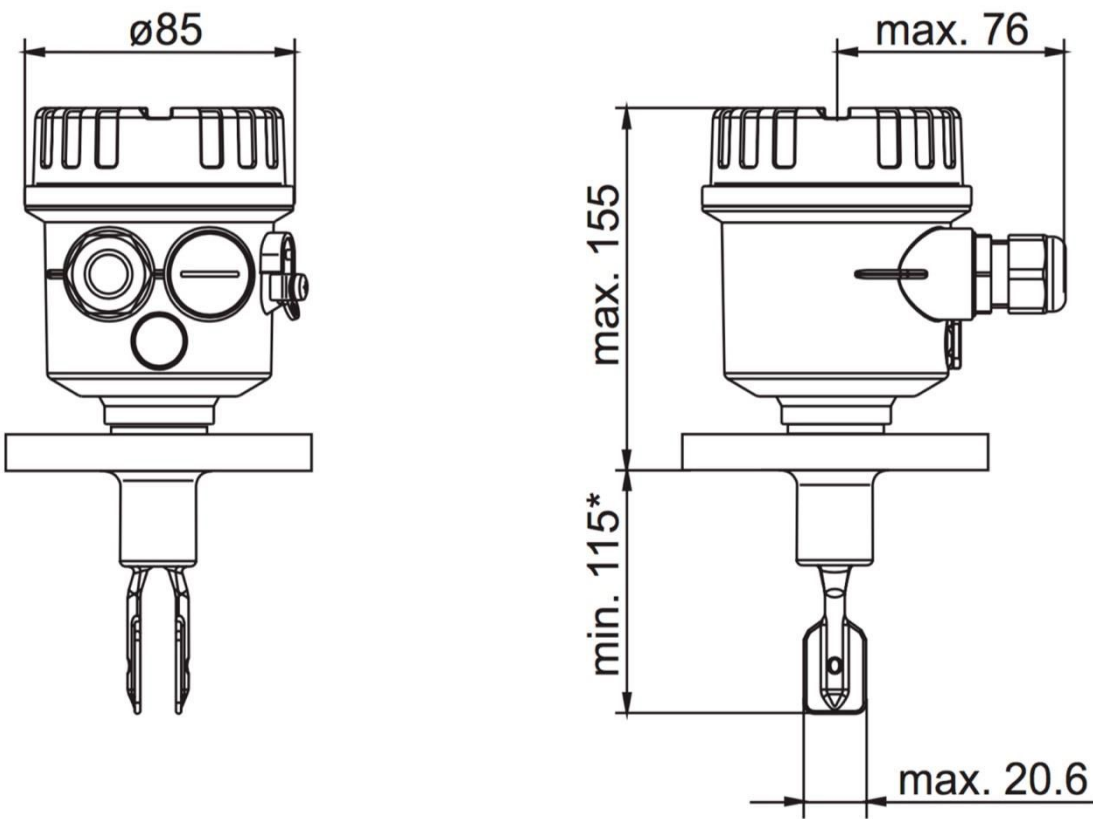
B



C

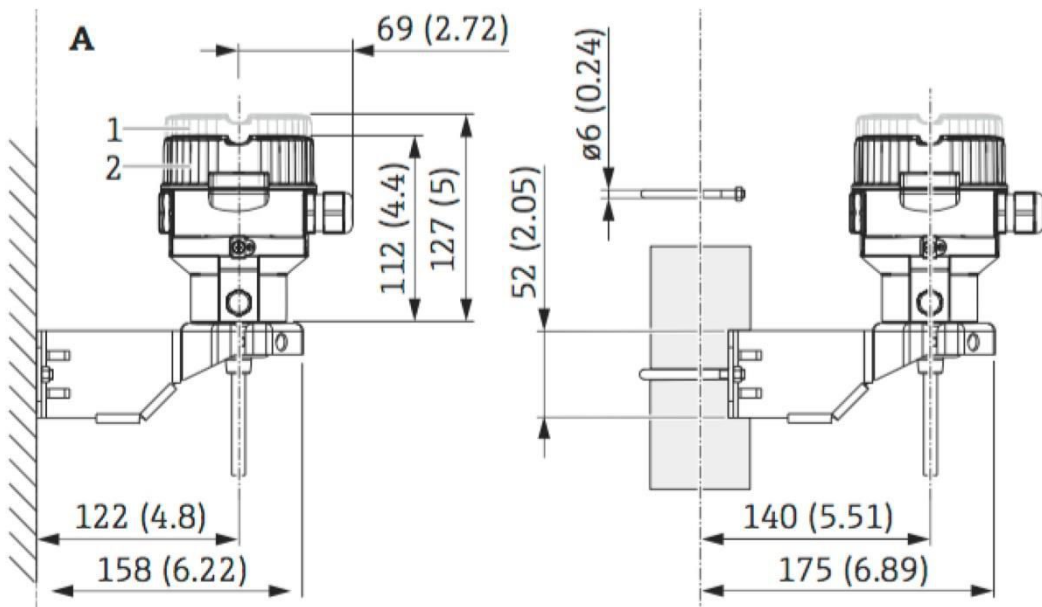


Full 1-2		 FULL D'ESPECIFICACIONS SENSOR DE NIVELL EN UN PUNT		
				
REVISAT PER:	Dep. Qualitat	ÀREA:	600	
DATA:	20/06/2016	PLANTA:	Planta d'Àcid Fòrmic	
APROVAT PER:	Direc. Tècnica	LOCALITZACIÓ:	Igualada	
IDENTIFICACIÓ				
DENOMINACIÓ	Forquilla vibrant de detecció de líquid			
ÍTEM	600-LSH-633			
LLAÇ DE CONTROL	n.a			
SENYAL ENVIADA	Sala de control			
FLUID	Àcid fòrmic 90% pes			
ESTAT	Líquid			
CONDICIONS DE SERVEI				
	MÍNIMA	NORMAL	MÀXIMA	
TEMPERATURA (°C)	8	35	48	
PRESSIÓ (KPA)	n.a	101,3	n.a	
DENSITAT (KG/M3)	n.a	1120	n.a	
DADES D'OPERACIÓ				
ELEMENT DE MESURA	Forquilla vibrant			
ALIMENTACIÓ	19-253V AC, H0/60Hz o 19-55V DC			
SENYAL DE SORTIDA	Pols			
VARIABLE MESURADA	Nivell de líquid en un punt			
PRECISIÓ	n.a			
TEMPS DE RESPOSTA (t ₉₀)	n.a			
INDICADOR EN CAMP	No			
CALIBRAT	Sí			
DADES DE CONSTRUCCIÓ				
ELEMENT SENSOR	Forquilla vibrant			
CONEXIÓ A PROCÈS	Brida DN25-DN100			
TEMPERATURA MÀXIMA (°C)	150			
ALÇADA/DIÀMETRE (mm)	Vegeu esquema adjunt			
MATERIAL EN CONTACTE AMB EL FLUID	AISI 316L			
DENSIDAD MÍNIMA (Kg/m ³)	500			
PRESSIÓ MÀXIMA (KPA)	4000			
PES (KG)	0,6			
DADES D'INSTAL·LACIÓ				
T AMBIENT MÀX (°C)	80	POSICIÓ	HORITZONTAL	X
T AMBIENT MÍN (°C)	-50		VERTICAL	
FILTRE REDUCTOR	No	SUPORT	n.a	
DISTÀNCIA AL CONTROLADOR (M)	n.a	EMPRESA	Endress+Hauser 	
		MODEL	Liquiphant M FTL51C	

Full 2-2		 FULL D'ESPECIFICACIONS SENSOR DE NIVELL EN UN PUNT	
REVISAT PER:	Dep. Qualitat	ÀREA:	600
DATA:	20/06/2016	PLANTA:	Planta d'Àcid Fòrmic
APROVAT PER:	Direc. Tècnica	LOCALITZACIÓ:	Igualada
			

Full 1-2		FULL D'ESPECIFICACIONS SENSOR DE NIVELL I PRESSIÓ		
				
REVISAT PER:	Dep. Qualitat	ÀREA:	600	
DATA:	20/06/2016	PLANTA:	Planta d'àcid fòrmic	
APROVAT PER:	Direc. Tècnica	LOCALITZACIÓ:	Igualada	
IDENTIFICACIÓ				
DENOMINACIÓ	Sensor de nivell + sensor de pressió			
ÍTEM	400-LT-403			
LLAÇ DE CONTROL	F-R401-403			
SENYAL ENVIADA	Controlador			
FLUID	Formiat de metil, aigua, metanol, àcid fòrmic (mescla reacció)			
ESTAT	Líquid			
CONDICIONS DE SERVEI				
	MÍNIMA	NORMAL	MÀXIMA	
TEMPERATURA (°C)	100	110	120	
PRESSIÓ (KPA)	n.a	20000	n.a	
DENSITAT (KG/m³)	n.a	886,4	n.a	
DADES D'OPERACIÓ				
ELEMENT DE MESURA	Cel·la de pressió piezoresistiva i diafragma de metall soldat			
ALIMENTACIÓ	11,5-30V DC			
SENYAL DE SORTIDA	4-20mA HART			
VARIABLE MESURADA	Pressió absoluta, pressió manomètrica, nivell de líquid			
PRECISIÓ	0,075%			
TEMPS DE RESPOSTA (ms)	590			
INDICADOR EN CAMP	Si			
CALIBRAT	Si			
DADES DE CONSTRUCCIÓ				
ELEMENT SENSOR	Cel·la de pressió piezoresistiva i diafragma de metall soldat			
CONNEXIÓ A PROCÉS	Higienica			
TEMPERATURA MÀXIMA (°C)	150			
ALÇADA/DIÀMETRE (mm)	Vegeu esquema adjunt			
MATERIAL EN CONTACTE AMB EL FLUID	AISI 316L			
DENSIDAD MÀXIM (KG/M3)	n.a			
PRESSIÓ MÀXIMA (KPA)	400			
PES (KG)	2,49			
DADES D'INSTAL·LACIÓ				
T AMBIENT MÀX (°C)	-20	POSICIÓ	HORITZONTAL	
T AMBIENT MÍN (°C)	85		VERTICAL	
FILTRE REDUCTOR	No	SUPORT	n.a	
DISTÀNCIA AL CONTROLADOR (m)	n.a	EMPRESA	Endress+Hauser 	
		MODEL	Cerabar PMP51	

Full 2-2		FULL D'ESPECIFICACIONS SENSOR DE NIVELL I PRESSIÓ	
			
REVISAT PER:	Dep. Qualitat	ÀREA:	600
DATA:	20/06/2016	PLANTA:	Planta d'àcid fòrmic
APROVAT PER:	Direc. Tècnica	LOCALITZACIÓ:	Igualada



OBSERVACIONS:

El sensor de nivell esdevé l'element de mesura de la pressió de canonades i tancs en el benentès que la mesura de la pressió hidrostàtica permet obtenir en nivell d'una columna de líquid a partir de la densitat del medi i la constant de la gravetat segons:

$$P = \rho g h$$

	Full 1 - 1		FULL D'ESPECIFICACIÓ DE VÀLVULA DE CONTROL DE TIPUS SEIENT	
	ÍTEM	100-LCV-101		
	ÀREA	100		
	PLANTA	Àcid Fòrmic	DATA	20/06/2016
	LOCALITAT	Igualada	REVISAT PER:	Departament de Qualitat
DADES GENERALS				
DENOMINACIÓ		Vàlvula de regulació de tipus seient		
LLAÇ DE CONTROL		T-E01-101		
SEÑAL REBUDA DE		100-TC-101		
CONDICIONS DE SERVEI				
CODI DE FLUID	FP1	ESTAT	Líquid	
PARÀMETRES		MÍNIM	OPERACIÓ	MÀXIM
CABAL (Kg/h)		3466	4331	5197
TEMPERATURA (°C)		10,00	20,00	30,00
PRESSIÓ (bar)		0,5000	1,000	1,500
DENSITAT (kg/m³)		990,0	998,8	1000
DADES D'OPERACIÓ				
POSICIÓ MANUAL		Si		
POSICIÓ DE FALLADA		Tancada		
DADES DE CONSTRUCCIÓ				
PRESSIÓ NOMINAL (bar)		1 - 51		
MATERIAL DEL COS		ASTM A217 Grau WC6		
TIPUS D'ACTUADOR		Pneumàtic de ressort-diafragma		
PRESSIÓ MÀXIMA D'ALIMENTACIÓ (bar)		5		
TEMPERATURA DE TREBALL (°C)		-29 - 316		
DIÀMETRE NOMINAL (in)		1,00		
FINAL DE CARRERA		Si		
FUNCIONAMENT		Obertura ràpida/Isopercentual modificat		
DADES D'INSTAL·LACIÓ				
TEMPERATURA AMBIENT (°C)	-10			
	50			
DIÀMETRE DE LA CONDUCCIÓ (in)	1 - 8			
POSICIÓ ACTUADOR	Vertical			
MODEL	Sèrie 2700A			
FABRICANT	NORRISEAL			
				

	Full 1 - 1		FULL D'ESPECIFICACIÓ DE VÀLVULA DE CONTROL DE TIPUS PAPALLONA	
	ÍTEM	300-TCV-313		
	ÀREA	300		
	PLANTA	Àcid Fòrmic	DATA	20/06/2016
	LOCALITAT	Igualada	REVISAT PER:	Departament de Qualitat
DADES GENERALS				
DENOMINACIÓ		Vàlvula de regulació de tipus papallona		
LLAÇ DE CONTROL		T-E303-313		
SEÑAL REBUDA DE		300-TC-313		
CONDICIONS DE SERVEI				
CODI DE FLUID	SS2	ESTAT	GAS	
PARÀMETRES		MÍNIM	OPERACIÓ	MÀXIM
CABAL (Kg/h)		1210	1512	1814
TEMPERATURA (°C)		106.7	133,4	160,1
PRESSIÓ (bar)		2,000	3,000	4,000
DENSITAT (kg/m³)		1,000	1,600	2,000
DADES D'OPERACIÓ				
POSICIÓ MANUAL		Si		
POSICIÓ DE FALLADA		Tancada		
DADES DE CONSTRUCCIÓ				
PRESSIÓ NOMINAL (bar)		10 - 200		
MATERIAL DEL COS		A216 WCC		
TIPUS D'ACTUADOR		Pneumàtic		
PRESSIÓ MÀXIMA D'ALIMENTACIÓ (bar)		4		
TEMPERATURA DE TREBALL (°C)		-196 - 1000		
DIÀMETRE NOMINAL (in)		3		
FINAL DE CARRERA		Si		
FUNCIONAMENT		Obertura ràpida/Regulació		
DADES D'INSTAL·LACIÓ				
TEMPERATURA AMBIENT (°C)	-15			
	50			
DIÀMETRE DE LA CONDUCCIÓ (mm)	80 -2500			
POSICIÓ ACTUADOR	Vertical			
MODEL	LEUSCH Type LTR 43			
FABRICANT	SAMSON			
				

3.4. LLISTAT D'INSTRUMENTS I LLAÇOS DE CONTROL

L'apartat següent recull el llistat dels llaços de control de la planta d'àcid fòrmic distribuïts per àrees, així com els elements primari i final anàlegs al llaç i el punt de consigna de la variable sobre la que actuen.

A més a més, també es presenta un llistat distribuït per àrees dels elements sensors i finals, incloent-hi el llaç de control en el que es situen, la variable sobre la que actuen i el tipus d'actuació dels mateixos.

3.4.1. ÀREA 100

Taula 3-7 Llistat llaços de control àrea 100

		LLISTAT LLAÇOS DE CONTROL				Full 1 de 1		PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC	
		A-100 EMMAGATZEMAMENT DE MATÈRIES PRIMES				Data: 20-06-2016		Localitat: Igualada	
EQUIP	LLAÇ DE CONTROL	TIPUS	VARIABLE CONTROLADA	ELEMENT PRIMARI	ITEM	VARIABLE MANIPULADA	ELEMENT FINAL	ÍTEM	CONSIGNA
E-101	L-E101-101	Feedback	Temperatura fluid sortida E-101	Termorresistència	100-TS-101	Cabal fluid calefactor (entrada)	Vàlvula de control	100-LCV-101	-5,52 °C

Taula 3-8 Llistat instrumentació àrea 100

	LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ		Full 1 de 7	PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC	
	A-100 EMMAGATZEMAMENT DE MATÈRIES PRIMES		Data: 20-06-2016	Localitat: Igualada	
EQUIP	ÍTEM	VARIABLE CONTROLADA	DESCRIPCIÓ	SITUACIÓ	ACTUACIÓ
P-105A	100-ZS-1001	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-105A	100-SC-1005	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-105A	100-PI-1009	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-105B	100-ZS-1002	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-105B	100-SC-1006	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-105B	100-PI-1010	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-105A/B	100-FT-1013	Cabal fluid	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica
T-101	100-HV-1015	Pas metanol	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-101	100-LSH-1023	Nivell tanc	Sensor nivell alt	Camp	Elèctrica
T-101	100-LAH-1031	Nivell tanc	Alarma de nivell alt	Camp	Sonora
T-101	100-LT-1027	Nivell tanc	Sensor de nivell	Camp	Elèctrica
T-101	100-LAL-1035	Nivell tanc	Alarma de nivell baix	Camp	Sonora
T-101	100-HV-1016	Pas metanol	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-102	100-HV-1017	Pas metanol	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-102	100-LSH-1024	Nivell tanc	Sensor nivell alt	Camp	Elèctrica
T-102	100-LAH-1032	Nivell tanc	Alarma de nivell alt	Camp	Sonora
T-102	100-LT-1028	Nivell tanc	Sensor de nivell	Camp	Elèctrica
T-102	100-LAL-1036	Nivell tanc	Alarma de nivell baix	Camp	Sonora
T-102	100-HV-1018	Pas metanol	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-103	100-HV-1019	Pas metanol	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-103	100-LSH-1025	Nivell tanc	Sensor nivell alt	Camp	Elèctrica
T-103	100-LAH-1033	Nivell tanc	Alarma de nivell alt	Camp	Sonora

	LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ		Full 2 de 7	PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC	
	A-100 EMMAGATZEMAMENT DE MATÈRIES PRIMES		Data: 20-06-2016	Localitat: Igualada	
EQUIP	ÍTEM	VARIABLE CONTROLADA	DESCRIPCIÓ	SITUACIÓ	ACTUACIÓ
T-103	100-LT-1029	Nivell tanc	Sensor de nivell	Camp	Elèctrica
T-103	100-LAL-1037	Nivell tanc	Alarma de nivell baix	Camp	Sonora
T-103	100-HV-1020	Pas metanol	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-104	100-HV-1021	Pas metanol	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-104	100-LSH-1026	Nivell tanc	Sensor nivell alt	Camp	Elèctrica
T-104	100-LAH-1034	Nivell tanc	Alarma de nivell alt	Camp	Sonora
T-104	100-LT-1030	Nivell tanc	Sensor de nivell	Camp	Elèctrica
T-104	100-LAL-1038	Nivell tanc	Alarma de nivell baix	Camp	Sonora
T-104	100-HV-1022	Pas metanol	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
P-101A	100-ZS-1003	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-101A	100-SC-1007	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-101A	100-PI-1011	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-101B	100-ZS-1004	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-101B	100-SC-1008	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-101B	100-PI-1011	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-101A/B	100-FT-1014	Cabal fluid	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica
P-106A	100-ZS-1039	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-106A	100-SC-1042	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-106A	100-PI-1045	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-106B	100-ZS-1043	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-106B	100-SC-1043	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-106B	100-PI-1046	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica

	LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ		Full 3 de 7	PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC	
	A-100 EMMAGATZEMAMENT DE MATÈRIES PRIMES		Data: 20-06-2016	Localitat: Igualada	
EQUIP	ÍTEM	VARIABLE CONTROLADA	DESCRIPCIÓ	SITUACIÓ	ACTUACIÓ
P-106A/B	100-FT-1048	Cabal fluid	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica
T-105	100-HV-1050	Pas solució metòxid	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-105	100-LSH-1054	Nivell tanc	Sensor nivell alt	Camp	Elèctrica
T-105	100-LAH-1056	Nivell tanc	Alarma de nivell alt	Camp	Sonora
T-105	100-LT-1058	Nivell tanc	Sensor de nivell	Camp	Elèctrica
T-105	100-LAL-1060	Nivell tanc	Alarma de nivell baix	Camp	Sonora
T-105	100-HV-1051	Pas solució metòxid	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-106	100-HV-1052	Pas solució metòxid	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-106	100-LSH-1055	Nivell tanc	Sensor nivell alt	Camp	Elèctrica
T-106	100-LAH-1057	Nivell tanc	Alarma de nivell alt	Camp	Sonora
T-106	100-LT-1059	Nivell tanc	Sensor de nivell	Camp	Elèctrica
T-106	100-LAL-1061	Nivell tanc	Alarma de nivell baix	Camp	Sonora
T-106	100-HV-1053	Pas solució metòxid	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
P-102	100-ZS-1041	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-102	100-SC-1044	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-102	100-PI-1047	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-102	100-FT-1049	Cabal fluid	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica
P-108A	100-ZS-1062	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-108A	100-SC-1065	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-108A	100-PI-1068	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-108B	100-ZS-1063	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-108B	100-SC-1066	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica

	LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ		Full 4 de 7	PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC	
	A-100 EMMAGATZEMAMENT DE MATÈRIES PRIMES		Data: 20-06-2016	Localitat: Igualada	
EQUIP	ÍTEM	VARIABLE CONTROLADA	DESCRIPCIÓ	SITUACIÓ	ACTUACIÓ
P-108B	100-PI-1069	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-108A/B	100-FT-1071	Cabal fluid	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica
T-107	100-HV-1073	Pas alcohol benzílic	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-107	100-LSH-1077	Nivell tanc	Sensor nivell alt	Camp	Elèctrica
T-107	100-LAH-1079	Nivell tanc	Alarma de nivell alt	Camp	Sonora
T-107	100-LT-1081	Nivell tanc	Sensor de nivell	Camp	Elèctrica
T-107	100-LAL-1083	Nivell tanc	Alarma de nivell baix	Camp	Sonora
T-107	100-HV-1074	Pas alcohol benzílic	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-108	100-HV-1075	Pas alcohol benzílic	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-108	100-LSH-1078	Nivell tanc	Sensor nivell alt	Camp	Elèctrica
T-108	100-LAH-1080	Nivell tanc	Alarma de nivell alt	Camp	Sonora
T-108	100-LT-1082	Nivell tanc	Sensor de nivell	Camp	Elèctrica
T-108	100-LAL-1084	Nivell tanc	Alarma de nivell baix	Camp	Sonora
T-108	100-HV-1076	Pas alcohol benzílic	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
P-104	100-ZS-1064	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-104	100-SC-1067	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-104	100-PI-1070	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-104	100-FT-1072	Cabal fluid	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica
P-107A	100-ZS-1085	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-107A	100-SC-1089	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-107A	100-PI-1093	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-107B	100-ZS-1086	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica

	LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ		Full 5 de 7	PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC	
	A-100 EMMAGATZEMAMENT DE MATÈRIES PRIMES		Data: 20-06-2016	Localitat: Igualada	
EQUIP	ÍTEM	VARIABLE CONTROLADA	DESCRIPCIÓ	SITUACIÓ	ACTUACIÓ
P-108B	100-SC-1090	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-108B	100-PI-1094	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-108A/B	100-FT-1097	Cabal fluid	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica
T-109	100-HV-1099	Pas solució alcohol benzílic	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-109	100-LSH-1103	Nivell tanc	Sensor nivell alt	Camp	Elèctrica
T-109	100-LAH-1105	Nivell tanc	Alarma de nivell alt	Camp	Sonora
T-109	100-LT-1107	Nivell tanc	Sensor de nivell	Camp	Elèctrica
T-109	100-LAL-1109	Nivell tanc	Alarma de nivell baix	Camp	Sonora
T-109	100-HV-1100	Pas alcohol benzílic	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-110	100-HV-1101	Pas solució alcohol benzílic	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-110	100-LSH-1104	Nivell tanc	Sensor nivell alt	Camp	Elèctrica
T-110	100-LAH-1106	Nivell tanc	Alarma de nivell alt	Camp	Sonora
T-110	100-LT-1108	Nivell tanc	Sensor de nivell	Camp	Elèctrica
T-110	100-LAL-1110	Nivell tanc	Alarma de nivell baix	Camp	Sonora
T-110	100-HV-1102	Pas alcohol benzílic	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
P-103A	100-ZS-1087	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-103A	100-SC-1091	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-103A	100-PI-1095	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-103B	100-ZS-1088	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-103B	100-SC-1092	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-103B	100-PI-1096	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-103A/B	100-FT-1098	Cabal fluid	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica

	LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ		Full 6 de 7	PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC	
	A-100 EMMAGATZEMAMENT DE MATÈRIES PRIMES		Data: 20-06-2016	Localitat: Igualada	
EQUIP	ÍTEM	VARIABLE CONTROLADA	DESCRIPCIÓ	SITUACIÓ	ACTUACIÓ
P-109A	100-ZS-1111	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-109A	100-SC-114	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-109A	100-PI-1117	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-109B	100-ZS-1112	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-109B	100-SC-1115	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-109B	100-PI-1118	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
T-111	100-HV-1128	Pas monòxid de carboni	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-111	100-PI-1120	Pressió tanc	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
T-111	100-LI-1124	Nivell tanc	Indicador de nivell	Camp	Elèctrica
T-111	100-HV-1129	Pas monòxid de carboni	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-112	100-HV-1130	Pas monòxid de carboni	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-112	100-PI-1121	Pressió tanc	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
T-112	100-LI-1125	Nivell tanc	Indicador de nivell	Camp	Elèctrica
T-112	100-HV-1131	Pas monòxid de carboni	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-113	100-HV-1132	Pas monòxid de carboni	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-113	100-PI-1122	Pressió tanc	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
T-113	100-LI-1126	Nivell tanc	Indicador de nivell	Camp	Elèctrica
T-113	100-HV-1122	Pas monòxid de carboni	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-114	100-HV-1134	Pas monòxid de carboni	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica
T-114	100-PI-1123	Pressió tanc	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
T-114	100-LI-1127	Nivell tanc	Indicador de nivell	Camp	Elèctrica
T-114	100-HV-1135	Pas monòxid de carboni	Vàlvula automàtica tot/res	Camp	Pneumàtica

	LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ		Full 7 de 7	PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC	
	A-100 EMMAGATZEMAMENT DE MATÈRIES PRIMES		Data: 20-06-2016	Localitat: Igualada	
EQUIP	ÍTEM	VARIABLE CONTROLADA	DESCRIPCIÓ	SITUACIÓ	ACTUACIÓ
C-101	100-ZS-1113	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
C-101	100-SC-1117	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
C-101	100-PI-1121	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica

3.4.2. ÀREA 200

Taula 3-9 Llistat llaços de control àrea 200

		LLISTAT LLAÇOS DE CONTROL				Full 1 de 1		PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC	
		A-200 REACCIÓ DE CARBONILACIÓ				Data: 20-06-2016		Localitat: Igualada	
EQUIP	LLAÇ DE CONTROL	TIPUS	VARIABLE CONTROLADA	ELEMENT PRIMARI	ITEM	VARIABLE MANIPULADA	ELEMENT FINAL	ÍTEM	CONSIGNA
E-202	L-E202-201	Feedback	Nivell E-202	Cel·la piezoresistiva i diafragma de metall soldat	200-LS-201	Cabal fluid refrigerant (entrada)	Vàlvula de control	200-LCV-201	316 mm
E-202	T-E202-202	Feedback	Temperatura fluid sortida E-202	Termorresistència	200-TS-202	Cabal fluid refrigerant (sortida)	Vàlvula de control	200-TCV-202	2,54 °C
R-201	F-R201-203	Feedback combinat	Cabals d'entrada reactor	Cabalímetres d'efecte coriolis	200-FQ-203A 200-FQ-203B	Cabals d'entrada reactor	Vàlvula de control	200-FCV-203A 200-FCV-203B	227 m ³ /h 25,0 m ³ /h
R-201	L-R201-204	Feedback	Nivell R-201	Cel·la piezoresistiva i diafragma de metall soldat	200-LS-204	Sortida de líquid del reactor	Vàlvula de control	200-LCV-204	6,50 m
R-201	P-R201-205	Feedback	Pressió R-201	Cel·la piezoresistiva i diafragma de metall soldat	200-PS-205	Sortida de gas del reactor	Vàlvula de control	200-PV-205	45,0 bar
R-201	T-R201-206	Cascada	Temperatura R-201	Termorresistències	200-TS-206A 200-TS-206B	Cabal fluid refrigerant	Vàlvula de control	200-TCV-206	90 °C
E-201	L-E201-207	Feedback	Nivell E-201	Cel·la piezoresistiva i diafragma de metall soldat	200-LS-207	Cabal fluid refrigerant (entrada)	Vàlvula de control	200-LCV-207	316 mm
E-201	T-E201-208	Feedback	Temperatura fluid sortida E-201	Termorresistència	200-TS-208	Cabal fluid refrigerant (sortida)	Vàlvula de control	200-TCV-208	10,0 °C
PS-201	P-PS201-209	Feedback	Pressió PS-201	Cel·la piezoresistiva i diafragma de metall soldat	200-PS-209	Sortida de gas del separador	Vàlvula de control	200-PV-209	10,0 bar
PS-201	L-PS201-210	Feedback	Nivell PS-201	Cel·la piezoresistiva i diafragma de metall soldat	200-LS-210	Sortida de líquid del separador	Vàlvula de control	200-LCV-210	0,650 m
E-203	T-E203-211	Feedback	Temperatura fluid sortida E-203	Termorresistència	200-TS-211	Cabal fluid refrigerant (entrada)	Vàlvula de control	200-TCV-211	30,0 °C

Taula 3-10 Llistat instrumentació àrea 200

EQUIP	ÍTEM	VARIABLE CONTROLADA	DESCRIPCIÓ	SITUACIÓ	ACTUACIÓ
C-201A	200-ZS-212	Obertura/Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
C-201A	200-SC-216	Velocitat motor compressor	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
C-201A	200-PI-220	Pressió del compressor	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
C-201B	200-ZS-213	Obertura /Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
C-201B	200-SC-217	Velocitat motor compressor	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
C-201B	200-PI-221	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
C-202A	200-ZS-214	Obertura /Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
C-202A	200-SC-218	Velocitat motor compressor	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
C-202A	200-PI-222	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
C-202B	200-ZS-215	Obertura /Tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
C-202B	200-SC-219	Velocitat motor compressor	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
C-202B	200-PI-223	Pressió del compressor	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
R-201	200-LSL-226	Nivell reactor carbonilació	Sensor de nivell baix	Camp	Elèctrica
R-201	200-LSH-227	Nivell reactor carbonilació	Sensor de nivell alt	Camp	Elèctrica
R-201	200-LAH-230	Nivell reactor carbonilació	Alarma de nivell alt	Camp	Sonora
R-201	200-PZ-232	Pressió reactor carbonilació	Disc de ruptura	Camp	N.A
R-201	200-LSHH-228	Nivell reactor carbonilació	Sensor de nivell alt alt	Camp	Elèctrica
R-201	200-LAHH-231	Nivell reactor carbonilació	Alarma de nivell alt alt	Camp	Sonora
E-203	200-FT-224	Cabal entrada bescanviador	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica
E-203	200-TT-225	Temperatura entrada bescanviador	Transmissor de temperatura	Camp	Elèctrica
PS-201	200-PS-229	Nivell separador de fases	Sensor de nivell alt	Camp	Elèctrica

3.4.3. ÀREA 300

Taula 3-11 Llistat llaços de control àrea 300

		LLISTAT LLAÇOS DE CONTROL			Full 1 de 2		PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC		
		A-300 PURIFICACIÓ DE FORMIAT DE METIL			Data: 20-06-2016		Localitat: Igualada		
EQUIP	LLAÇ DE CONTROL	TIPUS	VARIABLE CONTROLADA	ELEMENT PRIMARI	ITEM	VARIABLE MANIPULADA	ELEMENT FINAL	ÍTEM	CONSIGNA
E-301	L-E301-301	Feedback	Nivell E-301	Cel·la piezoresistiva i diafragma de metall soldat	300-LS-301	Cabal fluid refrigerant (entrada)	Vàlvula de control	300-LCV-301	397 mm
E-301	T-E301-302	Feedback	Temperatura fluid sortida E-302	Termorresistència	300-TS-302	Cabal fluid refrigerant (sortida)	Vàlvula de control	300-TCV-302	59,1 °C
PS-301	P-PS301-303	Feedback	Pressió PS-301	Cel·la piezoresistiva i diafragma de metall soldat	300-PS-303	Sortida de gas del separador	Vàlvula de control	300-PV-303	1,20 bar
PS-301	L-PS301-304	Feedback	Nivell PS-301	Cel·la piezoresistiva i diafragma de metall soldat	300-PS-304	Sortida de líquid del separador	Vàlvula de control	300-LCV-304	0,525 m
DC-301	T-DC301-305	Control rang dividit	Temperatura caps de columna DC-301	Termorresistència	300-TS-305	Cabal fluid refrigerant condensador Cabal reflux columna destil·lació	Vàlvules de control	300-TCV-305A 300-TCV-305B	31,6 °C
DC-301	L-DC301-306	Feedback	Nivell tanc de reflux columna DC-301	Cel·la piezoresistiva i diafragma de metall soldat	300-LS-306	Cabal destil·lat	Vàlvula de control	300-LCV-306	0,54 m
DC-301	P-DC301-307	Feedback	Pressió columna DC-301	Cel·la piezoresistiva i diafragma de metall soldat	300-dPS-307	Cabal vapor termosifó	Vàlvula de control	300-PV-307	1,01 bar
BT-303	L-BT303-308	Feedback	Nivell BT-303	Cel·la piezoresistiva i diafragma de metall soldat	300-LS-308	Cabal sortida tanc	Vàlvula de control	300-LCV-308	2,38 m

	LLISTAT LLAÇOS DE CONTROL				Full 2 de 2		PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC		
	A-300 PURIFICACIÓ DE FORMIAT DE METIL				Data: 20-06-2016		Localitat: Igualada		
EQUIP	LLAÇ DE CONTROL	TIPUS	VARIABLE CONTROLADA	ELEMENT PRIMARI	ITEM	VARIABLE MANIPULADA	ELEMENT FINAL	ÍTEM	CONSIGNA
E-304	T-E304-309	Feedback	Temperatura fluid sortida E-304	Termorresistència	300-TS-309	Cabal sortida fluid de procés	Vàlvula de control	300-TCV-309	110 °C
BT-301	L-BT301-310	Feedback	Nivell BT-301	Cel·la piezoresistiva i diafragma de metall soldat	300-LS-310	Cabal sortida tanc	Vàlvula de control	300-LCV-310	2,23 m
E-302	T-E302-311	Feedback	Temperatura fluid sortida E-302	Termorresistència	300-TS-311	Cabal sortida fluid de procés	Vàlvula de control	300-TCV-311	89,1 °C
BT-302	L-BT302-312	Feedback	Nivell BT-302	Cel·la piezoresistiva i diafragma de metall soldat	300-LS-312	Cabal sortida tanc	Vàlvula de control	300-LCV-312	1,09 m
E-303	T-E303-313	Feedback	Temperatura fluid sortida E-303	Termorresistència	300-TS-313	Cabal sortida fluid de procés	Vàlvula de control	300-TCV-313	110 °C

Taula 3-12 Llistat instrumentació àrea 300

	LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ		Full 1 de 3	PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC	
	A-300 PURIFICACIÓ DEL FORMIAT DE METIL		Data: 20-06-2016	Localitat: Igualada	
EQUIP	ÍTEM	VARIABLE CONTROLADA	DESCRIPCIÓ	SITUACIÓ	ACTUACIÓ
PS-301	300-LSH-314	Nivell PS-301	Sensor de nivell alt	Camp	Elèctrica
DC-301	300-FT-320	Cabal entrada DC-301	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica
DC-301	300-FT-321	Cabal retorn destil·lat DC-301	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica
DC-301	300-FT-320	Cabal destil·lat DC-301	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica
DC-301	300-FT-321	Cabal residu DC-301	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica
DC-301	300-LSH-315	Nivell líquid DC-301	Sensor de nivell alt	Camp	Elèctrica
DC-301	300-TT-326	Temperatura vapor DC-301	Termorresistència	Camp	Elèctrica
DC-301	300-TT-327	Temperatura residu DC-301	Termorresistència	Camp	Elèctrica
P-301A	300-ZS-333	Obertura/tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-301A	300-SC-343	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-301A	300-PI-353	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-301B	300-ZS-334	Obertura/tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-301B	300-SC-344	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-301B	300-PI-354	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-304A	300-ZS-335	Obertura/tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-304A	300-SC-347	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-304A	300-PI-359	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-304B	300-ZS-336	Obertura/tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-304B	300-SC-348	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-304B	300-PI-360	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-304A/B	300-FT-322	Cabal fluid procés	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica
BT-302	300-LSH-318	Nivell BT-302	Sensor de nivell alt	Camp	Elèctrica

	LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ		Full 2 de 3	PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC	
	A-300 PURIFICACIÓ DEL FORMIAT DE METIL		Data: 20-06-2016	Localitat: Igualada	
EQUIP	ÍTEM	VARIABLE CONTROLADA	DESCRIPCIÓ	SITUACIÓ	ACTUACIÓ
BT-302	300-PI-332	Pressió BT-302	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
BT-302	300-PZ-329	Pressió BT-302	Disc de ruptura	Camp	N.A
P-306A	300-ZS-343	Obertura/tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-306A	300-SC-355	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-306A	300-PI-367	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-306B	300-ZS-344	Obertura/tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-306B	300-SC-356	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-306B	300-PI-368	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-306A/B	300-FT-325	Cabal fluid procés	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica
BT-303	300-LSH-316	Nivell BT-303	Sensor de nivell alt	Camp	Elèctrica
BT-303	300-PZ-328	Pressió BT-331	Disc de ruptura	Camp	N.A
BT-302	300-PI-330	Pressió BT-303	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-305A	300-ZS-337	Obertura/tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-305A	300-SC-349	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-305A	300-PI-361	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-305B	300-ZS-338	Obertura/tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-305B	300-SC-350	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-305B	300-PI-362	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-305A/B	300-FT-323	Cabal fluid procés	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica
BT-301	300-LSH-317	Nivell BT-301	Sensor de nivell alt	Camp	Elèctrica
BT-301	300-PI-331	Pressió BT-301	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-302A	300-ZS-341	Obertura/tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica

	LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ		Full 3 de 3	PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC	
	A-300 PURIFICACIÓ DEL FORMIAT DE METIL		Data: 20-06-2016	Localitat: Igualada	
EQUIP	ÍTEM	VARIABLE CONTROLADA	DESCRIPCIÓ	SITUACIÓ	ACTUACIÓ
P-302A	300-SC-353	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-302A	300-PI-365	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-302B	300-ZS-342	Obertura/tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-302B	300-SC-354	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-302B	300-PI-366	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-302A/B	300-FT-324	Cabal fluid procés	Transmissor de cabal	Camp	Elèctrica
P-303A	300-ZS-339	Obertura/tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-303A	300-SC-351	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-303A	300-PI-363	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica
P-303B	300-ZS-340	Obertura/tancament vàlvula	Final de carrera	Camp	Pneumàtica
P-303B	300-SC-352	Velocitat motor bomba	Variador de freqüència	Camp	Elèctrica
P-303B	300-PI-364	Pressió de la bomba	Indicador de pressió	Camp	Elèctrica