



PLANTA DE PRODUCCIÓ D'MDI

PROJECTE DE FI DE GRAU
Enginyeria Química
Juny 2025

Iván Romero Lozano
Hind Douief Merras
Carla Delgado Campaña
David Garcia Jounou
Kilian Correro Luque
Gino Zambrano Cedeño

TUTOR

Rafa Bosch Palacios



PLANTA DE PRODUCCIÓ D'MDI

PROJECTE DE FI DE GRAU
Enginyeria Química

CAPÍTOL 3. CONTROL I INSTRUMENTACIÓ

Taula de continguts

3.1. Introducció.....	3
3.2. Nomenclatura i simbologia de control.....	3
3.2.1. Nomenclatura dels llaços de control.....	4
3.2.2 Nomenclatura dels instruments de control.....	5
3.2.3. Simbologia i ubicació dels instruments de control	8
3.2.4. Simbologia dels senyals i les connexions	9
3.3. Instrumentació de la planta	10
3.3.1. Sensors	10
3.3.1.1. Temperatura	10
3.3.1.2. Pressió.....	13
3.3.1.3. Nivell.....	17
3.3.1.4. Cabal.....	19
3.3.1.5. Concentració	20
3.3.2. Elements de control	22
3.3.2.1. Controladors PLC.....	22
3.3.2.2. SCADA.....	23
3.3.3. Elements finals.....	24
3.3.3.1. Posicionadors, transductors I/P	24
3.3.3.2. Vàlvules i actuadors.....	26
3.3.3.3. Variadors de freqüència	31
3.4. Llistat dels llaços de control de la planta	32
3.4.1. Emmagatzematge de les matèries primeres (A-100)	33
3.4.2. Mescla i preparació per la reacció (A-200)	36
3.4.3. Reacció (A-300)	38
3.4.4. Separació del producte (A-400)	40
3.4.5. Recuperació dels reactius i de l'HCl (A-500)	42
3.4.6. Emmagatzematge del producte (A-600).....	43
3.5. Llistat de la instrumentació de la planta	44
3.5.1. Emmagatzematge de les matèries primeres (A-100)	45
3.5.2. Mescla i preparació per la reacció (A-200)	55
3.5.4. Separació del producte (A-400)	66
3.5.5. Recuperació dels reactius i de l'HCl (A-500)	72
3.5.6. Emmagatzematge del producte (A-600).....	75
3.6. Descripció i diagrama dels llaços de control.....	77

3.6.1. Tancs d'emmagatzematge.....	77
3.6.1.1. Llaç de control de nivell de líquid	77
3.6.1.2. Llaç de control de la temperatura	82
3.6.1.3. Llaç de control de la pressió.....	85
3.6.2. Mescladors.....	88
3.6.2.1. Llaç de control de la temperatura	88
3.6.2.2. Llaç de control de la pressió.....	91
3.6.2.3. Llaç de control del cabal d'entrada	97
3.6.2.4. Llaç de control de la concentració a la sortida del mesclador dinàmic.....	101
3.6.3. Bescanviadors de calor, condensadors i evaporadors de carcassa i tubs	103
3.6.3.1. Llaç de control de temperatura de sortida.....	103
3.6.4. Reactor RCFP.....	109
3.6.4.1. Llaç de control de la pressió.....	109
3.6.4.2 Llaç de control de la temperatura de sortida	112
3.6.4.3. Llaç de control de la concentració de sortida.....	115
3.6.5. Columnes de destil·lació.....	118
3.6.5.1. Llaç de control del diferencial de pressió i composició del producte per cues	118
3.6.5.2. Llaç de control del nivell de líquid al fons de la columna	121
3.6.5.3. Llaç de control de la temperatura a caps de columna	124
3.7. Bibliografia	127

3.1. Introducció

En el procés de producció de MDI, el control i la instrumentació juguen un paper fonamental en la garantia d'una operació segura, eficient i estable. Donat que el procés involucra reactius altament perillosos, com el fosgen, i productes d'alt valor afegit, com el MDI, el sistema de control ha de ser dissenyat per a satisfer una sèrie d'exigències operatives que s'ocupen des de l'estabilitat del procés fins a la seguretat del personal.

L'objectiu principal del sistema de control és mantenir les condicions d'operació en un rang òptim que asseguri la qualitat del producte final i la seguretat del procés. En aquest sentit, es deuen aconseguir diversos objectius operatius clau.

En primer lloc, per assegurar l'estabilitat del procés és necessari controlar i mantenir constants paràmetres com la temperatura, la pressió o el nivell dels tancs, amb la finalitat de minimitzar les fluctuacions que puguin afectar de forma perjudicial al procés. Addicionalment, la seguretat del procés i del personal ha de ser prioritària. El control ha d'estar dissenyat per a detectar i mitigar ràpidament qualsevol desviació perillosa, emprant sistemes d'alarma i mecanismes d'aturada d'emergència quan es detectin condicions fora de les esperades.

En segon lloc, la qualitat del producte també ha de ser gestionada a través del control, amb l'objectiu d'obtenir un producte d'alta puresa i minimitzar la formació de subproductes no desitjats. Això s'aconsegueix mitjançant l'ajust precís de les condicions operatives per a maximitzar la conversió dels reactius sense comprometre la selectivitat del procés.

Finalment, el sistema de control ha de permetre una operació eficient del procés que, per fer-ho, és fonamental comptar amb una instrumentació fiable que permeti l'automatització de la planta i el control dels equips de forma precisa.

3.2. Nomenclatura i simbologia de control

ANSI/ISA-5.1-2009 és un document que estableix els estàndards pels símbols, la nomenclatura i la identificació dels elements de control i instrumentació dels processos industrials [1]

En la *Taula 3.2.1* es pot veure la taula resum de la norma ISA-5.1, on s'indiquen com s'han d'anomenar els instruments de control, per tal de generar TAGs o codis d'identificació. Cada instrument disposarà del seu propi TAG, el qual serà diferent de la resta. En aquesta taula també s'especifica com s'anomenen les variables de procés que es volen controlar.

Pel que fa a la nomenclatura de les vàlvules que formen part del sistema de control, s'han especificat en el **Capítol 4. Canonades, vàlvules, bombes i accessoris**.

Taula 3.2.1. Taula de la norma ISA-5.1 de la nomenclatura dels instruments de control

	First letters (1)		Succeeding letters (15)		
	Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5
	Measured/Initiating Variable	Variable Modifier (10)	Readout/Passive Function	Output/Active Function	Function Modifier
A	Analysis (2)(3)(4)		Alarm		
B	Burner, Combustion (2)		User's Choice (5)	User's Choice (5)	User's Choice (5)
C	User's Choice (3a)(5)			Control (23a)(23e)	Close (27b)
D	User's Choice (3a)(5)	Difference, Differential, (11a)(12a)			Deviation (28)
E	Voltage (2)		Sensor, Primary Element		
F	Flow, Flow Rate (2)	Ratio (12b)			
G	User's Choice		Glass, Gauge, Viewing Device (16)		
H	Hand (2)				High (27a)(28a)(29)
I	Current (2)		Indicate (17)		
J	Power (2)		Scan (18)		
K	Time, Schedule (2)	Time Rate of Change (12c)(13)		Control Station (24)	
L	Level (2)		Light (19)		Low (27b)(28)(29)
M	User's Choice (3a)(5)				Middle, Intermediate (27c)(28)(29)
N	User's Choice (5)		User's Choice (5)	User's Choice (5)	User's Choice (5)
O	User's Choice (5)		Orifice, Restriction		Open (27a)
P	Pressure (2)		Point (Test Connection)		
Q	Quantity (2)	Integrate, Totalize (11b)	Integrate, Totalize		
R	Radiation (2)		Record (20)		Run
S	Speed, Frequency (2)	Safety(14)		Switch (23b)	Stop
T	Temperature (2)			Transmit	
U	Multivariable (2)(6)		Multifunction (21)	Multifunction (21)	
V	Vibration, Mechanical Analysis (2)(4)(7)			Valve, Damper, Louver (23c)(23e)	
W	Weight, Force (2)		Well, Probe		
X	Unclassified (8)	X-axis (11c)	Accessory Devices (22), Unclassified (8)	Unclassified (8)	Unclassified (8)
Y	Event, State, Presence (2)(9)	Y-axis (11c)		Auxiliary Devices (23d)(25)(26)	
Z	Position, Dimension (2)	Z-axis (11c), Safety Instrumented System (30)		Driver, Actuator, Unclassified final control element	

3.2.1. Nomenclatura dels llaços de control

S'estableix una nomenclatura per tal de fer referència a cadascun dels llaços de control de la planta. La nomenclatura dels llaços de control segueix la següent estructura:

Variable controlada-Equip on està present el llaç de control-Número del llaç de control en l'àrea especificada

En la *Taula 3.2.2* es pot veure l'abreviatura que li correspon a cadascuna de les variables controlades. En aquesta taula s'inclouen totes les variables que es controlaran del procés.

Taula 3.2.2. Abreviatura de les variables controlades segons ANSI/ISA-5.1-2009

Variable controlada	Abreviatura
Nivell de líquid	L
Temperatura	T
Pressió	P
Diferencial de pressió	DP
Concentració	C
Cabal	F

El número del llaç de control en l'àrea especificada permet comptabilitzar el nombre total de llaços de control que controlen una variable concreta en una àrea. Si hi ha un llaç de control per controlar alguna de les variables repetit en cadascuna de les àrees, es podran diferenciar gràcies a aquest número.

Exemples:

Llaç de control T-M201-1

En aquest cas, es fa referència a un llaç de control de la temperatura en el mesclador 201, és a dir, un dels mescladors de l'àrea 200, i és el primer llaç de control de la temperatura present en l'àrea 200 de la planta.

Llaç de control DP-BC202-2

En aquest cas, es fa referència a un llaç de control del diferencial de pressió entre carcassa i tubs en el bescanviador de calor 202, és a dir, un dels bescanviadors de calor de l'àrea 200, i és el segon llaç de control del diferencial de pressió present en l'àrea 200 de la planta.

3.2.2 Nomenclatura dels instruments de control

També s'estableix una nomenclatura per fer referència als instruments de control de la planta. El TAG de l'instrument segueix la següent estructura:

Prefix de la funció de l'instrument-Equip al qual s'aplica el llaç de control- Número de l'instrument en el llaç de control

El prefix de la funció permet definir el que fa l'instrument. Cal seguir la *Taula 3.2.1* per tal de definir la combinació de lletres que tindrà. No sempre serà necessari que un instrument estigui definit per 5 lletres, només seran necessàries aquelles lletres i columnes que descriguin el que fa l'instrument. Generalment, acostumen a utilitzar-se sobretot 3 columnes, que són les següents:

- 1ª columna. Aquesta és l'única que sempre s'ha de fer servir i fa referència a quina variable s'està mirant o controlant.
- 3ª columna. Indica que fa l'instrument de forma passiva: enregistra, indica, mostra...
- 4ª columna. Indica que fa l'instrument de forma activa: controla, transmet, acciona, obre vàlvules...

Les altres dues columnes:

- 2ª columna. Indica com es veu modificada la variable. Per exemple, pot indicar un diferencial de pressió, en comptes d'únicament una pressió.
- 5ª columna. S'utilitza generalment amb alarmes.

En la *Taula 3.2.3* es poden veure tots els prefixos de la funció dels instruments que apareixen en el **Capítol** i la seva explicació.

Taula 3.2.3. Definició dels prefixos de la funció dels instruments de la planta MDIchem

Prefixos de funció	Instrument
LE	Sensor de nivell de líquid
LT	Transmissor de nivell de líquid
LIC	Controlador Indicador de nivell de líquid
LY	Transductor I/P per al control de nivell de líquid
LVC	Vàlvula de control de nivell de líquid
LAL	Alarma de nivell de líquid baix
LSL	Interruptor de nivell de líquid baix
LAH	Alarma de nivell de líquid alt
LSH	Interruptor de nivell de líquid alt
TE	Sensor de temperatura
TT	Transmissor de temperatura
TIC	Controlador Indicador de temperatura
TY	Transductor I/P per al control de temperatura
TCV	Vàlvula de control de temperatura
TAL	Alarma de temperatura baixa
TSL	Interruptor de temperatura baixa

TAH	Alarma de temperatura alta
TSH	Interruptor de temperatura alta
PE	Sensor de pressió
PT	Transmissor de pressió
PIC	Controlador Indicador de pressió
PY	Transductor I/P per al control de pressió
PCV	Vàlvula de control de pressió
PAL	Alarma de pressió baixa
PSL	Interruptor de pressió baixa
PAH	Alarma de pressió alta
PSH	Interruptor de pressió alta
DPE	Sensor de diferencial de pressió
DPT	Transmissor de diferencial de pressió
DPIC	Controlador Indicador de diferencial de pressió
DPY	Transductor I/P per al control de diferencial de pressió
DPCV	Vàlvula de control de diferencial de pressió
DPAL	Alarma de diferencial de pressió baix
DPSL	Interruptor de diferencial de pressió baix
DPAH	Alarma de diferencial de pressió alt
DPSH	Interruptor de diferencial de pressió alt
CE	Sensor de concentració
CT	Transmissor de concentració
CIC	Controlador Indicador de concentració
CY	Transductor I/P per al control de concentració
CCV	Vàlvula de control de concentració
CAL	Alarma de concentració baixa

CSL	Interruptor de concentració baixa
FE	Sensor de cabal
FT	Transmissor de cabal
FIC	Controlador Indicador de cabal
FY	Transductor I/P per al control de cabal
FCV	Vàlvula de control de cabal
VFD	Variador de freqüència

El número de l'instrument en el llaç permet comptabilitzar el nombre d'instruments que tenim d'aquell tipus en un mateix llaç de control. Si hi ha un instrument repetit en un mateix llaç de control, es podran diferenciar gràcies a aquest número.

Exemples:

Instrument PT-M201-1

En aquest cas, es fa referència a un transmissor de pressió present en el llaç de control de pressió del mesclador 201, és a dir, un dels mescladors de l'àrea 200, i és el primer instrument d'aquest tipus present en el llaç.

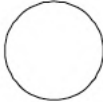
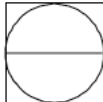
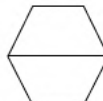
Instrument TT-R301-2

En aquest cas, es fa referència a un transmissor de temperatura present en el llaç de control de la temperatura del reactor 301, és a dir, el reactor de l'àrea 300, i és el segon instrument d'aquest tipus present en el llaç.

3.2.3. Simbologia i ubicació dels instruments de control

En la *Taula 3.2.4* es pot veure la simbologia que s'utilitza per indicar on se situen cadascun dels elements de control en la planta. La simbologia és molt més extensa, però només es mostra la que s'ha fet servir exclusivament a la planta.

Taula 3.2.4. Simbologia i significat de les ubicacions dels elements de control en la planta MDIchem

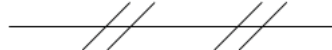
Simbologia	Ubicació
	Instrument localitzat en camp
	Instrument en zona controlada i aïllada del camp
	Funció lògica o programada

- Instruments localitzats en camp. Això implica que els instruments es troben localitzats en l'àrea de procés, i mitjançant cablejat es connecten a les sales de control o a panells locals. Els sensors, els cabalímetres i els transmissors han d'estar ubicats en aquest lloc, ja que aquests han de mesurar les variables físiques directament i amb precisió. Han d'estar el més a prop possible de les variables físiques a mesurar. Les vàlvules de control amb els seus actuadors respectius, els transductors i els interruptors també s'han d'ubicar en camp.
- Instruments localitzats en una zona controlada i aïllada del camp. Els instruments s'instal·len en aquesta ubicació quan no està recomanat que aquest estiguin exposats a l'atmosfera de la planta. D'aquesta forma es pot tenir un instrument en un ambient controlat i aïllat, on a més, tot és molt accessible. En les sales de control o zones aïllades, aquests instruments reben els senyals provinents del camp, i poden prendre decisions o visualitzar informació. Els controladors s'ubiquen en aquesta localització, per tal d'estar més protegits.
- Funció lògica o programada. No es tracta d'un instrument físic individual, sinó que és una funció lògica o programada que resideix en un ordinador o un controlador. Un exemple clar són les alarmes instal·lades per quan les variables s'allunyen molt del seu valor normal o setpoint.

3.2.4. Simbologia dels senyals i les connexions

Les diferents tipologies de senyals que s'han emprat en els llaços de control de la planta amb el seu significat es poden veure en la Taula 3.2.5.

Taula 3.2.5. Simbologia i significat dels diferents senyals de la planta MDIchem

Simbologia	Tipus de senyal
	Senyal de connexió a procés o alimentació de dispositiu
	Senyal pneumàtic
	Senyal elèctric

3.3. Instrumentació de la planta

La instrumentació de la planta és clau per al monitoratge i control del procés productiu. En particular, cadascun dels llaços de la planta està format per sis tipus d'elements: sensors, que mesuren les variables del procés; transmissors, que converteixen i envien els senyals dels sensors al sistema de control; controladors, que processen les dades i generen senyals d'ajust; transductors, que transformen senyals elèctriques en pneumàtiques; elements finals, com vàlvules unides a actuadors que executen les accions de control, i interruptors que generen una actuació determinada davant situacions de perill o crítiques. Els interruptors també generen alarmes en les sales de control, que alerten que alguna de les variables s'ha desviat bastant respecte del seu rang normal o segur. La funció d'aquestes serà buscar accions correctives abans que les fallades posin en perill la seguretat o provoquin danys importants en el procés.

Tot aquest sistema integrat assegura una operació precisa, segura i eficient.

3.3.1. Sensors

Per a escollir els millors sensors per a cadascuna de les variables mesurades en el procés de producció, és important considerar la naturalesa del procés, les condicions operatives i els requisits de precisió. A continuació, es presenten els sensors seleccionats per a les diferents variables controlades.

3.3.1.1. Temperatura

En la planta MDIchem, s'ha optat per la utilització de sensors RTD (Resistance Temperatura Detector), concretament del tipus PT100, com a solució principal per a la instrumentació de temperatura de la planta. L'elecció d'aquest sensor es justifica principalment pel rang operatiu de temperatures al llarg del procés productiu, el qual es manté moderat, sense arribar a temperatures superiors a 600 °C, que és el màxim que tolera aquest sensor en particular. En aquestes condicions, els RTD ofereixen una alta precisió i excel·lent repetibilitat, el qual permet un control més ajustat de les condicions d'operació i una millor resposta del sistema de control enfront de possibles desviacions.

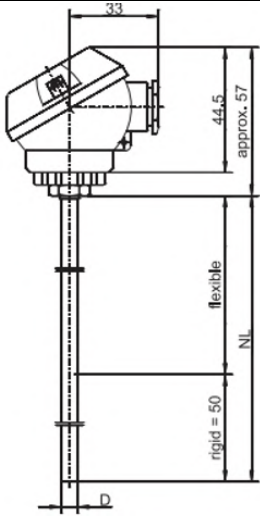
A més, els sensors RTD presenten una gran estabilitat a llarg termini, un aspecte especialment rellevant en processos continus, i permet minimitzar tasques de calibratge o substitució freqüent. Aquesta fiabilitat afavoreix l'operació sostinguda de la planta i redueix la necessitat d'intervencions correctives no programades.

Un altre aspecte important és la seva compatibilitat amb els sistemes de control automàtic emprats a la planta, ja que els RTD s'integren fàcilment en arquitectures modernes d'adquisició i gestió de dades, que permet monitoratge a temps real i un diagnòstic precís del comportament tèrmic en diverses zones del procés.

A més, amb la finalitat de garantir una transmissió fiable del senyal i una correcta integració amb el sistema de control distribuït de la planta, s'ha optat per afegir un transmissor al sensor RTD seleccionat. Aquest transmissor es col·loca directament en el capçal del sensor i converteix el senyal de resistència de l'element en un senyal analògic de 4-20 mA. Aquesta decisió respon principalment a la necessitat de minimitzar les interferències electromagnètiques i assegurar la integritat del senyal al llarg dels trajectes de cable, especialment rellevants en una planta química on els sensors solen allunyats dels sistemes d'automatització. A més, la sortida en corrent permet una integració directa amb els controladors de la instal·lació, simplificant l'arquitectura del sistema d'instrumentació.

A continuació es presenta el full d'especificacions del sensor de temperatura escollit.

	Full 1 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Sensor de Temperatura	Data	20/04/2025
	Àrea	100, 200, 300, 400, 500, 600	Revisió	17/05/2025
IDENTIFICACIÓ				
Variable mesurada	Temperatura			
Ítem ID	TE			
Fluid	Fluid de procés			
Estat	Líquid i vapor			
CONDICIONS DE SERVEI				
	MÍNIMA		MÀXIMA	
Temperatura (°C)	-15		400	
Pressió (bar)	0,5		15	
DADES D'OPERACIÓ				
Rang de mesura	-50 / 600 °C			
Precisió	Classe B segons DIN EN 60751			
Senyal de sortida	4 - 20 mA			
Alimentació	24 V DC			
Temps de resposta	11,5 s			
Calibrat	Sí			
Transmissor integrat	Sí			
DADES DE CONSTRUCCIÓ I INSTAL·LACIÓ				
Tipus de sensor	RTD			
Connexió al procés	Racor rosct G1/2" DIN 3852			
Material del cos	Alumini pintat			
Material de la sonda	Acer Inoxidable 316L			
Temperatura mínima (°C)	-50			
Temperatura màxima (°C)	600			
Pressió màxima (bar)	40			
Protecció	IP65 amb capçal B			
Certificacions	ATEX, CE, RoHS			
Posició	Horitzontal i vertical			
Empresa	JUMO			
Model	JUMO 902230 amb transmissor dTRANS T01			

	Full 2 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Sensor de Temperatura	Data	20/04/2025
	Àrees	100, 200, 300, 400, 500, 600	Revisió	17/05/2025
ESQUEMA				
				

3.3.1.2. Pressió

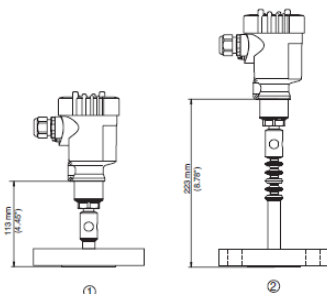
Per a la mesura i control de la pressió en les diferents etapes del procés de producció de MDI, s'ha optat per una estratègia basada en la combinació de diferents tipus de sensors, seleccionats en funció de les condicions d'operació, els requisits de precisió i la naturalesa del medi de procés.

Com a solució estàndard per a la majoria de les línies de procés s'utilitzaran sensors de pressió piezoresistiu. Aquest tipus de sensors ofereixen una bona relació entre costos, precisió i la fiabilitat i resulta especialment adequat per al monitoratge de pressió en corrents poc agressius. La seva integració en el sistema de control és senzilla i permet una lectura continua i estable del valor de pressió.

	Full 1 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Sensor de Pressió	Data	20/04/2025
	Àrees	100, 200, 300, 400, 500, 600	Revisió	17/05/2025
IDENTIFICACIÓ				
Variable mesurada	Pressió relativa			
Ítem ID	PE			
Fluid	Fluid de procés i líquids tèrmics			
Estat	Líquid i vapor			
CONDICIONS DE SERVEI				
	MÍNIMA		MÀXIMA	
Temperatura (°C)	-15		400	
Pressió (bar)	0,5		15	

	Full 2 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Sensor de Pressió	Data	20/04/2025
	Àrees	100, 200, 300, 400, 500, 600	Revisió	17/05/2025
DADES D'OPERACIÓ				
Rang de mesura	0 - 600 bars			
Precisió	< ± 0,5%-FS			
Senyal de sortida	4 - 20 mA			
Alimentació	24 V DC			
Temps de resposta	< 10 ms			
Calibrat	Sí			
Transmissor integrat	Sí			
DADES DE CONSTRUCCIÓ I INSTAL·LACIÓ				
Tipus de sensor	Piezoresistiu			
Connexió al procés	M20x1,5			
Material del cos	Acer Inoxidable 304			
Material de la sonda	Acer Inoxidable 316L			
Temperatura mínima (°C)	-50			
Temperatura màxima (°C)	450			
Pressió màxima (bar)	600			
Protecció	IP65/67			
Certificacions	CE, ISO9001, RoHS			
Posició	Horitzontal i vertical			
Empresa	SUPMEA			
Model	SUP-P300G			
ESQUEMA				
				

En seccions de la planta on intervé fosgen, un compost més tòxic i corrosius, es requereix un nivell superior de seguretat i resistència química. Per a aquestes zones, s'ha seleccionat l'ús de transmissors de pressió amb segell separador, que incorpora una membrana d'aïllament i un sistema de transmissió hidràulica a través d'un fluid intermedi compatible amb el medi. Aquesta configuració impedeix el contacte directe del sensor amb el fosgen, garantint la seguretat operativa i la durabilitat de l'instrument en entorns agressius. A més, els transmissors inclouen certificació ATEX, la qual cosa els fa aptes per al seu ús en zones classificades.

	Full 1 d'1		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Sensor de Pressió	Data	20/04/2025
	Àrees	100, 200, 300, 400, 500, 600	Revisió	17/05/2025
IDENTIFICACIÓ				
Variable mesurada	Pressió relativa			
Ítem ID	PE			
Fluid	Fluid de procés i líquids tèrmics			
Estat	Líquid i vapor			
CONDICIONS DE SERVEI				
	MÍNIMA		MÀXIMA	
Temperatura (°C)	-15		400	
Pressió (bar)	0,5		15	
DADES D'OPERACIÓ				
Rang de mesura	0 - 100 bars			
Precisió	< ± 0,1% FS			
Senyal de sortida	4 - 20 mA			
Alimentació	12/35V DC			
Temps de resposta	< 0,5 s			
Calibrat	Sí			
Transmissor integrat	Sí			
DADES DE CONSTRUCCIÓ I INSTAL·LACIÓ				
Tipus de sensor	Segell separat			
Connexió al procés	Brida DIN 2501			
Material del cos	Acer Inoxidable 316L			
Material de la sonda	Tàntal			
Temperatura mínima (°C)	-40			
Temperatura màxima (°C)	400			
Pressió màxima (bar)	100			
Protecció	IP66/68, SIL2/3			
Certificacions	ATEX, IEx, FDA, etc.			
Posició	Horitzontal i vertical			
Empresa	VEGA			
Model	VEGABAR 81 amb segell remot			
ESQUEMA				
				

Finalment, en les columnes de destil·lació i els bescanviadors de calor s'utilitzaran sensors diferencials capacitius. Aquests ofereixen una alta sensibilitat i estabilitat a llarg termini, provocant que siguin una eina òptima per a la supervisió de l'equilibri d'operació en columnes, el diagnòstic d'obstruccions o la detecció de variacions durant la destil·lació.

	Full 1 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Sensor de Pressió	Data	20/04/2025
	Àrees	200, 300, 400, 500	Revisió	17/05/2025
IDENTIFICACIÓ				
Variable mesurada	Diferencial de pressió			
Ítem ID	DPE			
Fluid	Fluid de procés			
Estat	Líquid i vapor			
CONDICIONS DE SERVEI				
	MÍNIMA		MÀXIMA	
Temperatura (°C)	-15		400	
Pressió (bar)	0,5		15	
DADES D'OPERACIÓ				
Rang de mesura	0 - 100 bars			
Precisió	< ± 0,065%-FS			
Senyal de sortida	4 - 20 mA			
Alimentació	10,5/45 V DC			
Temps de resposta	< 0,1 s			
Calibrat	Sí			
Transmissor integrat	Sí			
DADES DE CONSTRUCCIÓ I INSTAL·LACIÓ				
Tipus de sensor	Pressió diferencial capacitiu			
Connexió al procés	Brida estàndard			
Material del cos	Acer Inoxidable 316L			
Material de la sonda	Hastelloy-C			
Temperatura mínima (°C)	-40			
Temperatura màxima (°C)	420			
Pressió màxima (bar)	100			
Protecció	IP66/67/68			
Certificacions	ATEX, ICEx, SIL2/3, CE,etc.			
Posició	Horitzontal i vertical			
Empresa	Fuji Electric			
Model	FKC - sèrie FCX - AIV			

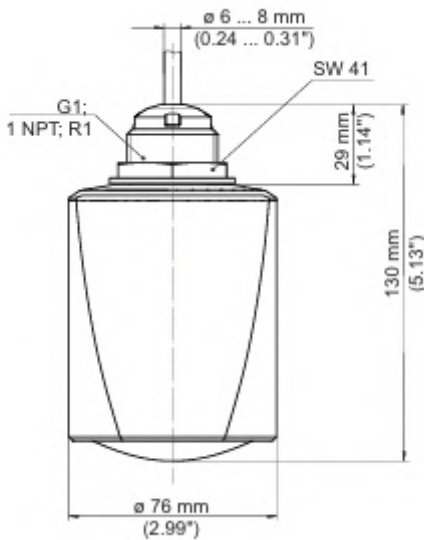
	Full 2 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Sensor de Pressió	Data	20/04/2025
	Àrees	200, 300, 400, 500	Revisió	17/05/2025
ESQUEMA				
				

3.3.1.3. Nivell

Pel control de nivell dels diferents tancs i equips de la planta, s'ha escollit un sensor de nivell de radar. Aquest tipus de sensor ha estat escollit degut a la seva capacitat per a proporcionar mesures precises i confiables en condicions exigents, especialment en entorns on es presenten substàncies químiques altament reactives i perilloses, com el fosgen o el clorobenzè.

Una de les principals raons per les quals s'ha optat per aquesta tecnologia és el seu principi de mesura sense contacte, la qual cosa elimina el risc de contaminació o corrosió del sensor pel contacte directe amb els productes químics. Aquesta característica és crucial on les substàncies manipulades poden ser agressives o perilloses. En concret la tecnologia que empra el sensor seleccionat es de radar FMCW (amb modulació per ona contínua en freqüència), que ofereix una alta precisió i estabilitat. A més, la seva capacitat per mesurar en rangs de fins a 30 metres ho fa adequat per a les aplicacions en els tancs que presentats en la planta de producció de MDI.

	Full 1 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Sensor de Nivell	Data	20/04/2025
	Àrees	100, 400, 600	Revisió	17/05/2025
IDENTIFICACIÓ				
Variable mesurada	Nivell			
Ítem ID	LE			
Fluid	Fluid de procés			
Estat	Líquid			
CONDICIONS DE SERVEI				
	MÍNIMA		MÀXIMA	
Temperatura (°C)	-15		400	
Pressió (bar)	0,5		15	

	Full 2 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Sensor de Nivell	Data	20/04/2025
	Àrees	100, 400, 600	Revisió	17/05/2025
DADES D'OPERACIÓ				
Rang de mesura	0 - 30 m			
Precisió	± 1 mm			
Senyal de sortida	4 - 20 mA			
Alimentació	9,6/35 V DC			
Temps de resposta	< 1 s			
Calibrat	Sí			
Transmissor integrat	Sí			
DADES DE CONSTRUCCIÓ I INSTAL·LACIÓ				
Tipus de sensor	Radar separat amb tecnologia de 80 GHz			
Connexió al procés	Rosca 1 1/2"			
Material del cos	Acer Inoxidable 316L			
Material de la sonda	PTFE (zona de contacte)			
Temperatura mínima (°C)	-40			
Temperatura màxima (°C)	400			
Pressió màxima (bar)	30			
Protecció	IP66/68			
Certificacions	ATEX, ICEX, SIL2, CE, FDA			
Posició	A la part superior dels dipòsits			
Empresa	VEGA			
Model	VEGAPULS 84			
ESQUEMA				
				

3.3.1.4. Cabal

Donat el caràcter crític de les substàncies manipulades és de vital importància seleccionar sensors de cabal que ofereixin una alta precisió, resistència química i fiabilitat en condicions extremes. A més, s'han de considerar les variacions de densitat i viscositat dels fluids perquè poden influir en les mesures.

Per a aquesta aplicació, s'ha seleccionat un sensor de caudal Coriolis d'última generació, que ofereix una solució precisa, fiable i robusta per mesurar el caudal màssic i volumètric dels reactius i productes en el procés de producció. El sensor utilitza el principi de mesura Coriolis, reconegut per la seva alta precisió en la mesura de cabals màssics, independentment de les propietats del fluid. En mesurar el cabal de massa, el sensor també pot calcular el caudal volumètric, convertint-se en una opció versàtil per a diverses aplicacions industrials.

Un dels principals avantatges d'aquest sensor és la seva capacitat per mesurar amb alta precisió líquids amb característiques complexes, com els reactius químics utilitzats a la planta, compostos agressius i potencialment perillosos, fet que requereix un sensor resistent a la corrosió i a les condicions extremes de temperatura i pressió, la seva capacitat per operar a rangs de temperatura de fins a +200 °C i pressions de fins a 100 bars garanteix el seu funcionament fiable en diverses condicions operatives.

L'elecció del sensor es basa, per tant, en la seva capacitat per proporcionar mesuraments precisos, sense dependre de les característiques del fluid, la seva resistència a condicions severes d'operació i la seva fiabilitat en entorns industrials exigents. Aquestes característiques són fonamentals per mantenir el control i la seguretat en el procés de producció contínua de MDI, garantint tant la qualitat del producte final com la seguretat dels operadors i la planta en general.

	Full 1 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Sensor de Cabal	Data	20/04/2025
	Àrees	200, 300, 400, 500	Revisió	17/05/2025
IDENTIFICACIÓ				
Variable mesurada	Cabal màssic i volumètric			
Ítem ID	FE			
Fluid	Fluid de procés i líquids tèrmics			
Estat	Líquid i vapor			
CONDICIONS DE SERVEI				
	MÍNIMA		MÀXIMA	
Temperatura (°C)	-15		400	
Pressió (bar)	0,5		15	

	Full 2 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Sensor de Cabal	Data	20/04/2025
	Àrees	200, 300, 400, 500	Revisió	17/05/2025
DADES D'OPERACIÓ				
Rang de mesura	0 – 70.000 kg/h			
Precisió	Cabal màssic (líquid) ±0,10%			
	Cabal volumètric (líquid) ±0,10%			
	Cabal màssic (gas) ±0,10%			
Senyal de sortida	4-20 mA			
Alimentació	24 V DC			
Temps de resposta	< 500 ms			
Calibrat	Sí			
Transmissor integrat	Sí			
DADES DE CONSTRUCCIÓ I INSTAL·LACIÓ				
Tipus de sensor	Cabalímetre Coriolis de tub únic			
Connexió al procés	Brida estàndard			
Material del cos	Acer Inoxidable 316L			
Material de la sonda	Tàntal 2,5 W			
Temperatura mínima (°C)	-50			
Temperatura màxima (°C)	400			
Pressió màxima (bar)	40			
Protecció	IP66/67			
Certificacions	ATEX, IECEx, SIL, FDA, EHEDG			
Posició	Horitzontal i vertical			
Empresa	Endress+Hauser			
Model	Proline Promass H 500 (8H5B)			
ESQUEMA				
				

3.3.1.5. Concentració

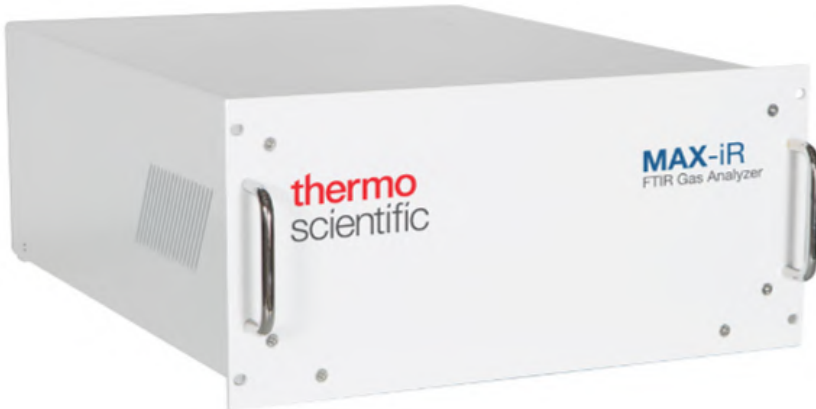
Per al monitoratge de la concentració de determinats compostos químics presents en diversos punts crítics del procés, s'ha optat per la tecnologia d'espectroscòpia infraroja per transformada de Fourier (FTIR). Aquesta tècnica analítica es basa en la interacció de la radiació infraroja amb la matèria, mesurant l'absorció de l'energia a diferents longituds d'ona. Com que cada molècula presenta un patró d'absorció únic en l'espectre IR, la tecnologia FTIR

permet tant la identificació com la quantificació simultània de múltiples compostos dins d'una mateixa mostra.

Aquesta capacitat multicomponent fa que sigui especialment útil en entorns industrials com una planta de producció de MDI, on és necessari controlar substàncies com HCl, isocianats o compostos orgànics volàtils presents en fase gasosa o líquida. La tecnologia FTIR destaca per la seva elevada sensibilitat i especificitat, així com per la rapidesa en la resposta, cosa que permet mesures contínues en línia o a través de sistemes de mostreig dedicats. A més, no requereix reactius químics, cosa que redueix els costos operatius i el manteniment.

Un altre avantatge rellevant és la seva versatilitat: el mateix equip pot adaptar-se a diferents condicions del procés, sigui mitjançant cèl·lules d'anàlisi específiques o configuracions òptiques que permeten treballar amb gasos o líquids. Aquesta flexibilitat, combinada amb la possibilitat d'integració amb els sistemes de control i automatització de planta, converteix els sensors FTIR en una solució molt eficient i robusta per al control analític de processos químics complexos com el que es desenvolupa en la producció de MDI.

	Full 1 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Sensor de Concentració	Data	20/04/2025
	Àrees	200, 300	Revisió	17/05/2025
IDENTIFICACIÓ				
Variable mesurada	Concentració			
Ítem ID	CE			
Fluid	Fluid de procés			
Estat	Líquid i vapor			
CONDICIONS DE SERVEI				
	MÍNIMA		MÀXIMA	
Temperatura (°C)	-15		400	
Pressió (bar)	0,5		15	
DADES D'OPERACIÓ				
Rang de mesura	0-2000 ppm			
Precisió	± 2%			
Senyal de sortida	4-20 mA			
Alimentació	100/240 V AC			
Temps de resposta	< 1 s			
Calibrat	Sí			
Transmissor integrat	Sí			
DADES DE CONSTRUCCIÓ I INSTAL·LACIÓ				
Tipus de sensor	Cèl·lula d'anàlisi amb interfície de mostreig modular per infrarojos			
Connexió al procés	Bypass			
Material del cos	Acer inoxidable			
Material de la sonda	Inox (zona de contacte)			
Temperatura mínima (°C)	-50			
Temperatura màxima (°C)	400			

	Full 2 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Sensor de Concentració	Data	20/04/2025
	Àrees	200, 300	Revisió	17/05/2025
Pressió màxima (bar)	20			
Protecció	IP65			
Certificacions	ATEX, CE, IECEx, SIL2/3			
Posició	-			
Empresa	Thermo Fisher Scientific			
Model	MAX-iR FTIR			
ESQUEMA				
				

3.3.2. Elements de control

3.3.2.1. Controladors PLC

Els controladors s'encarreguen de comparar la variable controlada amb el setpoint per tal d'enviar una ordre a l'element final, que provocarà canvis en la variable manipulada per ajustar la variable controlada al valor desitjat.

El tipus de controlador escollit per la planta és el PLC (Programmable Logic Controller), que presenta un ús molt estès en la indústria química. Permeten controlar processos industrials i també recopilar dades dels sistemes controlats.

Els PLC requereixen una font d'alimentació per poder funcionar. Aquests disposen de la unitat central de processament, que s'encarrega d'executar el programa emmagatzemat, i processa els senyals d'entrada per determinar els senyals de sortida.

Els controladors poden tenir dos tipus de sortides:

- Analògiques. Serà una sortida elèctrica contínua que anirà de 4-20 mA. La sortida del controlador pot ser qualsevol valor dins d'aquest rang. S'utilitza quan es requereix un control precís d'alguna variable del procés. Per tant, aquest tipus de sortida presenta capacitat de regulació.

- Digitals. La sortida només podrà presentar dos estats, encesa o apagada. És per això que es tracta d'un senyal binari, on només són possibles dos estats. Per tant, aquest tipus de sortida no presenta capacitat de regulació.

Un exemple d'un llaç de control que requereix una sortida analògica és el de control de la temperatura del reactor, ja que l'objectiu serà poder regular el cabal de refrigerant que circula per la camisa, en funció de les necessitats de calor de cada moment. No seria eficient disposar d'una sortida digital, perquè el reactor necessita un control precís per mantenir-se en un rang de temperatures molt definit, ja que les reaccions químiques poden ser molt sensibles a petites variacions de la temperatura. Una sortida digital provocaria oscil·lacions constants en la temperatura, en lloc de provocar un comportament estable d'aquesta.

En canvi, un llaç de control del nivell de líquid en un tanc d'emmagatzematge, quan aquest s'emplena, sí que seria adequat disposar d'una sortida digital. Quan no es requereix un control precís, és millor instal·lar llaços de control més senzills i menys costosos.

En quant a les entrades del PLC, es comporten de mateixa forma que les sortides. Hi ha senyals d'entrada analògiques i senyals d'entrada digitals. Els transmissors de temperatura, pH, pressió acostumen transmetre senyals analògics al PLC. En canvi, els relés d'alarma envien senyals digitals al PLC.

3.3.2.2. SCADA

Els PLC acostumen a estar integrats en sistemes SCADA, un software que s'instal·la en els ordinadors, i que actua com a interfície persona-màquina. Això permet veure als treballadors visualitzar el que està passant en una planta des d'un ordinador o algun altre dispositiu, i en cas de necessitat, controlar el procés.

El funcionament d'un sistema SCADA és el següent:

1. Al PLC arriba un senyal d'entrada a partir dels sensors i dels transmissors.
2. El PLC transforma les dades que li arriben pel senyal a un format que pugui ser utilitzat pel software.
3. Per tal que es rebin i s'emmagatzemin les dades des del PLC, es requereix una xarxa de comunicació, com per exemple l'Ethernet. Aquest permet connectar els dispositius d'un sistema SCADA dins una xarxa local.
4. Els usuaris poden accedir a les dades a partir d'un sistema de supervisió. D'aquesta forma els treballadors poden interactuar amb els diferents equips del procés, visualitzar dades del procés i emmagatzemar-les, enregistrar tendències... El sistema de supervisió està ubicat en una sala de control.

A més, també es pot disposar de connexió als HMI a través de Wi-Fi, per tal que els operaris del procés puguin ajustar paràmetres des de planta o veure dades en temps real d'un equip concret. Per tant, els HMI estan ubicats en camp.

En la *Figura 3.3.1* es pot veure un esquema de com estan connectats entre si els diferents elements d'un sistema SCADA.

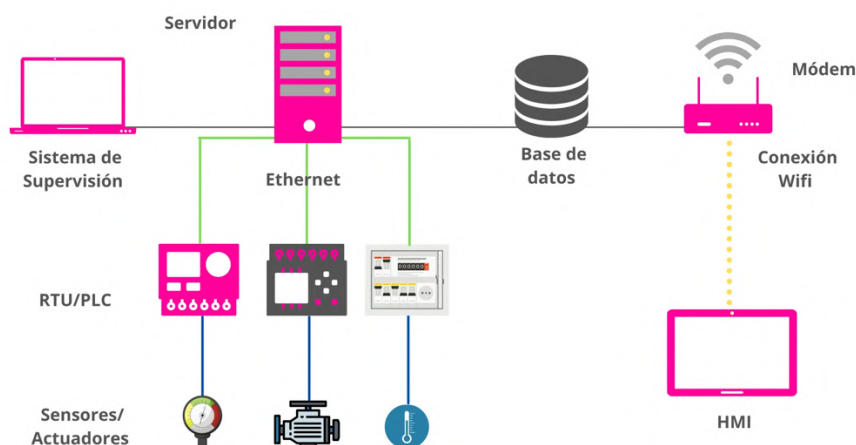


Figura 3.3.1. Esquema dels diferents elements que conformen un sistema SCADA.

3.3.3. Elements finals

Els elements finals són dispositius que permeten produir variacions sobre la variable manipulada, per tal de produir les variacions desitjades sobre la variable controlada, i que aquesta assoleixi el valor del setpoint.

Els tipus d'elements finals es poden classificar en dos grans grups:

- Les vàlvules. Aquestes actuen directament sobre el cabal, però alhora permeten produir variacions en altres variables que es volen controlar, com la pressió o el diferencial de pressió, la temperatura, la concentració i el nivell de líquid del tanc.
- Els variadors de freqüència. Aquest tipus d'elements finals s'utilitzen en compressors, en bombes, en ventiladors i en agitadors. Són un tipus de dispositiu electrònic que controlen la velocitat dels motors elèctrics. Això ho aconseguixen provocant una variació en la freqüència i el voltatge del corrent elèctric que els alimenta.

També són importants els transductors I/P, que encara que no són elements finals, són elements indispensables en un llaç de control, i es troben ubicats entre el controlador i l'element final.

3.3.3.1. Posicionadors, transductors I/P

Al seu torn, també sol haver-hi un posicionador, que és el que rep el senyal del controlador i li diu a l'actuador com s'ha de moure. A més, aquest posicionador s'encarrega de verificar la posició en la vàlvula per comparar-la amb la desitjada i ajusta el senyal de l'actuador si s'ha de corregir la posició.

Com a alternativa al posicionador, també es pot disposar de transductors I/P, que s'encarreguen de transformar una entrada de corrent entre 4 i 20 mA en una pressió de sortida pneumàtica proporcional, que farà moure l'actuador. Aquests s'encarreguen de transformar una senyal elèctrica en una senyal pneumàtica. El transductor present en la planta MDIchem es pot veure a continuació.

	Full 1 d'1		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Transductor I/P	Data	22/04/2025
	Àrees	100, 200, 300, 400, 500, 600	Revisió	25/05/2025
IDENTIFICACIÓ				
Ítem ID	TY, FY, PY, CY, LY, DPY			
DADES D'OPERACIÓ				
Senyal d'entrada	4-20 mA			
Rang de sortida	0,2 - 1 bar			
Precisió	0,10%			
Alimentació	24 V DC			
Temps de resposta	< 10 ms			
Calibrat	Sí			
DADES DE FABRICACIÓ				
Material	Alumini anonitzat			
Mesures	120x60x60 mm			
Pes	0,5 kg			
Certificacions	CE, ATEX			
Empresa	Fairchild			
Model	T9000			
ESQUEMA				
				

3.3.3.2. Vàlvules i actuadors

Les vàlvules poden presentar dos modes d'operació:

- On/Off. En aquest tipus d'operació, les vàlvules presenten únicament dues posicions, oberta o tancada. Aquest mode d'operació serveix principalment per sistemes de seguretat en el qual podria ser necessari tallar el flux ràpidament, en els processos de descàrrega o càrrega de determinats tancs, en processos que no requereixen un sistema de control exhaustiu i que són bastant senzills...
- Regulació. En aquest tipus d'operació les vàlvules busquen un control precís del cabal dins d'un rang ampli de possibles cabals, ja que poden estar completament obertes o tancades, però també presenten posicions intermèdies. Aquest mode d'operació permet fer un control més fi i acurat, quan les variables requereixen un control més precís per temes de seguretat o qualitat.

En la *Taula 3.3.1* es pot veure els tipus de vàlvules de control que formen part dels diferents llaços de la planta, i el mode d'operació que presenten.

Taula 3.3.1. Tipus de vàlvules presents en el llaços de control de la planta i mode d'operació que presenten

Llaç de control	Vàlvula	Mode d'operació
Nivell dels tancs d'emmagatzematge	Vàlvula de bola amb actuator	On/Off
Temperatura dels tancs d'emmagatzematge	Vàlvula de globus amb actuator	Regulació
Pressió dels tancs d'emmagatzematge	Vàlvula de globus amb actuator	Regulació
Temperatura en el mixer d'MDA i clorobenzè	Vàlvula de globus amb actuator	Regulació
Pressió en el mixer d'MDA i clorobenzè	Vàlvula de globus amb actuator	Regulació
Cabals d'entrada al mixer d'MDA i clorobenzè	Vàlvula de globus amb actuator	Regulació
Cabals d'entrada als mixer de fosgen i clorobenzè	Vàlvula de globus amb actuator	Regulació
Pressió en els mixer de fosgen i clorobenzè	Vàlvula de globus amb actuator	Regulació

Llaç de control	Vàlvula	Mode d'operació
Temperatura de sortida dels bescanviadors de calor	Vàlvula de papallona amb actuador	Regulació
Diferència de pressió entre tubs i carcassa dels bescanviadors de calor	Vàlvula de papallona amb actuador	Regulació
Temperatura en el reactor	Vàlvula de papallona amb actuador	Regulació
Concentració a la sortida del reactor	Vàlvula de globus amb actuador	Regulació
Pressió a l'interior del reactor	Vàlvula de papallona amb actuador	Regulació
Nivell de líquid a cues de les columnes de destil·lació	Vàlvula de papallona amb actuador	Regulació
Diferencial de pressió en les columnes de destil·lació i qualitat del producte per cues	Vàlvula de papallona amb actuador	Regulació
Temperatura a caps de les columnes de destil·lació	Vàlvula de papallona amb actuador	Regulació

En indústria i processos a gran escala, és molt comú que les vàlvules presentin un actuador. Aquest permet que el moviment de les vàlvules no requereixi un esforç manual, i que aquestes es puguin controlar de forma remota. D'aquesta forma es guanya en aspectes d'eficiència al poder tenir un control més precís i de seguretat.

El tipus d'actuador que millor funcionarà en la planta serà un actuador pneumàtic, el qual funciona amb aire comprimit. L'energia de l'aire comprimit es pot convertir en energia mecànica i es poden moure les vàlvules. L'aire comprimit que circula per l'actuador fa possible el moviment d'aquest, i al seu torn, de la vàlvula. El senyal d'entrada que rep l'actuador pneumàtic és una pressió de l'aire, el qual envia el transductor I/P.

Es descarta un actuador elèctric, ja que els pneumàtics són més fàcils de mantenir. Els elèctrics s'acostumen a utilitzar molt més en el sector de la química fina. A més, els

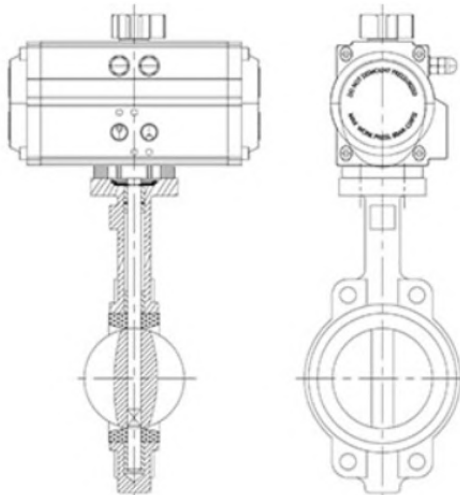
pneumàtics poden estar més hores continuades treballant, a diferència dels elèctrics, que poden requerir moltes més pauses per sobreescalfament de l'equip.

A continuació es presenten les fulles d'especificacions de les tres vàlvules escollides, amb els actuadors corresponents.

	Full 1 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Vàlvula de bola	Data	22/04/2025
	Àrees	100, 600	Revisió	25/05/2025
IDENTIFICACIÓ				
Ítem ID	VBC			
Fluid	Fluid de procés			
Estat	Líquid			
CONDICIONS DE SERVEI				
	MÍNIMA		MÀXIMA	
Temperatura (°C)	-15		400	
Pressió (bar)	0,5		15	
DADES D'OPERACIÓ				
Característica	Regulació			
Actuador	Sí			
Posició de fallada	Tancada			
Final de carrera	No			
Posició manual	Sí			
DADES DE CONSTRUCCIÓ I INSTAL·LACIÓ				
Tipus	Vàlvula de bola de pas total			
Pressió nominal (bar)	16			
Material del cos	Acer Inoxidable AISI 316			
Material de la bola	Acer Inoxidable AISI 316			
Material dels seients	PTFE			
Connexions	Brides EN 1092-1			
Rang de temperatura (°C)	-20 / 180			
Posició	Vertical			
Empresa	KTN			
Model	KTN SAT PENTA			
DADES DE L'ACTUADOR				
Tipus	Actuador pneumàtic (diafragma de doble efecte)			
Alimentació	24 V DC			
Par de sortida	50 Nm			
Grau de protecció	IP67			
Senyal de control	4 - 20 mA			

	Full 2 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Vàlvula de bola	Data	22/04/2025
	Àrees	100, 600	Revisió	25/05/2025
ESQUEMA				
				

	Full 1 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Vàlvula de papallona	Data	22/04/2025
	Àrees	200, 300, 400, 500	Revisió	25/05/2025
IDENTIFICACIÓ				
Ítem ID	VPC			
Fluid	Fluid de procés			
Estat	Líquid i vapor			
CONDICIONS DE SERVEI				
	MÍNIMA		MÀXIMA	
Temperatura (°C)	-15		400	
Pressió (bar)	0,5		15	
DADES D'OPERACIÓ				
Característica	Regulació			
Actuador	Sí			
Posició de fallada	Tancada			
Final de carrera	No			
Posició manual	Sí			
DADES DE CONSTRUCCIÓ I INSTAL·LACIÓ				
Tipus	Vàlvula de papallona tipus wafer			
Pressió nominal (bar)	16			
Material del cos	Ferro fos			
Material de la bola	Acer Inoxidable AISI 316			
Material dels seients	EPDM			
Connexions	Brides EN 1092-1			
Rang de temperatura (°C)	-50 / 200			
Posició	Vertical			
Empresa	ATUSA Group			
Model	A910			

	Full 2 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Vàlvula de papallona	Data	22/04/2025
	Àrees	200, 300, 400, 500	Revisió	25/05/2025
DADES DE L'ACTUADOR				
Tipus	Actuador pneumàtic (diafragma de doble efecte)			
Alimentació	24 V DC			
Par de sortida	50 Nm			
Grau de protecció	IP67			
Senyal de control	4 - 20 mA			
ESQUEMA				
				

	Full 1 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Vàlvula de globus	Data	22/04/2025
	Àrees	100, 200, 300, 600	Revisió	25/05/2025
IDENTIFICACIÓ				
Ítem ID	VGC			
Fluid	Fluid de procés			
Estat	Líquid i vapor			
CONDICIONS DE SERVEI				
	MÍNIMA		MÀXIMA	
Temperatura (°C)	-15		400	
Pressió (bar)	0,5		15	
DADES D'OPERACIÓ				
Característica	Regulació			
Actuador	Sí			
Posició de fallada	Tancada			
Final de carrera	No			
Posició manual	Sí			

	Full 2 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Vàlvula de globus	Data	22/04/2025
	Àrees	100, 200, 300, 600	Revisió	25/05/2025
DADES DE CONSTRUCCIÓ I INSTAL·LACIÓ				
Tipus	Vàlvula de globus de seient simple			
Pressió nominal (bar)	64			
Material del cos	Acer Inoxidable AISI 316			
Material de la bola	Acer Inoxidable AISI 316			
Material dels seients	PTFE			
Connexions	Brides EN 1092-1			
Rang de temperatura (°C)	-196 / 566			
Posició	Vertical			
Empresa	VINCER			
Model	VPC-SS			
DADES DE L'ACTUADOR				
Tipus	Actuador pneumàtic (diafragma de doble efecte)			
Alimentació	24 V DC			
Par de sortida	50 Nm			
Grau de protecció	IP67			
Senyal de control	4 - 20 mA			
ESQUEMA				
				

3.3.3.3. Variadors de freqüència

Un variador de freqüència és un dispositiu que s'ubica entre una font d'alimentació elèctrica i un motor elèctric, i que provoca variacions en la freqüència de sortida per controlar la velocitat del motor.

Aquests permeten reduir l'ús mecànic dels equips i allargar la seva vida útil, al mateix temps que permeten aconseguir un estalvi energètic, ja que ajusten la velocitat del motor a la demanda real del procés.

En aquest cas, el variador de freqüència present en la planta és el que es pot veure a continuació.

	Full 1 d'1		FULL D'ESPECIFICACIONS	
	Ítem	Variador de freqüència	Data	22/04/2025
	Àrea	200	Revisió	25/05/2025
IDENTIFICACIÓ				
Ítem ID	VFD			
DADES D'OPERACIÓ				
Potència del motor	55-75 kW			
Voltatge d'entrada	380-500 VAC (trifàsic)			
Corrent nominal	96/118 A			
Mètode de refrigeració	Aire forçat			
Calibrat	Sí			
DADES DE FABRICACIÓ				
Mesures	700x300x300 mm			
Pes	45 kg			
Protecció	IP20/21/55			
Empresa	ABB			
Model	ACS880-01			
ESQUEMA				
				

3.4. Llistat dels llaços de control de la planta

A continuació es presenten taules amb el llistat de llaços de control per àrees. En cadascuna d'aquestes taules apareixen la nomenclatura dels equips i dels llaços de control, la variable manipulada i la variable controlada, l'element primari i el secundari i la configuració. L'element primari fa referència a l'instrument del llaç de control que s'encarrega de mesurar la variable controlada del procés, i l'element secundari a l'instrument del llaç que actua físicament sobre el procés una vegada s'obté la sortida del controlador.

3.4.1. Emmagatzematge de les matèries primeres (A-100)

	Full 1 de 3			LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL		
	Àrea planta	A-100		Data	17/04/2025	
				Revisió	25/05/2025	
Nomenclatura equip	Nomenclatura llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element secundari	Configuració
TE-101	L-TE101-1	Nivell del tanc d'emmagatzematge	Cabal d'entrada i sortida del tanc	LSL-TE101-1 i LSH-TE101-1	LCV-TE101-1 i LCV-TE101-2	Seqüencial digital
	T-TE101-1	Temperatura del tanc d'emmagatzematge	Cabal de refrigerant	TE-TE101-1	TCV-TE101-1	Feedback
	P-TE101-1	Pressió a l'interior del tanc d'emmagatzematge	Entrada de nitrogen i sortida de gas	PE-T101-1	PCV-TE101-1, PCV-TE101-2	Feedback
TE-102	L-TE102-2	Nivell del tanc d'emmagatzematge	Cabal d'entrada i sortida del tanc	LSL-TE102-1 i LSH-TE102-1	LCV-TE102-1 i LCV-TE102-2	Seqüencial digital
	T-TE102-2	Temperatura del tanc d'emmagatzematge	Cabal de refrigerant	TE-TE102-1	TCV-TE102-1	Feedback
	P-TE102-2	Pressió a l'interior del tanc d'emmagatzematge	Entrada de nitrogen i sortida de gas	PE-T102-1	PCV-TE102-1, PCV-TE102-2	Feedback
TE-103	L-TE103-3	Nivell del tanc d'emmagatzematge	Cabal d'entrada i sortida del tanc	LSL-TE103-1 i LSH-TE103-1	LCV-TE103-1 i LCV-TE103-2	Seqüencial digital
	T-TE103-3	Temperatura del tanc d'emmagatzematge	Cabal de refrigerant	TE-TE103-1	TCV-TE103-1	Feedback
	P-TE103-3	Pressió a l'interior del tanc d'emmagatzematge	Entrada de nitrogen i sortida de gas	PE-T103-1	PCV-TE103-1, PCV-TE103-2	Feedback

	Full 2 de 3			LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL		
	Àrea planta	A-100		Data	17/04/2025	
				Revisió	25/05/2025	
Nomenclatura equip	Nomenclatura llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element secundari	Configuració
TE-104	L-TE104-4	Nivell del tanc d'emmagatzematge	Cabal d'entrada i sortida del tanc	LSL-TE104-1 i LSH-TE104-1	LCV-TE104-1 i LCV-TE104-2	Seqüencial digital
	T-TE104-4	Temperatura del tanc d'emmagatzematge	Cabal de refrigerant	TE-TE104-1	TCV-TE104-1	Feedback
	P-TE104-4	Pressió a l'interior del tanc d'emmagatzematge	Entrada de nitrogen i sortida de gas	PE-T104-1	PCV-TE104-1, PCV-TE104-2	Feedback
TE-105	L-TE105-5	Nivell del tanc d'emmagatzematge	Cabal d'entrada i sortida del tanc	LSL-TE105-1 i LSH-TE105-1	LCV-TE105-1 i LCV-TE105-2	Seqüencial digital
	T-TE105-5	Temperatura del tanc d'emmagatzematge	Cabal de refrigerant	TE-TE105-1	TCV-TE105-1	Feedback
	P-TE105-5	Pressió a l'interior del tanc d'emmagatzematge	Entrada de nitrogen i sortida de gas	PE-T105-1	PCV-TE105-1, PCV-TE105-2	Feedback
TE-106	L-TE106-6	Nivell del tanc d'emmagatzematge	Cabal d'entrada i sortida del tanc	LSL-TE106-1 i LSH-TE106-1	LCV-TE106-1 i LCV-TE106-2	Seqüencial digital
	T-TE106-6	Temperatura del tanc d'emmagatzematge	Cabal de refrigerant	TE-TE106-1	TCV-TE106-1	Feedback
	P-TE106-6	Pressió a l'interior del tanc d'emmagatzematge	Entrada de nitrogen i sortida de gas	PE-T106-1	PCV-TE106-1, PCV-TE106-2	Feedback

	Full 3 de 3			LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL		
	Àrea planta	A-100		Data	17/04/2025	
				Revisió	25/05/2025	
Nomenclatura equip	Nomenclatura llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element secundari	Configuració
TE-107	L-TE107-7	Nivell del tanc d'emmagatzematge	Cabal d'entrada i sortida del tanc	LSL-TE107-1 i LSH-TE107-1	LCV-TE107-1 i LCV-TE107-2	Feedback
	P-TE107-7	Pressió a l'interior del tanc d'emmagatzematge	Entrada de nitrogen i sortida de gas	PE-T107-1	PCV-TE107-1, PCV-TE107-2	Feedback
TE-108	L-TE108-8	Nivell del tanc d'emmagatzematge	Cabal d'entrada i sortida del tanc	LSL-TE108-1 i LSH-TE108-1	LCV-TE108-1 i LCV-TE108-2	Feedback
	T-TE108-7	Temperatura del tanc d'emmagatzematge	Cabal de refrigerant	TE-TE108-1	TCV-TE108-1	Feedback
	P-TE108-8	Pressió a l'interior del tanc d'emmagatzematge	Entrada de nitrogen i sortida de gas	PE-T108-1	PCV-TE108-1, PCV-TE108-2	Feedback

3.4.2. Mescla i preparació per la reacció (A-200)

	Full 1 de 2			LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL		
	Àrea planta	A-200		Data	17/04/2025	
				Revisió	25/05/2025	
Nomenclatura equip	Nomenclatura llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element secundari	Configuració
M-201	T-M201-1	Temperatura a l'interior del mesclador	Cabal de fluid tèrmic	TE-M201-1	TCV-M201-1	Feedback
	P-M201-1	Pressió a l'interior del mesclador	Entrada de nitrogen i sortida de gas	PE-M201-1	PCV-M201-1, PCV-M201-2	Feedback
	C-M201-1	Concentració MDA al corrent de sortida	Velocitat d'agitació	CE-M201-1	VFD-M201-1	Feedback
	F-M201-1	Relació dels corrents d'entrada	Cabals d'entrada	FE-M201-1, FE-M201-2, FE-M202-3	FCV-M201-1, FCV-M201-2, FCV-M201-3	Ratio + Feedback
M-202 i M-203	P-M202-2	Pressió d'entrada al mesclador	Cabal de sortida del mesclador	PE-M202-1, PE-M202-2	PCV-M202-1	Feedback
	F-M202/203-2	Relació dels corrents d'entrada	Cabals d'entrada	FE-M202-1, FE-M202-2, FE-M203-1	FCV-M202-1, FCV-M202-2, FCV-M203-1	Ratio + Feedback

	Full 2 de 2			LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL		
	Àrea planta	A-200		Data	17/04/2025	
				Revisió	25/05/2025	
Nomenclatura equip	Nomenclatura llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element secundari	Configuració
M-202 i M-203	P-M203-3	Pressió d'entrada al mesclador	Cabal de sortida al mesclador	PE-M203-1	PCV-M203-1	Feedback
CN-201	T-CN201-2	Temperatura de sortida del fluid de procés	Cabal del fluid refrigerant	TE-CN201-1 i FE-BC201-1	TCV-CN201-1	Cascada
	DP-CN201-1	Diferencial de pressió entre carcassa i tubs	Pressió de sortida del fluid de tubs	DPE-CN201-1	DPCV-CN201-1	Feedback
BC-201	T-BC201-3	Temperatura de sortida del fluid de procés	Cabal del fluid tèrmic	TE-BC201-1 i FE-BC201-1	TCV-BC201-1	Cascada
	DP-BC201-2	Diferencial de pressió entre carcassa i tubs	Pressió de sortida del fluid de tubs	DPE-BC201-1	DPCV-BC201-1	Feedback
BC-202	T-BC202-4	Temperatura de sortida del fluid de procés	Cabal del fluid tèrmic	TE-BC202-1 i FE-BC202-1	TCV-BC202-1	Cascada
	DP-BC202-3	Diferencial de pressió entre carcassa i tubs	Pressió de sortida del fluid de tubs	DPE-BC202-1	DPCV-BC202-1	Feedback

3.4.3. Reacció (A-300)

	Full 1 de 2			LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL		
	Àrea planta	A-300		Data	17/04/2025	
				Revisió	25/05/2025	
Nomenclatura equip	Nomenclatura llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element secundari	Configuració
R-301	P-R301-1	Pressió al reactor	Cabal de sortida del reactor amb la vàlvula de contrapressió	PE-R301-1, PE-R301-2, PE-R301-3	PCV-R301-1	Feedback + Enclavament
	C-R301-1	Concentració MDI a la sortida del reactor	Relació cabals d'entrada	CE-R301-1	CCV-R301-1, CCV-R301-2	Feedback + Ratio
	T-R301-1	Temperatura de sortida del fluid de procés	Cabal del fluid refrigerant	TE-R301-1 i FE-R301-1	TCV-R301-1	Cascada
BC-301	T-BC301-2	Temperatura de sortida del fluid de procés	Cabal del fluid tèrmic	TE-BC301-1 i FE-BC301-1	TCV-BC301-1	Cascada
	DP-BC301-1	Diferencial de pressió entre carcassa i tubs	Pressió de sortida del fluid de tubs	DPE-BC301-1	DPCV-BC301-1	Feedback
E-301	T-E301-3	Temperatura de sortida del fluid de procés	Cabal del fluid tèrmic	TE-E301-1 i FE-E301-1	TCV-E301-1	Cascada

	Full 2 de 2			LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL		
	Àrea planta	A-300		Data	17/04/2025	
				Revisió	25/05/2025	
Nomenclatura equip	Nomenclatura llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element secundari	Configuració
E-301	DP-E301-2	Diferencial de pressió entre carcassa i tubs	Pressió de sortida del fluid de tubs	DPE- E301-1	DPCV-E301-1	Feedback

3.4.4. Separació del producte (A-400)

	Full 1 de 2			LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL		
	Àrea planta	A-400		Data	19/04/2025	
				Revisió	25/05/2025	
Nomenclatura equip	Nomenclatura llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element secundari	Configuració
CD-401	DP-CD401-1	Diferencial de pressió de la columna	Cabal del fluid tèrmic al reboiler	DPE-CD401-1, CE-CD401-1	DPCV-CD401-1	Override
	L-CD401-1	Nivell de líquid al fons de la columna	Cabal líquid de sortida per cues	LE-CD401-1	LCV-CD401-1	Feedback
	T-CD401-1	Temperatura a caps de la columna	Cabal de reflux	TE-CD401-1, FE-CD401-1	TCV-CD401-1	Cascada
CD-402	DP-CD402-2	Diferencial de pressió de la columna	Cabal del fluid tèrmic al reboiler	DPE-CD402-1, CE-CD402-1	DPCV-CD402-1	Override
	L-CD402-2	Nivell de líquid al fons de la columna	Cabal líquid de sortida per cues	LE-CD402-1	LCV-CD402-1	Feedback

	Full 2 de 2			LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL		
	Àrea planta	A-400		Data	19/04/2025	
				Revisió	25/05/2025	
Nomenclatura equip	Nomenclatura llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element secundari	Configuració
CD-402	T-CD402-2	Temperatura a caps de la columna	Cabal de reflux	TE-CD402-1, FE-CD402-1	TCV-CD402-1	Cascada
CD-403	DP-CD403-3	Diferencial de pressió de la columna	Cabal del fluid tèrmic al reboiler	DPE-CD403-1, CE-CD403-1	DPCV-CD403-1	Override
	L-CD403-3	Nivell de líquid al fons de la columna	Cabal líquid de sortida per cues	LE-CD403-1	LCV-CD403-1	Feedback
	T-CD403-3	Temperatura a caps de la columna	Cabal de reflux	TE-CD403-1, FE-CD403-1	TCV-CD403-1	Cascada
CN-403	T-CN403-4	Temperatura de sortida del fluid de procés	Cabal del fluid refrigerant	TE-CN403-1 i FE-CN403-1	TCV-CN403-1	Cascada
	DP-CN403-5	Diferencial de pressió entre carcassa i tubs	Pressió de sortida del fluid de tubs	DPE-CN403-1	DPCV-CN403-1	Feedback

3.4.5. Recuperació dels reactius i de l'HCl (A-500)

	Full 1 d'1			LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL		
	Àrea planta	A-500		Data	19/04/2025	
				Revisió	25/05/2025	
Nomenclatura equip	Nomenclatura llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element secundari	Configuració
CD-501	P-CD501-1	Diferencial de pressió de la columna	Cabal del fluid tèrmic al reboiler	DPE-CD501-1	DPCV-CD501-1	Override
	L-CD501-1	Nivell de líquid al fons de la columna	Cabal líquid de sortida per cues.	LE-CD501-1	LCV-CD501-1	Feedback
	T-CD501-1	Temperatura a caps de la columna	Cabal de reflux	TE-CD501-1	TCV-CD501-1	Cascada
CN-501	T-CN501-2	Temperatura de sortida del fluid de procés i cabal de refrigerant	Cabal del fluid refrigerant	TE-CN501-1 i FE-CN501-1	FCV-CN501-1	Cascada
	P-CN501-2	Diferencial de pressió entre carcassa i tubs	Pressió d'entrada del fluid de carcassa	DPE-CN501-1	DPCV-CN501-1	Feedback

3.4.6. Emmagatzematge del producte (A-600)

	Full 1 de 2			LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL		
	Àrea planta	A-600		Data	17/04/2025	
				Revisió	25/05/2025	
Nomenclatura equip	Nomenclatura llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element secundari	Configuració
TE-601	L-TE601-1	Nivell del tanc d'emmagatzematge	Cabal d'entrada i sortida del tanc	LSL-TE601-1 i LSH-TE601-1	LCV-TE601-1 i LCV-TE601-2	Feedback
	P-TE601-1	Pressió a l'interior del tanc d'emmagatzematge	Entrada de nitrogen i sortida de gas	PE-TE601-1	PCV-TE601-1, PCV-TE601-2	Feedback

3.5. Llistat de la instrumentació de la planta

A continuació es presenten taules amb el llistat de la instrumentació dels diferents llaços de control per àrees. En cadascuna d'aquestes taules apareixen tots els instruments que conformen el llaç de control, juntament amb la seva ubicació en la planta i el tipus d'actuació que presenten.

3.5.1. Emmagatzematge de les matèries primeres (A-100)

	Full 1 de 10		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-100	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
TE-101	LIC-TE101-1	Controlador Indicador de nivell	En sala de control	Elèctrica
TE-101	LY-TE101-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-101	LY-TE101-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-101	LCV-TE101-1	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-101	LCV-TE101-2	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-101	LSH-TE101-1	Interruptor de nivell alt	En camp	Elèctrica
TE-101	LAH-TE101-1	Alarma de nivell alt	En sala de control	Elèctrica
TE-101	LSL-TE101-1	Interruptor de nivell baix	En camp	Elèctrica
TE-101	LAL-TE101-1	Alarma de nivell baix	En sala de control	Elèctrica
TE-101	TE-TE101-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
TE-101	TT-TE101-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
TE-101	TIC-TE101-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
TE-101	TY-TE101-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-101	TCV-TE101-1	Vàlvula de control de temperatura	En camp	Pneumàtica
TE-101	TSH-TE101-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
TE-101	TAH-TE101-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
TE-101	PE-TE101-1	Sensor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-101	PT-TE101-1	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-101	PIC-TE101-1	Controlador Indicador de pressió	En sala de control	Elèctrica

	Full 2 de 10		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-100	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
TE-101	PY-TE101-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-101	PY-TE101-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-101	PCV-TE101-1	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
TE-101	PCV-TE101-2	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
TE-101	PSH-TE101-1	Interruptor de pressió alta	En camp	Elèctrica
TE-101	PAH-TE101-1	Alarma de pressió alta	En sala de control	Elèctrica
TE-101	PSL-TE101-1	Interruptor de pressió baixa	En camp	Elèctrica
TE-101	PAL-TE101-1	Alarma de pressió baixa	En sala de control	Elèctrica
TE-102	LIC-TE102-1	Controlador Indicador de nivell	En sala de control	Elèctrica
TE-102	LY-TE102-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-102	LY-TE102-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-102	LCV-TE102-1	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-102	LCV-TE102-2	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-102	LSH-TE102-1	Interruptor de nivell alt	En camp	Elèctrica
TE-102	LAH-TE102-1	Alarma de nivell alt	En sala de control	Elèctrica
TE-102	LSL-TE102-1	Interruptor de nivell baix	En camp	Elèctrica
TE-102	LAL-TE102-1	Alarma de nivell baix	En sala de control	Elèctrica
TE-102	TE-TE102-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
TE-102	TT-TE102-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
TE-102	TIC-TE102-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
TE-102	TY-TE102-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-102	TCV-TE102-1	Vàlvula de control de la temperatura	En camp	Pneumàtica

	Full 3 de 10		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-100	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
TE-102	TSH-TE102-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
TE-102	TAH-TE102-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
TE-102	PE-TE102-1	Sensor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-102	PT-TE102-1	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-102	PIC-TE102-1	Controlador Indicador de pressió	En sala de control	Elèctrica
TE-102	PY-TE102-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-102	PY-TE102-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-102	PCV-TE102-1	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
TE-102	PCV-TE102-2	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
TE-102	PSH-TE102-1	Interruptor de pressió alta	En camp	Elèctrica
TE-102	PAH-TE102-1	Alarma de pressió alta	En sala de control	Elèctrica
TE-102	PSL-TE102-1	Interruptor de pressió baixa	En camp	Elèctrica
TE-102	PAL-TE102-1	Alarma de pressió baixa	En sala de control	Elèctrica
TE-103	LIC-TE103-1	Controlador Indicador de nivell	En sala de control	Elèctrica
TE-103	LY-TE103-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-103	LY-TE103-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-103	LCV-TE103-1	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-103	LCV-TE103-2	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-103	LSH-TE103-1	Interruptor de nivell alt	En camp	Elèctrica
TE-103	LAH-TE103-1	Alarma de nivell alt	En sala de control	Elèctrica
TE-103	LSL-TE103-1	Interruptor de nivell baix	En camp	Elèctrica

	Full 4 de 10		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-100	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
TE-103	LAL-TE103-1	Alarma de nivell baix	En sala de control	Elèctrica
TE-103	TE-TE103-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
TE-103	TT-TE103-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
TE-103	TIC-TE103-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
TE-103	TY-TE103-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-103	TCV-TE103-1	Vàlvula de control de la temperatura	En camp	Pneumàtica
TE-103	TSH-TE103-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
TE-103	TAH-TE103-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
TE-103	PE-TE103-1	Sensor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-103	PT-TE103-1	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-103	PIC-TE103-1	Controlador Indicador de pressió	En sala de control	Elèctrica
TE-103	PY-TE103-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-103	PY-TE103-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-103	PCV-TE103-1	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
TE-103	PCV-TE103-2	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
TE-103	PSH-TE103-1	Interruptor de pressió alta	En camp	Elèctrica
TE-103	PAH-TE103-1	Alarma de pressió alta	En sala de control	Elèctrica
TE-103	PSL-TE103-1	Interruptor de pressió baixa	En camp	Elèctrica
TE-103	PAL-TE103-1	Alarma de pressió baixa	En sala de control	Elèctrica
TE-104	LIC-TE104-1	Controlador Indicador de nivell	En sala de control	Elèctrica
TE-104	LY-TE104-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica

	Full 5 de 10		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-100	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
TE-104	LY-TE104-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-104	LCV-TE104-1	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-104	LCV-TE104-2	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-104	LSH-TE104-1	Interruptor de nivell alt	En camp	Elèctrica
TE-104	LAH-TE104-1	Alarma de nivell alt	En sala de control	Elèctrica
TE-104	LSL-TE104-1	Interruptor de nivell baix	En camp	Elèctrica
TE-104	LAL-TE104-1	Alarma de nivell baix	En sala de control	Elèctrica
TE-104	TE-TE104-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
TE-104	TT-TE104-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
TE-104	TIC-TE104-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
TE-104	TY-TE104-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-104	TCV-TE104-1	Vàlvula de control de la temperatura	En camp	Pneumàtica
TE-104	TSH-TE104-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
TE-104	TAH-TE104-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
TE-104	PE-TE104-1	Sensor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-104	PT-TE104-1	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-104	PIC-TE104-1	Controlador Indicador de pressió	En sala de control	Elèctrica
TE-104	PY-TE104-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-104	PY-TE104-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-104	PCV-TE104-1	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
TE-104	PCV-TE104-2	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica

	Full 6 de 10		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-100	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
TE-104	PSH-TE104-1	Interruptor de pressió alta	En camp	Elèctrica
TE-104	PAH-TE104-1	Alarma de pressió alta	En sala de control	Elèctrica
TE-104	PSL-TE104-1	Interruptor de pressió baixa	En camp	Elèctrica
TE-104	PAL-TE104-1	Alarma de pressió baixa	En sala de control	Elèctrica
TE-105	LIC-TE105-1	Controlador Indicador de nivell	En sala de control	Elèctrica
TE-105	LY-TE105-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-105	LY-TE105-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-105	LCV-TE105-1	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-105	LCV-TE105-2	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-105	LSH-TE105-1	Interruptor de nivell alt	En camp	Elèctrica
TE-105	LAH-TE105-1	Alarma de nivell alt	En sala de control	Elèctrica
TE-105	LSL-TE105-1	Interruptor de nivell baix	En camp	Elèctrica
TE-105	LAL-TE105-1	Alarma de nivell baix	En sala de control	Elèctrica
TE-105	TE-TE105-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
TE-105	TT-TE105-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
TE-105	TIC-TE105-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
TE-105	TY-TE105-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-105	TCV-TE105-1	Vàlvula de control de la temperatura	En camp	Pneumàtica
TE-105	TSH-TE105-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
TE-105	TAH-TE105-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
TE-105	PE-TE105-1	Sensor de pressió	En camp	Elèctrica

	Full 7 de 10		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-100	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
TE-105	PT-TE105-1	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-105	PIC-TE105-1	Controlador Indicador de pressió	En sala de control	Elèctrica
TE-105	PY-TE105-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-105	PY-TE105-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-105	PCV-TE105-1	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
TE-105	PCV-TE105-2	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
TE-105	PSH-TE105-1	Interruptor de pressió alta	En camp	Elèctrica
TE-105	PAH-TE105-1	Alarma de pressió alta	En sala de control	Elèctrica
TE-105	PSL-TE105-1	Interruptor de pressió baixa	En camp	Elèctrica
TE-105	PAL-TE105-1	Alarma de pressió baixa	En sala de control	Elèctrica
TE-106	LIC-TE106-1	Controlador Indicador de nivell	En sala de control	Elèctrica
TE-106	LY-TE106-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-106	LY-TE106-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-106	LCV-TE106-1	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-106	LCV-TE106-2	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-106	LSH-TE106-1	Interruptor de nivell alt	En camp	Elèctrica
TE-106	LAH-TE106-1	Alarma de nivell alt	En sala de control	Elèctrica
TE-106	LSL-TE106-1	Interruptor de nivell baix	En camp	Elèctrica
TE-106	LAL-TE106-1	Alarma de nivell baix	En sala de control	Elèctrica
TE-106	TE-TE106-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
TE-106	TT-TE106-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica

	Full 8 de 10		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-100	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
TE-106	TIC-TE106-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
TE-106	TY-TE106-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-106	TCV-TE106-1	Vàlvula de control de la temperatura	En camp	Pneumàtica
TE-106	TSH-TE106-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
TE-106	TAH-TE106-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
TE-106	PE-TE106-1	Sensor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-106	PT-TE106-1	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-106	PIC-TE106-1	Controlador Indicador de pressió	En sala de control	Elèctrica
TE-106	PY-TE106-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-106	PY-TE106-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-106	PCV-TE106-1	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
TE-106	PCV-TE106-2	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
TE-106	PSH-TE106-1	Interruptor de pressió alta	En camp	Elèctrica
TE-106	PAH-TE106-1	Alarma de pressió alta	En sala de control	Elèctrica
TE-106	PSL-TE106-1	Interruptor de pressió baixa	En camp	Elèctrica
TE-106	PAL-TE106-1	Alarma de pressió baixa	En sala de control	Elèctrica
TE-107	LIC-TE107-1	Controlador Indicador de nivell	En sala de control	Elèctrica
TE-107	LY-TE107-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-107	LY-TE107-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-107	LCV-TE107-1	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-107	LCV-TE107-2	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica

	Full 9 de 10		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-100	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
TE-107	LSH-TE107-1	Interruptor de nivell alt	En camp	Elèctrica
TE-107	LAH-TE107-1	Alarma de nivell alt	En sala de control	Elèctrica
TE-107	LSL-TE107-1	Interruptor de nivell baix	En camp	Elèctrica
TE-107	LAL-TE107-1	Alarma de nivell baix	En sala de control	Elèctrica
TE-107	PE-TE107-1	Sensor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-107	PT-TE107-1	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-107	PIC-TE107-1	Controlador Indicador de pressió	En sala de control	Elèctrica
TE-107	PY-TE107-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-107	PY-TE107-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-107	PCV-TE107-1	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
TE-107	PCV-TE107-2	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
TE-107	PSH-TE107-1	Interruptor de pressió alta	En camp	Elèctrica
TE-107	PAH-TE107-1	Alarma de pressió alta	En sala de control	Elèctrica
TE-107	PSL-TE107-1	Interruptor de pressió baixa	En camp	Elèctrica
TE-107	PAL-TE107-1	Alarma de pressió baixa	En sala de control	Elèctrica
TE-108	LIC-TE108-1	Controlador Indicador de nivell	En sala de control	Elèctrica
TE-108	LY-TE108-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-108	LY-TE108-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-108	LCV-TE108-1	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-108	LCV-TE108-2	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-108	LSH-TE108-1	Interruptor de nivell alt	En camp	Elèctrica

	Full 10 de 10		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-100	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
TE-108	LAH-TE108-1	Alarma de nivell alt	En sala de control	Elèctrica
TE-108	LSL-TE108-1	Interruptor de nivell baix	En camp	Elèctrica
TE-108	LAL-TE108-1	Alarma de nivell baix	En sala de control	Elèctrica
TE-108	TE-TE108-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
TE-108	TT-TE108-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
TE-108	TIC-TE108-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
TE-108	TY-TE108-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-108	TCV-TE108-1	Vàlvula de control de la temperatura	En camp	Pneumàtica
TE-108	TSH-TE108-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
TE-108	TAH-TE108-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
TE-108	PE-TE108-1	Sensor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-108	PT-TE108-1	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-108	PIC-TE108-1	Controlador Indicador de pressió	En sala de control	Elèctrica
TE-108	PY-TE108-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-108	PY-TE108-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-108	PCV-TE108-1	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
TE-108	PCV-TE108-2	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
TE-108	PSH-TE108-1	Interruptor de pressió alta	En camp	Elèctrica
TE-108	PAH-TE108-1	Alarma de pressió alta	En sala de control	Elèctrica
TE-108	PSL-TE108-1	Interruptor de pressió baixa	En camp	Elèctrica
TE-108	PAL-TE108-1	Alarma de pressió baixa	En sala de control	Elèctrica

3.5.2. Mescla i preparació per la reacció (A-200)

	Full 1 de 7		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-200	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
M-201	TE-M201-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
M-201	TT-M201-1	Sensor amb Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
M-201	TIC-M201-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
M-201	TY-M201-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
M-201	TCV-M201-1	Vàlvula de control de temperatura	En camp	Pneumàtica
M-201	TSH-M201-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
M-201	TAH-M201-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
M-201	TSL-M201-1	Interruptor de temperatura baixa	En camp	Elèctrica
M-201	TAL-M201-1	Alarma de temperatura baixa	En sala de control	Elèctrica
M-201	PE-M201-1	Sensor de pressió	En camp	Elèctrica
M-201	PT-M201-1	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
M-201	PIC-M201-1	Controlador Indicador de pressió	En sala de control	Elèctrica
M-201	PY-M201-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
M-201	PY-M201-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
M-201	PCV-M201-1	Vàlvula de control de la pressió	En camp	Elèctrica
M-201	PCV-M201-2	Vàlvula de control de la pressió	En camp	Elèctrica
M-201	PSH-M201-1	Interruptor de pressió alta	En camp	Elèctrica
M-201	PAH-M201-1	Alarma de pressió alta	En sala de control	Elèctrica
M-201	PSL-M201-1	Interruptor de pressió baixa	En camp	Elèctrica
M-201	PAL-M201-1	Alarma de pressió baixa	En sala de control	Elèctrica

	Full 2 de 7		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-200	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
M-201	CE-M201-1	Sensor de concentració	En camp	Elèctrica
M-201	CT-M201-1	Transmissor de concentració	En camp	Elèctrica
M-201	CIC-M201-1	Controlador Indicador de concentració	En sala de control	Elèctrica
M-201	VFD-M201-1	Variador de freqüència del motor de l'agitador	En camp	Elèctrica
M-201	FE-M201-1	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
M-201	FE-M201-2	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
M-201	FE-M201-3	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
M-201	FT-M201-1	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
M-201	FT-M201-2	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
M-201	FT-M201-3	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
M-201	FIC-M201-1	Controlador Indicador de cabal	En sala de control	Elèctrica
M-201	FY-M201-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
M-201	FY-M201-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
M-201	FY-M201-3	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
M-201	FCV-M201-1	Vàlvula de control del cabal	En camp	Pneumàtica
M-201	FCV-M201-2	Vàlvula de control del cabal	En camp	Pneumàtica
M-201	FCV-M201-3	Vàlvula de control del cabal	En camp	Pneumàtica
M-202	PE-M202-1	Sensor de pressió	En camp	Elèctrica
M-202	PE-M202-2	Sensor de pressió	En camp	Elèctrica
M-202	PT-M202-1	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
M-202	PT-M202-2	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
M-202	PIC-M202-1	Controlador Indicador de pressió	En sala de control	Elèctrica

	Full 3 de 7		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-200	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
M-202	PY-M202-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
M-202	PCV-M202-1	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
M-202	PSH-M202-1	Interruptor de pressió alta	En camp	Elèctrica
M-202	PSH-M202-2	Interruptor de pressió alta	En camp	Elèctrica
M-202	PAH-M202-1	Alarma de pressió alta	En sala de control	Elèctrica
M-202	PAH-M202-2	Alarma de pressió alta	En sala de control	Elèctrica
M-202	PSL-M202-1	Interruptor de pressió baixa	En camp	Elèctrica
M-202	PSL-M202-2	Interruptor de pressió baixa	En camp	Elèctrica
M-202	PAL-M202-1	Alarma de pressió baixa	En sala de control	Elèctrica
M-202	PAL-M202-2	Alarma de pressió baixa	En sala de control	Elèctrica
M-202	FE-M202-1	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
M-202	FE-M202-2	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
M-203	FE-M203-1	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
M-202	FT-M202-1	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
M-202	FT-M202-2	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
M-203	FT-M203-1	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
M-202/203	FIC-M202/203-1	Controlador Indicador de cabal	En sala de control	Elèctrica
M-202	FY-M202-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
M-202	FY-M202-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
M-203	FY-M203-3	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica

	Full 4 de 7		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-200	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
M-202	FCV-M202-1	Vàlvula de control del cabal	En camp	Pneumàtica
M-202	FCV-M202-2	Vàlvula de control del cabal	En camp	Pneumàtica
M-203	FCV-M203-1	Vàlvula de control del cabal	En camp	Pneumàtica
M-203	PE-M203-1	Sensor de pressió	En camp	Elèctrica
M-203	PT-M203-1	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
M-203	PIC-M203-1	Controlador Indicador de pressió	En sala de control	Elèctrica
M-203	PY-M203-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
M-203	PCV-M203-1	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
M-203	PSH-M203-1	Interruptor de pressió alta	En camp	Elèctrica
M-203	PAH-M203-1	Alarma de pressió alta	En sala de control	Elèctrica
M-203	PSL-M203-1	Interruptor de pressió baixa	En camp	Elèctrica
M-203	PAL-M203-1	Alarma de pressió baixa	En sala de control	Elèctrica
CN-201	TE-CN201-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
CN-201	TT-CN201-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
CN-201	TIC-CN201-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
CN-201	FE-CN201-1	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
CN-201	FT-CN201-1	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
CN-201	FIC-CN201-1	Controlador Indicador de cabal	En sala de control	Elèctrica
CN-201	TY-CN201-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
CN-201	TCV-CN201-1	Vàlvula de control del cabal	En camp	Pneumàtica
CN-201	TSH-CN201-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
CN-201	TAH-CN201-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica

	Full 5 de 7		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-200	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
CN-201	TSL-CN201-1	Interruptor de temperatura baixa	En camp	Elèctrica
CN-201	TAL-CN201-1	Alarma de temperatura baixa	En sala de control	Elèctrica
CN-201	DPE-CN201-1	Sensor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
CN-201	DPT-CN201-1	Transmissor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
CN-201	DPIC-CN201-1	Controlador Indicador de diferencial de pressió	En sala de control	Elèctrica
CN-201	DPY-CN201-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
CN-201	DPCV-CN201-1	Vàlvula de control de diferencial de pressió	En camp	Pneumàtica
CN-201	DPSH-CN201-1	Interruptor de diferencial de pressió alt	En camp	Elèctrica
CN-201	DPAH-CN201-1	Alarma de diferencial de pressió alt	En sala de control	Elèctrica
CN-201	DPSL-CN201-1	Interruptor de diferencial de pressió baix	En camp	Elèctrica
CN-201	DPAL-CN201-1	Alarma de diferencial de pressió baix	En sala de control	Elèctrica
BC-201	TE-BC201-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
BC-201	TT-BC201-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
BC-201	TIC-BC201-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
BC-201	FE-BC201-1	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
BC-201	FT-BC201-1	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
BC-201	FIC-BC201-1	Controlador Indicador de cabal	En sala de control	Elèctrica
BC-201	TY-BC201-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
BC-201	TCV-BC201-1	Vàlvula de control del cabal	En camp	Pneumàtica
BC-201	TSH-BC201-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
BC-201	TAH-BC201-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
BC-201	TSL-BC201-1	Interruptor de temperatura baixa	En camp	Elèctrica

	Full 6 de 7		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-200	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
BC-201	TAL-BC201-1	Alarma de temperatura baixa	En sala de control	Elèctrica
BC-201	DPE-BC201-1	Sensor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
BC-201	DPT-BC201-1	Transmissor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
BC-201	DPIC-BC201-1	Controlador Indicador de diferencial de pressió	En sala de control	Elèctrica
BC-201	DPY-BC201-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
BC-201	DPCV-BC201-1	Vàlvula de control de diferencial de pressió	En camp	Pneumàtica
BC-201	DPSH-BC201-1	Interruptor de diferencial de pressió alt	En camp	Elèctrica
BC-201	DPAH-BC201-1	Alarma de diferencial de pressió alt	En sala de control	Elèctrica
BC-201	DPSL-BC201-1	Interruptor de diferencial de pressió baix	En camp	Elèctrica
BC-201	DPAL-BC201-1	Alarma de diferencial de pressió baix	En sala de control	Elèctrica
BC-202	TE-BC202-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
BC-202	TT-BC202-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
BC-202	TIC-BC202-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
BC-202	FE-BC202-1	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
BC-202	FT-BC202-1	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
BC-202	FIC-BC202-1	Controlador Indicador de cabal	En sala de control	Elèctrica
BC-202	TY-BC202-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
BC-202	TCV-BC202-1	Vàlvula de control del cabal	En camp	Pneumàtica
BC-202	TSH-BC202-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
BC-202	TAH-BC202-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
BC-202	TSL-BC202-1	Interruptor de temperatura baixa	En camp	Elèctrica
BC-202	TAL-BC202-1	Alarma de temperatura baixa	En sala de control	Elèctrica

	Full 7 de 7		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-200	Data	19/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
BC-202	DPE-BC202-1	Sensor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
BC-202	DPT-BC202-1	Transmissor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
BC-202	DPIC-BC202-1	Controlador Indicador de diferencial de pressió	En sala de control	Elèctrica
BC-202	DPY-BC202-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
BC-202	DPCV-BC202-1	Vàlvula de control de diferencial de pressió	En camp	Pneumàtica
BC-202	DPSH-BC202-1	Interruptor de diferencial de pressió alt	En camp	Elèctrica
BC-202	DPAH-BC202-1	Alarma de diferencial de pressió alt	En sala de control	Elèctrica
BC-202	DPSL-BC202-1	Interruptor de diferencial de pressió baix	En camp	Elèctrica
BC-202	DPAL-BC202-1	Alarma de diferencial de pressió baix	En sala de control	Elèctrica

3.5.3. Reacció (A-300)

	Full 1 de 4		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-300	Data	18/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
R-301	PE-R301-1	Sensor de pressió	En camp	Elèctrica
R-301	PE-R301-2	Sensor de pressió	En camp	Elèctrica
R-301	PE-R301-3	Sensor de pressió	En camp	Elèctrica
R-301	PT-R301-1	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
R-301	PT-R301-2	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
R-301	PT-R301-3	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
R-301	PIC-R301-1	Controlador Indicador de pressió	En sala de control	Elèctrica
R-301	PY-R301-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
R-301	PCV-R301-1	Vàlvula de control de la pressió	En camp	Elèctrica
R-301	PSH-R301-1	Interruptor de pressió alta	En camp	Elèctrica
R-301	PAH-R301-1	Alarma de pressió alta	En sala de control	Elèctrica
R-301	CE-R301-1	Sensor de concentració	En camp	Elèctrica
R-301	CT-R301-1	Transmissor de concentració	En camp	Elèctrica
R-301	CIC-R301-1	Controlador Indicador de concentració	En sala de control	Elèctrica
R-301	CY-R301-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
R-301	CY-R301-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
R-301	CCV-R301-1	Vàlvula de control de la concentració	En camp	Elèctrica
R-301	CCV-R301-2	Vàlvula de control de la concentració	En camp	Elèctrica

	Full 2 de 4		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-300	Data	18/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
R-301	CAL-R301-1	Alarma de concentració baixa	En sala de control	Elèctrica
R-301	TE-R301-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
R-301	TE-R301-2	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
R-301	TE-R301-3	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
R-301	TT-R301-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
R-301	TT-R301-2	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
R-301	TT-R301-3	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
R-301	TIC-R301-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
R-301	FE-R301-1	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
R-301	FT-R301-1	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
R-301	FIC-R301-1	Controlador Indicador de cabal	En sala de control	Elèctrica
R-301	TY-R301-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
R-301	TCV-R301-1	Vàlvula de control del cabal	En camp	Pneumàtica
R-301	TSH-R301-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
R-301	TAH-R301-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
BC-301	TE-BC301-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
BC-301	TT-BC301-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
BC-301	TIC-BC301-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
BC-301	FE-BC301-1	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
BC-301	FT-BC301-1	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica

	Full 3 de 4		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-300	Data	18/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
BC-301	FIC-BC301-1	Controlador Indicador de cabal	En sala de control	Elèctrica
BC-301	TY-BC301-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
BC-301	TCV-BC301-1	Vàlvula de control del cabal	En camp	Pneumàtica
BC-301	TSH-BC301-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
BC-301	TAH-BC301-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
BC-301	TSL-BC301-1	Interruptor de temperatura baixa	En camp	Elèctrica
BC-301	TAL-BC301-1	Alarma de temperatura baixa	En sala de control	Elèctrica
BC-301	DPE-BC301-1	Sensor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
BC-301	DPT-BC301-1	Transmissor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
BC-301	DPIC-BC301-1	Controlador Indicador de diferencial de pressió	En sala de control	Elèctrica
BC-301	DPY-BC301-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
BC-301	DPCV-BC301-1	Vàlvula de control de diferencial de pressió	En camp	Pneumàtica
BC-301	DPSH-BC301-1	Interruptor de diferencial de pressió alt	En camp	Elèctrica
BC-301	DPAH-BC301-1	Alarma de diferencial de pressió alt	En sala de control	Elèctrica
BC-301	DPSL-BC301-1	Interruptor de diferencial de pressió baix	En camp	Elèctrica
BC-301	DPAL-BC301-1	Alarma de diferencial de pressió baix	En sala de control	Elèctrica
E-301	TE-E301-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
E-301	TT-E301-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
E-301	TIC-E301-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
E-301	FE-E301-1	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
E-301	FT-E301-1	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
E-301	FIC-E301-1	Controlador Indicador de cabal	En sala de control	Elèctrica

	Full 3 de 4		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-300	Data	18/04/2025
			Revisió	20/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
E-301	TY-E301-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
E-301	TCV-E301-1	Vàlvula de control del cabal	En camp	Pneumàtica
E-301	TSH-E301-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
E-301	TAH-E301-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
E-301	TSL-E301-1	Interruptor de temperatura baixa	En camp	Elèctrica
E-301	TAL-E301-1	Alarma de temperatura baixa	En sala de control	Elèctrica
E-301	DPE-E301-1	Sensor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
E-301	DPT-E301-1	Transmissor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
E-301	DPIC-E301-1	Controlador Indicador de diferencial de pressió	En sala de control	Elèctrica
E-301	DPY-E301-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
E-301	DPCV-E301-1	Vàlvula de control de diferencial de pressió	En camp	Pneumàtica
E-301	DPSH-E301-1	Interruptor de diferencial de pressió alt	En camp	Elèctrica
E-301	DPAH-E301-1	Alarma de diferencial de pressió alt	En sala de control	Elèctrica
E-301	DPSL-E301-1	Interruptor de diferencial de pressió baix	En camp	Elèctrica
E-301	DPAL-E301-1	Alarma de diferencial de pressió baix	En sala de control	Elèctrica

3.5.4. Separació del producte (A-400)

	Full 1 de 6		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-400	Data	18/04/2025
			Revisió	22/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
CD-401	CE-CD401-1	Sensor de concentració	En camp	Elèctrica
CD-401	CT-CD401-1	Sensor de concentració	En camp	Elèctrica
CD-401	DPE-CD401-1	Sensor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
CD-401	DPT-CD401-1	Transmissor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
CD-401	DPIC-CD401-1	Controlador Indicador del diferencial de pressió	En sala de control	Elèctrica
CD-401	DPY-CD401-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
CD-401	DPCV-CD401-1	Vàlvula de control del diferencial de pressió	En camp	Pneumàtica
CD-401	DPSH-CD401-1	Interruptor de diferencial de pressió alt	En camp	Elèctrica
CD-401	DPAH-CD401-1	Alarma de diferencial de pressió alt	En sala de control	Elèctrica
CD-401	DPSL-CD401-1	Interruptor de diferencial de pressió baix	En camp	Elèctrica
CD-401	DPAL-CD401-1	Alarma de diferencial de pressió baix	En sala de control	Elèctrica
CD-401	CSL-CD401-1	Interruptor de concentració baixa	En camp	Elèctrica
CD-401	CAL-CD401-1	Alarma de concentració baixa	En sala de control	Elèctrica
CD-401	LE-CD401-1	Sensor de nivell	En camp	Elèctrica
CD-401	LT-CD401-1	Transmissor de nivell	En camp	Elèctrica
CD-401	LIC-CD401-1	Controlador Indicador de nivell	En sala de control	Elèctrica
CD-401	LY-CD401-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
CD-401	LCV-CD401-1	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
CD-401	LSH-CD401-1	Interruptor de nivell alt	En camp	Elèctrica
CD-401	LAH-CD401-1	Alarma de nivell alt	En sala de control	Elèctrica

	Full 2 de 6		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-400	Data	18/04/2025
			Revisió	22/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
CD-401	LSL-CD401-1	Interruptor de nivell baixa	En camp	Elèctrica
CD-401	LAL-CD401-1	Alarma de nivell baix	En sala de control	Elèctrica
CD-401	TE-CD401-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
CD-401	TT-CD401-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
CD-401	TIC-CD401-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
CD-401	FE-CD401-1	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
CD-401	FT-CD401-1	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
CD-401	FIC-CD401-1	Controlador Indicador de cabal	En sala de control	Elèctrica
CD-401	TY-CD401-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
CD-401	TCV-CD401-1	Vàlvula de control de la temperatura	En camp	Pneumàtica
CD-401	TSH-CD401-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
CD-401	TAH-CD401-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
CD-401	TSL-CD401-1	Interruptor de temperatura baixa	En camp	Elèctrica
CD-401	TAL-CD401-1	Alarma de temperatura baixa	En sala de control	Elèctrica
CD-402	CE-CD402-1	Sensor de concentració	En camp	Elèctrica
CD-402	CT-CD402-1	Sensor de concentració	En camp	Elèctrica
CD-402	DPE-CD402-1	Sensor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
CD-402	DPT-CD402-1	Transmissor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
CD-402	DPIC-CD402-1	Controlador Indicador del diferencial de pressió	En sala de control	Elèctrica
CD-402	DPY-CD402-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
CD-402	DPCV-CD402-1	Vàlvula de control del diferencial de pressió	En camp	Pneumàtica

	Full 3 de 6		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-400	Data	18/04/2025
			Revisió	22/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
CD-402	DPSH-CD402-1	Interruptor de diferencial de pressió alt	En camp	Elèctrica
CD-402	DPAH-CD402-1	Alarma de diferencial de pressió alt	En sala de control	Elèctrica
CD-402	DPSL-CD402-1	Interruptor de diferencial de pressió baix	En camp	Elèctrica
CD-402	DPAL-CD402-1	Alarma de diferencial de pressió baix	En sala de control	Elèctrica
CD-402	CSL-CD402-1	Interruptor de concentració baixa	En camp	Elèctrica
CD-402	CAL-CD402-1	Alarma de concentració baixa	En sala de control	Elèctrica
CD-402	LE-CD402-1	Sensor de nivell	En camp	Elèctrica
CD-402	LT-CD402-1	Transmissor de nivell	En camp	Elèctrica
CD-402	LIC-CD402-1	Controlador Indicador de nivell	En sala de control	Elèctrica
CD-402	LY-CD402-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
CD-402	LCV-CD402-1	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
CD-402	LSH-CD402-1	Interruptor de nivell alt	En camp	Elèctrica
CD-402	LAH-CD402-1	Alarma de nivell alt	En sala de control	Elèctrica
CD-402	LSL-CD402-1	Interruptor de nivell baixa	En camp	Elèctrica
CD-402	LAL-CD402-1	Alarma de nivell baix	En sala de control	Elèctrica
CD-402	TE-CD402-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
CD-402	TT-CD402-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
CD-402	TIC-CD402-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
CD-402	FE-CD402-1	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
CD-402	FT-CD402-1	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
CD-402	FIC-CD402-1	Controlador Indicador de cabal	En sala de control	Elèctrica
CD-402	TY-CD402-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica

	Full 4 de 6		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-400	Data	19/04/2025
			Revisió	22/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
CD-402	TCV-CD402-1	Vàlvula de control de la temperatura	En camp	Pneumàtica
CD-402	TSH-CD402-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
CD-402	TAH-CD402-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
CD-402	TSL-CD402-1	Interruptor de temperatura baixa	En camp	Elèctrica
CD-402	TAL-CD402-1	Alarma de temperatura baixa	En sala de control	Elèctrica
CN-403	TE-CN403-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
CN-403	TT-CN403-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
CN-403	TIC-CN403-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
CN-403	FE-CN403-1	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
CN-403	FT-CN403-1	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
CN-403	FIC-CN403-1	Controlador Indicador de cabal	En sala de control	Elèctrica
CN-403	TY-CN403-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
CN-403	TCV-CN403-1	Vàlvula de control del cabal	En camp	Pneumàtica
CN-403	TSH-CN403-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
CN-403	TAH-CN403-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
CN-403	TSL-CN403-1	Interruptor de temperatura baixa	En camp	Elèctrica
CN-403	TAL-CN403-1	Alarma de temperatura baixa	En sala de control	Elèctrica
CN-403	DPE-CN403-1	Sensor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
CN-403	DPT-CN403-1	Transmissor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
CN-403	DPIC-CN403-1	Controlador Indicador de diferencial de pressió	En sala de control	Elèctrica
CN-403	DPY-CN403-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
CN-403	DPCV-CN403-1	Vàlvula de control de diferencial de pressió	En camp	Pneumàtica

	Full 5 de 6		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-400	Data	19/04/2025
			Revisió	22/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
CN-403	DPSH-CN403-1	Interrupctor de diferencial de pressió alt	En camp	Elèctrica
CN-403	DPAH-CN403-1	Alarma de diferencial de pressió alt	En sala de control	Elèctrica
CN-403	DPSL-CN403-1	Interrupctor de diferencial de pressió baix	En camp	Elèctrica
CN-403	DPAL-CN403-1	Alarma de diferencial de pressió baix	En sala de control	Elèctrica
CD-403	CE-CD403-1	Sensor de concentració	En camp	Elèctrica
CD-403	CT-CD403-1	Sensor de concentració	En camp	Elèctrica
CD-403	DPE-CD403-1	Sensor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
CD-403	DPT-CD403-1	Transmissor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
CD-403	DPIC-CD403-1	Controlador Indicador del diferencial de pressió	En sala de control	Elèctrica
CD-403	DPY-CD403-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
CD-403	DPCV-CD403-1	Vàlvula de control del diferencial de pressió	En camp	Pneumàtica
CD-403	DPSH-CD403-1	Interrupctor de diferencial de pressió alt	En camp	Elèctrica
CD-403	DPAH-CD403-1	Alarma de diferencial de pressió alt	En sala de control	Elèctrica
CD-403	DPSL-CD403-1	Interrupctor de diferencial de pressió baix	En camp	Elèctrica
CD-403	DPAL-CD403-1	Alarma de diferencial de pressió baix	En sala de control	Elèctrica
CD-403	CSL-CD403-1	Interrupctor de concentració baixa	En camp	Elèctrica
CD-403	CAL-CD403-1	Alarma de concentració baixa	En sala de control	Elèctrica
CD-403	LE-CD403-1	Sensor de nivell	En camp	Elèctrica
CD-403	LT-CD403-1	Transmissor de nivell	En camp	Elèctrica
CD-403	LIC-CD403-1	Controlador Indicador de nivell	En sala de control	Elèctrica
CD-403	LY-CD403-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica

	Full 6 de 6		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-400	Data	19/04/2025
			Revisió	22/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Nomenclatura equip	ID
CD-403	LCV-CD403-1	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
CD-403	LSH-CD403-1	Interruptor de nivell alt	En camp	Elèctrica
CD-403	LAH-CD403-1	Alarma de nivell alt	En sala de control	Elèctrica
CD-403	LSL-CD403-1	Interruptor de nivell baixa	En camp	Elèctrica
CD-403	LAL-CD403-1	Alarma de nivell baix	En sala de control	Elèctrica
CD-403	TE-CD403-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
CD-403	TT-CD403-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
CD-403	TIC-CD403-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
CD-403	FE-CD403-1	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
CD-403	FT-CD403-1	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
CD-403	FIC-CD403-1	Controlador Indicador de cabal	En sala de control	Elèctrica
CD-403	TY-CD403-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
CD-403	TCV-CD403-1	Vàlvula de control de la temperatura	En camp	Pneumàtica
CD-403	TSH-CD403-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
CD-403	TAH-CD403-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
CD-403	TSL-CD403-1	Interruptor de temperatura baixa	En camp	Elèctrica
CD-403	TAL-CD403-1	Alarma de temperatura baixa	En sala de control	Elèctrica

3.5.5. Recuperació dels reactius i de l'HCl (A-500)

	Full 1 de 3		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-500	Data	19/04/2025
			Revisió	22/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
CN-501	TE-CN501-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
CN-501	TT-CN501-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
CN-501	TIC-CN501-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
CN-501	FE-CN501-1	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
CN-501	FT-CN501-1	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
CN-501	FIC-CN501-1	Controlador Indicador de cabal	En sala de control	Elèctrica
CN-501	TY-CN501-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
CN-501	TCV-CN501-1	Vàlvula de control del cabal	En camp	Pneumàtica
CN-501	TSH-CN501-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
CN-501	TAH-CN501-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
CN-501	TSL-CN501-1	Interruptor de temperatura baixa	En camp	Elèctrica
CN-501	TAL-CN501-1	Alarma de temperatura baixa	En sala de control	Elèctrica
CN-501	DPE-CN501-1	Sensor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
CN-501	DPT-CN501-1	Transmissor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
CN-501	DPIC-CN501-1	Controlador Indicador de diferencial de pressió	En sala de control	Elèctrica
CN-501	DPY-CN501-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
CN-501	DPCV-CN501-1	Vàlvula de control de diferencial de pressió	En camp	Pneumàtica
CN-501	DPSH-CN501-1	Interruptor de diferencial de pressió alt	En camp	Elèctrica
CN-501	DPAH-CN501-1	Alarma de diferencial de pressió alt	En sala de control	Elèctrica
CN-501	DPSL-CN501-1	Interruptor de diferencial de pressió baix	En camp	Elèctrica

	Full 2 de 3		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-500	Data	19/04/2025
			Revisió	22/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
CN-501	DPAL-CN501-1	Alarma de diferencial de pressió baix	En sala de control	Elèctrica
CD-501	CE-CD501-1	Sensor de concentració	En camp	Elèctrica
CD-501	CT-CD501-1	Sensor de concentració	En camp	Elèctrica
CD-501	DPE-CD501-1	Sensor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
CD-501	DPT-CD501-1	Transmissor de diferencial de pressió	En camp	Elèctrica
CD-501	DPIC-CD501-1	Controlador Indicador del diferencial de pressió	En sala de control	Elèctrica
CD-501	DPY-CD501-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
CD-501	DPCV-CD501-1	Vàlvula de control del diferencial de pressió	En camp	Pneumàtica
CD-501	DPSH-CD501-1	Interruptor de diferencial de pressió alt	En camp	Elèctrica
CD-501	DPAH-CD501-1	Alarma de diferencial de pressió alt	En sala de control	Elèctrica
CD-501	DPSL-CD501-1	Interruptor de diferencial de pressió baix	En camp	Elèctrica
CD-501	DPAL-CD501-1	Alarma de diferencial de pressió baix	En sala de control	Elèctrica
CD-501	CSL-CD501-1	Interruptor de concentració baixa	En camp	Elèctrica
CD-501	CAL-CD501-1	Alarma de concentració baixa	En sala de control	Elèctrica
CD-501	LE-CD501-1	Sensor de nivell	En camp	Elèctrica
CD-501	LT-CD501-1	Transmissor de nivell	En camp	Elèctrica
CD-501	LIC-CD501-1	Controlador Indicador de nivell	En sala de control	Elèctrica
CD-501	LY-CD501-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
CD-501	LCV-CD501-1	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
CD-501	LSH-CD501-1	Interruptor de nivell alt	En camp	Elèctrica
CD-501	LAH-CD501-1	Alarma de nivell alt	En sala de control	Elèctrica

	Full 3 de 3		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-500	Data	19/04/2025
			Revisió	22/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
CD-501	LSL-CD501-1	Interruptor de nivell baixa	En camp	Elèctrica
CD-501	LAL-CD501-1	Alarma de nivell baix	En sala de control	Elèctrica
CD-501	TE-CD501-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
CD-501	TT-CD501-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
CD-501	TIC-CD501-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
CD-501	FE-CD501-1	Sensor de cabal	En camp	Elèctrica
CD-501	FT-CD501-1	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
CD-501	FIC-CD501-1	Controlador Indicador de cabal	En sala de control	Elèctrica
CD-501	TY-CD501-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
CD-501	TCV-CD501-1	Vàlvula de control de la temperatura	En camp	Pneumàtica
CD-501	TSH-CD501-1	Interruptor de temperatura alta	En camp	Elèctrica
CD-501	TAH-CD501-1	Alarma de temperatura alta	En sala de control	Elèctrica
CD-501	TSL-CD501-1	Interruptor de temperatura baixa	En camp	Elèctrica
CD-501	TAL-CD501-1	Alarma de temperatura baixa	En sala de control	Elèctrica

3.5.6. Emmagatzematge del producte (A-600)

	Full 1 de 2		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-600	Data	18/04/2025
			Revisió	22/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
TE-601	LIC-TE601-1	Controlador Indicador de nivell	En sala de control	Elèctrica
TE-601	LY-TE601-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-601	LY-TE601-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-601	LCV-TE601-1	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-601	LCV-TE601-2	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
TE-601	LSH-TE601-1	Interruptor de nivell alt	En camp	Elèctrica
TE-601	LAH-TE601-1	Alarma de nivell alt	En sala de control	Elèctrica
TE-601	LSL-TE601-1	Interruptor de nivell baix	En camp	Elèctrica
TE-601	LAL-TE601-1	Alarma de nivell baix	En sala de control	Elèctrica
TE-601	TE-TE601-1	Sensor de temperatura	En camp	Elèctrica
TE-601	TT-TE601-1	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
TE-601	TIC-TE601-1	Controlador Indicador de temperatura	En sala de control	Elèctrica
TE-601	TY-TE601-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-601	PE-TE601-1	Sensor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-601	PT-TE601-1	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
TE-601	PIC-TE601-1	Controlador Indicador de pressió	En sala de control	Elèctrica
TE-601	PY-TE601-1	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-601	PY-TE601-2	Transductor I/P	En camp	Electropneumàtica
TE-601	PCV-TE601-1	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
TE-601	PCV-TE601-2	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica

	Full 2 de 2		LLISTAT D'INSTRUMENTACIÓ	
	Àrea planta	A-600	Data	18/04/2025
			Revisió	22/05/2025
Nomenclatura equip	ID	Descripció	Ubicació	Actuació
TE-601	PSH-TE601-1	Interrupctor de pressió alta	En camp	Elèctrica
TE-601	PAH-TE601-1	Alarma de pressió alta	En sala de control	Elèctrica
TE-601	PSL-TE601-1	Interrupctor de pressió baixa	En camp	Elèctrica
TE-601	PAL-TE601-1	Alarma de pressió baixa	En sala de control	Elèctrica

3.6. Descripció i diagrama dels llaços de control

Un cop s'han mostrat tots els llaços de control presents en la planta, i els instruments que conformen cadascun d'aquests, es farà una breu explicació de cadascun d'ells, juntament amb el PI&D corresponent.

3.6.1. Tancs d'emmagatzematge

3.6.1.1. Llaç de control de nivell de líquid

En la planta de producció presentada existeixen diferents tipus de tancs d'emmagatzematge.

Primerament, existeix un sistema de 6 tancs d'emmagatzematge del clorobenzè, els quals es van gastant de forma continuada durant el procés i cal anar reomplint periòdicament. D'altra banda, es presenten tancs d'emmagatzematge d'emergència de fosgen i d'MDA, per poder mantenir la producció de MDI, si hi ha un problema el qual impedeixi que arribi algun d'aquests reactius a la planta MDIchem.

En primer lloc, cal veure el sistema de control dels 6 tancs de clorobenzè, el qual es basa en una estratègia de control per esglaonament seqüencial, amb suport lògic programat i senyals de nivell alt o baix per a cada tanc. L'objectiu és permetre el buidatge controlat i seqüencial dels tancs, i disposar d'un avís de quan s'arriba al límit superior en el procés de reompliment dels tancs. Aquest tipus de control no és un llaç clàssic amb actuació proporcional, sinó que es basa en senyals digitals i lògica de commutació de vàlvules, que pot implementar-se fàcilment amb un PLC. Aquests llaços es corresponen amb els següents: L-TE101-1, L-TE102-2, L-TE102-3, L-TE102-4, L-TE102-5, L-TE102-6.

El funcionament dels llaços es divideix llavors en el procés de buidatge i en el d'ompliment. Primerament, el procés de control de buidatge funciona detectant contínuament el nivell de líquid del tanc d'emmagatzematge. Quan es comença el procés de buidatge, s'obre la vàlvula del primer tanc fins que aquest arriba al límit inferior de nivell definit, moment en el qual l'interruptor de nivell baix tanca la vàlvula de sortida del fluid i es genera una alarma de nivell baix a la sala de control, la qual és visualitzada. Posteriorment, s'obre la vàlvula del següent tanc fins que es buida, i es torna a repetir el procés.

Aquest cicle es repeteix en bucle, ja que mentre els tancs es troben buits i la vàlvula de sortida tancada es programa l'arribada de nou clorobenzè per a reomplir de nou els tancs, a partir de camions cisterna.

D'altra banda, en el procés de càrrega dels tancs, a la sala de control es monitoritza l'obertura de les vàlvules que permeten l'entrada del fluid al tanc. Quan s'arriba al nivell de líquid superior configurat, l'interruptor de nivell alt automàticament tanca la vàlvula d'entrada al fluid, abans que puguin ocórrer desbordaments o situacions de risc. També es genera una alarma de nivell alt en la sala de control que pot ser visualitzada.

En la *Taula 3.6.1* es pot veure un resum sobre el funcionament d'aquest tipus de llaç de control i les diferents àrees i equips on és present. El full d'especificacions del llaç de control

del nivell de líquids dels tancs TE-101 al TE-106, correspon a la *Figura 3.6.1*, on s'agafa com a referència el TE-101.

Els tancs d'emmagatzematge de fosgen i MDA per a fallades en les produccions d'aquests reactius, així com el d'emmagatzematge del producte, tindran un funcionament similar al presentat als tancs d'emmagatzematge del clorobenzè, amb la principal diferència que aquests reactius només disposaran d'un únic tanc per a cadascun d'ells i no hi haurà cap llaç del tipus seqüencial digital, sinó que seran del tipus feedback. Aquest procediment correspon als llaços L-TE-107, L-TE-108 i L-TE601-1.

En la posada en marxa del procés, s'obriran des de la sala de control les vàlvules d'entrada de fluid als tancs. Quan s'arriba al nivell alt configurat, l'interruptor de nivell alt envia un senyal al PLC que automàticament tanca la vàlvula d'entrada de fluid, i l'alarma ho alerta a la sala de control.

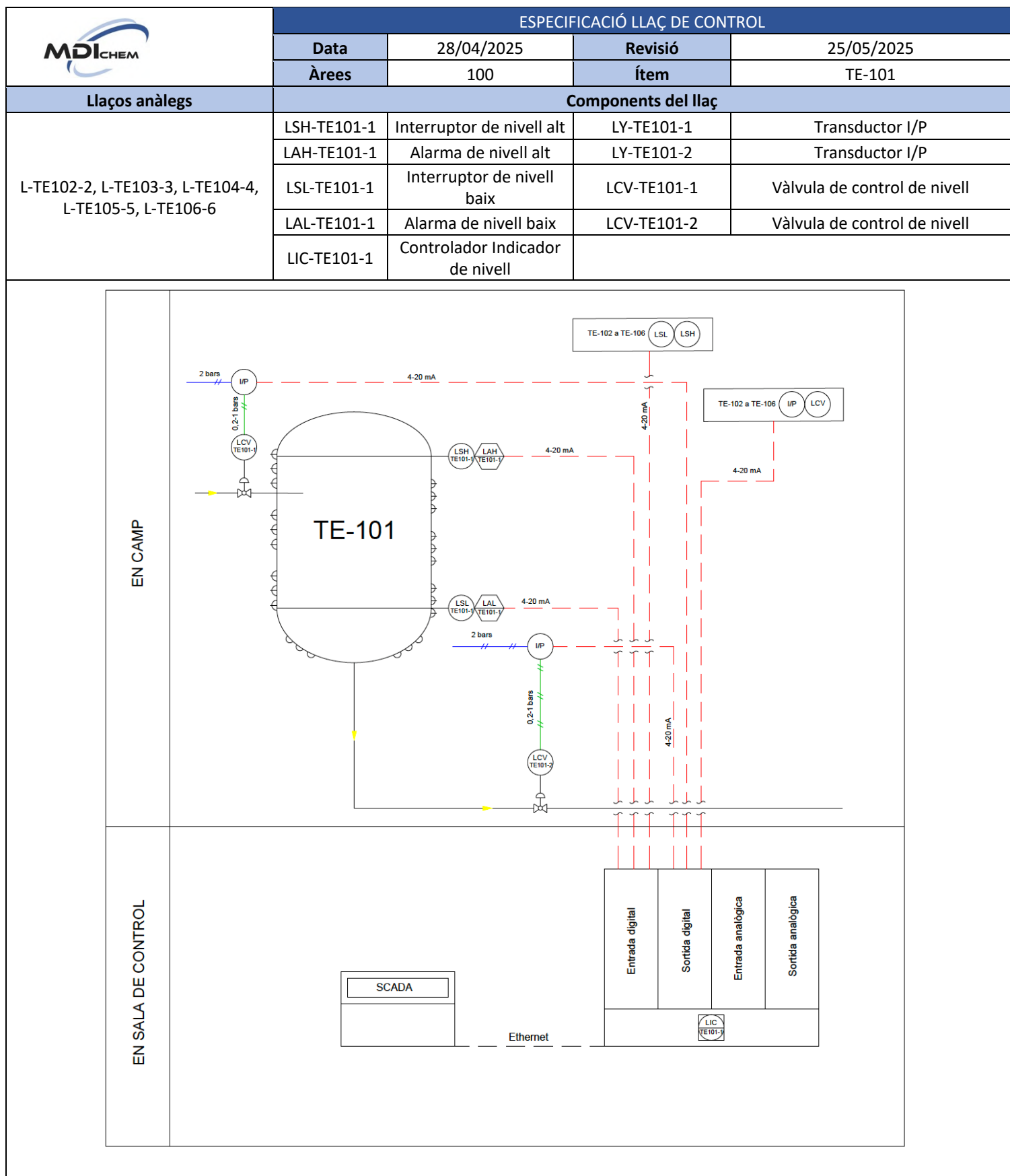
En cas que s'hagi de fer servir el contingut del tanc, s'obre la vàlvula de sortida del fluid des de la sala de control, i un cop el nivell arribi al límit inferior, l'interruptor de nivell baix integrada enviarà al controlador un senyal perquè es tanqui la vàlvula de sortida i s'obri la de càrrega del tanc.

En la *Taula 3.6.2* es pot veure un resum sobre el funcionament d'aquest tipus de llaç de control i les diferents àrees i equips on és present. El full d'especificacions del llaç de control del nivell de líquids dels tancs TE-107, TE-108 i TE-601, correspon a la *Figura 3.6.2*, on s'agafa com a referència el TE-107.

Taula 3.6.1. Característiques del llaç de control del nivell en els tancs d'emmagatzematge TE-101 a TE-106

	Característiques del llaç de control	
	Àrea	100
Nomenclatura dels llaços	L-TE101-1, L-TE102-2, L-TE103-3, L-TE104-4, L-TE105-5, L-TE106-6	
Equips	TE-101, TE-102, TE-103, TE-104, TE-105, TE-106	
Tipus de llaç	Seqüència digital	
Variable controlada	Nivell de líquid en el tanc	
Variable manipulada	Cabal d'entrada i sortida del tanc	
Set points	707 m ³	
Indicador	Sí	
Alarma	Sí	

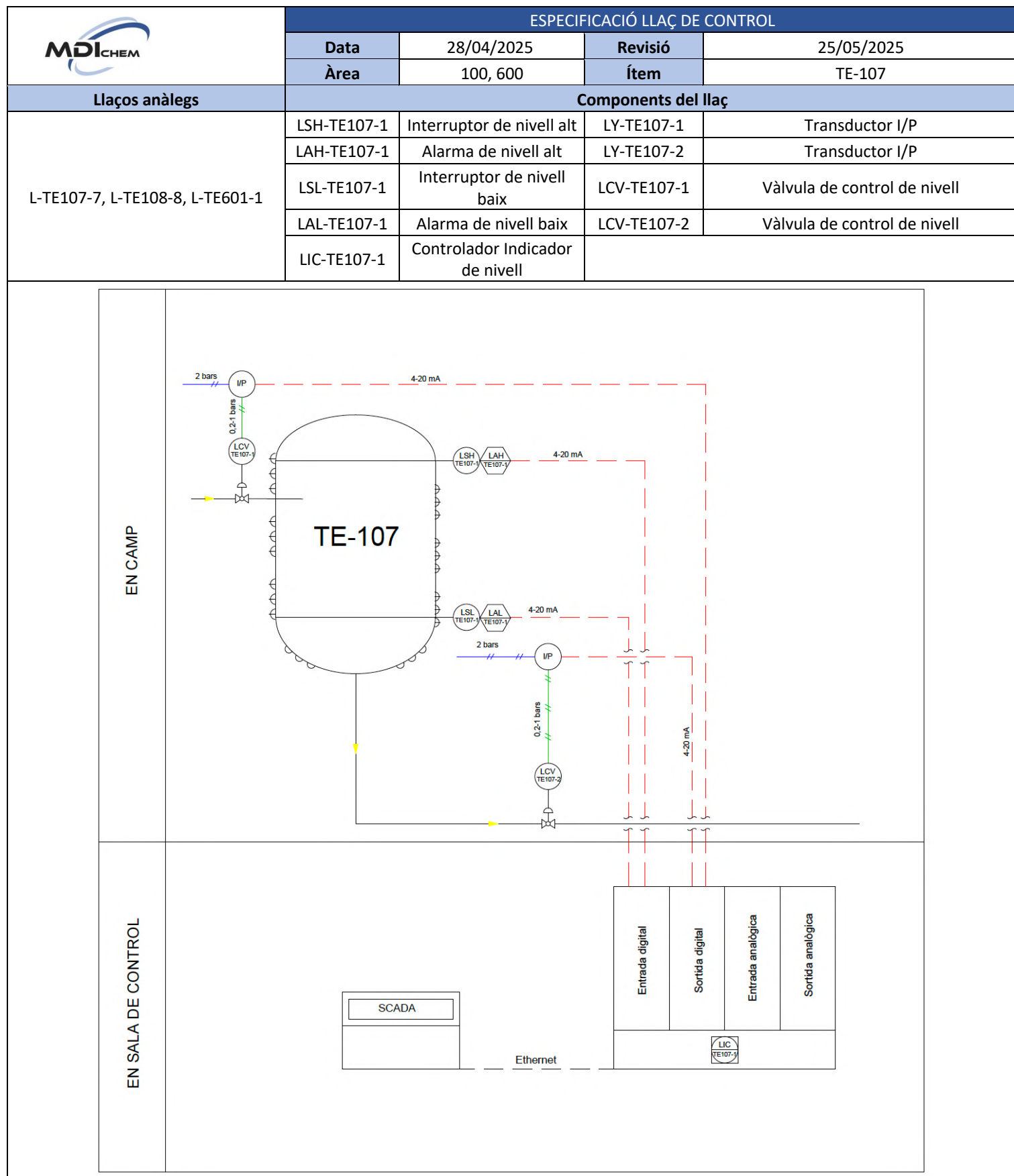
Figura 3.6.1. Full d'especificacions del llaç de control del nivell en els tancs d'emmagatzematge TE-101 a TE-106



Taula 3.6.2. Característiques del llaç de control del nivell en els tancs d'emmagatzematge TE-107, TE-108 i TE-601

	Característiques del llaç de control	
	Àrea	100, 600
Nomenclatura dels llaços	L-TE107-7, L-TE108-8, L-TE601-1	
Equips	TE-107, TE-108, TE-601	
Tipus de llaç	Feedback	
Variable controlada	Nivell de líquid en el tanc	
Variable manipulada	Cabal d'entrada i sortida del tanc	
Set points	TE-107: 503 m ³ TE-108: 402 m ³ TE-601: 552 m ³	
Indicador	Sí	
Alarma	Sí	

Figura 3.6.2. Full d'especificacions del llaç de control del nivell en els tancs d'emmagatzematge TE-107, TE-108 i TE-601



3.6.1.2. Llaç de control de la temperatura

Alguns dels tancs d'emmagatzematge requereixen un control de la temperatura a l'interior amb la finalitat de garantir que no es traspassi un valor de temperatura crític que podria afectar el seu estat. Això implica als tancs d'emmagatzematge de benzè i de clorobenzè, però al d'MDA.

És per aquest motiu que els tancs TE-101 a TE-106, que contenen clorobenzè, i el TE-108, on es conté fosgen, disposen d'un llaç de control de la temperatura. Tal com s'ha especificat anteriorment, aquests tancs presenten un amb aïllament escuma fenòlica per tal de mantenir-los a temperatures molt baixes. També s'ha explicat que compten amb un serpentí intern pel qual circula fluid refrigerant quan la temperatura del fluid supera el màxim fixat. S'ha optat per un control de tipus feedback perquè és una solució senzilla, robusta i prou eficaç per mantenir la temperatura dels tancs dins dels valors establerts, especialment en un sistema on els canvis no són extremadament ràpids i l'estabilitat del procés és elevada. Els llaços encarregats d'aquest control corresponen als llaços T-TE101-1, T-TE102-2, T-TE103-3, T-TE104-4, T-TE105-5, T-TE106-6, T-TE108-7.

Els tancs disposen d'una interruptor de temperatura alta, en el cas del fosgen quan es superen els $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, i en el cas del clorobenzè quan es superen els $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Quan salten els interruptors, s'activa la vàlvula de regulació del cabal de refrigerant que circula pel serpentí, que estarà més o menys oberta en funció del que indiqui el controlador segons el valor que li arribi del sensor de temperatura present en els tancs. És a dir, la temperatura a l'interior del tanc es mesura mitjançant el sensor de temperatura escollit, el qual compta amb un transmissor integrat que converteix el senyal analògic en un senyal estàndard de sortida i el transmet al controlador. El controlador rep aquest senyal i el compara amb el valor de consigna establert en el procés, que seran unes temperatures de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el cas del fosgen, i de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el cas del clorobenzè. Per tal de no tenir el sistema de refrigeració actiu en tot moment en els tancs, una vegada el serpentí faci la seva feina i el valor de la temperatura s'estabilitzi al voltant del setpoint en cadascun d'ells, es tancarà la vàlvula d'entrada de fluid refrigerant, a la espera que es torni a generar una alarma per alta temperatura.

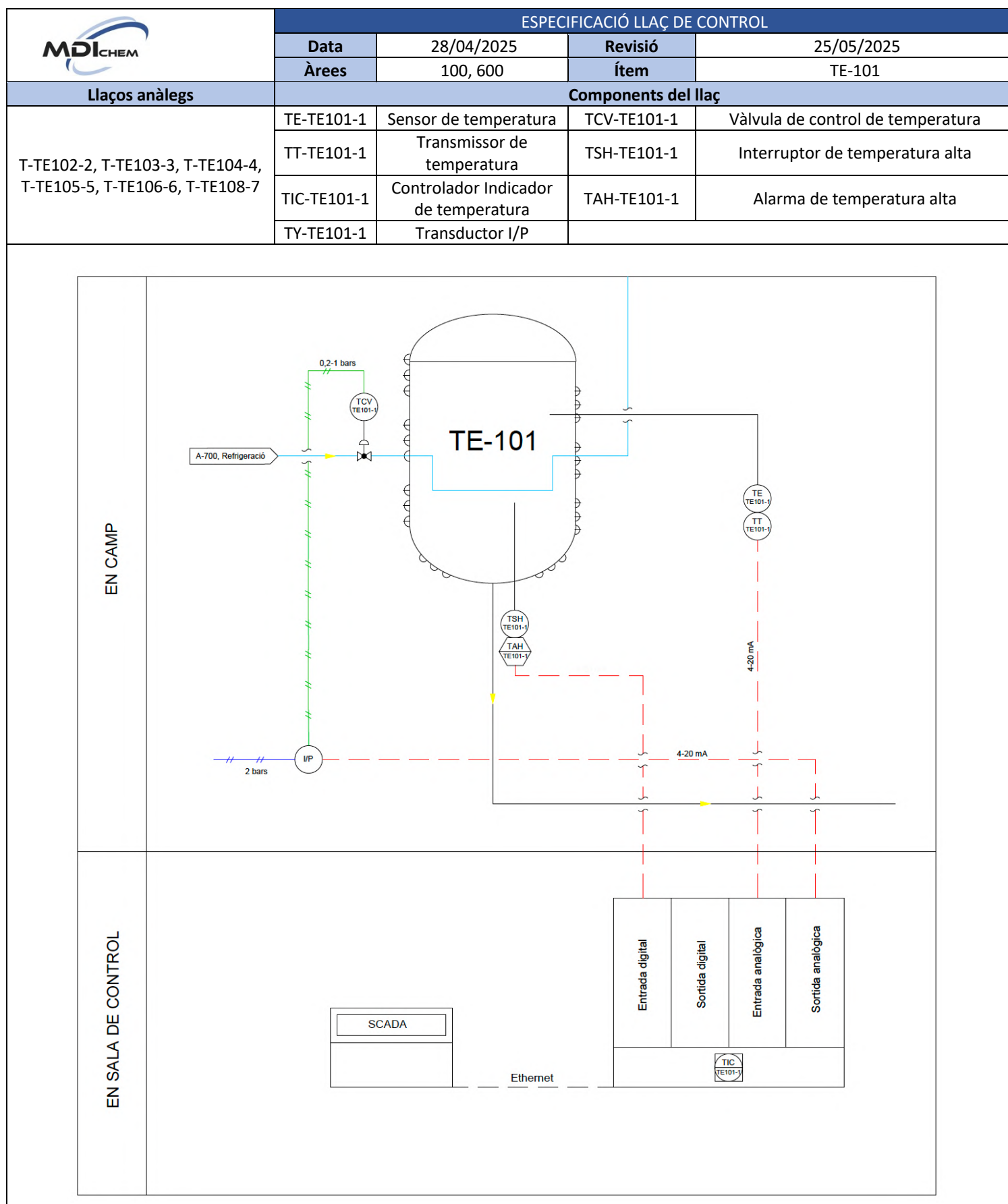
El controlador genera un senyal de correcció proporcional a l'error. Aquest senyal es dirigeix a un element final de control, que regula el cabal del fluid refrigerant que circula pel serpentí.

En la *Taula 3.6.3* es pot veure un resum sobre el funcionament d'aquest tipus de llaç de control i les diferents àrees i equips on és present. El full d'especificacions del llaç de temperatura dels tancs TE-101 a TE-106 i TE-108, correspon a la *Figura 3.6.3*, on s'agafa com a referència el TE-101.

Taula 3.6.3. Característiques del llaç de control de la temperatura en els tancs d'emmagatzematge

	Característiques del llaç de control	
	Àrees	100, 600
Nomenclatura dels llaços	T-TE101-1, T-TE102-2, T-TE103-3, T-TE104-4, T-TE105-5, T-TE106-6, T-TE108-7	
Equips	TE-101, TE-102, TE-103, TE-104, TE-105, TE-106, TE-108	
Tipus de llaç	Feedback	
Variable controlada	Temperatura del líquid a l'interior del tanc	
Variable manipulada	Cabal del fluid refrigerant que circula pel serpentí	
Set points	TE-101 a TE-106: 0 °C TE-108: -10 °C	
Indicador	Sí	
Alarma	Sí	

Figura 3.6.3. Full d'especificacions del llaç de control de la temperatura en els tancs d'emmagatzematge



3.6.1.3. Llaç de control de la pressió

Els tancs d'emmagatzematge utilitzats es troben inertitzats amb nitrogen per evitar riscos d'inflamabilitat i degradació del producte. A més de proporcionar una atmosfera segura, el nitrogen juga un paper fonamental en el control de la pressió interna del tanc durant les operacions de càrrega i descàrrega. La gestió adequada d'aquesta pressió és essencial per evitar situacions de buit o sobrepressió que podrien comprometre tant la seguretat com la integritat estructural dels equips.

Per garantir el manteniment de la pressió dins dels límits operatius establerts, s'implementa un llaç de control automàtic de tipus feedback amb mesura contínua de la pressió, que actua sobre vàlvules d'injecció de nitrogen i de venteig segons les condicions de procés. Aquest sistema permet una compensació dinàmica de les variacions de pressió associades a l'entrada o sortida de líquid del tanc. Els llaços encarregats d'aquest control corresponen als llaços P-TE101-1, P-TE102-2, P-TE103-3, P-TE104-4, P-TE105-5, P-TE106-6, P-107-7, P-TE108-8, P-TE601-1.

El llaç de control funciona de tal manera que es disposa d'un transmissor de pressió instal·lat a la part superior del tanc mesura en temps real la pressió del gas intern i envia aquest senyal al PLC.

Quan es produeix el buidatge del tanc, el descens del nivell del líquid comportarà una disminució de la pressió gasosa. A mesura que es va buidant el tanc, el controlador afavorirà l'obertura de la vàlvula que permet introduir nitrogen en el tanc, per tal d'anar injectant gas i poder compensar la pèrdua de pressió, evitant així la formació de buit.

Per contra, durant el procés d'ompliment, l'augment del nivell del líquid redueix el volum disponible per al gas, provocant un increment de pressió. A mesura que es va omplint el tanc, el controlador afavorirà l'obertura de la vàlvula de venteig i d'alliberació de gas de l'interior d'aquest. Aquest gas es dirigirà a un sistema de tractament.

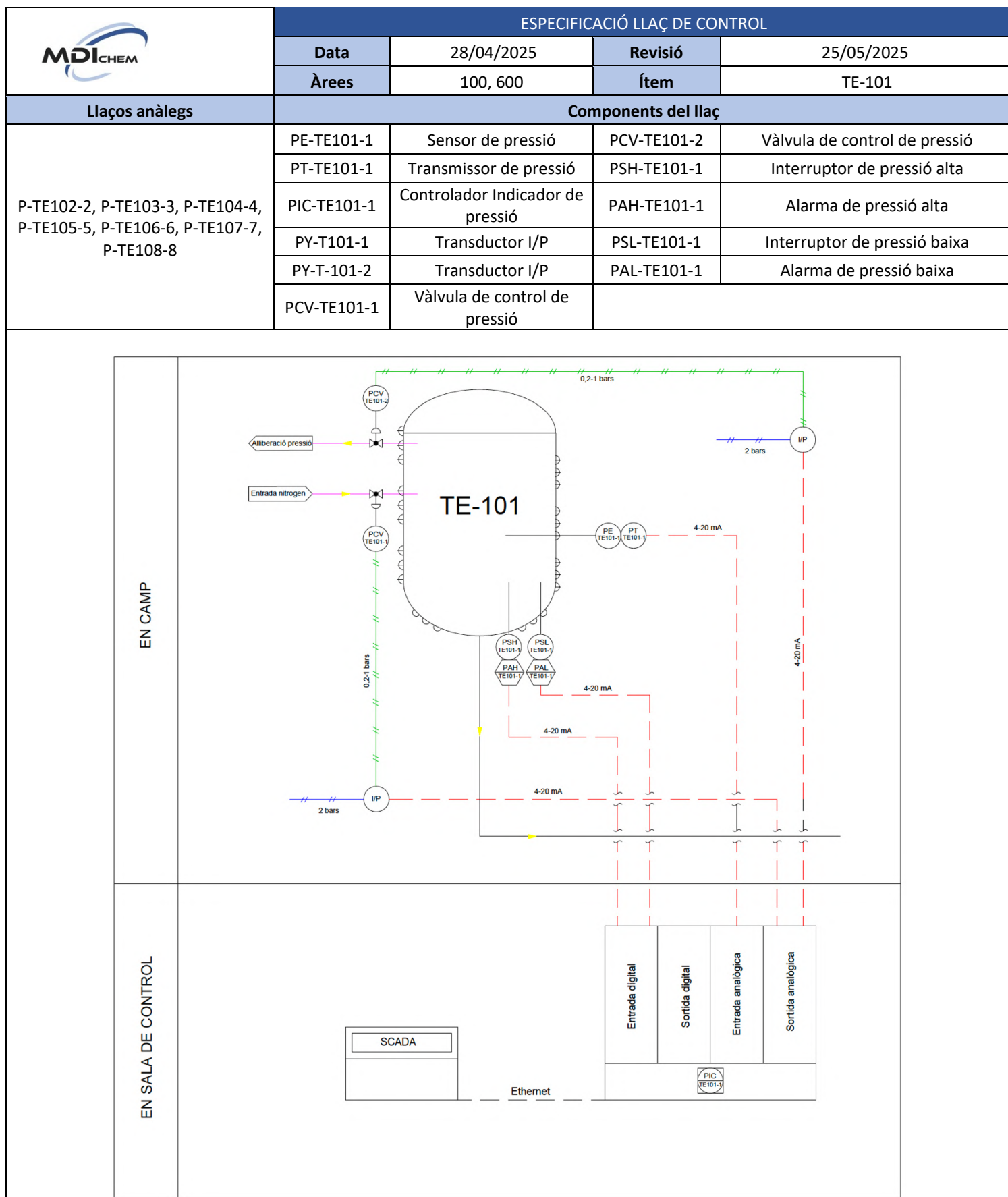
Es disposa d'interruptors de pressió alta i pressió baixa per si es produís un increment o disminució sobtat de la pressió en els tancs, de forma que s'actuaria ràpidament introduint nitrogen o expulsant gas segons la necessitat del moment. Això comporta una protecció de seguretat addicional per evitar situacions crítiques.

En la *Taula 3.6.4* es pot veure un resum sobre el funcionament d'aquest tipus de llaç de control i les diferents àrees i equips on és present. El full d'especificacions del llaç de pressió dels tancs d'emmagatzematge, correspon a la *Figura 3.6.4*, on s'agafa com a referència el TE-101.

Taula 3.6.4. Característiques del llaç de control de la pressió en els tancs d'emmagatzematge

	Característiques del llaç de control	
	Àrees	100, 600
Nomenclatura dels llaços	P-TE101-1, P-TE102-2, P-TE103-3, P-TE104-4, P-TE105-5, P-TE106-6, P-TE107-7, P-TE108-8, P-TE601-1	
Equips	TE-101, TE-102, TE-103, TE-104, TE-105, TE-106, TE-107, TE-108, TE-601	
Tipus de llaç	Feedback	
Variable controlada	Pressió a l'interior del tanc	
Variable manipulada	Entrada de nitrogen i sortida de gas	
Set point	TE-101 a TE-106: 1 bar TE-107: 1 bar TE-108: 8 bars TE-601: 1 bar	
Indicador	Sí	
Alarma	Sí	

Figura 3.6.4. Full d'especificacions del llaç de control de la pressió en els tancs d'emmagatzematge



3.6.2. Mescladors

Com ja s'ha presentat en capítols anteriors, la planta de producció de MDI presentada compta amb dos tipus d'aparells de mescla, classificats en dinàmics o estàtics. Per tant, per a la següent explicació dels llaços de control s'especificarà per a quin tipus de mesclador fa referència el llaç de control o si, per contra, funcionen igual. Tots dos tipus de mescladors es troben a l'àrea 200 de la planta.

3.6.2.1. Llaç de control de la temperatura

Al tanc de mescla dinàmic escalfat, on es combinen de forma contínua l'MDA i el clorobenzè, el control precís de la temperatura és un requisit essencial per assegurar l'eficiència de la mescla. És per aquest motiu que s'ha implementat un llaç de control de temperatura tipus feedback. Més endavant es veurà que en altres equips es disposa d'un llaç de control de la temperatura en cascada, ja que el control de temperatura ha de ser més exhaustiu i s'ha de tenir un control més fi sobre aquesta. El llaç encarregats d'aquest control corresponen al T-M201-1.

El sistema parteix de la mesura contínua de la temperatura a l'interior del tanc mitjançant el sensor de temperatura escollit el qual ja compta amb el transmissor integrat, instal·lat estratègicament en la zona de mescla per a reflectir fidelment les condicions reals del procés.

El senyal analògic enviat pel transmissor és rebuda per un controlador de processos, que la compara de forma contínua amb el valor de consigna definit, corresponent a 110 °C. En funció de l'error del control detectat, el controlador actua sobre la vàlvula modulant de regulació del flux de líquid tèrmic que circula per la camisa d'escalfament del tanc.

Aquest sistema en bucle tancat permet ajustar dinàmicament l'obertura de la vàlvula per a incrementar o reduir el cabal de fluid tèrmic, mantenint la temperatura de l'interior del tanc, dins de l'interval operatiu desitjat. El disseny i la sintonització adequats del llaç garanteixen un temps de resposta ràpid i una excel·lent estabilitat enfront pertorbacions típiques del procés continu.

També es disposa d'un interruptor de temperatura alta i d'un interruptor de temperatura baixa, per poder actuar ràpidament en cas que la temperatura s'allunyi molt dels marges de temperatura establerts. Les alarmes donen l'avís en la sala de control.

En la *Taula 3.6.5* es pot veure un resum sobre el funcionament d'aquest tipus de llaç de control i les diferents àrees i equips on és present. El full d'especificacions del llaç de control de temperatura en el mesclador dinàmic, correspon a la *Figura 3.6.5*, on s'agafa com a referència el M-201.

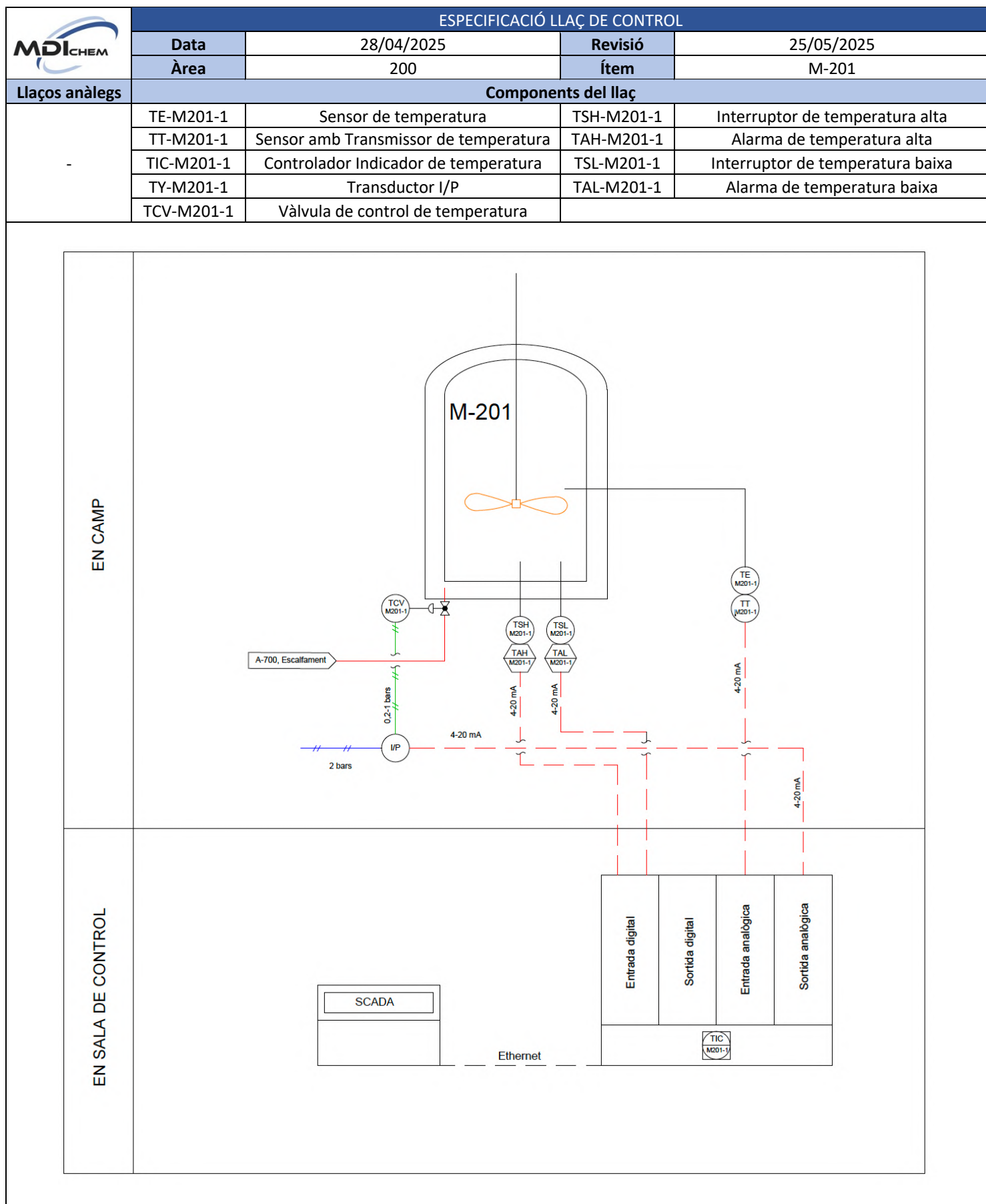
El mescladors estàtics es poden considerar una canonada amb elements interns per tal de generar mescla en els corrents. És per això que no poden disposar d'una camisa com en el cas del mesclador dinàmic, i per tant no pot haver-hi control de la temperatura. Tot i això, aquests disposen també d'un aïllament d'escuma fenòlica per afavorir que les temperatures no

augmentin massa abans de que la mescla de fosgen i clorobenzè entri al bescanviador de calor previ a l'entrada al reactor. Com que els compostos estan emmagatzemats a una temperatura bastant baixa, amb l'aïllament es pot aconseguir fàcilment mantenir les temperatures baixes.

Taula 3.6.5. Característiques del llaç de control de la temperatura en el mesclador dinàmic

	Característiques del llaç de control	
	Àrea	200
Nomenclatura dels llaços	T-M201-1	
Equips	M-201	
Tipus de llaç	Feedback	
Variable controlada	Temperatura a l'interior del mesclador	
Variable manipulada	Cabal de fluid tèrmic que circula per la camisa	
Set point	110 °C	
Indicador	Sí	
Alarma	Sí	

Figura 3.6.5. Full d'especificacions del llaç de control de la temperatura en el mesclador dinàmic



3.6.2.2. Llaç de control de la pressió

El tanc de mescla dinàmic emprat en la combinació contínua de MDA amb clorobenzè opera en condicions controlades de pressió per a garantir la seguretat del procés, preservar la integritat dels equips i mantenir les condicions òptimes per a la reacció posterior. El tanc es troba inertitzat mitjançant un corrent de nitrogen, que té com a objectiu principal desplaçar l'oxigen atmosfèric i reduir així el risc d'explosions en presència d'atmosferes inflamables. Aquest mateix corrent de nitrogen s'empra com a fluid regulador dins del llaç de control de pressió, la qual cosa optimitza recursos i simplifica el sistema de serveis auxiliars de la planta. L'estratègia de control adoptada és un sistema feedback, i el nom d'aquest llaç és P-M201-1.

Un sensor de pressió amb transmissor integrat, instal·lat en la part superior del tanc, mesura en continu la pressió interna del recipient. El senyal enviat pel transmissor es dirigeix al controlador principal, el qual compara el valor mesurat amb el valor de consigna. En cas de detectar desviacions, el controlador ajusta l'obertura d'una vàlvula de control proporcional en la línia d'entrada de nitrogen i també la obertura de la vàlvula en la línia d'expulsió de gas. Segons les necessitats operatives, s'afavorirà l'entrada de nitrogen per tal d'augmentar la pressió en el tanc, o s'afavorirà l'expulsió de gasos per tal de reduir la pressió. La sortida de gasos anirà a tractament posterior.

El llaç de control de pressió en el M-201 també disposa d'interruptors de pressió alta i baixa, per si es produís un increment o disminució sobtat de la pressió en els tancs, de forma que s'actuaria ràpidament introduint nitrogen o expulsant gas segons la necessitat del moment. També es donen senyals d'alarma en les sales de control. Això comporta una protecció de seguretat addicional per evitar situacions crítiques.

En la *Taula 3.6.6* es pot veure un resum sobre el funcionament d'aquest tipus de llaç de control i les diferents àrees i equips on és present. El full d'especificacions del llaç de control de pressió en el mesclador dinàmic, correspon a la *Figura 3.6.6*, on s'agafa com a referència el M-201.

En la línia d'alimentació dels mescladors estàtics és fonamental assegurar que la pressió d'entrada es mantingui dins d'un rang òptim. Per això, s'implementa un llaç de control tipus feedback, ja que es basa en el mesurament en temps real de la pressió i actua corregint qualsevol desviació respecte al valor desitjat. Els llaços que fan referència a aquests controls són P-M202-2 i P-M203-3.

El sistema consta d'un sensor de pressió interna amb transmissor integrat, situat en l'interior dels mescladors estàtics. Aquest sensor mesura de manera contínua la pressió interna i transmet el senyal al controlador de pressió, el qual compara el valor mesurat amb una consigna prèviament definida. Cal destacar, però, que el mesclador M-203, com una de les entrades prové directament del mesclador M-202, aquesta entrada no presenta un control de la pressió, ja que aquesta es troba controlada pel llaç P-M202-2 i que el valor de pressió mesurat en aquell llaç només es veurà afectat per la pèrdua de pressió que es dona en el

corresponent aparell de mescla, la qual es troba definida pel fabricant. Llavors aquest segon mesclador presenta només un sensor de pressió en l'entrada del corrent de recirculació.

L'actuador del llaç és una vàlvula de contrapressió regulable situada aigües avall del mesclador. En funció del senyal del controlador, aquesta vàlvula ajusta el seu grau d'obertura per a mantenir estable la pressió en el punt d'entrada al mesclador. Si la pressió cau per sota del valor objectiu, la vàlvula es tanca parcialment, la qual cosa provoca un augment de pressió en la línia. Per contra, si la pressió supera el llindar definit, la vàlvula s'obre, alleujant la sobrepressió.

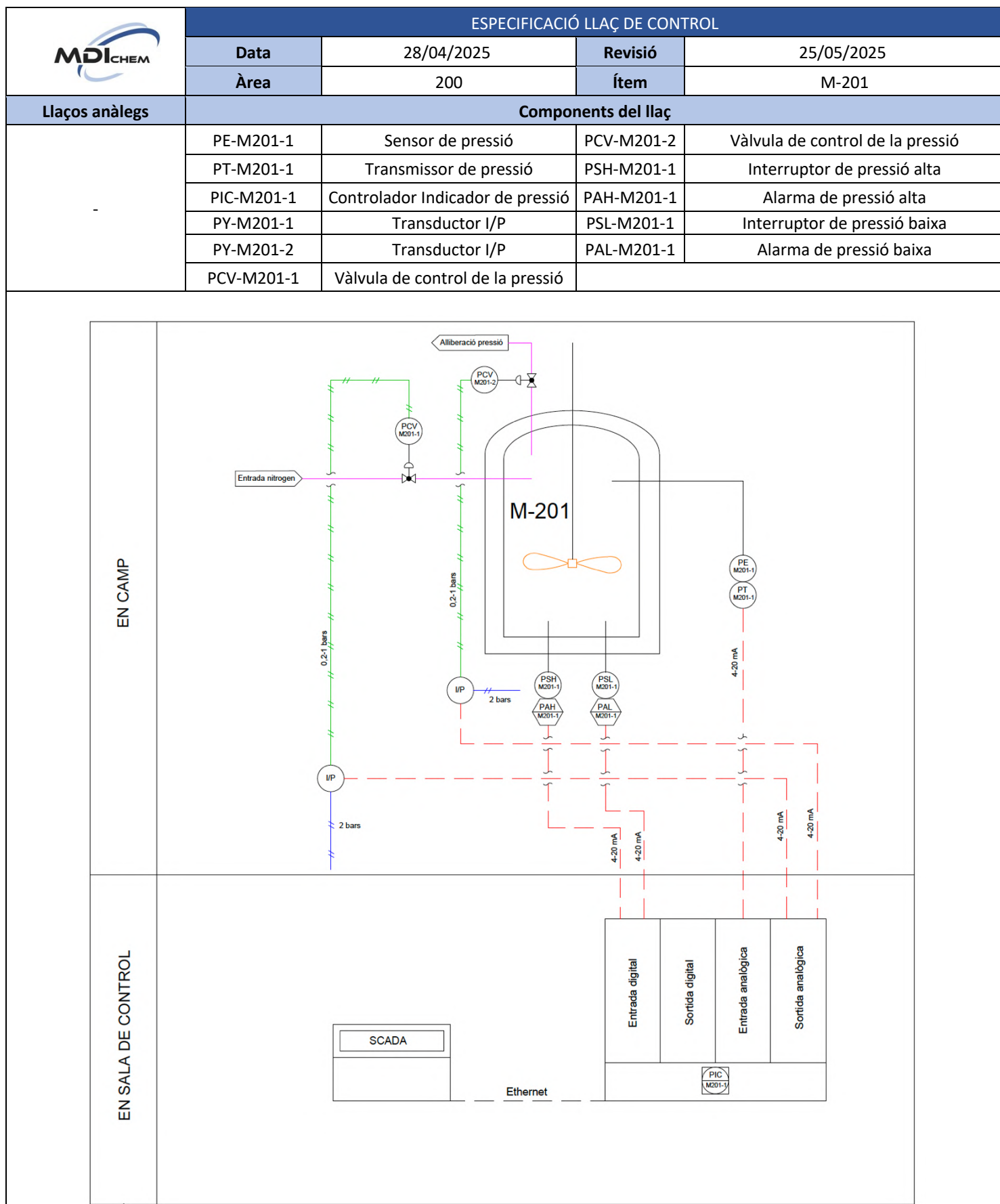
Aquesta estratègia de control garanteix una pressió d'entrada constant al mesclador, optimitza l'eficàcia del procés de mescla, i assegura condicions segures d'operació. A causa de la perillositat que presenten els compostos presents en els mescladors estàtics, s'ha decidit instal·lar interruptors i alarmes de seguretat en cas que la pressió superi sobtadament la pressió d'operació d'algun dels mescladors.

En la *Taula 3.6.7* es pot veure un resum sobre el funcionament d'aquest tipus de llaç de control i les diferents àrees i equips on és present. El full d'especificacions del llaç de control de pressió en el mesclador estàtic, correspon a la *Figura 3.6.7*, on s'agafen com a referència el M-202 i el M-203.

Taula 3.6.6. Característiques del llaç de control de la pressió en el mesclador dinàmic

	Característiques del llaç de control	
	Àrea	200
Nomenclatura dels llaços	P-M201-1	
Equips	M-201	
Tipus de llaç	Feedback	
Variable controlada	Pressió a l'interior del mesclador	
Variable manipulada	Entrada de nitrogen i sortida de gas	
Set point	3 bars	
Indicador	Sí	
Alarma	Sí	

Figura 3.6.6. Full d'especificacions del llaç de control de la pressió en el mesclador dinàmic



Taula 3.6.7. Característiques del llaç de control de la pressió en els mescladors estàtics

	Característiques del llaç de control	
	Àrea	200
Nomenclatura dels llaços	P-M202-2, P-M203-3	
Equips	M-202, M-203	
Tipus de llaç	Feedback	
Variable controlada	Pressió d'entrada als mescladors	
Variable manipulada	Cabal de sortida dels mescladors	
Set points	M-202: 4 bars M-203: 3,79 bars	
Indicador	Sí	
Alarma	Sí	

Figura 3.6.7a. Fulls d'especificacions dels llaços de control de la pressió en els mescladors estàtics

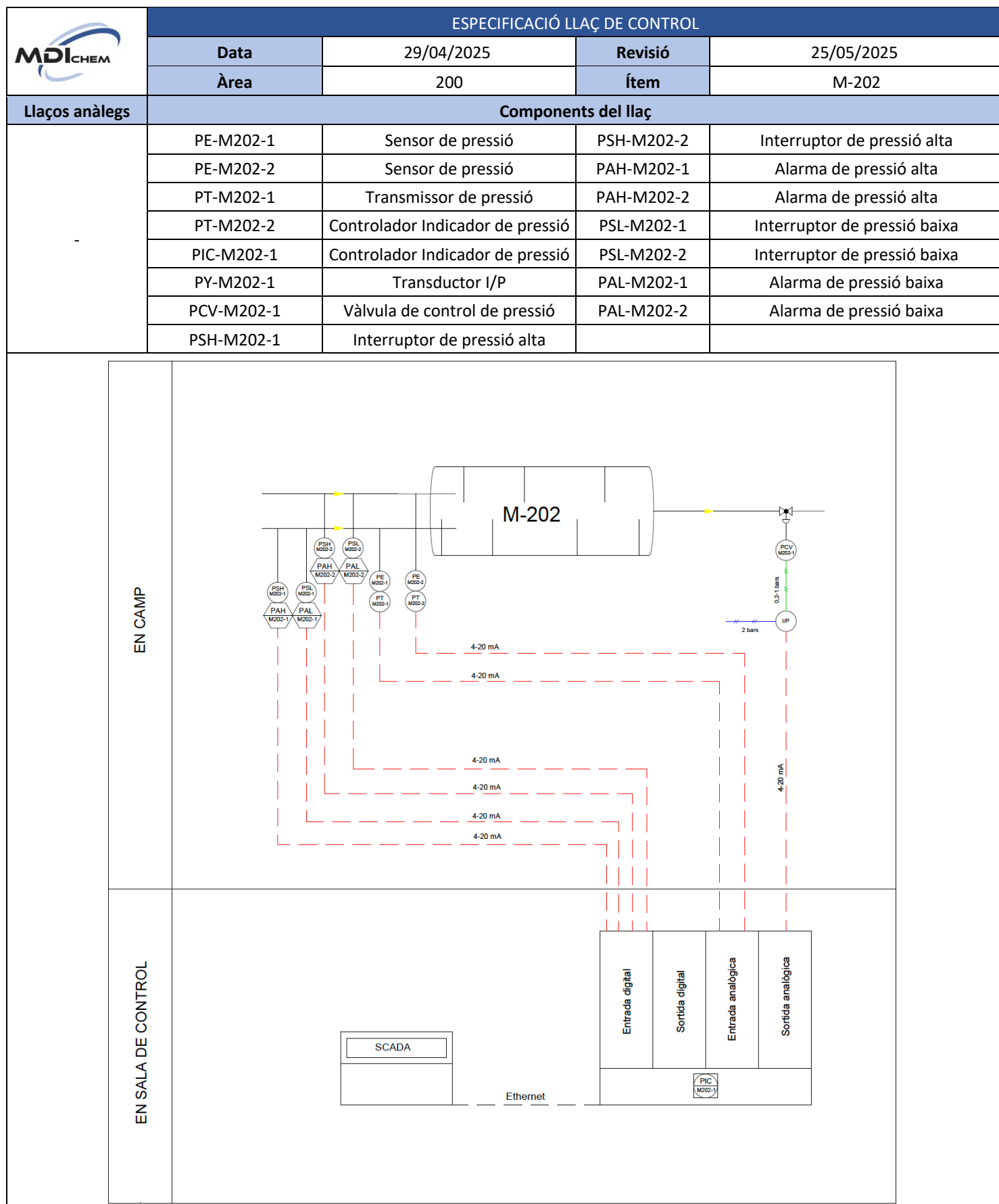
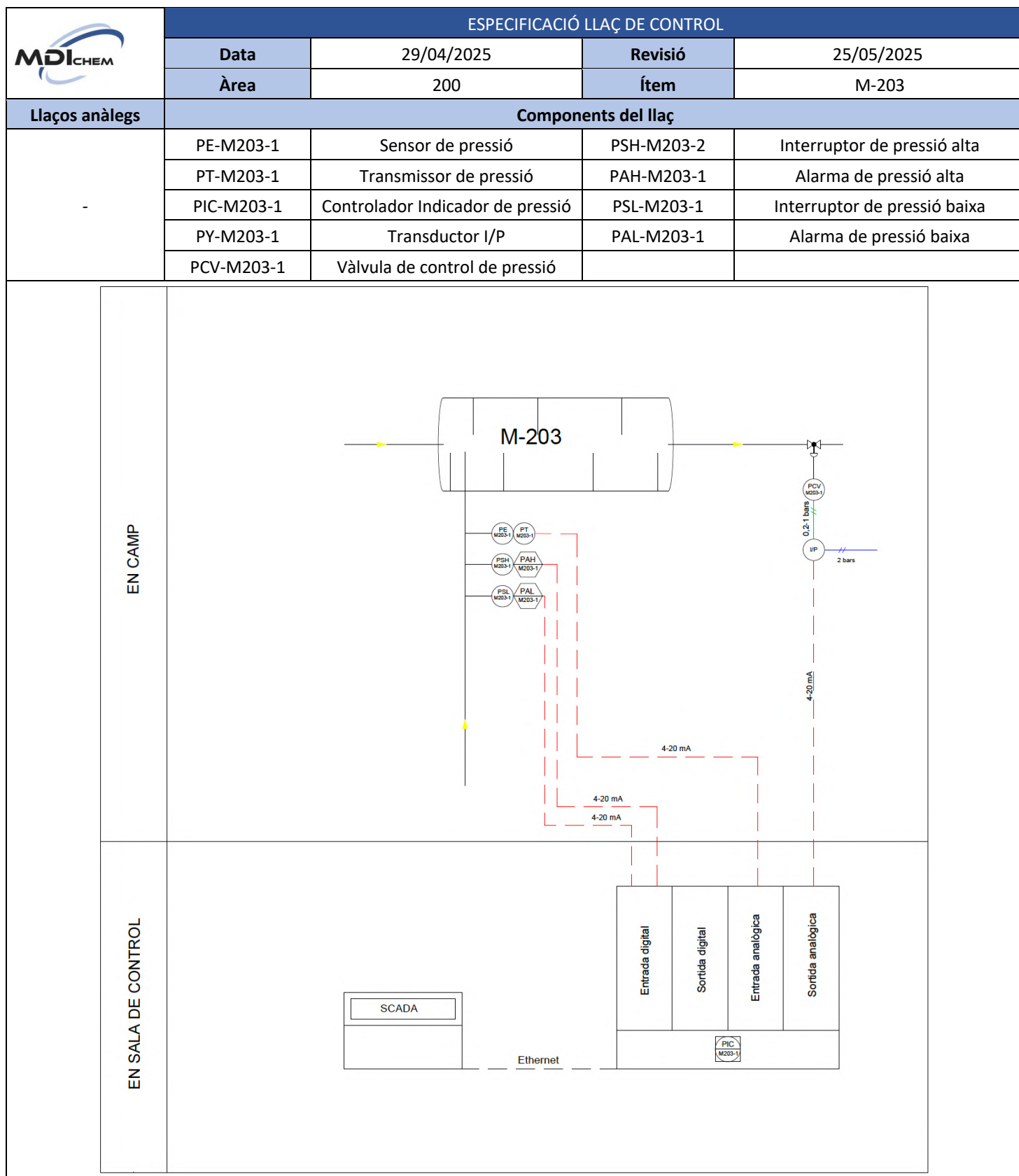


Figura 3.6.7b. Fulls d'especificacions dels llaços de control de la pressió en els mescladors estàtics



3.6.2.3. Llaç de control del cabal d'entrada

En el sistema de mescla previ al reactor, es busca que els corrents d'entrada mantinguin una proporció adequada per a garantir la correcta relació estequiomètrica dels reactius, i que a més el cabal total enviat al reactor sigui el requerit per aquest a cada moment. Aquest cabal de sortida és determinat pel llaç de control de concentració a la sortida del reactor.

Atès que a cada sistema de barrejat arriben tres corrents (dos corrents frescos i una tercera de recirculació), es planteja un llaç de control en cascada mixt, que integra tant control en ràtio com feedback.

Es mesuren tots tres cabals d'entrada als mescladors, per regular-los en funció del cabal de recirculació en cadascun dels moments. Els llaços corresponents són l'F-M201-1 i l'F-M202/203-2.

El llaç proposat funciona de la manera següent: El cabal de sortida del mesclador és mesurat contínuament i s'utilitza com a variable mestra del sistema. A aquest cabal de sortida se li resta el cabal del corrent de recirculació, també mesurat. Aquesta operació es realitza dins del PLC mitjançant un bloc de càlcul simple. El resultat és el cabal net d'aportació fresca requerida al mesclador.

Sobre aquest valor net s'apliquen ràtios predefinides que determinen quina fracció correspon a cadascuna dels dos corrents fresques.

Cadascuna d'aquestes fraccions calculades s'utilitza com set-point per a un llaç de control de cabal individual de tipus feedback, que actua sobre una vàlvula de control o bomba de dosatge per a garantir l'aportació desitjada de cada component.

Amb aquesta estratègia s'aconsegueix ajustar automàticament els cabals frescos en funció del cabal total que demanda el reactor, a més de compensar en temps real la contribució del cabal recirculat, evitant excessos o dèficits de massa i mantenir fixa la relació entre reactius, assegurant l'estequiometria òptima per a la reacció.

En la *Taula 3.6.8* es pot veure un resum sobre el funcionament d'aquest tipus de llaç de control i les diferents àrees i equips on és present. El full d'especificacions del llaç de control del cabal d'entrada als mescladors, correspon a la *Figura 3.6.8*, on s'agafen com a referència el M-201 i el M-202.

Taula 3.6.8. Característiques del llaç de control del cabal d'entrada als mescladors

	Característiques del llaç de control	
	Àrea	200
Nomenclatura dels llaços	F-M201-1, F-M202/203-2	
Equips	M-201, M-202, M-203	
Tipus de llaç	Ratio + Feedback	
Variable controlada	Relació dels corrents d'entrada	
Variable manipulada	Cabals d'entrada	
Set points	M-201: 15:85 (MDA: Clorobenzè) M-202: 75:25 (Fosgen:Clorobenzè)	
Indicador	Sí	
Alarma	Sí	

Figura 3.6.8a. Full d'especificacions del llaç de control del cabal d'entrada al mesclador dinàmic

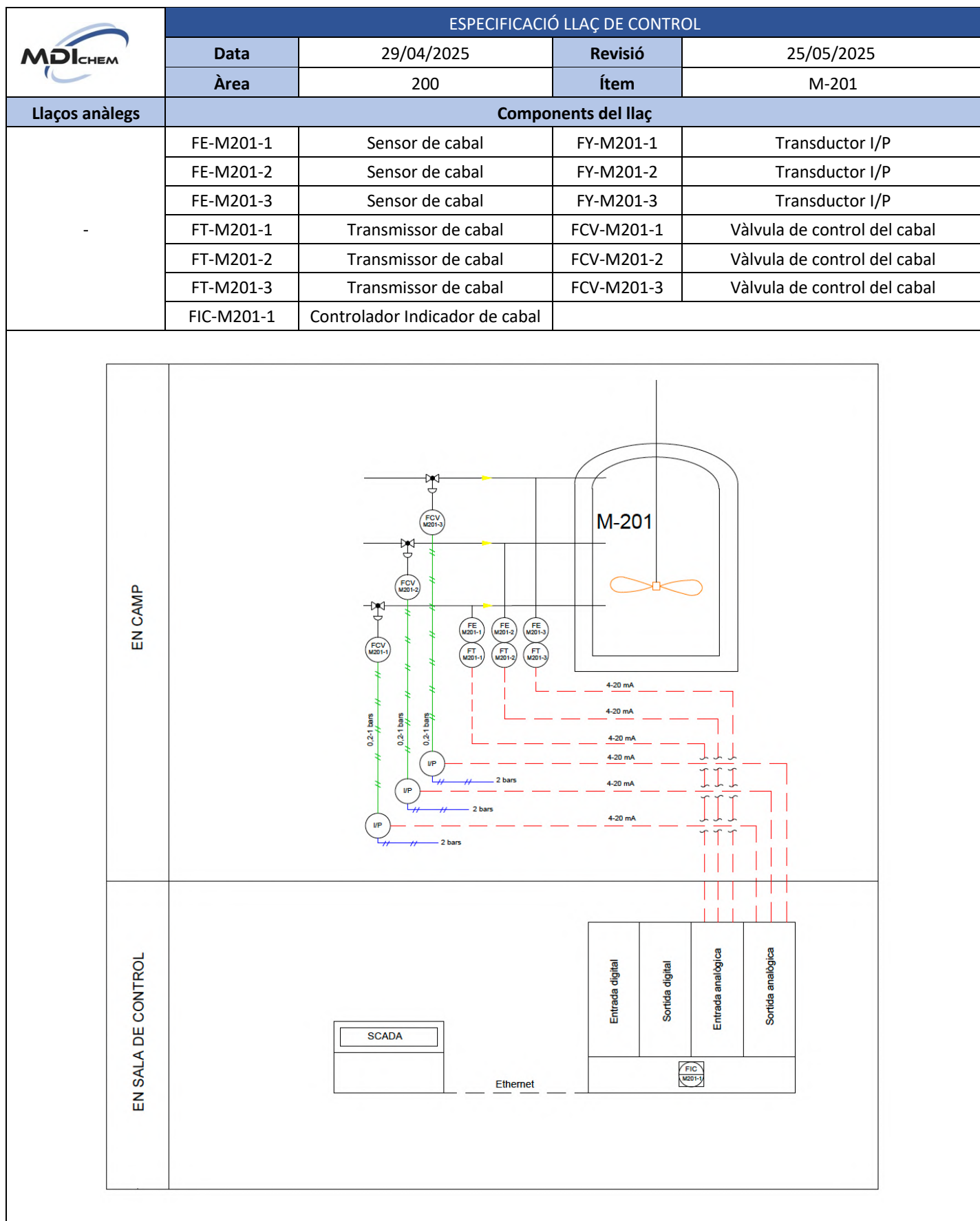
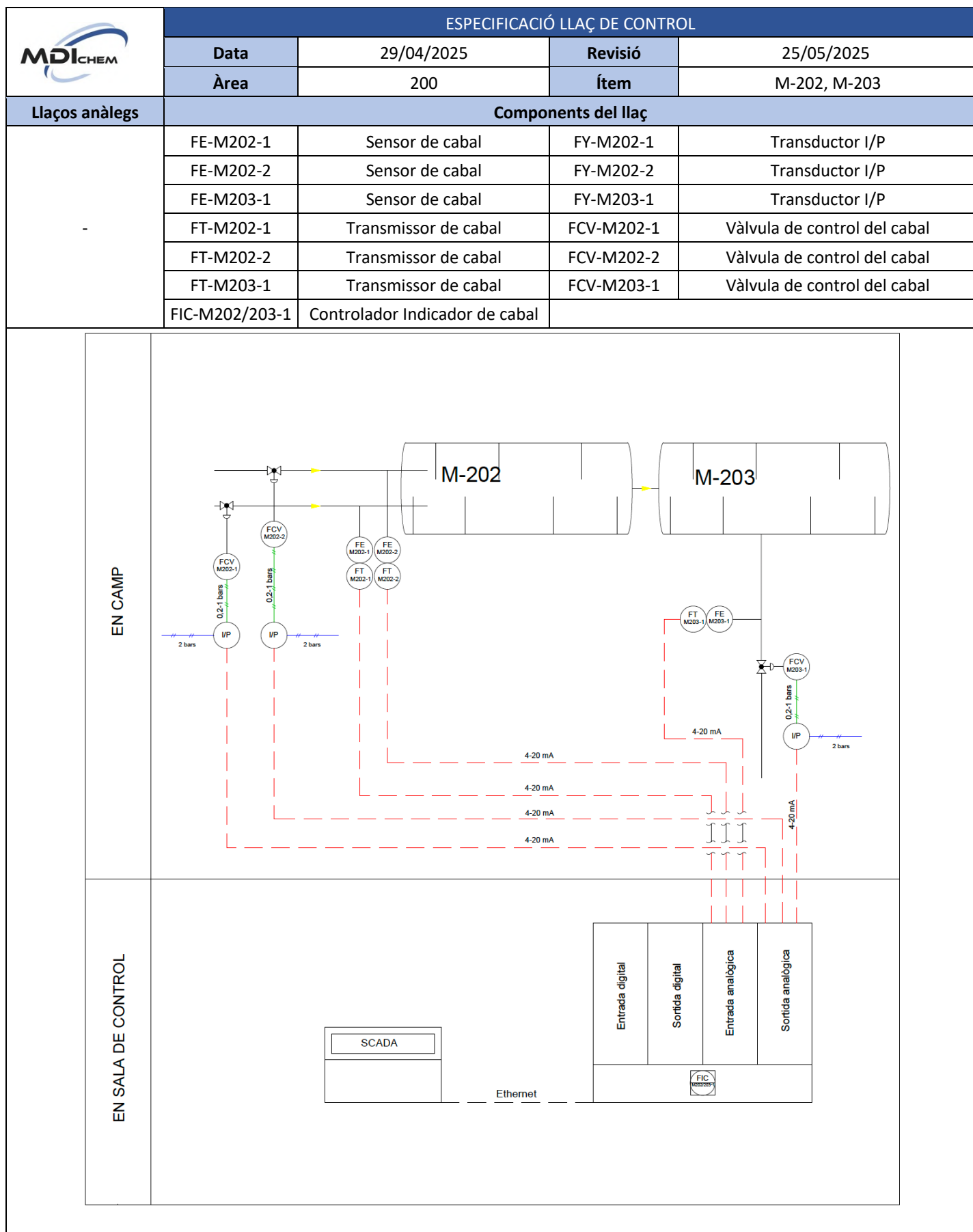


Figura 3.6.8b. Full d'especificacions del llaç de control del cabal d'entrada als mescladors estàtics



3.6.2.4. Llaç de control de la concentració a la sortida del mesclador dinàmic

En el tanc de mescla dinàmic es requereix garantir una concentració de sortida constant i homogènia. Si bé els cabals d'entrada estan regulats pels seus respectius llaços de control, en determinades condicions operatives la mescla pot no ser completament homogènia a causa de limitacions en el sistema d'agitació. Aquesta falta d'homogeneïtat pot donar lloc a desviacions en la concentració mesurada en l'efluent del tanc, malgrat que els cabals d'entrada siguin els adequats.

Per a mitigar aquest problema i assegurar que la mescla sigui efectiva en tot moment, s'implementa un llaç de control feedback de concentració en el qual la variable manipulada és la velocitat d'agitació. El llaç de control corresponent és el C-M201-1.

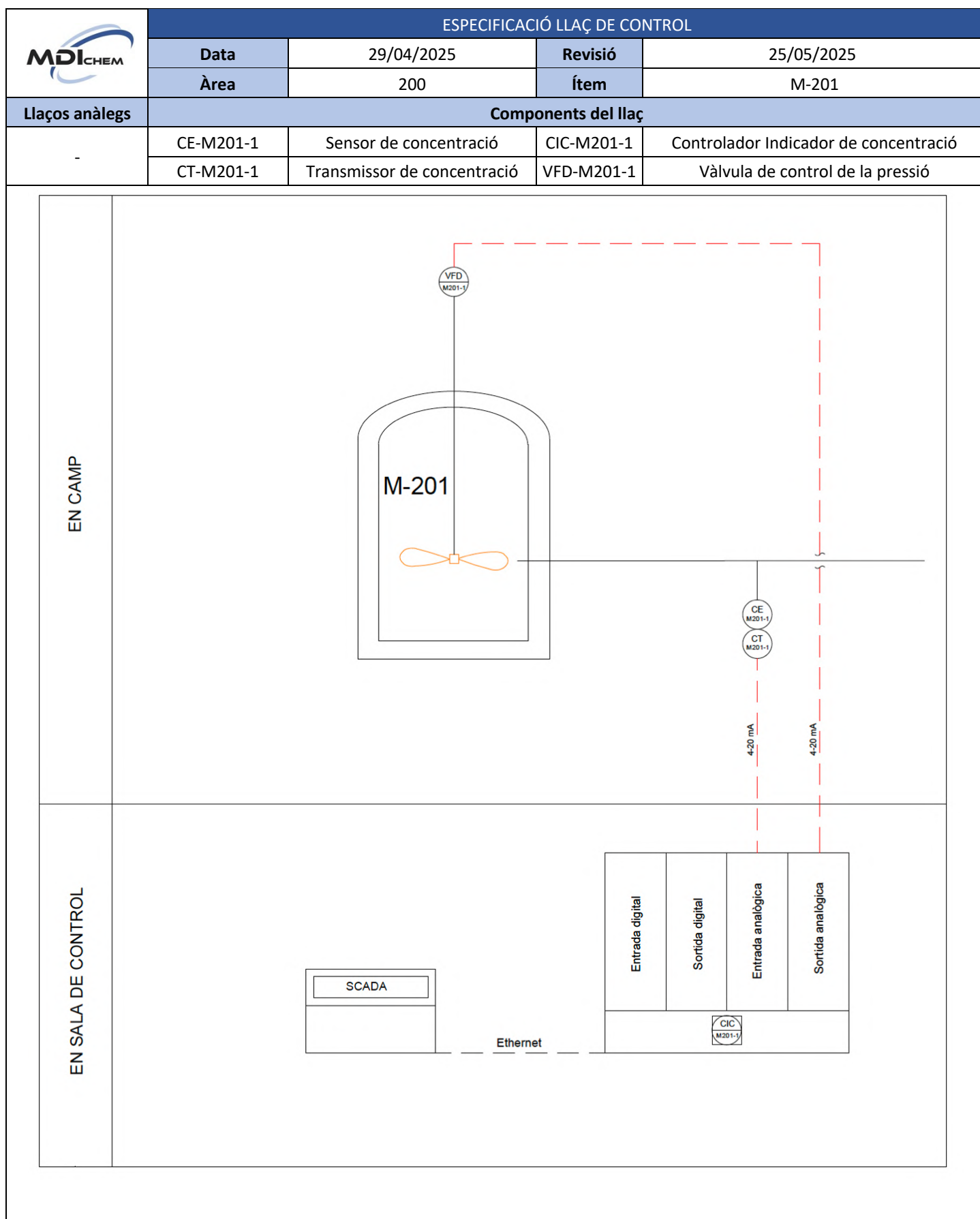
El sistema utilitza un analitzador de concentració situat en la sortida del mesclador, el qual proporciona un senyal continu de la composició del producte. Aquest senyal és comparat amb el valor de consigna de la concentració a la sortida del mesclador i, en cas de desviacions, el controlador actua ajustant la velocitat de l'agitador, per tal que tot estigui millor homogeneïtzat i reduir la presència de volums morts. Si la concentració es troba fora de l'interval desitjat, s'incrementa la intensitat d'agitació per a millorar la mescla. Una vegada s'aconsegueix l'homogeneïtat requerida, el sistema estableix novament la velocitat de l'agitador, optimitzant també el consum energètic.

Aquest tipus de llaç de control es justifica perquè les pertorbacions que afecten la qualitat de la mescla són difícils de predir i han de corregir-se a partir del mesurament directe del resultat de la concentració del producte.

Taula 3.6.9. Característiques del llaç de control de la concentració a la sortida del mesclador dinàmic

	Característiques del llaç de control	
	Àrea	200
Nomenclatura dels llaços	C-M201-1	
Equips	M-201	
Tipus de llaç	Feedback	
Variable controlada	Concentració d'MDA a la sortida del mesclador	
Variable manipulada	Velocitat d'agitació del tanc	
Set point	15% en pes	
Indicador	Sí	
Alarma	No	

Figura 3.6.9. Full d'especificacions del llaç de control de la concentració a la sortida del mesclador dinàmic



3.6.3. Bescanviadors de calor, condensadors i evaporadors de carcassa i tubs

Els bescanviadors de calor, els condensadors i els evaporadors són equips presents en nombrosos punts del procés. Tot i que els bescanviadors de calor engloben els evaporadors i els condensadors, segons el que s'ha indicat en el projecte, en els bescanviadors de calors es produeix únicament una variació de la temperatura sense canvi de fase, a diferència dels condensadors i dels reboilers, en els quals també s'inclou el canvi de fase. Tot i que hi ha diferències entre els bescanviadors i els condensadors i evaporadors, tots tres tipus d'equips han estat dissenyats de la mateixa manera, i tots presenten un disseny de carcassa i tubs, i per tant, disposaran dels mateixos llaços de control.

A causa d'aquesta similitud estructural i funcional, els llaços de control implementats en aquests equips comparteixen característiques comunes i s'integren en una mateixa secció d'anàlisi. En aquest apartat es descriuen els principals llaços de control associats a aquests equips per mantenir les condicions d'operació òptimes, com ara la temperatura i la pressió diferencial.

3.6.3.1. Llaç de control de temperatura de sortida

En la planta es disposa de diversos equips de tipus carcassa i tubs en els quals es produeix un intercanvi de calor. En aquests equips, és fonamental garantir que la temperatura de sortida del fluid de procés es mantingui constant i estable al voltant del valor de consigna, ja que això afectarà les etapes posteriors, on la temperatura és crítica per al correcte desenvolupament del procés en les condicions esperades.

Per aconseguir aquest objectiu s'ha implementat un llaç de control en cascada, ja que ofereix una millor resposta davant pertorbacions i canvis en el sistema que un control de tipus feedback senzill. Aquesta estratègia consta de dos llaços de control interconnectats: un llaç principal que regula la temperatura de sortida del fluid de procés, i un llaç subordinat que actua sobre el cabal del fluid tèrmic o refrigerant, en funció de si l'objectiu és l'augment o la disminució de la temperatura. Aquesta configuració permet mantenir una elevada estabilitat tèrmica, especialment en situacions en què el procés pot patir pertorbacions internes o externes, garantint així la qualitat del producte final i la seguretat de l'operació. Els llaços de control corresponents són: T-CN201-2, T-BC201-3, T-BC-202-4, T-BC301-2, T-E301-3, T-CN403-4, T-CN501-2.

El llaç principal mesura la temperatura de sortida del fluid de procés i la compara amb un valor de consigna establert. El senyal de sortida del controlador principal no actua directament sobre la vàlvula del fluid tèrmic, sinó que estableix la nova consigna per al controlador secundari, que regula el cabal del fluid tèrmic.

Aquest controlador secundari, mitjançant un sensor de cabal detecta la quantitat exacta de fluid refrigerant o tèrmic que entra al bescanviador. Aquest valor s'envia al segon controlador on es compara amb el setpoint que ha establert el primer controlador. La sortida del segon

controlador actua sobre una vàlvula de control per augmentar o reduir aquest cabal de fluid tèrmic o refrigerant.

Aquest control més ràpid i directe permet corregir pertorbacions abans que aquestes afectin la temperatura de sortida, ja que el sistema pot reaccionar de forma anticipada a possibles fluctuacions en el cabal tèrmic degudes a canvis de pressió, obstruccions o variacions en la demanda tèrmica.

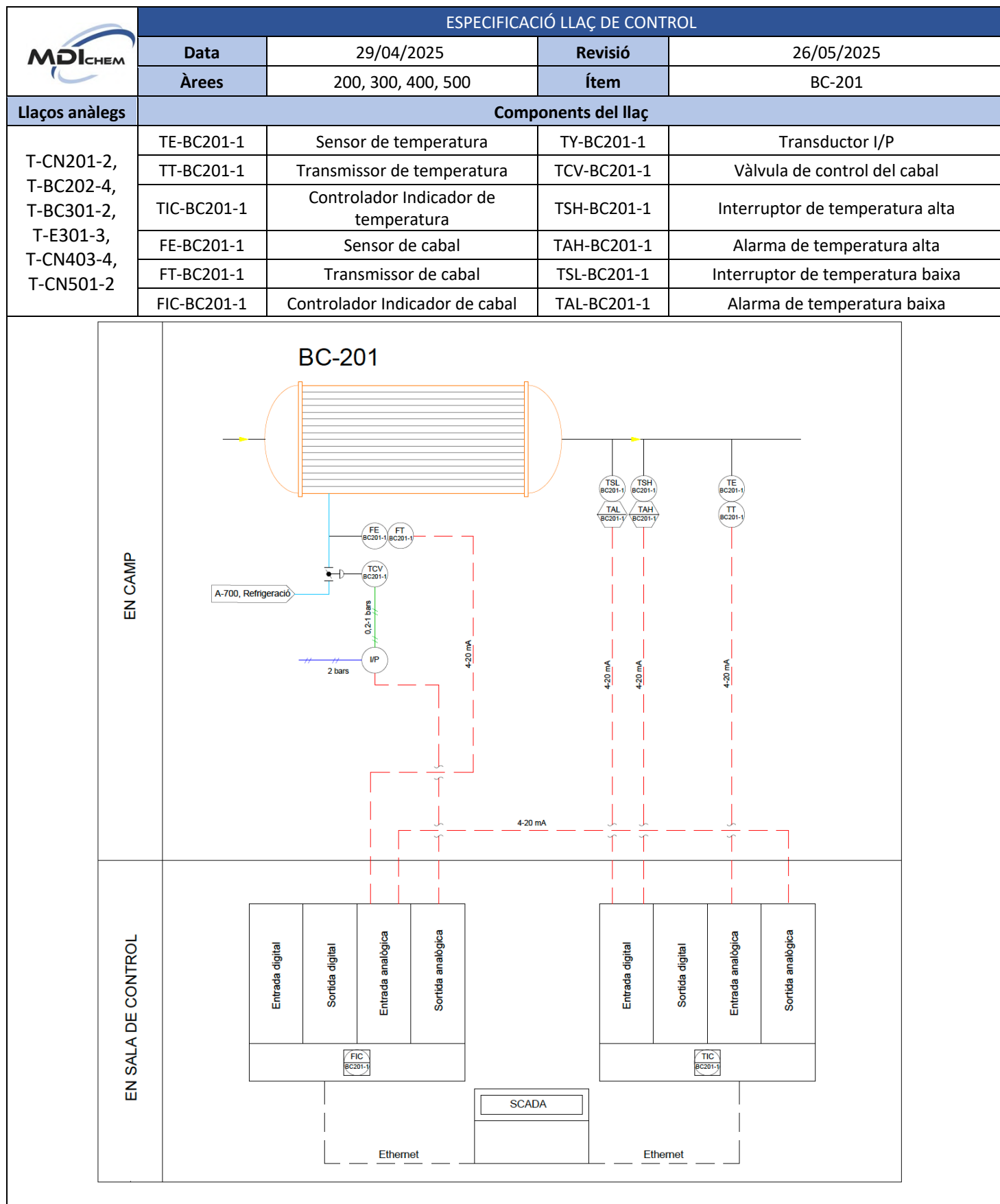
En els llaços d'aquests tipus també estan ubicades alarmes i interruptors de temperatura alta i temperatura baixa, per tal de que es pugui actuar ràpidament per evitar perills o que la qualitat del procés es vegi afectat.

En la *Taula 3.6.10* es pot veure un resum sobre el funcionament d'aquest tipus de llaç de control i les diferents àrees i equips on és present. El full d'especificacions del llaç de control de la temperatura de sortida dels bescanviadors de calor, condensadors i evaporador, correspon a la *Figura 3.6.10*, on s'agafa com a referència el BC-201.

Taula 3.6.10. Característiques del llaç de control de la temperatura de sortida en els bescanviadors de calor, condensadors i evaporador

	Característiques del llaç de control	
	Àrees	200, 300, 400
Nomenclatura dels llaços	T-CN201-2, T-BC201-3, T-BC202-4, T-BC301-2, T-E301-3, T-CN403-4, T-CN501-2	
Equips	CN-201, BC-201, BC-202, BC-301, E-301, CN-403, CN-501	
Tipus de llaç	Cascada	
Variable controlada	Temperatura de sortida del fluid de tubs	
Variable manipulada	Cabal de fluid refrigerant o tèrmic que circula per carcasses	
Set points	CN-201: -6.8 °C BC-201: -10 °C BC-202: -10 °C BC-301: 90 °C E-301: 90 °C CN-403: 80 °C CN-501: -10 °C	
Indicador	Sí	
Alarma	Sí	

Figura 3.6.10. Full d'especificacions del llaç de control de la temperatura de sortida en els bescanviadors de calor, condensadors i evaporador



3.6.3.2. Llaç de control del diferencial de pressió

En els equips de carcassa i tubs (bescanviadors de calor, condensadors i evaporadors), la diferència de pressió entre el costat de tubs i el costat de carcassa és una variable crítica que s'ha de mantenir dins de valors específics per tal de garantir la seguretat mecànica de l'equip i evitar fenòmens com la deformació dels tubs, infiltracions creuades o fins i tot trencaments per sobrepressió.

Per mantenir aquesta diferència de pressió dins dels límits permesos, s'ha implementat un llaç de control de tipus feedback, amb mesura directa de la diferència de pressió mitjançant un sensor de pressió diferencial. Els llaços que en formen part són P-CN201-4, P-BC201-5, P-BC202-6, P-BC301-2, P-BC302-3, P-CN403-4, P-CN501-2.

Aquest sensor, instal·lat amb pressa de pressió tant en el costat de tubs com en el de carcassa, proporciona una mesura contínua i precisa de la diferència instantània de pressió entre ambdós costats. L'acció correctora es realitza sobre una vàlvula de contrapressió regulable situada a la sortida del fluid de tubs. Aquesta vàlvula pot augmentar o disminuir la pressió a al costat de tubs, en funció del senyal rebut pel controlador. Si la pressió a la carcassa cau massa respecte al costat de tubs, la vàlvula es tanca parcialment per incrementar la contrapressió, equilibrant així la diferència; en canvi, si la pressió al costat de carcassa és excessivament alta, la vàlvula s'obre per reduir la contrapressió, ajustant novament l'equilibri de pressions.

Aquest tipus de llaç s'escull per diversos motius com ara el costat del fluid tèrmic és més fàcilment regulable, ja que pot operar en bucle tancat i amb baixes inèrcies i la pressió del fluid de procés és menys manipulable o pot estar subjecta a variacions de procés difícils de controlar. A més, el control actiu de la contrapressió permet una resposta ràpida i precisa davant fluctuacions.

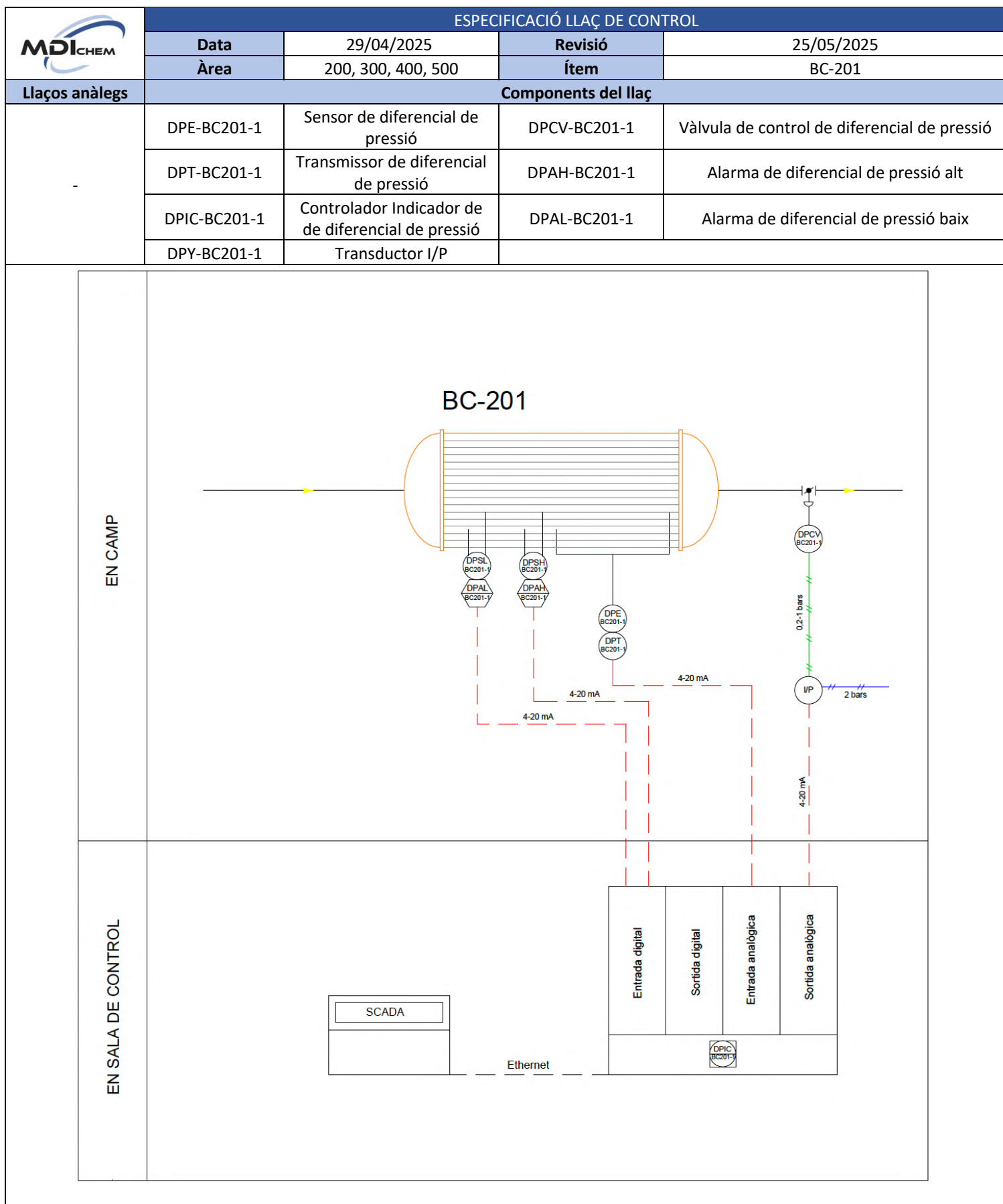
Amb aquest sistema s'evita que una caiguda sobtada de pressió al costat de carcassa pugui generar una sobrepressió relativa dels tubs, o a l'inrevés, que un augment no desitjat pressioni excessivament la carcassa. En resum, es tracta d'un llaç dissenyat per protegir la integritat estructural del bescanviador, prolongar la seva vida útil i evitar riscos operatius.

En la *Taula 3.6.11* es pot veure un resum sobre el funcionament d'aquest tipus de llaç de control i les diferents àrees i equips on és present. El full d'especificacions del llaç de control del diferencial de pressió dels bescanviadors de calor, condensadors i evaporador, correspon a la *Figura 3.6.11*, on també s'agafa com a referència, el BC-201.

Taula 3.6.11. Característiques del llaç de control del diferencial de pressió en els bescanviadors de calor

	Característiques del llaç de control	
	Àrees	200, 300, 400
Nomenclatura dels llaços	P-CN201-4, P-BC201-5, P-BC202-6, P-BC301-2, P-E301-3, P-CN403-4, P-CN501-2	
Equips	CN-201, BC-201, BC-202, BC-301, E-301, CN-403, CN-501	
Tipus de llaç	Feedback	
Variable controlada	Diferència de pressió entre la sortida del fluid de carcassa i el fluid de tubs	
Variable manipulada	Cabal de tubs de sortida	
Set points	CN-201: 1,5 bars BC-201: 1 bar BC-202: 2,5 bars BC-301: 1,5 bars E-301: 2,08 bars CN-403: 1,8 bars CN-501: 1,5 bars	
Indicador	Sí	
Alarma	Sí	

Figura 3.6.11. Full d'especificacions del llaç de control del diferencial de pressió en els bescanviadors de calor



3.6.4. Reactor RCFP

El reactor és un dels equips que requereix un dels sistemes de control més estricte i important de la planta, sobretot quan les condicions de la reacció poden suposar un greu perill si no es controlen adequadament, i més si es treballa amb substàncies perilloses, on les petites desviacions poden provocar greus conseqüències. A més, també s'ha d'implementar un bon sistema de control en aquest equip per tal de tenir el menor impacte negatiu sobre el producte final, en aquest cas, l'MDI.

3.6.4.1. Llaç de control de la pressió

El control de la pressió a l'interior dels tubs del reactor RCFP és fonamental per a garantir unes condicions operatives segures i estables durant la reacció, ja que aquesta s'ha de donar a valors elevats de pressió, i s'ha de tenir en compte que es tracta d'una reacció molt exotèrmica. Atès que la reacció química ocorre dins d'aquests tubs, és imprescindible que el sistema operi a una pressió controlada que permeti mantenir l'equilibri termodinàmic, assegurar l'estat dels reactius i evitar fugues o fallades mecàniques per sobrepressió. Per això, s'instal·la un llaç de control de pressió de tipus feedback amb enclavament. El llaç de la planta d'aquest tipus és el P-R301-1.

Es disposa de 3 sensors de pressió amb transmissor integrat en l'interior dels tubs, que prenen valors de la pressió en diferents punts del reactor: un a la entrada, un a la part central i l'últim cap a la sortida. Com que s'està donant una reacció química, s'ha considerat important mesurar la pressió en diferents punts del reactor, ja que les condicions de pressió i temperatura són molt variables a l'interior d'un RCFP. Aquests sensors envien contínuament el senyal de pressió al PLC, on un controlador compara aquests senyals amb el valor de consigna fixat per a l'operació. La variable manipulada en aquest llaç és una vàlvula de contrapressió instal·lada a la sortida del reactor, la qual s'ajusta automàticament per a mantenir constant la pressió interna.

Així, si la pressió tendeix a disminuir per sota del valor desitjat, la vàlvula es tancarà parcialment, generant una major resistència al flux i permetent que la pressió aigües amunt augmenti fins a aconseguir el valor de consigna. Per contra, si la pressió augmenta per sobre del límit establert, la vàlvula s'obrirà més per a facilitar el pas del fluid i reduir així la pressió interna.

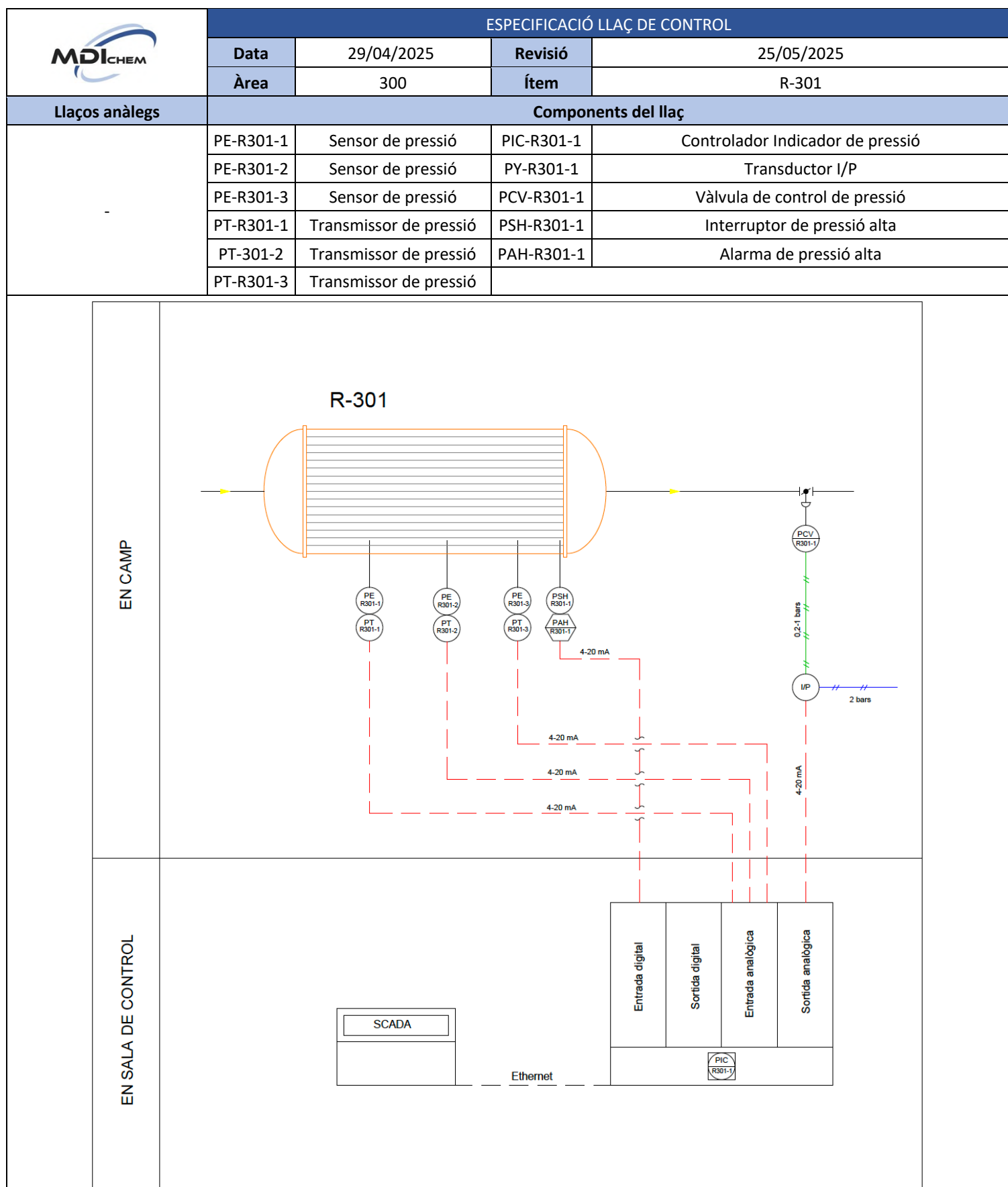
A més, el sistema de control de la pressió presenta un enclavament amb el valor de la pressió de sortida, ja que aquesta augmenta al llarg del reactor per la formació de gas. Si el valor de la pressió a la sortida del reactor supera el valor de consigna establert per garantir tant la seguretat de l'equip com la de la planta, el sistema de control de la pressió d'entrada es desconnecta, i és la pressió de sortida la que determina la pressió d'entrada a l'equip.

En la *Taula 3.6.12* es pot veure un resum sobre el funcionament d'aquest tipus de llaç de control i les diferents àrees i equips on és present. El full d'especificacions del llaç de control de la pressió en el reactor correspon a la *Figura 3.6.12*, on s'agafa com a referència l'R-301.

Taula 3.6.12. Característiques del llaç de control de la pressió en el reactor

	Característiques del llaç de control	
	Àrea	300
Nomenclatura dels llaços	P-R301-1	
Equips	R301	
Tipus de llaç	Feedback + Enclavament	
Variable controlada	Pressió a l'interior del reactor	
Variable manipulada	Pressió a la sortida del reactor	
Set points	15 bars	
Indicador	Sí	
Alarma	Sí	

Figura 3.6.12. Full d'especificacions del llaç de control de la pressió en el reactor



3.6.4.2 Llaç de control de la temperatura de sortida

Un dels llaços de control fonamentals del RCFP se centra en la temperatura de sortida del fluid de procés que circula pels tubs, ja que aquesta condiciona directament la cinètica de reacció i la qualitat del producte obtingut. Atès que aquest equip presenta una configuració de tipus carcassa i tubs, en la qual la reacció ocorre a l'interior dels tubs i el fluid refrigerant circula per la carcassa, s'empra una estratègia de control en cascada similar a la utilitzada en bescanviadors de calor i condensadors.

El llaç primari del sistema correspon al controlador de temperatura, el qual rep el senyal del transmissor de temperatura instal·lat en diferents punts dels tubs, i compara aquest valor amb una consigna establerta. El senyal de sortida d'aquest controlador actua com setpoint del llaç secundari, que correspon al controlador de cabal del fluid tèrmic. Aquest segon llaç regula, a través d'una vàlvula de control, el cabal d'entrada del fluid tèrmic a la carcassa del RCFP.

D'aquesta manera, si la temperatura de sortida del fluid de procés s'eleva per sobre del valor desitjat, el controlador de temperatura enviarà una nova consigna al llaç secundari per a augmentar el cabal del fluid refrigerant, provocant una major transferència de calor cap a l'exterior. Per contra, si la temperatura cau per sota de la consigna, el sistema reduirà el cabal de fluid tèrmic per a minimitzar l'extracció de calor. Aquesta configuració permet una major precisió i rapidesa de resposta, ja que el llaç secundari actua directament sobre la variable manipulada, el cabal tèrmic; mentre que el llaç primari s'enfoca a mantenir estable la variable controlada, la temperatura.

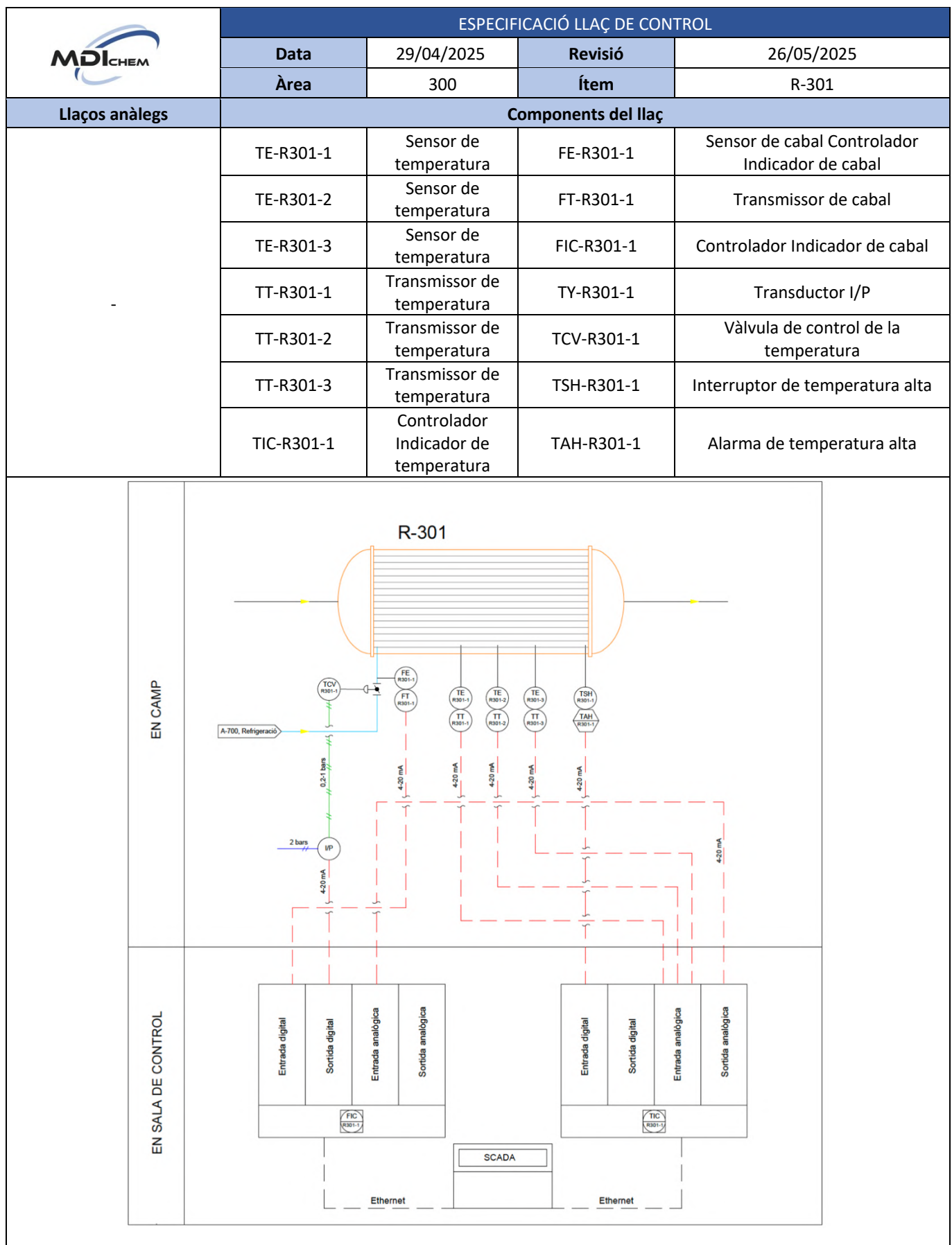
A més, el llaç de control disposa d'una alarma d'alta temperatura, la qual provocarà un augment immediat del cabal d'entrada de refrigerant per tal d'extreure la calor que es genera i evitar situacions de risc. No es disposarà d'una alarma de temperatura baixa, ja que al donar-se una reacció exotèrmica, la tendència sempre serà que es doni un augment de la temperatura, i que sigui més probable situacions de risc per un augment incontrolat d'aquesta.

En la *Taula 3.6.13* es pot veure un resum sobre el funcionament d'aquest tipus de llaç de control i les diferents àrees i equips on és present. El full d'especificacions del llaç de control de la temperatura de sortida del reactor correspon a la *Figura 3.6.13*, on s'agafa com a referència l'R-301.

Taula 3.6.13. Característiques del llaç de control de la temperatura de sortida del reactor

	Característiques del llaç de control	
	Àrea	300
Nomenclatura dels llaços	T-R301-1	
Equips	R301	
Tipus de llaç	Cascada	
Variable controlada	Temperatura de sortida del fluid de procés	
Variable manipulada	Cabal de refrigerant que circula per la carcassa	
Set point	115 °C (a la sortida)	
Indicador	Sí	
Alarma	Sí	

Figura 3.6.13. Full d'especificacions del llaç de control de la temperatura de sortida del reactor



3.6.4.3. Llaç de control de la concentració de sortida

El rendiment del procés de producció de MDI està fortament condicionat per la relació molar entre els reactius principals: l'MDA i el fosgen. Aquest és un dels llaços més importants per garantir que s'arriba a la producció desitjada de la planta, ja que serà en la concentració de sortida on es veurà reflectida la conversió del reactor. Atès que el reactor RCFP opera sota condicions estequiomètricament crítiques i a elevada eficiència, s'implementa un llaç de control que garanteix que la concentració de MDI en el producte es mantingui constant, actuant directament sobre la relació entre els corrents d'alimentació.

Aquest llaç de control és de tipus feedback amb estructura de ràtio controlat. El sistema disposa d'un analitzador de concentració en línia en el corrent de sortida del reactor, el qual mesura en continu la concentració de MDI. El valor mesurat es transmet al controlador de concentració, que el compara amb un valor de consigna corresponent a l'especificació de qualitat del producte.

El controlador de concentració genera un senyal de correcció que ajusta el setpoint d'un controlador de ràtio, el qual regula la relació de cabals entre els dos corrents d'alimentació. Se selecciona com a cabal base el d'MDA, ja que és el reactiu limitant de la reacció, i com a cabal esclau, el del fosgen. Aquest últim és ajustat mitjançant un controlador de cabal independent, la consigna del qual és calculada en funció del cabal basi multiplicat per la ràtio desitjada, prèviament ajustat pel controlador superior.

L'estructura completa del llaç pot considerar-se una estratègia de control en trencada ràtio-feedback, on el llaç primari mesura la concentració de MDI i ajusta dinàmicament la ràtio d'alimentació. El llaç secundari s'encarrega de mantenir el cabal de fosgen en la proporció adequada respecte al MDA.

Aquest tipus de control permet absorbir pertorbacions tant en les característiques del reactor com en les condicions d'alimentació, mantenint l'estequiometria pròxima al valor òptim de conversió. A més, redueix el risc d'acumulació de reactiu no convertit, especialment crític quan es treballa amb fosgen.

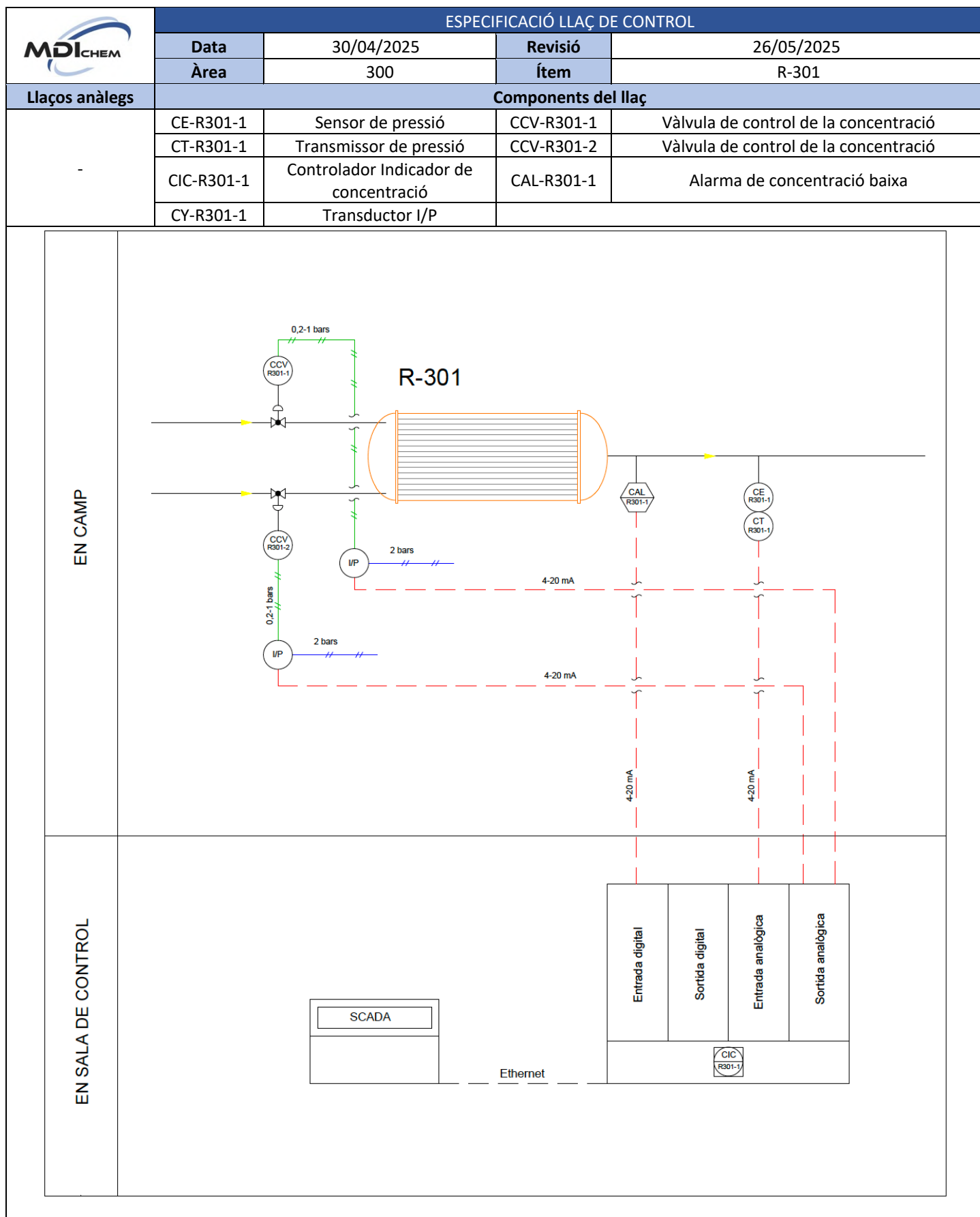
Aquest llaç de control disposa d'una alarma de baixa concentració, per tal d'incidir ràpidament sobre el procés des de la sala de control i veure quines variables poden estar provocant que el grau de conversió sigui baix. S'ha d'actuar amb rapidesa, per tal d'evitar que el producte final no compleixi amb les especificacions descrites o que no contingui la concentració d'MDI indicada.

En la *Taula 3.6.14* es pot veure un resum sobre el funcionament d'aquest tipus de llaç de control i les diferents àrees i equips on és present. El full d'especificacions del llaç de control de la concentració d'MDI a la sortida del reactor correspon a la *Figura 3.6.14*, on s'agafa com a referència l'R-301.

Taula 3.6.14. Característiques del llaç de control de la concentració de sortida del reactor

	Característiques del llaç de control	
	Àrea	300
Nomenclatura dels llaços	C-R301-1	
Equips	R301	
Tipus de llaç	Ratio + Feedback	
Variable controlada	Concentració de MDI en el corrent de sortida del reactor	
Variable manipulada	Cabals d'entrada d'MDA+clorobenzè i de Fosgen+Clorobenzè	
Set point	12,38 % en pes	
Indicador	Sí	
Alarma	Sí	

Figura 3.6.14. Full d'especificacions del llaç de control de la concentració de sortida del reactor



3.6.5. Columnes de destil·lació

3.6.5.1. Llaç de control del diferencial de pressió i composició del producte per cues

En el procés de separació mitjançant destil·lació dins de la planta, és essencial assegurar una adequada operació hidrodinàmica de la columna, així com el manteniment de la puresa del component recollit per fons. Una de les variables clau per garantir aquesta estabilitat operativa és la pressió diferencial entre el cap i el fons de la columna, la qual reflecteix la resistència al pas del vapor dins de la columna i està fortament influenciada pel cabal de vapor generat en el calderí.

Aquest cabal de vapor, i per tant la pressió diferencial, pot ser manipulat controlant el cabal de fluid tèrmic que circula pel calderí. No obstant això, aquest cabal de calor és també responsable de la taxa d'evaporació dels components més pesants, afectant directament la composició del corrent de producte per fons. Un increment massa elevat en el cabal d'oli tèrmic podria provocar una excessiva volatilització de compostos menys volàtils, alterant la puresa del producte recollit per cues.

Per tal de garantir tant la seguretat operativa com la qualitat del producte final, s'implementa un llaç de control de tipus override, amb un low selector que gestiona dues variables de control crítiques: la pressió diferencial de la columna i la composició del producte per fons. Aquest sistema assegura que, en condicions normals, el control estigui orientat a mantenir la composició de sortida òptima; però en cas de desviacions de pressió que comprometin la seguretat o l'estabilitat del sistema, el control prioritzi la correcció de la pressió diferencial.

El funcionament del llaç és el següent: Un transmissor de pressió diferencial mesura la diferència entre el cap i el fons de la columna i envia el senyal al PLC. Un sensor de concentracions en línia mesura la composició del corrent per fons, i també envia el senyal al PLC. Ambdós senyals arriben als respectius controladors PID (de pressió diferencial i de composició), els quals determinen una acció de control.

Els dos senyals de sortida del controlador són enviats a un low selector, que prioritza l'acció del controlador amb la demanda més restrictiva. El senyal resultant del selector és enviat a un transductor I/P que actua sobre una vàlvula de regulació del cabal tèrmic al calderí.

Adicionalment, el PLC inclou alarmes per altes i baixes pressions diferencials per protegir la integritat de l'equip. Aquesta estratègia permet mantenir una composició de producte estable sota condicions normals, i alhora preservar l'estabilitat i seguretat operativa quan es detecten desviacions en la pressió dins de la columna.

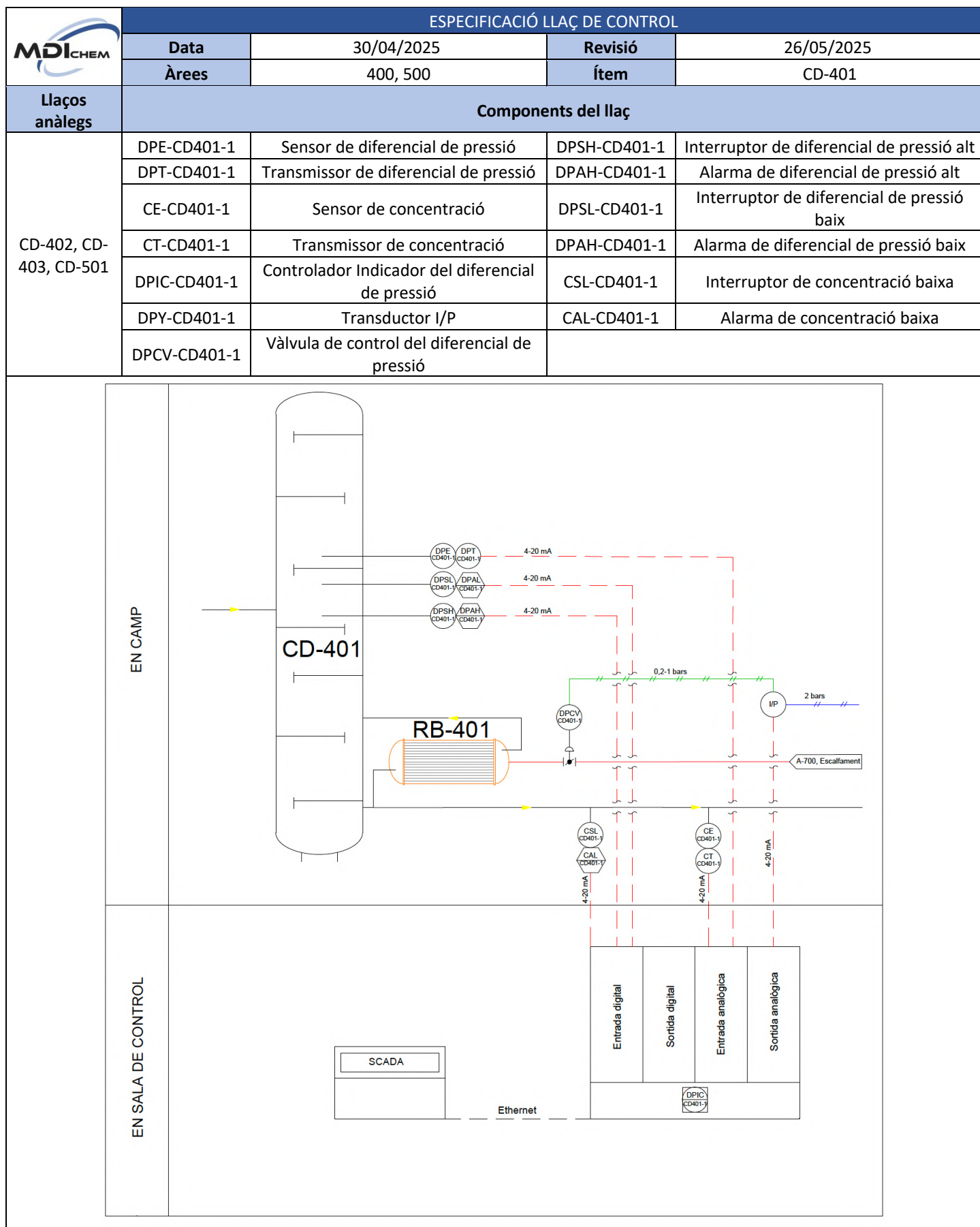
En la *Taula 3.6.15* es pot veure un resum sobre el funcionament d'aquest tipus de llaç de control i les diferents àrees i equips on és present.

En la *Figura 3.6.15* es pot veure un exemple del PI&D d'aquest llaç de control, aplicat a la columna de destil·lació CD-401.

Taula 3.6.15. Característiques del llaç de control del diferencial de pressió en les columnes de destil·lació

	Característiques del llaç de control	
	Àrea	400, 500
Nomenclatura dels llaços	P-CD401-1, P-CD402-2, P-CD403-3, P-CD501-1,	
Equips	CD-401, CD-402, CD-403, CD-501	
Tipus de llaç	Override	
Variable controlada	Diferencial de pressió	
Variable manipulada	Cabal d'entrada del fluid tèrmic al reboiler	
Set points	CD-401: 2,03 bars CD-402: 1 bar CD-403: 0,5 bars CD-501: 2 bars	
Indicador	Sí	
Alarma	Sí	

Figura 3.6.15. Full d'especificacions del llaç de control del diferencial de pressió en les columnes de destil·lació



3.6.5.2. Llaç de control del nivell de líquid al fons de la columna

El control del nivell de líquid en el fons de la columna de destil·lació és essencial per garantir una operació estable i segura. Mantenir un nivell adequat evita tant la inundació com l'assecatge del calderí, situacions que afectarien negativament els cabals interns de líquid i vapor, alterant l'equilibri de separació i comprometent la qualitat del producte. Aquest llaç de control permet, a més, reforçar el manteniment de la composició òptima del corrent per fons, ja que un nivell massa baix o massa alt pot provocar desviacions en el règim de vaporització dins del calderí, afectant la selectivitat de la separació dels components pesants.

Per controlar aquesta variable, es manipula el cabal de sortida del líquid del fons. Un augment del cabal evacuat redueix el nivell acumulat, mentre que una reducció de cabal el fa augmentar. Es tracta d'un llaç de control de tipus feedback, ja que actua en resposta a les desviacions del nivell real respecte al nivell desitjat, corregint-les mitjançant la regulació directa del flux de sortida.

El seu funcionament és el següent: Un transmissor de nivell ubicat al fons de la columna envia el senyal de mesura al PLC a través del sistema remot. Aquest senyal és processat per un controlador PID de nivell, que compara la lectura amb la consigna establerta. El PLC també està connectat a alarmes per nivell alt i nivell baix, que permeten detectar i actuar davant de situacions operativament crítiques. El senyal de sortida del controlador es dirigeix a un transductor I/P, que converteix el senyal elèctric en un senyal pneumàtic per actuar sobre la vàlvula de control de sortida de líquid. Aquesta vàlvula modula l'evacuació del corrent de fons, mantenint així el nivell dins dels límits operatius desitjats.

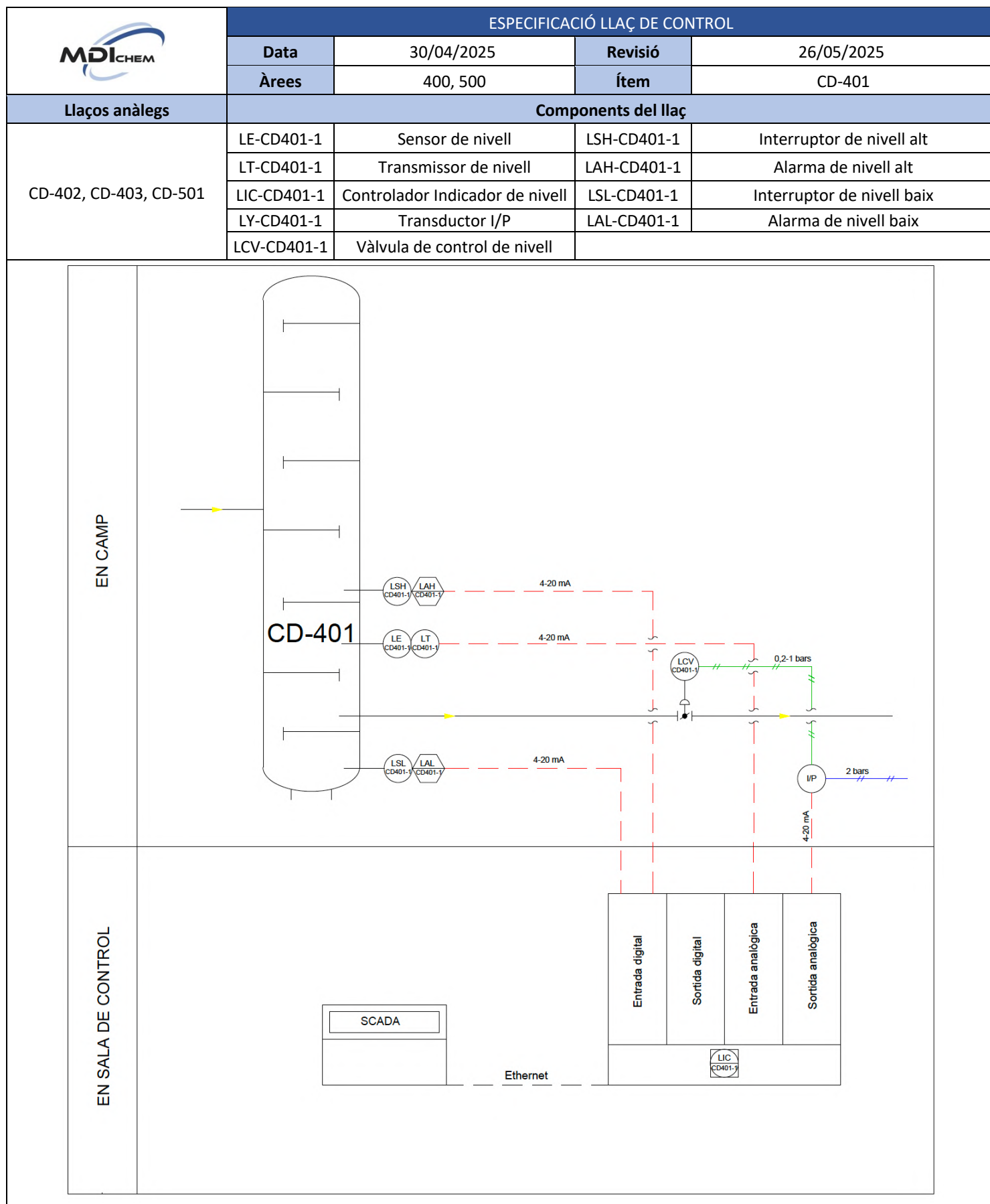
En la *Taula 3.6.16* es pot veure un resum sobre el funcionament d'aquest tipus de llaç de control i les diferents àrees i equips on és present.

En la *Figura 3.6.16* es pot veure un exemple del PI&D d'aquest llaç de control, aplicat a la columna de destil·lació CD-401.

Taula 3.6.16. Característiques del llaç de control del nivell de líquid al fons en les columnes de destil·lació

	Característiques del llaç de control	
	Àrea	400, 500
Nomenclatura dels llaços	L-CD401-1, L-CD402-2, L-CD403-3, L-CD501-1	
Equips	CD-401, CD-402, CD-403, CD-501	
Tipus de llaç	Feedback	
Variable controlada	Nivell del líquid al fons de la columna	
Variable manipulada	Cabal de sortida de la columna	
Set points	CD-401: 1,8 m ³ CD-402: 1,2 m ³ CD-403: 0,4 m ³ CD-501: 0,3 m ³	
Indicador	Sí	
Alarma	Sí	

Figura 3.6.16. Full d'especificacions del llaç de control del nivell de líquid al fons en les columnes de destil·lació



3.6.5.3. Llaç de control de la temperatura a caps de columna

El manteniment de la temperatura dins d'un rang òptim a la columna de destil·lació és fonamental per garantir una separació eficaç entre els diferents components de la mescla. En particular, a la zona superior de la columna, l'ús del reflux intern permet condensar parcialment els vapors ascendants, augmentant així l'enriquiment del component més volàtil i millorant el rendiment de la separació.

Per tal de regular aquest procés, es disposa d'un llaç de control de temperatura de tipus cascada, identificat com T-CD401-1, T-CD402-2, T-CD403-3, T-CD501-1. El llaç en cascada permet una resposta més ràpida i estable davant de les variacions tèrmiques, ja que el control primari (temperatura) estableix la consigna del control secundari (cabal de reflux). Això facilita una acció més dinàmica i precisa sobre la variable manipulada.

En condicions normals, si la temperatura a la zona d'enriquiment augmenta per sobre del valor de consigna, el sistema incrementa el cabal de reflux fred. Aquest augment de reflux intensifica la condensació dels vapors, reduint la temperatura fins a recuperar les condicions de disseny. En cas contrari, si la temperatura cau per sota del límit establert, es redueix el cabal de reflux. Per garantir la seguretat del sistema, s'inclouen dues alarmes, una per temperatura alta i una altra per temperatura baixa, amb la finalitat de detectar desviacions crítiques i activar les actuacions corresponents.

El funcionament detallat del llaç és el següent: El transmissor de temperatura mesura la temperatura a la part superior de la columna i envia el senyal al PLC. Aquest senyal és processat pel controlador i indicador de temperatura, que defineix la consigna per al controlador secundari de cabal de reflux.

Paral·lelament, el transmissor de cabal mesura el cabal real del reflux i envia el senyal al PLC, que arriba al controlador i indicador de cabal. El controlador de cabal actua com a regulador final, ajustant la vàlvula de control de cabal de reflux a través d'un transductor I/P, que converteix el senyal elèctric en pneumàtic per al seu accionament. Aquest enfocament en cascada optimitza la resposta del sistema i assegura que la temperatura de la columna es mantingui dins dels límits operatius òptims, afavorint una separació eficient i estable.

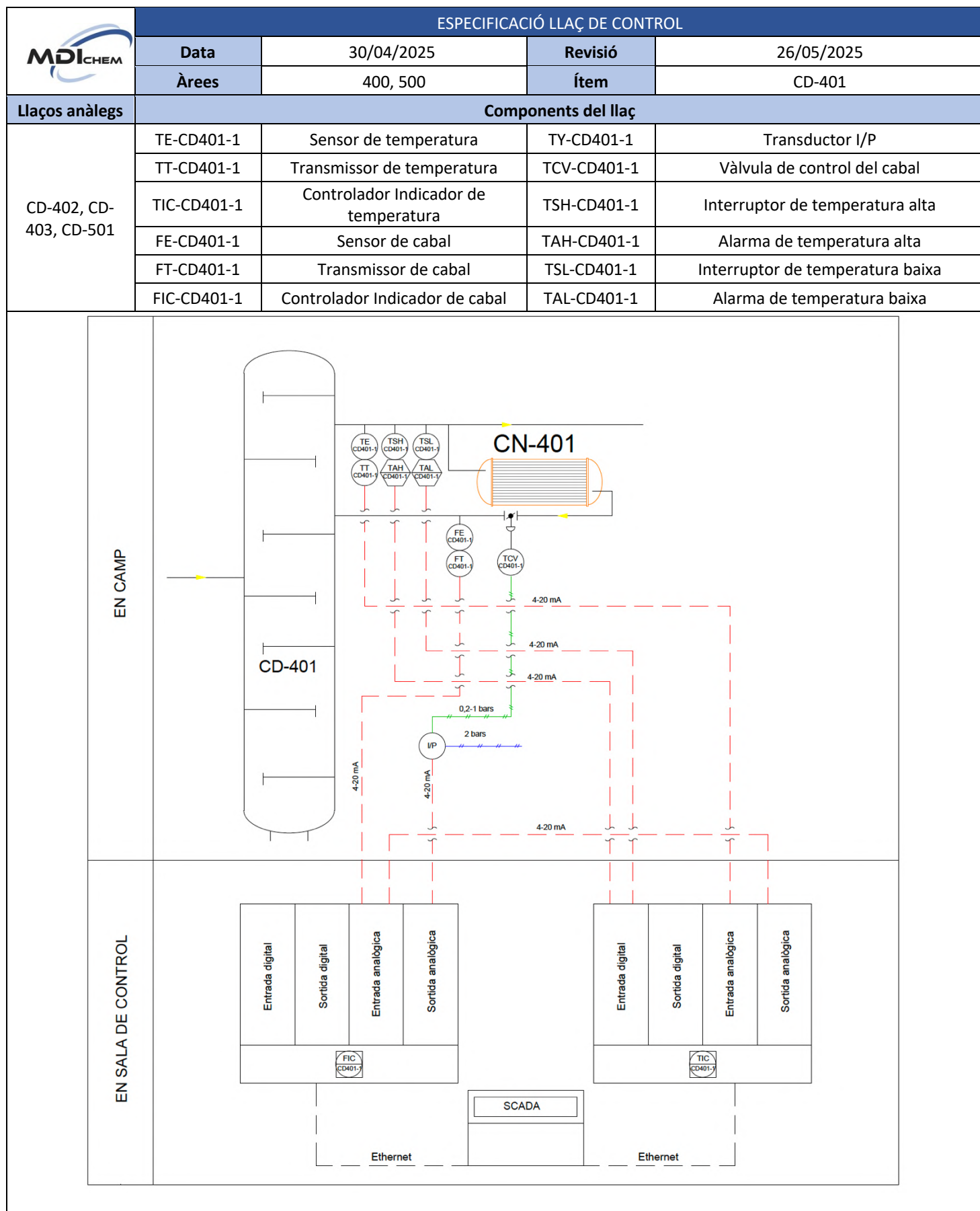
En la *Taula 3.6.17* es pot veure un resum sobre el funcionament d'aquest tipus de llaç de control i les diferents àrees i equips on és present.

En la *Figura 3.6.17* es pot veure un exemple del PI&D d'aquest llaç de control, aplicat a la columna de destil·lació CD-401.

Taula 3.6.17. Característiques del llaç de control de la temperatura a caps en les columnes de destil·lació

	Característiques del llaç de control	
	Àrea	400, 500
Nomenclatura dels llaços	T-CD401-1, T-CD402-2, T-CD403-3, T-CD501-1	
Equips	CD-401, CD-402, CD-403, CD-501	
Tipus de llaç	Cascada	
Variable controlada	Temperatura a caps de la columna	
Variable manipulada	Cabal de reflux de la columna	
Set points	CD-401: -6,38 °C CD-402: 173,80 °C CD-403: 110,40 °C CD-501: -67,23 °C	
Indicador	Sí	
Alarma	Sí	

Figura 3.6.17. Full d'especificacions del llaç de control de la temperatura a caps en les columnes de destil·lació



3.7. Bibliografia

[1] (S. f.-d). Integrated.cc. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de http://integrated.cc/cse/Instrumentation_Symbols_and_Identification.pdf

Ag, S. (s. f.). *Válvulas* • SAMSON Spain. Samsongroup.com. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de <https://spain.samsongroup.com/es/equipos-y-aplicaciones/selector-de-equipos/valvulas/>

[3]. AnythingFlows. (2020, setembre 30). *Todo lo que necesita saber sobre cómo funcionan los actuadores de válvulas eléctricos y neumáticos - Lider industrial en válvulas, actuadores, válvulas de control, instrumentación, medición y patines AnythingFlows USA Compañía de control de flujo*. Lider industrial en válvulas, actuadores, válvulas de control, instrumentación, medición y patines AnythingFlows USA Compañía de control de flujo. <https://www.anythingflows.com/es/todo-lo-que-necesita-saber-sobre-como-funcionan-los-actuadores-de-valvulas-electricos-y-neumaticos/>

Castaño Giraldo, S. A. (2019, octubre 1). *Lazo Abierto y Lazo Cerrado*. Control Automático Educación. <https://controlautomaticoeducacion.com/control-realimentado/lazo-abierto-y-lazo-cerrado/>

¿Cuál es la diferencia entre PLC y SCADA? (s. f.). Onupkeep. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de <https://upkeep.com/es/learning/plc-vs-scada/>

FTIR | FTIR Gas Analyzer | MAX-iR - UK. (s. f.). Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de <https://www.thermofisher.com/es/es/home/industrial/spectroscopy-elemental-isotope-analysis/molecular-spectroscopy/fourier-transform-infrared-spectroscopy/instruments/max-ir-ftir-gas-analyzer.html>

High performance butterfly valves. (s. f.). Abovalve.com. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de <https://www.abovalve.com/high-performance-butterfly-valves>

Hock, A. (s. f.). *Industrial control valves*. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de <https://www.ahock.com/en/valve-technology/industrial-control-valves/control-valve-series-2000/>

Kg, V. G. (s. f.-a). *El sensor radar para líquidos VEGAPULS 64*. VEGA; VEGA Grieshaber KG. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de <https://www.vega.com/es-es/productos/catalogo-de-productos/medicion-de-nivel/radar/el-primer-instrumento-de-medicion-de-nivel-radar-para-liquidos-a-80-ghz-vegapuls-64>

Kg, V. G. (s. f.-b). *Transmisor de presión con sello separador para productos a altas temperaturas y químicamente agresivos - VEGABAR 81*. VEGA; VEGA Grieshaber KG. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de <https://www.vega.com/es-es/productos/catalogo-de-productos/sensores-de-presion/hidrostatico/vegabar-81>

Lazos de control. (s. f.). Scribd. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de <https://es.scribd.com/document/334001386/Lazos-de-Control>

Proline Promass H 500 Coriolis flowmeter. (s. f.). Endress.com. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de <https://www.br.endress.com/pt/produtos/vazao-caudal-medicao-caudalimetro/coriolis-flowmeter-promass-h500-8h5b?t.tabId=product-overview>

¿Qué es un bucle de control? (s. f.). Watlow.com. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de <https://www.watlow.com/es-es/blog/posts/setting-up-a-control-loop>

Qué es un Lazo de Control y su Uso en la Industria. (2022, novembre 13). Flux Ingenieros | Soluciones de Control Automático Industrial; Flux Ingenieros. <https://fluxingenieros.es/que-es-un-lazo-de-control/>

Sensor de presión diferencial - FKC. (s. f.). Fuji Electric. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de <https://www.fujielectric.fr/es/producto/medicion-de-la-presion/sensor-de-presion-diferencial-fkc/>

Sonda de temperatura RTD con aislamiento mineral. (s. f.). JUMO IBERIA S.A. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de <https://www.jumo.es/web/products/apps/productdetailpage?pdpld=902220>

Variadors de freqüència Salicru. (s. f.). <https://www.salicru.com/>. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de <https://www.salicru.com/es-ca/variadors-frecuencia.html>

Villajulca, J. C. (2020, desembre 29). *Como funciona una Estrategia de Control en Cascada? Definiciones y ejemplos.* Instrumentacion y Automatizacion Industrial; InstrumentacionyControl.NET. <https://instrumentacionycontrol.net/como-functiona-una-estrategia-de-control-en-cascada-definiciones-y-ejemplos/>

(S. f.-a). Supmea.com. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de https://www.supmea.com/products/Pressure_transmitter/SUP-P300G.html

(S. f.-b). Uba.ar. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de <https://materias.df.uba.ar/I5a2021c1/files/2021/04/Lazos-de-control-PID.pdf>

(S. f.-c). Cartagena99.com. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de https://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/TEMA%207%20Acciones%20de%20Control%20S_y_C.PDF

(S. f.-e). Ktnvalves.com. Recuperat el 4 de juny de 2025, de, de <https://ktnvalves.com/en/butterfly-valves/>