



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI



# Aprofitament vapor 1.4 bar MDI per escalfar Sosa càustica 30%ELO

TREBALL DE FINAL DE GRAU

**Identificador:** TFGEQ\_2518

**Membres:** Nicole Caro La Torre

Siyi Zheng

Anais Rodríguez González

Grau: Enginyeria Química

Tutor: Joan Codina

Supervisor extern: Esteve Obis

Tarragona, 11 juny del 2025

11/06/2025

**Departament d'Enginyeria Química. Universitat Rovira i Virgili.**

**Vist i plau pel lliurament i defensa del TFG del grau d'Enginyeria Química.**

TÍTOL DEL TFGEQ: Aprofitament vapor 1.4 bar MDI per escalfar Sosa càustica 30%ELO

SUBTÍTOL.....

AUTOR: Anaïs Rodríguez González .....

CURS ACADÈMIC: 2024-2025

**VIST I PLAU DEL TUTOR ACADÈMIC**

En Joan Codina Jornet .....

en la seva capacitat de tutor acadèmic fa constar que considera que el TFGEQ

és adequat i en conseqüència recomana la seva defensa

no en recomana la defensa per presentar les mancances exposades en el document annex

Signatura:

Data: 11/06/2025

**DECLARACIÓ D'ABSÈNCIA DE CONFLICTES DE CONFIDENCIALITAT**

En Esteve Obis Torruella, en la seva capacitat de supervisor extern<sup>(\*)</sup> del treball fa constar que ha revisat el contingut del TFGEQ i que no conté cap informació que pugués ser considerada com confidencial per part de l'empresa COVESTRO, S.L.

(\*) Cas que el TFGEQ no sigui extern serà el professor tutor qui emplenarà aquesta secció

Signatura:

Data: 11-06-2025

A continuació, es mostra el codi de colors pel repartiment de les tasques.

● Nicole Caro La Torre

● Siyi Zheng

● Anais Rodríguez González

<b>Símbol</b>	<b>Significat</b>	<b>Unitat</b>
Q	Calor bescanviat	kW
$m_c$	Cabal màssic del flux calent	kg/h
$h_{1,c}$	Entalpia específica de l'entrada del flux calent	kJ/kg
$h_{2,c}$	Entalpia específica de la sortida del flux calent	kJ/kg
U	Coefficient global de transferència de calor	W/(m <sup>2</sup> K)
$A_s$	Àrea d'intercanvi	m <sup>2</sup>
F	Factor de correcció de la temperatura logarítmica	-
$\Delta T_{LM}$	Temperatura mitjana logarítmica	K
k	Conductivitat tèrmica	W/mK
$C_p$	Capacitat calorífica	J/kgK
$N_t$	Nombre de tubs	-
$L_t$	Longitud del tub	-
D	Diàmetre extern del tub	m
$D_i$	Diàmetre intern del tub	m
$P_t$	Distància entre centres de tubs	m
C	Mínima distància entre tubs	m
n	Nombre de passos por tub	-
$a_{pt}$	Àrea de pas por tubs	m <sup>2</sup>
V	Velocitat	m/s
$\rho$	Densitat	kg/m <sup>3</sup>
$\mu$	Viscositat	Ns/m <sup>2</sup>
Re	Número de Reynolds	-
Pr	Número de Prandtl	-
Nu	Número de Nusselt	-
$h_{io}$	Coefficient de convecció del costat tubs	W/m <sup>2</sup> K
$\Delta P_t$	Pèrdua de càrrega en els tubs	Pa
$\Delta P_r$	Pèrdua de càrrega en el canvi de pas	Pa
$\Delta P$	Pèrdua de càrrega total	Pa
s	Espessor	mm
C	Factor de disseny	-
$D_1$	Diàmetre de disseny del condensador	mm
$p_i$	Pressió de disseny en l'interior	bar
$p_u$	Pressió de disseny en l'exterior	bar
S	Coefficient de seguretat	-
K	Factor de resistència del material	N/mm <sup>2</sup>
v	Coefficient de la junta	-
$C_1$	Sobreesspessor par a compensar las toleràncies	mm
$C_2$	Sobreesspessor de corrosió	mm
$D_0$	Diàmetre exterior de la canonada	mm
$Q_v$	Cabla volumètric	m <sup>3</sup> /h
$K_v$	Coefficient de cabal en unitats mètriques	m <sup>3</sup> /h
$C_v$	Coefficient de cabal en unitats imperials	gmc
$K_{vs}$	Coefficient de caudal per carrera nominal del 100% ( $H_{100}$ )	m <sup>3</sup> /h
$Q_t$	Cabal en les canonades	m <sup>3</sup> /s

---

A	Àrea de la canonada	m <sup>2</sup>
<i>f</i>	Factor de fricció	-
ε	Espessor de la canonada	mm
H <i>f</i>	Pèrdua de carga	bar
Di	Diàmetre interior de la canonada	mm
Q <sub>v</sub>	Cabal volumètric	m <sup>3</sup> /h
K <sub>v</sub>	Coefficients de cabal en unitats mètrics	m <sup>3</sup> /h

---

## ÍNDIX

1. Introducció .....	1
2. Etapa preliminar .....	1
2.1. Descripció del projecte.....	1
2.2. Abast del projecte.....	1
2.3. Antecedents històrics .....	2
2.4. Alternatives del procés.....	2
2.4.1. Selecció del tipus de bescanviador de calor .....	3
2.4.2. Selecció de la configuració del bescanviador .....	4
2.4.3. Fluid a transportar .....	5
2.5. Planificació inicial del projecte (Diagrama de Gantt).....	7
3. Bases de disseny.....	8
3.1.1. Especificació d'alimentacions.....	8
3.1.2. Especificacions dels productes.....	9
3.2. Factor de servei i capacitat operativa .....	9
3.3. Normes i codis de disseny .....	9
3.3.1. Recipients.....	9
3.3.2. Canonades i instrumentació .....	9
3.4. Especificació dels serveis disponibles .....	9
3.5. Localització .....	10
3.5.1. Dades climàtiques, pluviomètriques i sísmiques .....	11
4. Desenvolupament de l'enginyeria bàsica.....	13
4.1. Diagrama de blocs.....	13
4.2. Taula de simbologia .....	13
4.3. Diagrama del flux del procés (PFD) .....	13
4.4. Diagrama de canonades i instrumentació.....	13
4.5. Diagrama d'implantació ( <i>Plot Plan</i> ).....	14
4.6. Llistats .....	15
4.6.1. Llistat d'equips.....	15
4.6.2. Llistat de canonades .....	15
4.6.3. Llistat de la instrumentació .....	16
4.6.4. Llistat de vàlvules .....	17
4.7. Disseny del bescanviador .....	20
4.7.1. Condicions de disseny .....	20
4.7.2. Estudi energètic .....	22

4.7.3. Proposta de millora: la nova tecnologia Vahterus .....	23
4.7.4. Comparació de l'eficiència: Vahterus vs Tubulars .....	23
4.7.5. Full d'especificació Vahterus del primer bescanviador .....	27
4.7.6. Disseny del segon bescanviador .....	28
4.7.7. Full d'especificació Vahterus del segon bescanviador .....	31
4.8. Disseny de canonades .....	32
4.8.1. Criteris pel dimensionament de canonades .....	32
4.8.2. Dimensionament de canonades .....	32
4.8.3. Pèrdues de càrrega .....	33
4.8.4. Material .....	34
4.8.4.1. Canonada de vapor .....	34
4.8.4.2. Canonada de sosa càustica .....	35
4.8.5. Aïllament tèrmic .....	35
4.8.6. Disseny d'accessoris .....	36
4.9. Disseny de la vàlvula de control .....	40
4.9.1.1. Full d'especificacions per a la vàlvula de control .....	42
4.10. Disseny de la vàlvula de seguretat .....	43
4.10.1.1. Full d'especificacions per a la vàlvula de seguretat .....	44
4.11. Caracterització de les estratègies de control .....	45
4.12. Descripció funcional del projecte .....	46
4.13. Descripció de la instal·lació .....	46
5. Seguretat en el disseny de les instal·lacions .....	47
5.1. Seguretat de processos .....	47
5.2. Anàlisi de Risc .....	47
5.3. Control de vàlvules i possibles fallades .....	51
5.4. Estudi de seguretat (HAZOP) .....	51
5.5. Plans d'emergència .....	56
5.6. Definició de zones ATEX .....	56
6. Estudi medioambiental del procés .....	58
6.1. Emissions a l'atmosfera .....	58
6.2. Emissions al sòl .....	58
6.3. Emissions líquides .....	59
6.4. Residus .....	59
6.5. Altres impactes .....	59
6.5.1. Contaminació acústica per sorolls .....	59
6.5.2. Contaminació acústica per vibracions .....	59

6.5.3. Contaminació per mal olor.....	59
6.5.4. Contaminació lumínica .....	59
7. Estudi del manteniment del procés .....	61
7.1. Filosofia de manteniment.....	61
7.2. Inventari d'equips.....	61
7.3. Estratègies de manteniment .....	62
7.3.1. Manteniment correctiu .....	62
7.3.2. Manteniment preventiu .....	63
7.3.3. Manteniment predictiu .....	64
7.4. Organigrama de manteniment .....	65
7.5. Categorització, inspeccions i proves dels equips a pressió .....	66
7.5.1. Classificació de la categoria i grup dels equips a pressió .....	66
7.5.2. Nivell d'inspecció dels equips a pressió .....	72
7.5.3. Agent i periodicitat.....	72
7.5.4. Inspeccions de la instrumentació .....	73
8. Manual .....	74
8.1. Manual d'operació .....	74
8.1.1. Manual de posada en marxa ( <i>Start up</i> ) .....	74
8.1.2. Comprovació abans de la posada en marxa .....	74
8.1.3. Procés d'arrancada .....	74
8.1.4. Inici del procés d'intercanvi de calor (WVO10).....	74
8.1.5. Inici del procés d'intercanvi de calor (WVO11).....	74
8.1.6. Manual de parada (programada/ d'emergència) (WVO10) .....	74
8.1.7. Manual de parada (programada/ d'emergència) (WVO11) .....	75
8.2. Manual de neteja .....	75
8.2.1. Retroreatat.....	75
8.2.2. Neteja química .....	76
8.2.3. Anàlisi després de la neteja .....	78
8.3. Manual de detecció i solució de possibles errors operatius .....	79
8.3.1. Pèrdua interna.....	79
8.3.2. Declivi gradual del rendiment de la transferència de calor.....	79
9. Avaluació econòmica .....	80
9.1. Inversió en capital fix.....	80
9.2. Costos variables .....	81
9.3. Costos generals .....	81
9.4. Ingressos.....	81

9.5. Estudi de viabilitat .....	82
9.6. Certificat d'Estalvi Energètic.....	84
10. Conclusions.....	85
11. Bibliografia .....	86

## 1. INTRODUCCIÓ

Títol	Aprofitament vapor 1.4 bar MDI per escalfar Sosa càustica 30%ELO	
Identificador	TFGEQ_2518	
Tutor	Joan Codina Jornet	
Supervisor extern	Esteve	Obis Torruella
Data	11/06/25	
Localització	Tarragona	
Autors	Nicole Geraldinne Caro La Torre Siyi Zheng Anaïs Rodríguez González	

## 2. ETAPA PRELIMINAR

### 2.1. Descripció del projecte

El projecte es basa en l'aprofitament energètic del vapor sobresaturat de baixa pressió sobrant en la planta MDI/MDA, el qual actualment s'expansiona a l'atmosfera, per conèixer amb més detall la procedència del vapor, es consulta en l'apartat d'antecedents històrics (2.3).

L'estratègia d'estalvi d'energia consta de dues etapes, la primera es basa en la configuració d'una canonada d'enviament del vapor des de la planta MDI a la planta d'ELO, la segona etapa consta de la configuració de dos bescanviadors de calor per tal d'escalfar la sosa càustica fins a 120°C.

En la primera etapa del projecte, la canonada es dissenyarà tenint en compte les pèrdues de càrrega, les condensacions, així com la qualitat i quantitat de vapor per tal d'aconseguir que arribi a les condicions adequades a l'entrada del primer bescanviador de calor.

El disseny del primer bescanviador de calor es dissenyarà per tal de ser capaç d'escalfar la sosa càustica al 30% de concentració des de 79°C fins a una temperatura de 100°C, així mateix el segon bescanviador de calor aconseguirà que la sosa càustica arribi a una temperatura de 120°C. La configuració inicial dels bescanviadors de calor es portarà a terme amb el *software Aspen HYSYS*, després es compararà amb els bescanviadors de l'empresa J. Negre.

Així mateix, es contemplen estudis de seguretat, medi ambient i manteniment. Es calcularà el CO<sub>2</sub> *foodprint* per tal de comprovar que es redueixen les emissions a l'atmosfera. Respecte a la seguretat del procés, es realitzarà un estudi HAZOP i es definiran plans d'emergència. Pel manteniment del procés, es classificaren i definiran els temps d'inspecció dels equips i canonades per tal de garantir la seguretat i el bon funcionament de la instal·lació.

Finalment, es fa un estudi econòmic i es calculen el VAN i el *Payback Period* per comprovar que el projecte és econòmicament viable.

### 2.2. Abast del projecte

El projecte inclou la caracterització del vapor generat en el condensador de MCB i les diferents millores. Es dissenya l'etapa de vapor de baixa pressió de la planta MDI/MDA i l'etapa de la sosa càustica de la planta d'ELO. S'inclou, estratègia d'instrumentació i control, estudi de seguretat, operativa, estudi ambiental, manteniments i avaluació econòmica.

### 2.3. Antecedents històrics

Covestro compta amb una planta MDI (diisocianat de metilendifenil)/MDA (diaminodifenilmetà) per a la principal producció d'escumes rígides de poliuretà. També disposa d'una planta per a la producció del clor i sosa càustica.

Des de la planta MDI/MDA es produeix una reacció de MDA amb fosc, utilitzant MCB (monoclorobenzè). Més tard, el monoclorobenzè es recupera i passa per un intercanviador on es refreda mitjançant condensat. En aquest procés, el MCB condensa i el condensat es vaporitza. Aquesta generació de vapor implica una gran alliberació de calor, que es pot aprofitar per millorar l'eficiència energètica del sistema. Concretament, aquest vapor s'utilitza per escalfar la solució de sosa càustica provinent de la planta d'ELO. El vapor saturat de baixa pressió només arriba a una temperatura de 110 °C.

Actualment, la planta d'ELO disposa d'un bescanviador de calor que escalfa la sosa càustica fins al 120°C, per aconseguir-ho utilitza vapor saturat de 7 bar. Específicament circula un cabal de 5.46 t/h de vapor.

#### 2.3.1. Caracterització del Vapor

La caracterització per aprofitar el vapor de la planta de MDI és essencial per garantir un control òptim del procés de producció. A continuació es presenten les condicions operatives, la composició i les propietats termodinàmiques del vapor, aspectes claus per al disseny i la gestió eficient dels sistemes de transport i condensació.

Les condicions operatives del vapor en la planta poden incloure la pressió i la temperatura de sortida del vapor.

Taula 1. Condicions operatives a la planta MDI.

Paràmetres	Valor	Unitats
Pressió d'operació	1.40	bar
Temperatura d'operació	110	°C

Per altra part, s'ha de tenir en compte el flux màssic i volumètric del vapor de MDI que són paràmetres importants per dimensionar els sistemes de transport. Aquests factors depenen de diversos factors operatius, com la pressió, la temperatura i, especialment, la posició de la vàlvula de control VAG102.

Quan la vàlvula VAG102 està més oberta, es permet el pas d'un major volum de vapor, cosa que incrementa el flux màssic i volumètric en el sistema. A més, en les èpoques d'estiu, és habitual que el vapor s'expandeixi més a l'exterior (a l'ambient) per les condicions de temperatura més elevades. Aquesta expansió a l'exterior pot provocar una lleugera variació en els fluxos, ja que el sistema pot estar més pressionat per compensar les diferències de temperatura, afectant així el vapor.

### 2.4. Alternatives del procés

En aquest apartat, es té en compte diferents alternatives per poder analitzar quina és la que s'adapta millor a la planta.

1. Instal·lació d'un bescanviador de calor (tubs i carcassa) tradicional.
2. Instal·lació de bescanviador de plaques tradicional.

La primera alternativa és la instal·lació dels bescanviadors tubs i carcassa, ja que ofereixen grans avantatges com la seva alta eficiència de transferència de calor, flexibilitat en el disseny i facilitat de neteja i manteniment.

La segona alternativa, és la instal·lació de bescanviadors de plaques tradicionals. Aquests proporcionen una alta eficiència tèrmica gràcies a la gran superfície de contacte entre fluids i ocupen menys espai que els tubs i carcassa. Són fàcils de desmuntar per la seva neteja i permeten adaptar la capacitat mitjançant l'afegit o retirada de plaques.

#### 2.4.1. Selecció del tipus de bescanviador de calor

Es realitza un estudi per determinar quina configuració del bescanviador de calor és la òptima, s'ha d'avaluar els diferents models de bescanviadors de calor presents en el mercat que poden satisfer els requeriments indicats que es mostren en la següent taula:

Taula 2. Condicions operatives del bescanviador al primer bescanviador

Paràmetres	Valors	Unitats
Pressió d'operació	1.40	bar
Temperatura d'entrada (sosa) pels tubs	79.0	°C
Temperatura de sortida (sosa) pels tubs	85.0-100	°C

Els diferents models de bescanviador típics existents són:

1. Bescanviadors de calor amb tubs en U.
2. Bescanviadors de calor de carcassa i tubs.
3. Bescanviador de plaques.
4. Bescanviador bobinat.

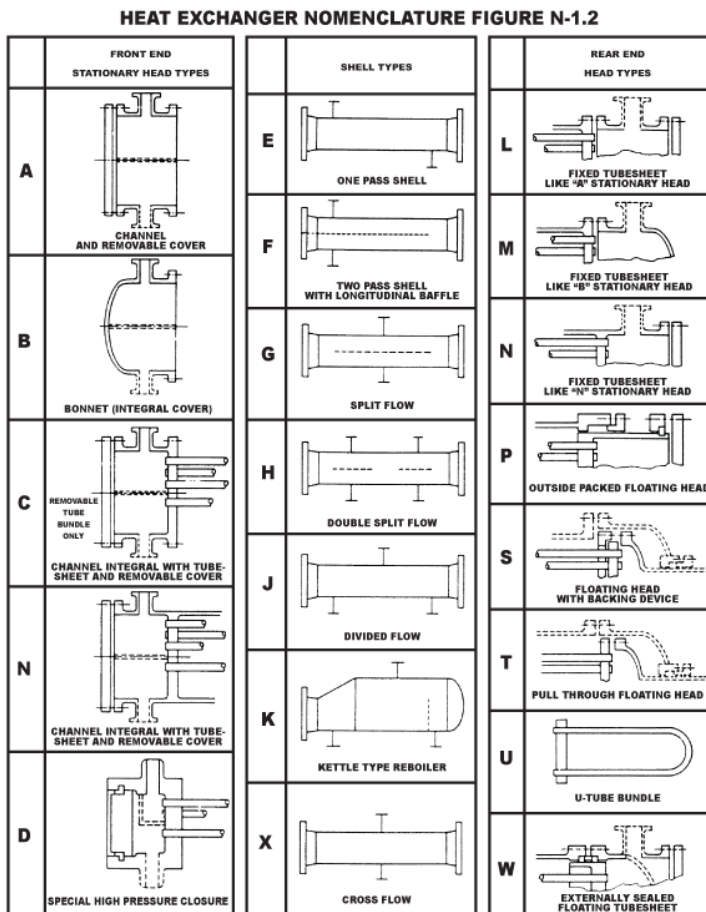
Taula 3. Comparació de diferents bescanviadors. (ref.1)

Paràmetres	Bescanviadors de calor amb tubs en U	Bescanviadors de calor de carcassa i tubs	Bescanviadors de plaques	Bescanviador bobinat
Disseny	Tubs en forma d'U dins de la carcassa	Feixos de tubs dins de la carcassa	Plaques apilades	Tubs enrotllats
Eficiència tèrmica	Elevada	Moderada-Elevada	Elevada	Moderada-Elevada
Expansió tèrmica	Excel·lent	Limitat	Bona	Limitat
Manteniment i inspecció	Fàcil	Requereix eliminació	Fàcil	Moderada
Espai	Moderat	Requereix menys espai	Compacte	Compacte
Tolerància a la P i la T	Elevat	Moderat-Elevat	Moderat-Elevat	Moderat-Elevat
Fouling	Moderat	Moderat-Elevat	Baix-Moderat	Moderat
Vibracions i estrès	Generalment bo	Adequat	Sensible	Sensible
Flexibilitat d'instal·lació	Bona	Moderat	Limitat	Bona

Tal com es mostra a la taula anterior, la millor opció està entre les plaques i els tubs i carcassa.

#### 2.4.2. Selecció de la configuració del bescanviador

Una vegada seleccionat el tipus de bescanviador de calor, és necessari decidir quin tipus de capçal frontal, de retorn i carcassa. Per això, s'agafa com a referència la normativa TEMA (1999) (ref.2)



Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association

Figura 1. Tipus de capçals frontals, de retorn i els tipus de carcassa de la normativa TEMA (1999)

#### - Selecció dels capçals i carcassa:

S'ha realitzat l'estudi per la selecció del millor capçal dels existents que són:

Els capçals fixos són (TEMA A, B, N), aquests són ideals per a fluids nets i quan no es requereix una neteja freqüent dels tubs.

Els capçals desmuntables (TEMA C, D, M), aquests permeten l'accés als tubs per a manteniment i neteja. Útil per fluids amb incrustacions.

Els capçals flotant (TEMA P, S, T, W), aquests és ideal per diferències tèrmiques grans, ja que permet l'expansió dels tubs sense generar tensions mecàniques.

Per aquesta aplicació específica on es vol aplicar el vapor de baixa pressió d'una planta MDI per escalfar sosa càustica, el millor tipus de capçal seria un del tipus flotant TEMA T o W.

Aquest disseny permet compensar l'expansió tèrmica, evitant tensions causades per la diferència de temperatura entre els fluids. A més, facilita la neteja i el manteniment, ja que la sosa càustica pot generar incrustacions i residus sòlids i minimitza la pèrdua de càrrega en condicions de baixa pressió. Tot i que un capçal fix podria reduir costos, dificultaria el manteniment i no compensaria la dilatació tèrmica.

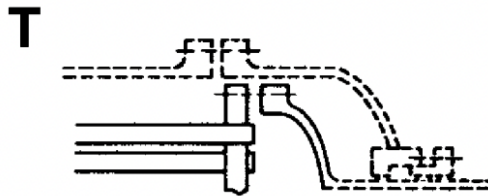


Figura 2. Capçal escollit del tipus T.

Per part de la carcassa pot ser una bona opció una fixa o desmuntable. Ja que totes dues són bones opcions s'optarà per una carcassa fixa que és més econòmica i pot gestionar bé els fluxos de vapors i condensats. Així que pel disseny preliminar s'utilitzarà la carcassa E que és la més típica i s'avaluarà la pèrdua de càrrega.

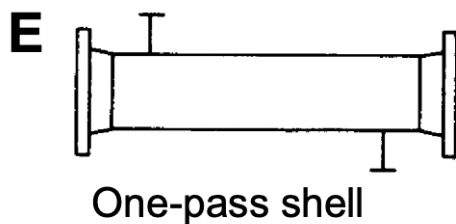


Figura 3. Esquematzació de la carcassa escollida.

Per la part de capçal de retorn podria haver-hi dues possibilitats que seria la instal·lació d'un capçal del tipus U que sol ser molt útil per a sistemes de major pressió, però com la planta treballa a baixes pressions es pot optar també amb un capçal de retorn TEMA T.

#### - Neteja del bescanviador TET:

Com s'ha mencionat anteriorment, la sosa càustica té la perillositat de possibles incrustacions en els tubs, per tant, s'optà per una neteja química a la carcassa amb àcid lleuger per eliminar i per la part de tubs amb una petita solució de sosa càustica per eliminar greixos o impureses per contrarestar.

Finalment, aquest és un estudi bibliogràfic el qual pot variar segons si les diferents eines del disseny del bescanviador (*Aspen HYHS*), si ens proporcionen una proposta molt més enriquidora i justificada es seleccionarà.

#### 2.4.3. Fluid a transportar

Per aprofitar el vapor que prové de la planta d'MDI/MDA es poden seguir dos camins, per una banda, es pot transportar el vapor cap al bescanviador WVO11 situat a la planta d'ELO. Una altra metodologia és transportar la sosa càustica a la planta d'MDI, escalfar-la i una vegada aconseguir l'objectiu, retornar la sosa càustica a la planta d'ELO.

Per comparar aquestes alternatives es realitzarà un estudi tenint en compte els paràmetres tècnics, econòmics i de seguretat més importants.

A continuació es presenten les condicions d'operació d'ambdues línies a transportar.

Taula 4. Condicions d'operació dels fluids.

Paràmetre	Fluid	
	Vapor saturat	Sosa càustica
Cabal màssic (t/h)	2.50	41.0-54.0
Pressió de línia (bar)	1.40	4.50
Temperatura (°C)	110	79.0-120°C
Sistema de bombeig	No requereix	Requereix bomba

- **Risc degut la temperatura d'operació:**

El vapor saturat en les condicions esmentades presenta un risc per cremada tèrmica al contacte directe amb la pell, així mateix, la sosa càustica presenta un risc per cremada tèrmica i química, les quals són més greus, ja que pot penetrar en capes més profundes de la pell. (ref.3)

En cas de fuga, el vapor saturat pot produir una visibilitat reduïda en l'ambient, però es pot dissipar ràpidament si hi ha una bona ventilació a la instal·lació. A més a més, el vapor saturat en entrar en contacte amb l'ambient pot perdre temperatura i pressió i condensar.

- **Risc degut la pressió d'operació:**

El vapor circula a baixa pressió, en canvi, la sosa càustica circula a alta pressió, el qual es tradueix a una major energia acumulada en la canonada, en cas de fuga la sosa sortirà a alta velocitat.

El vapor és autolimitant, ja que a l'expandir-se i formar un núvol perd pressió ràpidament i condensa. En canvi, la sosa pot mantenir pressió, depenent de la temperatura, perquè la sosa càustica no pot arribar a una temperatura superior de 120°C, segons les condicions del procés (ref.4).

- **Risc degut la toxicitat:**

El vapor saturat no està classificat com a substància tòxica. En cas d'inhalació pot causar irritació respiratòria lleugera.

Per altra banda, la sosa càustica si es considera una substància altament tòxica. Pot causar irritació respiratòria severa i cremades químiques en el nas, vies respiratòries i pulmons. En cas de contacte amb els ulls, pot causar ceguera.

- **Risc degut corrosió:**

El vapor no és corrosiu, però si condensa pot generar un medi amb oxigen dissolt, el qual pot provocar una corrosió per oxidació de l'oxigen dissolt. Aquest tipus de corrosió és fàcilment controlable amb un bon disseny i un bon sistema de drenatge del condensat.

Per altra banda, la sosa càustica és altament corrosiva per a molts materials, és el cas de l'alumini, el coure i el plom. Per aquest motiu la canonada requereix materials específics d'acer inoxidable, que resisteixen millor a la corrosió per evitar possibles fallades del sistema.

- **Manteniment i neteja de la canonada:**

La canonada de vapor requereix un manteniment intern baix, ja que el vapor no deixa residus sòlids, però genera condensats. En canvi, la sosa càustica requereix neteja periòdica, ja que es pot produir carbonatació en reaccionar amb CO<sub>2</sub>. L'augment en la freqüència de les tasques de manteniment comporta una major recurrència de parades tècniques, amb l'impacte corresponent sobre la disponibilitat de la instal·lació, els costos operatius i la planificació dels recursos.

- **Rellevància econòmica:**

En cas de transportar el vapor, es dissenyarà la canonada des de la sortida del condensador 12WO1 i arribarà al primer bescanviador del procés situat a la planta d'ELO, a la sortida del primer bescanviador passa a ser condensat. Aquest condensat estarà destinat a un tanc d'emmagatzematge ubicat a la planta d'ELO.

Per altra banda, en cas de transportar la sosa càustica des de la planta d'ELO a la planta d'MDI, s'ha de dissenyar una canonada per transportar la sosa, i altra canonada per tal de retornar-la a la temperatura desitjada a 120°C.

Des del punt de vista econòmic, encara que el diàmetre de la canonada de sosa càustica sigui inferior que el diàmetre d'una canonada de vapor, resultarà més car dissenyar, instal·lar i mantenir dues canonades que no pas una.

Finalment, després d'analitzar les dues opcions de transport tenint en compte els diferents paràmetres, es decideix transportar el vapor resultant de la planta MDI cap a la planta d'ELO.

## **2.5. Planificació inicial del projecte (Diagrama de Gantt)**

A continuació, es presenta el diagrama de Gantt corresponent al projecte, on s'especifiquen les fases principals, el calendari previst i les dependències entre tasques



Material	14/4/25	22/4/25
Perdues de càrrega	4/4/25	14/4/25
Canonada de vapor	14/4/25	22/4/25
Canonada de sosa càustica	14/4/25	22/4/25
Aïllament tèrmic	22/4/25	2/5/25
Disseny d'accessoris	2/5/25	12/5/25
Disseny de la instrumentació i control	2/4/25	1/5/25
Disseny de la vàlvula de control	2/4/25	8/4/25
Full d'especificacions d...	9/4/25	17/4/25
Disseny de la vàlvula de seguretat	17/4/25	23/4/25
Full d'especificacions ...	24/4/25	1/5/25
Caracterització de les e...	16/4/25	5/5/25
Seguretat en el disseny...	14/4/25	23/5/25
Seguretat de processos	14/4/25	22/4/25
Anàlisi de Risc	22/4/25	29/4/25
Control de vàlvules i possibles fallades	29/4/25	5/5/25
Estudi de seguretat (HAZOP)	5/5/25	9/5/25
Plans d'emergència	9/5/25	15/5/25
Definició de zones ATEX	15/5/25	23/5/25
Estudi medioambiental del procés	30/4/25	26/5/25
Emissions al aire	30/4/25	23/5/25
Residus	30/4/25	23/5/25
Altres impactes	20/5/25	26/5/25
Soroll	20/5/25	26/5/25
Vibracions	20/5/25	26/5/25
Olores	20/5/25	26/5/25
Llum	20/5/25	26/5/25
Estudi del manteniment del procés	30/4/25	22/5/25
Filosofia de manteniment	30/4/25	8/5/25
Inventari d'equips	30/4/25	8/5/25
Estratègies de manteniment	8/5/25	16/5/25
Manteniment correctiu	8/5/25	16/5/25

Manteniment preventiu	8/5/25	16/5/25	
Manteniment predictiu	8/5/25	16/5/25	
Organigrama de manteniment	9/5/25	15/5/25	
Tècniques per al manteniment	16/5/25	22/5/25	
Manuais	30/4/25	22/5/25	
Manuais d'operació	30/4/25	13/5/25	
Manual de posada en marxa	30/4/25	13/5/25	
Comprovació abans de la...	30/4/25	13/5/25	
Procés d'arrancada	30/4/25	13/5/25	
Inici del procés d'intercanvi de calor	30/4/25	13/5/25	
Manual de parada	30/4/25	13/5/25	
Manual de neteja	13/5/25	16/5/25	
Retroentat	13/5/25	16/5/25	
Neteja química	13/5/25	16/5/25	
Anàlisi després de la neteja	13/5/25	16/5/25	
Manual de detecció i so...	16/5/25	22/5/25	
Pèrdua interna	16/5/25	21/5/25	
Declivi gradual del ren...	16/5/25	22/5/25	
Avaluació econòmica	30/4/25	26/5/25	
Inversió en capital fix	30/4/25	5/5/25	
Costos variables	6/5/25	9/5/25	
Costos generals	12/5/25	15/5/25	
Ingressos	15/5/25	20/5/25	
Estudi de viabilitat	20/5/25	26/5/25	
Certificat d'Estalvi Energètic	20/5/25	26/5/25	
Conclusions	26/5/25	26/5/25	
Bibliografia	26/5/25	26/5/25	
Presentació PowerPoint	26/5/25	3/6/25	

### 3. BASES DE DISSENY

#### 3.1.1. Especificació d'alimentacions

El bescanviador de calor rebrà dos corrents d'alimentació principals: vapor procedent de la planta de MDI i sosa càustica. L'objectiu d'aquest estudi és aconseguir escalfar la sosa càustica amb una temperatura de sortida adequada pel sistema. Aquests fluids presenten característiques específiques que han de ser considerades per garantir un funcionament òptim.

Per una part, tenim les condicions d'entrada de la sosa càustica que provenen de la planta d'ELO. A continuació es mostra les condicions en la següent taula:

Taula 5. Paràmetres, valors i unitats inicials de la sosa càustica.

Paràmetres de l'estudi	Valors	Unitats
Concentració de la sosa	30	%
Cabal de la sosa	41-54	t/h
Pressió de la sosa	4.5	bar
Temperatura d'entrada	79	°C

D'altra banda, el vapor de MDI provinent de la planta de producció, arriba a l'intercanviador a una pressió i temperatura determinades.

És important considerar que arriba a l'intercanviador amb condicions variables en funció de l'obertura de la vàlvula de regulació VAG102. Per aquest motiu, es realitza un estudi considerant tres escenaris diferents:

- Obertura mínima (15%)
- Obertura mitjana (40%)
- Obertura màxima (60%)

Per tant, es realitza una taula on es mostra les condicions del vapor MDI corresponents a les tres obertures diferents:

Taula 6. Paràmetres inicials del vapor procedent de la planta de MDI.

Paràmetres de l'estudi	Obertura al 15%	Obertura al 40%	Obertura al 60%	Unitats
Cabal del vapor	1.5	2.9	5.9	t/h
Pressió d'entrada	1.4	1.4	1.4	bar
Temperatura d'entrada	110	110	110	°C

Aquesta és una primera estimació del vapor disponible d'1.4 bar provinent de la planta MDI/MDA. Més endavant, en l'estudi dels intercanviadors, només s'utilitza una obertura de 35-40%, ja que més enllà del d'aquest rang, entrarà més vapor necessari i la sosa no s'escalfarà més i els resultats seran els mateixos.

### **3.1.2. Especificacions dels productes**

Després del procés d'intercanvi de calor, els fluids de sortida presenten característiques modificades en comparació amb les condicions d'entrada.

Una vegada que el vapor cedeix l'energia a la sosa càustica, es condensa totalment.

D'altra banda, la sosa càustica surt de l'intercanviador WVO10 amb una temperatura superior a la de l'entrada, amb uns rangs de temperatura d'entre 79-100 °C que serien adequats per garantir l'eficiència del sistema.

### **3.2. Factor de servei i capacitat operativa**

L'intercanviador WVO10 i WVO11 tenen un factor de servei de 8660 h/any, treballa 360 dies a l'any.

El WVO10 ofereix una flexibilitat operativa, amb un cabal màxim d'entrada de vapor 1.4 bar de 2620 kg/h, prou per a escalfar 54000 kg/h de sosa càustica.

El WVO11 ofereix una flexibilitat operativa, amb un cabal màxim d'entrada de vapor 7 bar de 1580 kg/h, prou per a escalfar 54000 kg/h de sosa càustica.

### **3.3. Normes i codis de disseny**

#### **3.3.1. Recipients**

En aquesta part, es tenen en compte la normativa tant pel disseny tèrmic com pel disseny mecànic.

Pel disseny tèrmic es troba:

- *Tubular Exchanger Manufacturers Association, Inc (TEMA)* (ref. 2)
- *Heat Exchanger Design Handbook (HEDH)* (ref. 2)

Pel disseny mecànic es troba:

- *Tubular Exchanger Manufacturers Association, Inc (TEMA)* (ref. 2)

#### **3.3.2. Canonades i instrumentació**

- Normes DIN (ref. 5)

### **3.4. Especificació dels serveis disponibles**

- Aire industrial:** Emprat com a gas inert en diverses operacions per a garantir la seguretat del procés.
- Electricitat:** Subministrada per Covestro per al funcionament i control dels equips.
- Aire d'instruments:** Subministrat per a garantir el bon funcionament de les vàlvules i els equips pneumàtics de la planta.
- Aigua desmineralitzada:** Emprat en els processos on requereixen una alta puresa per a evitar incrustacions, corrosió o contaminació.

Taula 7. Valors i unitats dels serveis disponibles a la planta.

Servei	Valors	Unitats
<b>Aire industrial</b>		
Cabal	No limitat	Nm <sup>3</sup> /h
Pressió	8	bar
Temperatura	Ambient	°C
Qualitat	Contingut d'aigua (< 20)	ppm
	Contingut d'oxigen (<1)	ppm
<b>Electricitat</b>		
Voltatge	380	V
Potència màxima	1200	kW
<b>Aire d'instruments</b>		
Cabal	No limitat	Nm <sup>3</sup> /h
Pressió	5.5	bar
Temperatura	Ambient	°C
Qualitat	Contingut d'aigua (< 200)	ppm
<b>Aigua desmineralitzada</b>		
Cabal	1	m <sup>3</sup> /h
Temperatura(min./màx.)	12-35	°C
Pressió	7	bar

### 3.5. Localització

La instal·lació de l'empresa Covestro està ubicada en el Polígon Químic Sud, Accés Vial dels Prats, en la localitat de La Canonja, Tarragona . A continuació, es mostra la ubicació de la planta de Covestro.

Es pretén instal·lar dos bescanviadors de calor en la planta d'ELO amb la finalitat d'aprofitar el vapor per escalfar sosa càustica al 30%.

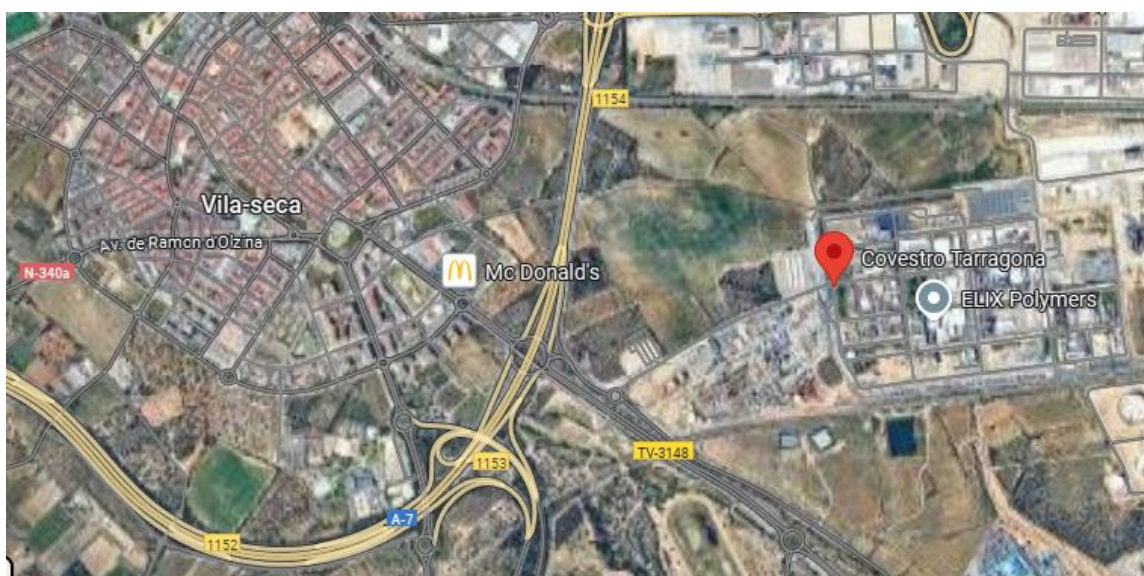


Figura 4. Vista aèria de la ubicació de l'empresa Covestro (ref. 6)

### 3.5.1. Dades climàtiques, pluviomètriques i sísmiques

La província de Tarragona presenta un clima Mediterrani Costa Litoral del Sud, aquest clima mediterrani és caracteritzat per hiverns suaus i estius calorosos, en trobar-se a prop del mar fa que presenti una alta humitat, amb una mitjana anual del 76%.

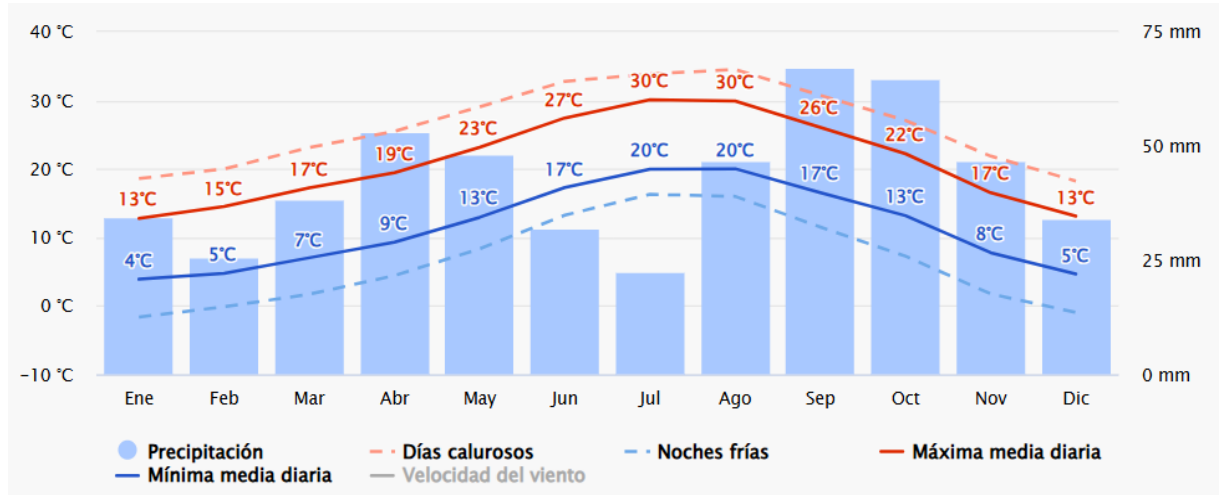


Figura 5. Temperatura mitjana i humitat relativa en la província de Tarragona dels últims 30 anys (ref. 7)

A la figura 5 s'observa que a Tarragona la temperatura màxima durant l'estiu no sol superar als 30°C i, respecte a l'hivern, la temperatura mínima generalment no baixa dels 4°C. Les precipitacions màximes es presenten en primavera i en la tardor, no superen els 65 mm.

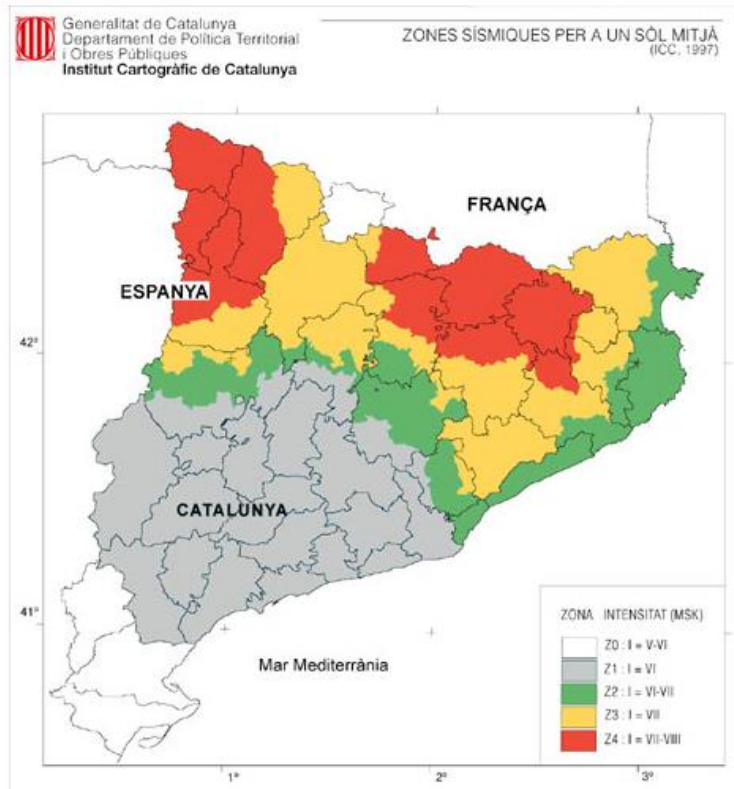


Figura 6. Mapes de zones sísmiques per a un sòl mitjà de Catalunya (ref. 8)

Tal com s'observa, Tarragona es troba sobre la falla de llevant i el municipi pertany a la zona ZI, segons aquestes dades el terreny presenta un risc de sismologia baix, existeix un sismògraf ubicat a Reus que no ha detectat cap moviment sísmic considerable des de la seva posada en marxa.

## 4. DESENVOLUPAMENT DE L'ENGINYERIA BÀSICA

### 4.1. Diagrama de blocs

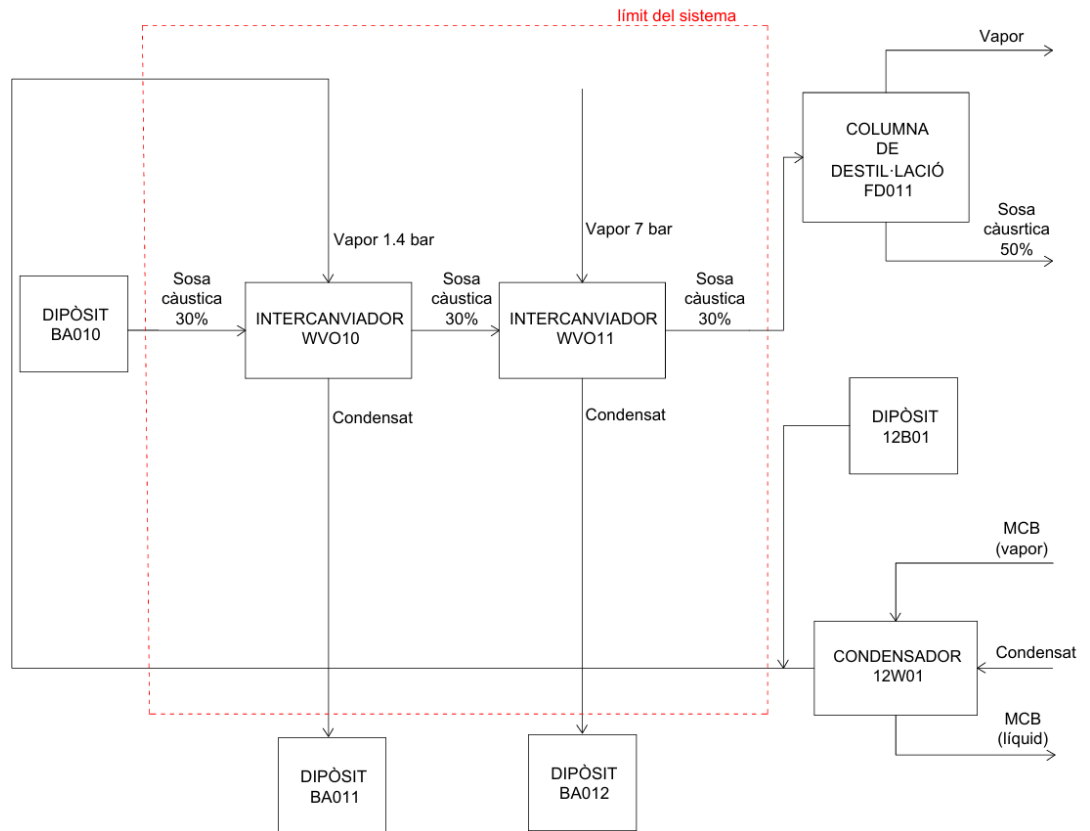


Figura 7. Diagrama de blocs

### 4.2. Taula de simbologia

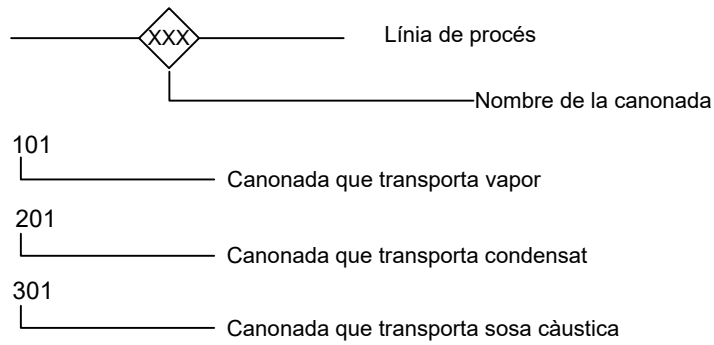
### 4.3. Diagrama del flux del procés (PFD)

Taula 8. Balanç de matèria del procés.

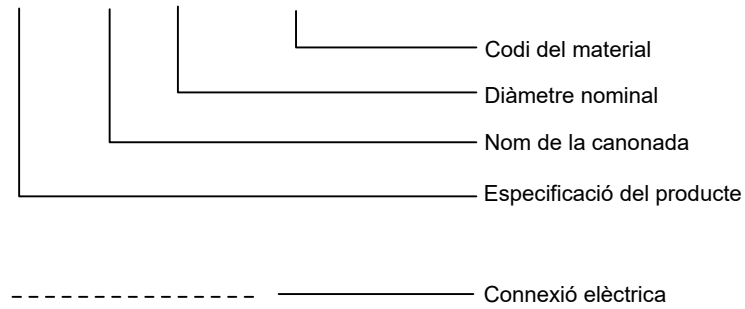
Compost	101	201	301	302	102	202	303
Vapor saturat (kg/h)	2620	0	0	0	1580	0	0
Condensat (kg/h)	0	2620	0	0	0	1580	0
Sosa càustica (kg/h)	0	0	54000	54000	0	0	54000
Temperatura (°C)	110	110	79	105.39	170.41	170.41	120
Pressió (bar)	1.4	1.4	4.5	4.5	7	7	4.5

### 4.4. Diagrama de canonades i instrumentació

# NOMENCLATURA



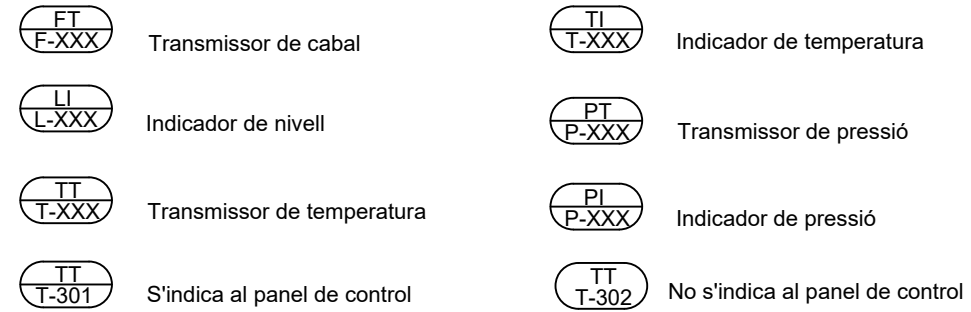
70900-101-150-10HD01B1



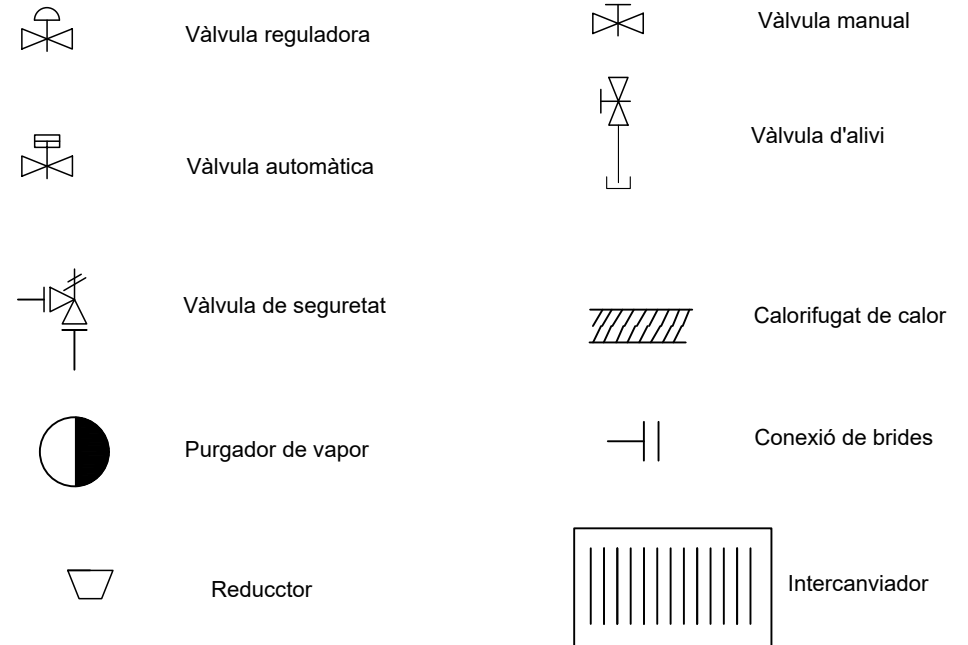
## En vàlvules:

- VAGXXX Numeració vàlvula reguladora
- VABXXX Numeració vàlvula automàtica
- MVXXX Numeració vàlvula manual
- PSVXXX Numeració vàlvula de seguretat
  
- VAG101  
Vapor
- VAG201  
Condensat
- VAG301  
Sosa càustica

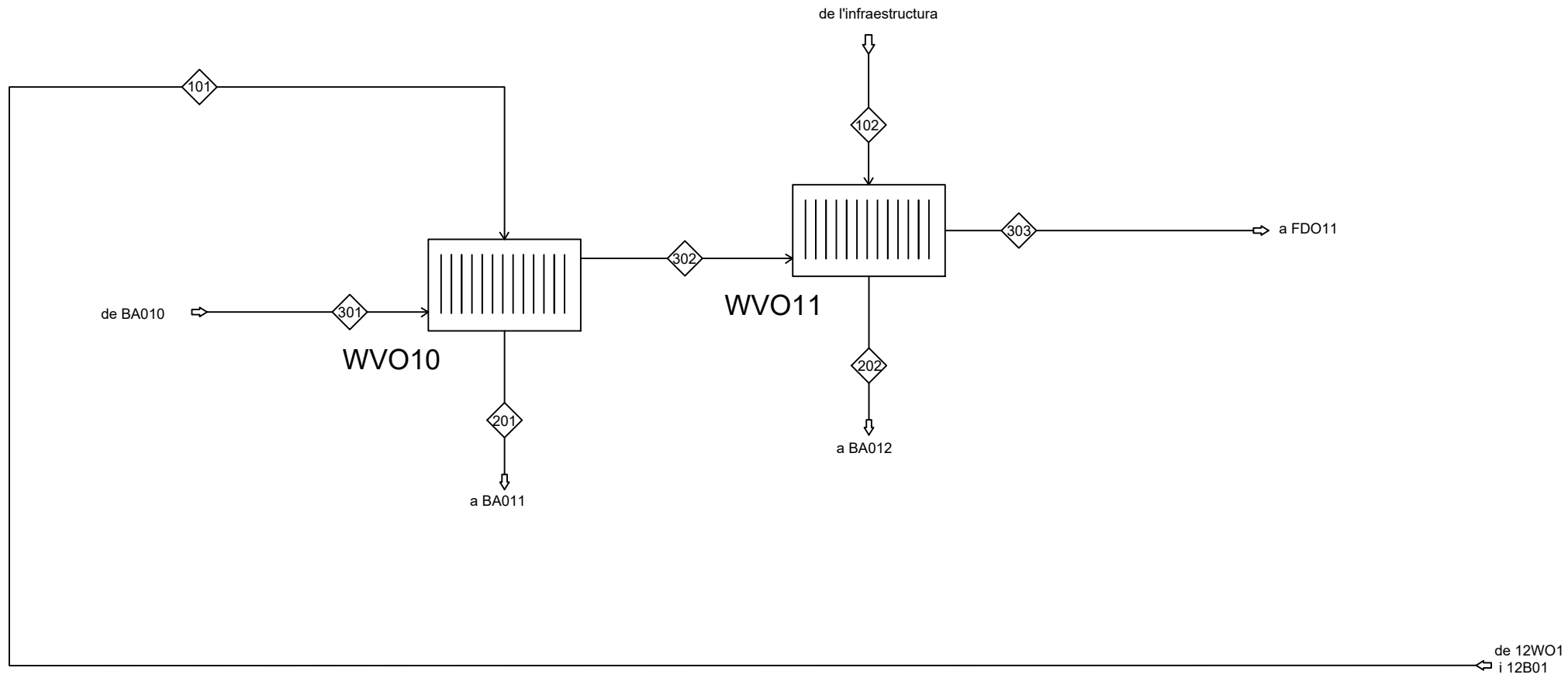
# INSTRUMENTACIÓ



# ACCESORIS I EQUIPS

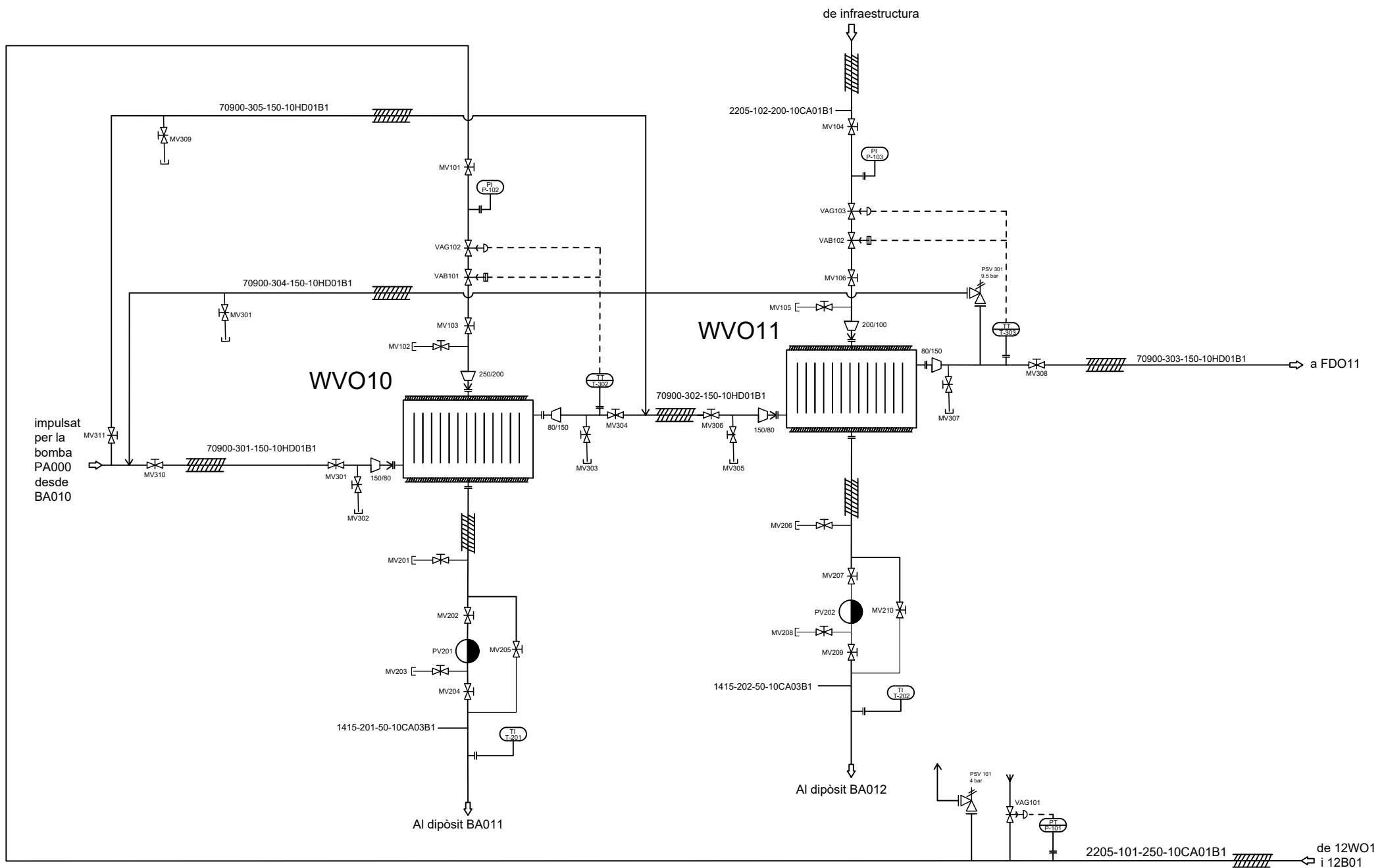


DISENYAT		PIPING & INSTRUMENTATION DIAGRAM	
TFG		KEY	
Siyi Zheng			
REVISAT I APROVAT			
Nicole La Torre			
Anais Rodriguez			
SCALE	BLOCK		
No a escala	F		



DISENYAT			
TFG			
Styi Zheng			
REVISAT I APROVAT			
Nicole La Torre			
Anals Rodriguez			
SCALE No a escala		BLOCK 1	REV.

PFD 0022



DISENYAT		P&ID 0022	
TFG			
Siyi Zheng			
REVISAT I APROVAT			
Nicole La Torre			
Analis Rodriguez			
SCALE	BLOCK		
No a escala	1		

4.5. Diagrama d'implantació (Plot Plan)

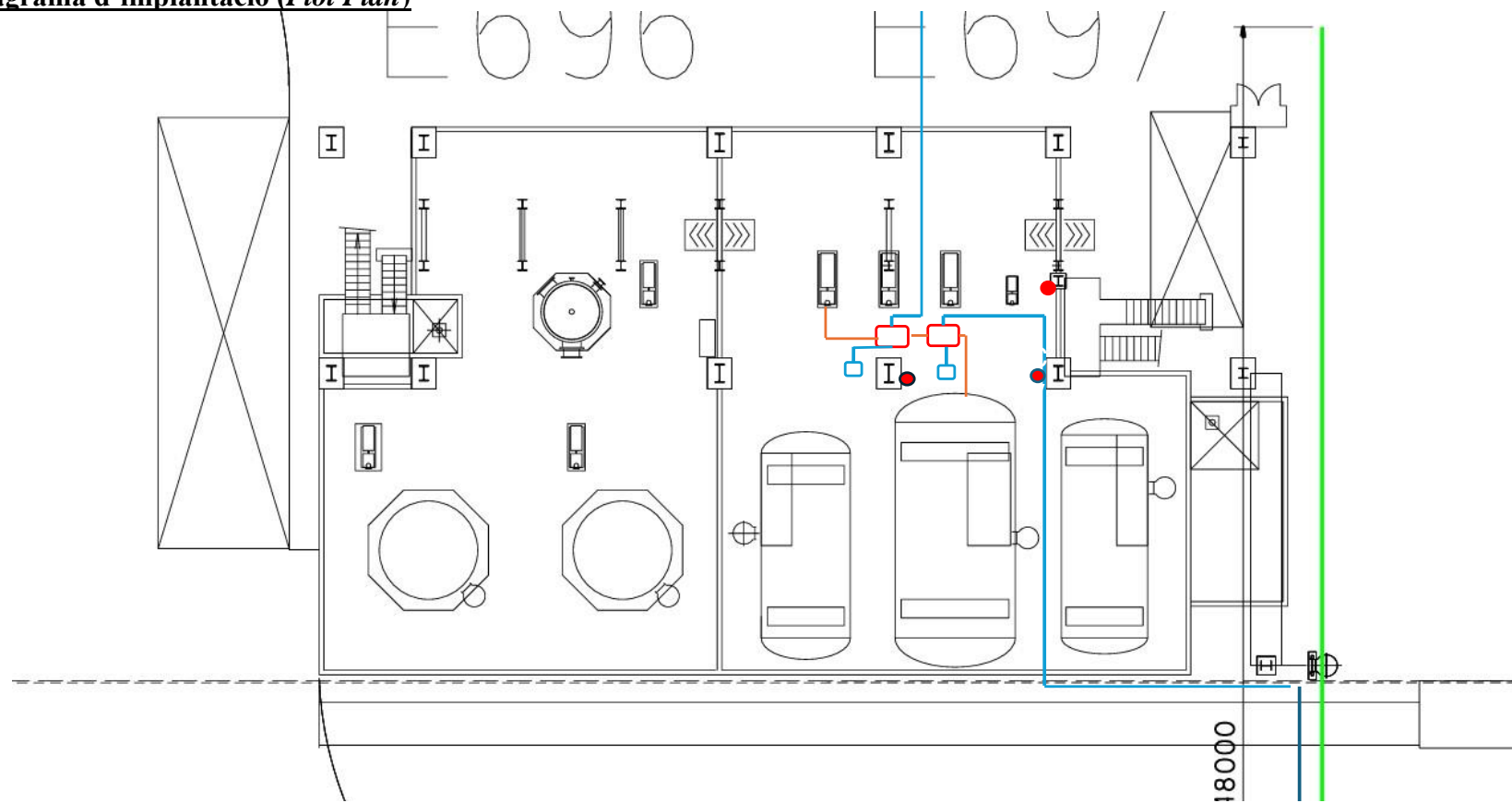


Figura 8. Plot Plan de la instal·lació.

#### 4.6. Llistats

A continuació es mostren els diferents llistats d'equips, canonades, vàlvules i instrumentacions.

##### 4.6.1. Llistat d'equips

Taula 9. Llistat dels equips presents en el procés.

Equip	P&ID	Descripció	P. disseny (bar)	T. disseny (°C)	P. operació (bar)	T. operació (°C)
WVO10	0022	Intercanviador de plaques	10	150	1.4	79/110
WVO11	0022	Intercanviador de plaques	10	250	7	110/170

##### 4.6.2. Llistat de canonades

Taula 10. Llistat de canonades presents en el procés

TAG/ Especificació de la línia	P&ID	Producte	Fase	Material	Diàmetre nominal (mm)	Temperatura d'operació (°C)	Pressió d'operació (bar)	Temperatura de disseny (°C)	Pressió de disseny (bar)	Longitud (m)	Material d'aïllament	Espessor d'aïllament (mm)
2205-101-250- 10CA01B1	0022	Vapor	G	P235GH	250	110	1.4	200	10	182	Llana roca	de 50
70900-301- 150- 10HD01B1	0022	Sosa càustica	L	ANSI 316Ti	150	79	4.5	200	10	10	Llana roca	de 50
1415-201-50- 10CA03B1	0022	Condensat	L	P235GH	50	110	1.4	200	10	5	Llana roca	de 40
70900-302- 150- 10HD01B1	0022	Sosa càustica	L	ANSI 316Ti	150	100	4.5	400	10	5	Llana roca	de 50
2205-102-200- 10CA01B1	0022	Vapor	G	P235GH	200	171	7	200	10	10	Llana roca	de 50
1415-202-50- 10CA03B1	0022	Condensat	L	P235GH	50	171	7	200	10	5	Llana roca	de 40

70900-303-150-10HD01B1	0022	Sosa càustica	L	ANSI 316Ti	150	120	4.5	400	10	10	Llana roca	de 50
70900-304-150-10HD01B1	0022	Sosa càustica	L	ANSI 316Ti	150	120	4.5	400	10	10	Llana roca	de 50
70900-305-150-10HD01B1	0022	Sosa càustica	L	ANSI 316Ti	150	79	4.5	400	10	10	Llana roca	de 50

### 4.6.3. Llistat de la instrumentació

Taula 11 .Llistat de les instrumentacions presents en el procés

TAG	P&ID	Descripció	Producte	Fase	Especificació de la línia	Fabricant	Senyal	Material	Model
P-101	0022	Transmissor de pressió	Vapor	G	2205-101-250-10CA01B1	Siemens	AO <sup>(2)</sup>	ANSI 316Ti	SITRANS P420
P-102	0022	Indicador de pressió	Vapor	G	2205-101-250-10CA01B1	Siemens	AI <sup>(4)</sup>	ANSI 316Ti	CPG1500
P-103	0022	Indicador de pressió	Vapor	G	2205-102-200-10CA01B1	Siemens	AI <sup>(4)</sup>	ANSI 316Ti	CPG1500
T-301	0022	Transmissor de temperatura	Sosa càustica	L	70900-302-150-10HD01B1	WIKA	DO <sup>(3)</sup>	ANSI 316Ti	T32.2S, TR10-A
T-302	0022	Transmissor de temperatura	Sosa càustica	L	70900-303-150-10HD01B1	WIKA	AO <sup>(2)</sup>	ANSI 316Ti	T32.2S, TR10-A
T-201	0022	Indicador de temperatura	Condensat	L	1415-201-50-10CA03B1	WIKA	AI <sup>(4)</sup>	ANSI 316Ti	TIF50
T-202	0022	Indicador de temperatura	Condensat	L	1415-202-50-10CA03B1	WIKA	AI <sup>(4)</sup>	ANSI 316Ti	TIF50

<sup>(1)</sup> E-H: Endress+Hauser

<sup>(2)</sup> AO: *Analogical Output*

<sup>(3)</sup> DO: *Digital Output*

<sup>(4)</sup> AI: *Analogical Input*

#### 4.6.4. Llistat de vàlvules

Taula 12.Llistat de les vàlvules presents en el procés

TAG	Funció	P&ID	Descripció	Producte	Fase	Especificació de la línia	Diàmetre Nominal (mm)	Fabricant	Material	Model
MV101	-	0022	Vàlvula manual	Vapor	G	2205-101-250-10CA01B1	250	Tuflin, XLD22	Type: P235GH	K2597C
MV102	Purga	0022	Vàlvula manual	Vapor	G	2205-101-250-10CA01B1	250	Tuflin, XLD22	Type: P235GH	K2597C
MV103	-	0022	Vàlvula manual	Vapor	G	2205-101-250-10CA01B1	250	Tuflin, XLD22	Type: P235GH	K2597C
MV104		0022	Vàlvula manual	Vapor	G	2205-102-200-10CA01B1	200	Tuflin, XLD22	Type: P235GH	K2597C
MV105	Purga	0022	Vàlvula manual	Vapor	G	2205-102-200-10CA01B1	200	Tuflin, XLD22	Type: P235GH	K2597C
MV106	-	0022	Vàlvula manual	Vapor	G	2205-102-200-10CA01B1	200	Tuflin, XLD22	Type: P235GH	K2597C
MV201	Purga	0022	Vàlvula manual	Condensat	L	1415-201-50-10CA03B1	50	Tuflin/XOMOX	ASTM A351 Grade CF8M <sup>(5)</sup>	H2421P
MV202	Purga	0022	Vàlvula manual	Condensat	L	1415-201-50-10CA03B1	50	Tuflin/XOMOX	ASTM A351 Grade CF8M	H2421P
MV203	-	0022	Vàlvula manual	Condensat	L	1415-201-50-10CA03B1	50	Tuflin/XOMOX	ASTM A351 Grade CF8M	H2421P
MV204	-	0022	Vàlvula manual	Condensat	L	1415-201-50-10CA03B1	50	Tuflin/XOMOX	ASTM A351 Grade CF8M	H2421P
MV205	Purga	0022	Vàlvula manual	Condensat	L	1415-201-50-10CA03B1	50	Tuflin/XOMOX	ASTM A351 Grade CF8M	H2421P
MV206	-	0022	Vàlvula manual	Condensat	L	1415-202-50-10CA03B1	50	Tuflin/XOMOX	ASTM A351 Grade CF8M	H2421P
MV207	Purga	0022	Vàlvula manual	Condensat	L	1415-202-50-10CA03B1	50	Tuflin/XOMOX	ASTM A351 Grade CF8M	H2421P
MV208	-	0022	Vàlvula manual	Condensat	L	1415-202-50-10CA03B1	50	Tuflin/XOMOX	ASTM A351 Grade CF8M	H2421P

MV209	-	0022	Vàlvula manual	Condensat	L	1415-202-50-10CA03B1	50	Tuflin/XOMOX	ASTM A351 Grade CF8M	H2421P
MV210	-	0022	Vàlvula manual	Condensat	L	1415-202-50-10CA03B1	50	Tuflin/XOMOX	ASTM A351 Grade CF8M	H2421P
MV301	Purga	0022	Vàlvula manual	Sosa càustica	L	70900-301-150-10HD01B1	150	Bray, Type 2-Cx	ANSI 316Ti	K2566C
MV302	-	0022	Vàlvula manual	Sosa càustica	L	70900-301-150-10HD01B1	150	Bray, Type 2-Cx	ANSI 316Ti	K2566C
MV303	Purga	0022	Vàlvula manual	Sosa càustica	L	70900-302-150-10HD01B1	150	Bray, Type 2-Cx	ANSI 316Ti	K2566C
MV304	-	0022	Vàlvula manual	Sosa càustica	L	70900-302-150-10HD01B1	150	Bray, Type 2-Cx	ANSI 316Ti	K2566C
MV305	Purga	0022	Vàlvula manual	Sosa càustica	L	70900-303-150-10HD01B1	150	Bray, Type 2-Cx	ANSI 316Ti	K2566C
MV306	-	0022	Vàlvula manual	Sosa càustica	L	70900-303-150-10HD01B1	150	Bray, Type 2-Cx	ANSI 316Ti	K2566C
MV307	Purga	0022	Vàlvula manual	Sosa càustica	L	70900-303-150-10HD01B1	150	Bray, Type 2-Cx	ANSI 316Ti	K2566C
MV308	Purga	0022	Vàlvula manual	Sosa càustica	L	70900-304-150-10HD01B1	150	Bray, Type 2-Cx	ANSI 316Ti	K2566C
MV309	Purga	0022	Vàlvula manual	Sosa càustica	L	70900-305-150-10HD01B1	150	Bray, Type 2-Cx	ANSI 316Ti	K2566C
MV310	-	0022	Vàlvula manual	Sosa càustica	L	70900-303-150-10HD01B1	150	Bray, Type 2-Cx	ANSI 316Ti	K2566C
MV311	-	0022	Vàlvula manual	Sosa càustica	L	70900-305-150-10HD01B1	150	Bray, Type 2-Cx	ANSI 316Ti	K2566C
VAG101	-	0022	Vàlvula reguladora	Vapor	G	2205-101-250-10CA01B1	250	Tuflin, XLD22	Type: P235GH	K2597C
VAG102	-	0022	Vàlvula reguladora	Vapor	G	2205-101-250-10CA01B1	250	Tuflin, XLD22	Type: P235GH	K2597C
VAG103	-	0022	Vàlvula reguladora	Vapor	G	2205-102-200-10CA01B1	200	Tuflin, XLD22	Type: P235GH	K2597C
VAB101	-	0022	Vàlvula automàtica	Vapor	G	2205-101-250-10CA01B1	250	Tuflin, XLD22	Type: P235GH	K2597C
VAB102	-	0022	Vàlvula automàtica	Vapor	G	2205-102-200-10CA01B1	200	Tuflin, XLD22	Type: P235GH	K2597C

---

PSV301	9.5*	0022	Vàlvula seguretat	de	Sosa càustica	L	70900-303-150-10HD01B1	150	Leser	ANSI 316Ti	Type447
--------	------	------	----------------------	----	------------------	---	------------------------	-----	-------	------------	---------

---

\* La PSV està tarada a 9.5 bar

#### 4.7. Disseny del bescanviador

L'objectiu principal és presentar un disseny tèrmic d'un sistema de bescanviadors de calor capaç d'escalfar sosa càustica fins a una temperatura 120°C amb els dos intercanviadors, aprofitant vapor generat a la planta de producció de MDI.

Per assolir aquest objectiu, es planteja un tren de dos bescanviadors de calor en sèrie, modelat mitjançant el programari *Aspen HYSYS*.

El primer bescanviador es dissenyarà completament de nou amb l'objectiu d'aprofitar el vapor amb contingut energètic limitat (1.4 bar), amb la finalitat d'aconseguir escalfar la sosa fins als 100°C. El segon bescanviador, ja existent a planta, s'analitzarà i redissenyarà amb *Aspen HYSYS* per adaptar-lo a les noves condicions operatives i completar l'escalfament fins als 120°C.

Per garantir que es compleixin els requeriments tèrmics del procés, es realitza un estudi energètic on s'analitza diferents escenaris de funcionament i es calcula l'eficiència energètica del sistema mitjançant el percentatge del vapor aprofitat respecte del total necessari.

Això ha permès comparar el rendiment dels diferents escenaris i escollir la configuració òptima des del punt de vista energètic.

##### 4.7.1. Condicions de disseny

Per tal de definir amb precisió els paràmetres de funcionament òptims del sistema d'intercanviadors, s'ha utilitzat el programari de simulació *Aspen HYSYS*.

Aquesta eina ha permès analitzar amb detall el comportament tèrmic del sistema sota diferents condicions operatives, facilitant l'extracció de dades precises sobre temperatures, fluxos i balanços energètics.

En aquest apartat es presenten les condicions de disseny corresponents a l'escenari amb cabal màxim de sosa càustica, 54000 kg/h, i un subministrament de vapor de 2500 kg/h.

A continuació, es mostren les condicions d'operacions extremes de la simulació:

Taula 13. Condicions d'operació del primer bescanviador.

Corrents	Sosa entrada	Sosa sortida	Vapor 1.4 bar	Condensat
<b>Fracció de vapor</b>	0.000	0.000	1.000	0.000
<b>Temperatura (°C)</b>	79.00	99.41	109.3	106.4
<b>Pressió (bar)</b>	4.500	4.010	1.400	1.270
<b>Flux molar (kmol/h)</b>	2503	2503	138.8	138.8
<b>Flux molar (t/h)</b>	54.00	54.00	2.500	2.500
<b>Flux volumètric (m<sup>3</sup>/h)</b>	46.97	46.97	2.500	2.500

Un cop definides les condicions de funcionament, s'ha realitzat l'estudi de *rating* per tal de verificar que el bescanviador compleix amb els requisits tèrmics i mecànics del sistema. Aquestes anàlisis, també es realitzen mitjançant *Aspen HYSYS*, i permeten conèixer amb detall els paràmetres constructius, com el nombre de passos de tubs, les caigudes de pressió i altres dades rellevants del sistema. Cal destacar que, per assegurar un marge de seguretat adequat, s'ha assumit un sobredimensionant del 20% respecte a la superfície de transferència de calor teòrica requerida.

Taula 14. Configuració general

Paràmetre	Descripció
Nombre de passos pel costat carcassa	1
Nombre de carcasses en sèrie	1
Nombre de passos pel costat tubs	2
Orientació de l'intercanviador	Horitzontal
Direcció del flux en el primer pas de tubs	A contracorrent
Tipus TEMA	AEL

Taula 15. Dades de transferència tèrmica i pèrdues de càrrega

Paràmetre	Valor	Unitats
Coefficient global d'intercanvi tèrmic	5609	(kJ/hm <sup>2</sup> °C)
DP carcassa	0.1300	bar
DP tubs	0.4900	bar
Superfície d'intercanvi tèrmic per carcassa	72.38	m <sup>2</sup>

Taula 16. Volums i dimensions generals

Paràmetre	Valor	Unitats
Volum del feix de tubs per carcassa	0.193	m <sup>3</sup>
Volum del costat carcassa per unitat	2.272	m <sup>3</sup>
Diàmetre de la carcassa	739.1	mm
Nombre total de tubs per carcassa	160	-

Taula 17. Configuració del paquet de tubs

Paràmetre	Valor	Unitats
Pas entre tubs	50.00	mm
Angle de disposició dels tubs	Triangular (30°)	°
Espai entre <i>baffles</i>	800.0	mm
Orientació entre <i>baffles</i>	Horitzontal	-

Taula 18. Dimensions dels tubs

Paràmetre	Valor	Unitats
Diàmetre exterior del tub	20.00	mm
Diàmetre interior del tub	16.00	mm
Gruix del tub	2.000	mm
Longitud del tub	6.000	mm

#### 4.7.2. Estudi energètic

En aquest apartat es duu a terme una anàlisi energètica de les diferents configuracions de funcionament del sistema d'intercanviadors, tenint en compte variacions en el cabal de sosa càustica i de vapor. L'objectiu és determinar quines combinacions permeten assolir la temperatura desitjada d'aproximadament 100°C amb el menor consum energètic possible, aprofitant al màxim el vapor de 1.4 bar i minimitzant la necessitat de vapor de 7 bar.

Els cabals que s'han analitzat en aquest estudi per al primer intercanviador WVO10 es mostren a continuació.

Taula 19. Paràmetres utilitzats per l'estudi energètic.

Cas	Cabal sosa (kg/h)	Cabal vapor (kg/h)
1	48000	2000.0
2	54000	2000.0
3	41000	1900.0
<b>4</b>	<b>54000</b>	<b>2500.0</b>
5	54000	2019.0

Per avaluar l'impacte energètic de la incorporació del primer bescanviador (WVO10), s'ha realitzat una anàlisi del percentatge d'estalvi de vapor de 7 bar al segon intercanviador (WVO11). Aquest indicador permet quantificar quanta energia tèrmica pot ser recuperada mitjançant l'ús de vapor de baixa pressió en un estadi previ del procés. A continuació, es mostra la fórmula per al càlcul de l'estalvi.

$$\%Estalvi = \frac{Vapor\ aprofitat}{Vapor\ necessari} \cdot 100 \quad (4.7.1)$$

On:

- *Vapor aprofitat*: és la diferència entre el vapor de 7 bar que es necessita quan no hi ha existència del primer bescanviador i el vapor necessari de 7 bar quan hi ha un preescalfament en el primer bescanviador.
- *Vapor necessari*: és el vapor de 7 bar que es necessita amb l'existència del primer bescanviador o sigui amb un preescalfament inicial.

Taula 20. Resultats del estudi energètic

Cas	Vapor necessari (kg/h)	Vapor aprofitat (kg/h)	% Estalviat
1	2681	2160	80.5
2	3286	2160	65.7
3	2083	2052	98.5
<b>4</b>	<b>2747</b>	<b>2699</b>	<b>98.2</b>
5	3266	2180	66.7

L'anàlisi dels diferents casos simulats posa de manifest la importància de trobar una configuració òptima de cabals per maximitzar l'aprofitament del vapor de baixa pressió i reduir la dependència del vapor de 7 bar, molt més costós a nivell energètic i econòmic.

Els **casos 3 i 4** destaquen clarament com els més eficients energèticament, ja que gairebé tota l'energia necessària per escalfar la sosa fins als 120 °C prové del vapor de baixa pressió, amb un estalvi proper al 100%.

En canvi, els casos 2 i 5 mostren una dependència elevada del vapor de 7 bar, fet que incrementa el cost energètic i disminueix la sostenibilitat del procés.

#### **4.7.3. Proposta de millora: la nova tecnologia Vahterus**

Amb l'objectiu de millorar l'eficiència energètica del sistema d'intercanviadors i optimitzar l'aprofitament del vapor de baixa pressió, s'ha considerat la implementació d'una tecnologia alternativa proposada gràcies a l'empresa J. Negre.

Els intercanviadors Vahterus estan formats per un paquet de plaques soldades inserides dins una carcassa cilíndrica. Aquest disseny permet una transferència de calor molt eficient, similar a la dels intercanviadors de plaques tradicionals, però amb la resistència mecànica i la seguretat pròpia dels intercanviadors de carcassa i tubs.

Aquesta tecnologia destaca per la seva alta eficiència tèrmica, gràcies al flux turbulent i a l'àmplia superfície de transferència de calor que ofereix el conjunt de plaques. El seu disseny compacte i tancat permet reduir significativament l'espai requerit, així com les pèrdues de calor i emissions.

Finalment, els intercanviadors Vahterus són versàtils i resistents, ideals per a treballar amb vapor i fluids agressius com la sosa càustica, fet que els converteix en una opció molt atractiva per substituir o complementar els intercanviadors tubulars convencionals.

#### **4.7.4. Comparació de l'eficiència: Vahterus vs Tubulars**

Tal com s'ha mencionat anteriorment, els intercanviadors Vahterus representen una alternativa innovadora als intercanviadors tubulars tradicionals. Gràcies al seu disseny, ofereixen una transferència de calor més eficient, amb menys pèrdues energètiques i un disseny molt més compacte. Per tal de l'il·lustrar de manera clara les diferències principals entre la tecnologia Vahterus i els intercanviadors de calor tradicionals, a continuació es mostra la següent imatge:

### Tabla comparaciones entre Vahterus y Tubular

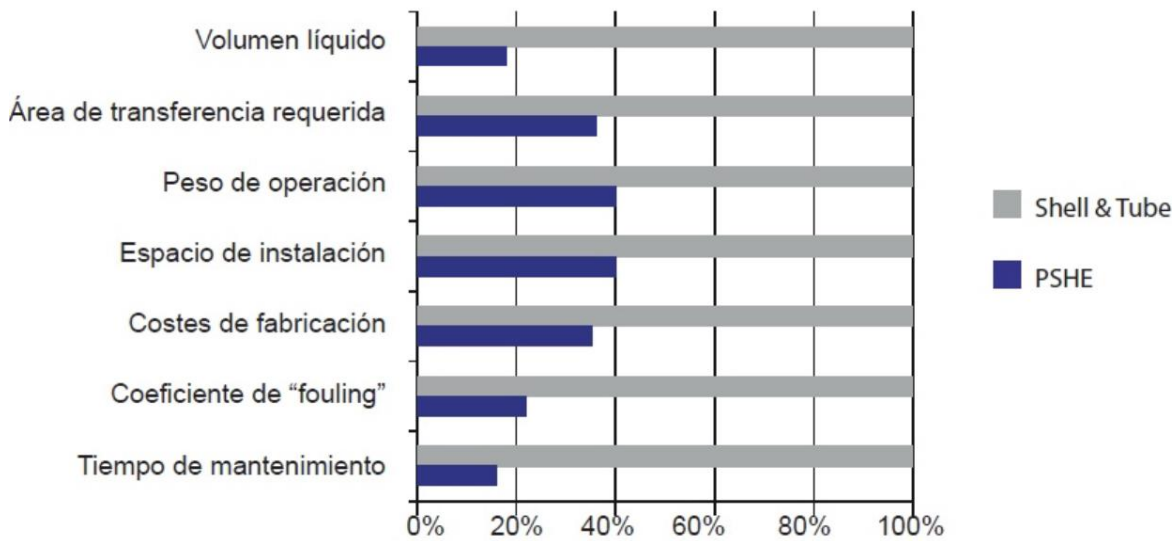


Figura 9. Comparació dels bescanviadors tubulars amb els bescanviadors Vahterus (ref. 9)

A més, s'ha realitzat un estudi comparatiu per avaluar l'eficiència energètica dels intercanviadors Vahterus en relació amb els intercanviadors de tub i carcassa convencionals. L'anàlisi s'ha dut a terme per diferents condicions de cabals de sosa càustica i vapor, simulant escenaris reals de funcionament.

Per tal de calcular l'eficiència energètica (%) de cada configuració, ha estat necessari determinar prèviament la calor absorbida en el costat fred ( $Q_{real}$ ), així com la capacitat calorífica mínima ( $C_{min}$ ) i la calor màxima teòrica que es podria transferir ( $Q_{max}$ ). Aquestes magnituds permeten avaluar fins a quin punt s'està aprofitant l'energia disponible en el sistema d'intercanvi.

Primerament, es calcula la calor absorbida pel costat fred amb la següent equació 4.7.2 (ref. 10):

$$Q_{real} = m_{fred} \cdot Cp_{fred} \cdot (T_{sortida} - T_{entrada}) \quad (4.7.2)$$

On:

- $m_{fred}$ : és el cabal màssic del fluid fred (sosa càustica) en kg/s
- $Cp_{fred}$  és la seva capacitat calorífica (J/kg·K)
- $(T_{sortida} - T_{entrada})$ : són les temperatures de sortida i entrada del corrent fred

Seguidament, per estimar el màxim calor que es podria transferir a l'intercanviador, es necessita determinar la capacitat calorífica ( $C_{min}$ ).

$$C_{min} = m_{fred} \cdot Cp_{fred} \quad (4.7.3)$$

- $m_{fred}$ : és el cabal màssic del fluid fred (sosa càustica) en kg/s
- $Cp_{fred}$  és la seva capacitat calorífica (J/kg·K)

Finalment, per determinar l'eficiència energètica màxima assolible, es calcula la màxima calor que es podria transferir si el fluid fred assolís la temperatura del fluid calent a l'entrada.

$$Q_{max} = C_{min} \cdot (T_{calent}(entrada) - T_{fred}(entrada)) \quad (4.7.4)$$

On:

$C_{min}$ : és la menor capacitat entre els dos corrents (kW)

$(T_{calent}(entrada) - T_{fred}(entrada))$ : la diferència de les temperatures d'entrada dels corrents.

Tot seguit, es mostren les taules amb els resultats de la transferència tèrmica:

Taula 21. Resultats obtinguts pel bescanviador tubs i carcassa.

Cabals estudiats (kg/h)	$Q_{real}$ (kW)	$C_{min}$ (kW/K)	$Q_{max}$ (kW)
48000-2000	382.3	20.80	630.2
54000-2000	382.4	23.40	709.0
41000-2000	381.9	17.70	538.3
54000-2620	500.8	23.40	709.0
54000-2019	386.1	23.40	709.0

Taula 22. Resultats obtinguts pel bescanviador Vahterus.

Cabals estudiats (kg/h)	$Q_{real}$ (kW)	$C_{min}$ (kW/K)	$Q_{max}$ (kW)
48000-2000	471.3	20.80	644.8
54000-2000	471.3	23.40	725.4
41000-2000	471.3	17.70	550.7
54000-2620	620.8	23.40	725.4
54000-2019	475.7	23.40	725.4

Per tal d'avaluar el rendiment dels diferents escenaris simulats, s'ha calculat l'eficiència energètica del sistema mitjançant la següent expressió:

$$\varepsilon = \frac{Q_{real}}{Q_{max}} \cdot 100 \quad (4.7.5)$$

On:

$Q_{real}$ : és la calor real transferit al corrent fred (sosa càustica) en kW

$Q_{màx}$ : és el màxim calor transferible en kW

Aquest càlcul permet obtenir un percentatge d'eficiència per a cada combinació de cabals analitzats.

A continuació es mostren els resultats obtinguts:

Taula 23. Comparació d'eficiència.

<b>Cabals de estudiats (kg/h)</b>	<b>VAHTERUS (%)</b>	<b>TUBS/CARCASSA (%)</b>
48000-2000	73.09	60.66
54000-2000	64.96	53.92
<b>41000-2000</b>	<b>85.58</b>	<b>70.95</b>
<b>54000-2620</b>	<b>85.58</b>	<b>70.62</b>
54000-2019	65.58	54.45

Tal com es pot observar, en tots els casos estudiats, els intercanviadors Vahterus mostren una eficiència notablement superior a la dels intercanviadors tubulars. Les diferències oscil·len entre un 10% i un 15%, amb punts màxims que superen el 85% d'aprofitament del vapor disponible.

Aquesta millora es deu principalment a la seva capacitat per mantenir un flux més turbulent, evitar punts morts i optimitzar la transferència tèrmica fins i tot en condicions de cabals elevats o fluids com la sosa càustica. Veure l'Annex A.1 , amb totes les fitxes tècniques.

## 4.7.5. Full d'especificació Vahterus del primer bescanviador

**VAHTERUS**

24 April 2025

Offer Number: A25-29-8631A  
 Position no.: A25-29-8631-1  
 Operating case: Design case max  
 Offer by: Virpi Ääritalo

Customer: J. Negre C., S.L.  
 Project:  
 Reference: 251147360 - covestro  
 Item name/no.: Condenser

**Plate & Shell Heat Exchanger**  
**Type PSHE: 4LL-264/3/1**  
**Condenser**

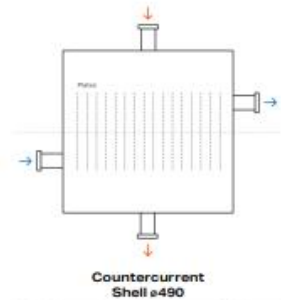
**Thermal Design**

Capacity	kW	1622.84
Heat transfer area	m <sup>2</sup>	42.49
Logarithmic mean T	°C	13.8
K-value	W/m <sup>2</sup> K	2767.78
Fouling factor	m <sup>2</sup> K/W	
Excess Design/Area	%	.1/0

		<b>Plate Side (Cold)</b>	<b>Shell Side (Hot)</b>
Temp.IN	°C	79	110
Temp.OUT	°C	105.39	110
Condensing temperature	°C		110
Flow rate	kg/h	54000	2620
Pressure drop	kPa	50.96	0.84
Liquid volume	dm <sup>3</sup>	46.52	65.36

**Medium**

		<b>30-m% NaOH</b>	<b>WATER (1.43 bar(a))</b>
Dynamic viscosity	cP	2	
Specific gravity	kg/m <sup>3</sup>	1130	
Specific heat	J/kgK	4100	
Thermal conductivity	W/mK	0.72	



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

<b>Connections</b>	<b>Size (DN)</b>	<b>Nb. of pieces</b>	<b>Velocity (m/s)</b>
Plate side IN	80	1	2.78
Plate side OUT	80	1	2.78
Shell side IN	200	1	26.29
Shell side OUT	50	1	0.36

#### 4.7.6. Disseny del segon bescanviador

Com s'ha mencionat anteriorment, s'ha dissenyat un segon bescanviador del tipus tub i carcassa amb l'objectiu d'aconseguir que la sosa càustica assoleixi la temperatura final desitjada de 120°C. En aquest cas, el corrent d'entrada correspon a la sortida del primer bescanviador, i s'utilitza vapor a 7 bar com a font calenta per completar l'aportació energètica necessària.

Per tal de definir el comportament tèrmic i les característiques del bescanviador, s'ha establert unes condicions de disseny específiques, les quals es recullen a la taula següent.

Taula 24. Condicions de disseny del segon bescanviador.

Corrents	Sosa 79°C	Sosa 120°C	Vapor 7 bar	Condensat 7 bar
Fracció de vapor	0.000	0.000	1.000	0.000
Temperatura (°C)	99.41	120.0	164.3	162.0
Pressió (bar)	4.010	3.88	7.000	6.510
Flux molar (kgmol/h)	2503	2503	152.5	152.5
Flux molar (kg/h)	54000	54000	2747	2747
Flux volumètric (m <sup>3</sup> /h)	46.97	46.97	2.750	2.750

A continuació, també s'ha dut a terme un estudi del *rating*, on s'han determinat les principals variables de disseny tèrmic i mecànic. Per tal de garantir un funcionament segur i fiable del bescanviador, s'ha aplicat un marge addicional del 20% sobre la superfície de transferència de calor calculada, amb l'objectiu de prevenir possibles desviacions o incerteses en les condicions reals d'operació.

Taula 25. Configuració general

Paràmetre	Descripció
Nombre de passos pel costat carcassa	1
Nombre de carcasses en sèrie	1
Nombre de passos pel costat tubs	2
Orientació de l'intercanviador	Horitzontal
Direcció del flux en el primer pas de tubs	A contracorrent
Tipus TEMA	AEL

Taula 26. Dades de transferència tèrmica i pèrdues de càrrega.

Paràmetre	Valor	Unitats
Coefficient global d'intercanvi tèrmic	1782	kJ/h·m <sup>2</sup> °C
DP carcassa	0.490	bar
DP tubs	0.130	bar
Superfície d'intercanvi tèrmic per carcassa	60.20	m <sup>2</sup>

Taula 27. Volums i dimensions generals.

Paràmetre	Valor	Unitats
Volum del feix de tubs per carcassa	0.193	m <sup>3</sup>
Volum del costat carcassa per unitat	2.272	m <sup>3</sup>
Diàmetre de la carcassa	739.1	mm
Nombre total de tubs per carcassa	160.0	-

Taula 28. Configuració del paquet de tubs.

Paràmetre	Valor	Unitats
Pas entre tubs	50	mm
Angle de disposició dels tubs	Triangular (30°)	°
Espai entre <i>baffles</i>	800	mm
Orientació entre <i>baffles</i>	Horitzontal	-

Taula 29. Dimensions dels tubs.

Paràmetre	Valor	Unitats
Diàmetre exterior del tub	20.00	mm
Diàmetre interior del tub	16.00	mm
Gruix del tub	2.000	mm
Longitud del tub	6.000	mm

No obstant això, tenint en compte l'alta eficiència tèrmica i el nivell de seguretat que ofereixen els bescanviadors de plaques Vahterus, com ja es va comprovar en el disseny del primer bescanviador, s'ha considerat reavaluar l'elecció del segon equip.

En vista dels bons resultats obtinguts i de la confiança en el rendiment d'aquesta tecnologia, s'ha tornat a contactar amb el fabricant Vahterus per estudiar la possibilitat de substituir també aquest segon bescanviador per un model de plaques de la mateixa marca. En aquesta ocasió, s'ha fixat l'àrea de transferència tèrmica (expressada en m<sup>2</sup>) com a paràmetre principal per garantir una eficiència energètica màxima.

En el nostre cas particular, el fet de poder assolir un valor similar de transferència tèrmica (kW) amb una àrea d'intercanvi menor és clarament avantatjós. Això és possible a què presenten coeficients de transferència de calor molt superiors als dels bescanviadors tradicionals de tubs i carcassa. Aquesta reducció d'àrea no només implica un equip més compacte i fàcil d'integrar a la instal·lació, sinó que consta d'una menor pèrdua de calor cap a l'exterior.

A continuació, es mostra una taula amb els valors adquirits:

Taula 30. Àrees de transferència del segon bescanviador.

<b>Cabals estudiats (Sosa-Vapor en kg/h)</b>	<b>Capacitat (kW)</b>	<b>Àrea de transferència (m<sup>2</sup>)</b>
48000-1760.69	1001	8.560
54000-2255.42	1283	8.560
41000-1186.72	675.0	8.560
<b>54000-1579.66</b>	898.5	8.560
54000-2232.16	1269	8.560

Finalment, a partir de l'estudi realitzat i l'anàlisi comparativa de les dues opcions tecnològiques, s'ha conclòs que tant per al primer com per al segon bescanviador, la millor opció és la implementació d'intercanviadors de plaques Vahterus. Aquesta decisió permet no només assolir les condicions tècniques requerides amb una major eficiència, sinó també aconseguir un estalvi significatiu en el consum del vapor, fet que repercuteix directament en la reducció dels costos operatius de la planta.

## 4.7.7. Full d'especificació Vahterus del segon bescanviador

**VAHTERUS**

24 April 2025

Offer Number	A25-29-8631A	Customer	J. Negre C., S.L.
Position no.	A25-29-8631A-2	Project	
Operating case	Design case max	Reference	251147360 - covestro
Offer by	Virpi Ääritalo	Item name/no.	Condenser

**Plate & Shell Heat Exchanger**  
**Type PSHE: 4LL-54/1/1**  
**Condenser**

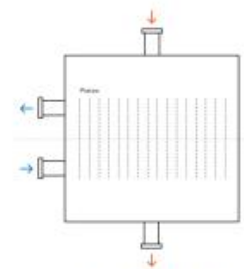
**Thermal Design**

Capacity	kW	898.51
Heat transfer area	m <sup>2</sup>	8.56
Logarithmic mean T	°C	57.36
K-value	W/m <sup>2</sup> K	1828.95
Fouling factor	m <sup>2</sup> K/W	
Excess Design/Area	%	45.1/125

		<b>Plate Side (Cold)</b>	<b>Shell Side (Hot)</b>
Temp.IN	°C	105.39	170.41
Temp.OUT	°C	120	170.41
Condensing temperature	°C		170.41
Flow rate	kg/h	54000	1579.66
Pressure drop	kPa	27.57	1.71
Liquid volume	dm <sup>3</sup>	9.52	13.37

**Medium**

		<b>30-m% NaOH</b>	<b>WATER (8.00 bar(a))</b>
Dynamic viscosity	cP	1.53	
Specific gravity	kg/m <sup>3</sup>	1116.59	
Specific heat	J/kgK	4099	
Thermal conductivity	W/mK	0.73	



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

<b>Connections</b>	<b>Size (DN)</b>	<b>Nb. of pieces</b>	<b>Velocity (m/s)</b>
Plate side IN	80	1	2.82
Plate side OUT	80	1	2.82
Shell side IN	100	1	11.71
Shell side OUT	50	1	0.23

#### 4.8. Disseny de canonades

Es dissenyen les canonades per tal de transportar el vapor fins a la planta d'ELO, així com les canonades del transport de sosa càustica entre els bescanviadors de calor. Per cada compost es dissenya un tipus de canonada diferent degut la naturalesa del fluid.

##### 4.8.1. Criteris pel dimensionament de canonades

Per evitar una pèrdua de càrrega massa elevada, es determina que la velocitat màxima pels líquids és 1 m/s, mentre que la velocitat teòrica pels gasos és de 20 m/s.

##### 4.8.2. Dimensionament de canonades

Inicialment, es tenen en compte els cabals màxims que han de suportar les canonades, així mateix assumit una velocitat del fluid es calcula l'àrea de pas amb l'equació 4.8.1. (ref. 11)

$$Q = v \cdot A \quad (4.8.1)$$

On  $Q$  és el cabal volumètric en  $\text{m}^3/\text{s}$ ,  $v$  és la velocitat en  $\text{m/s}$  i  $A$  és l'àrea en  $\text{m}^2$ .

Taula 31. Cabals, velocitats i àrees calculades dels corrents.

Corrent	Cabal ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Velocitat (m/s)	Àrea ( $\text{m}^2$ )
Vapor saturat 1.4 bar	0.9654	20.00	0.04827
Condensat 7 bar	0.001534	1.000	0.001534
Vapor saturat 7 bar	0.4409	20.00	0.02204
Sosa càustica	0.01415	1.000	0.01415

Una vegada obtinguda l'àrea de pas, es calcula el radi de la canonada amb l'equació 4.8.2, i consegüentment, el diàmetre.

$$A = \pi \cdot r^2 \quad (4.8.2)$$

A continuació es presenta el resultat obtingut, l'empresa proporciona taules per conèixer el diàmetre real de la canonada.

Taula 32. Diàmetres i espessors de les canonades.

Corrent	Diàmetre calculat (mm)	Diàmetre real (mm)	Diàmetre exterior (mm)	Gruix de paret (mm)
Vapor saturat 1.4 bar	247.9	250.0	273.0	6.300
Condensat 7 bar	31.65	50.00	60.30	2.900
Vapor saturat 7 bar	167.5	200.0	219.1	4.500
Sosa càustica	134.2	150.0	168.3	2.600

Una vegada obtinguts els diàmetres reals, es torna a calcular amb l'equació 4.8.1 per obtenir les velocitats reals dels fluids.

Taula 33. Velocitats reals dels fluids en les canonades.

Corrent	Velocitat (m/s)
Vapor saturat 1.4 bar	16.40
Condensat 7 bar	0.270
Vapor saturat 7 bar	11.69
Sosa càustica	0.6600

### 4.8.3. Pèrdues de càrrega

Les pèrdues de càrrega en una canonada representen la pèrdua de pressió o d'energia que té un fluid quan circula per la canonada. Aquestes pèrdues es poden classificar en pèrdues majors o de fricció, i pèrdues menors, degudes a elements de la canonada com per exemple, vàlvules.

Per calcular les pèrdues de càrrega majors s'utilitza la fórmula de *Darcy* descrita a l'equació 4.8.5, prèviament es calculen el nombre de Reynolds per determinar el règim del flux amb l'equació 4.8.3, així com el factor de fricció amb l'equació 4.8.4. (ref. 12)

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D_i}{\mu} \quad (4.8.3)$$

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (4.8.4)$$

$$h_L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4.8.5)$$

Respecte a les pèrdues de càrrega menors es calculen mitjançant l'equació d'altura cinètica 4.8.6.

$$h_S = K_S \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4.8.6)$$

Finalment, una vegada obtingudes les pèrdues de càrrega majors i menors, se sumen per obtenir la pèrdua de càrrega total com s'observa a l'equació 4.8.7.

$$h_{total} = h_L + h_S \quad (4.8.7)$$

Taula 34. Dades i resultats obtinguts de la pèrdua de càrrega del vapor saturat.

Dades	Valor
$\rho_{fluid}$ (kg/m <sup>3</sup> )	0.8200
Diàmetre exterior (mm)	273.0
Velocitat (m/s)	16.49
Viscositat (Pa.s)	$4.07 \cdot 10^{-4}$
Reynolds	$8.64 \cdot 10^3$
Longitud (m)	182.0
Espessor (mm)	4.500
Factor de fricció	0.046
Pèrdua de càrrega total (bar)	$3.65 \cdot 10^{-2}$

Taula 35. Dades i resultats obtinguts de la pèrdua de càrrega de la sosa càustica.

Dades	Valor
$\rho_{\text{fluid}}$ (kg/m <sup>3</sup> )	1060
Diàmetre exterior (mm)	168.3
Velocitat (m/s)	0.6400
Viscositat (Pa.s)	$4.69 \cdot 10^{-4}$
Reynolds	$2.35 \cdot 10^5$
Longitud (m)	10.00
Espessor (mm)	2.600
Factor de fricció	0.044
Pèrdua de càrrega total (bar)	$6.68 \cdot 10^{-3}$

#### 4.8.4. Material

A continuació es realitza un estudi per determinar el material de les canonades de vapor sobreescalfat i de sosa càustica.

##### 4.8.4.1. Canonada de vapor

A la taula 36 es detallen les condicions del fluid a transportar.

Taula 36. Condicions de la canonada de vapor saturat.

Paràmetre	Valor
Fluid	Vapor saturat
Pressió de servei (bar)	1.4
Temperatura de servei (°C)	110
Règim de funcionament	Continu

A la indústria existeixen materials metàl·lics o plàstics, en aquest cas com es treballa amb vapor es decideix treballar amb un material metàl·lic d'acer al carboni.

Hi ha gran varietat d'acers al carboni, entre els quals segons la seva composició es troben: acers de baix contingut de carboni, acers de mitjà contingut de carboni i acers d'alt contingut de carboni. En aquest cas, es treballa amb acers de baix contingut de carboni, els avantatges dels quals són (ref. 13):

- Fàcils de soldar i de mecanitzar
- Alta ductilitat i tenacitat
- Baix cost de producció i alta disponibilitat en el mercat
- Versatilitat d'ús, com per exemple canonades i recipients a pressió

En concret, s'escull el material P235GH. Segons la normativa té una tensió admissible de 235 MPa i una temperatura d'operació màxima entre 400-450°C. Per tant, segons la temperatura de treball del vapor saturat, no hi haurà risc d'esgotament tèrmic.

#### 4.8.4.2. Canonada de sosa càustica

A la taula 37 es detallen les condicions del fluid.

Taula 37. Condicions de la canonada de sosa càustica.

Paràmetre	Valor
Fluid	Sosa càustica
Concentració	30%
Estat	Líquid
Pressió de servei (bar)	4.500
Temperatura d'operació (°C)	79-120
Règim de funcionament	Continu

Segons la fitxa tècnica del compost que es troba a l'annex A.4, la sosa càustica és un compost altament corrosiu, per tant, no es pot utilitzar un acer al carboni, ja que es corroiria ràpidament. Per aquest motiu, es decideix treballar amb un acer inoxidable, es fa una comparativa entre els materials més típics a la taula 38.

Taula 38. Taula comparativa d'acers inoxidables típics per l'elecció del material de la canonada. (ref. 14)

Material	Resistència a NaOH	Temperatura màxima (°C)	Observacions
AISI 304	Insuficient	870	No resistent a NaOH al 30% a més de 60°C
AISI 316	Limitada	425	Millor resistència que AISI 304.
AISI 316 Ti	Bona	870	Presenta una resistència millorada a la corrosió intergranular i alcalina.
Hastelloy	Excel·lent	>1000	Altament resistent a la corrosió, molt car.

El material Hastelloy presenta millor resistència a la corrosió, però per no sobredimensionar la canonada i evitar una despesa econòmica innecessària, el material escollit per la canonada de la sosa càustica és l'acer inoxidable 316 Ti.

#### 4.8.5. Aïllament tèrmic

La instal·lació d'aïllament tèrmic a les canonades és una mesura per protegir la seguretat del personal així com per millorar l'eficiència energètica del procés.

En la canonada de vapor, és imprescindible l'aïllament per evitar la condensació del vapor, ja que en cas de produir-se, l'aigua en la línia pot afectar el rendiment dels bescanviadors i produir cops d'ariet. Respecte a la canonada de sosa càustica, es realitza la instal·lació d'aïllament per mantenir la temperatura del fluid i per prevenir la corrosió.

S'utilitzarà llana de roca perquè és econòmica, fàcil d'instal·lar i a més a més, pot arribar a temperatures de 1000°C, molt per damunt de la necessària en aquesta instal·lació. A continuació es presenta una taula per tal d'escollir el gruix d'aïllant adient a cadascuna de les canonades.

Taula 39. Espessor de l'aïllament en funció del diàmetre exterior i de la temperatura del fluid. (ref. 15)

Diàmetre exterior (mm)	Espessor mínim de l'aïllament en funció de la temperatura màxima del fluid (mm)		
	40-60 °C	60-100°C	100-180°C
$\varnothing \leq 60$	30	30	40
$60 < \varnothing \leq 90$	30	30	40
$90 < \varnothing \leq 140$	30	40	50
$140 < \varnothing$	35	40	50

Segons les dades proporcionades per l'empresa a la taula 40 s'escull el gruix d'aïllant corresponent a cadascuna de les canonades.

Taula 40. Gruix de l'aïllant en cadascuna de les canonades.

Corrent	Diàmetre nominal (mm)	Diàmetre exterior (mm)	Temperatures (°C)	Gruix d'aïllant (mm)
Vapor saturat	250.0	273.0	100-170	50.00
Sosa càustica	150.0	168.3	79.0-120	50.00
Condensat	50.00	60.30	100-170	40.00

#### 4.8.6. Disseny d'accessoris

A continuació s'estudia l'adaptació de les canonades tenint en compte les connexions dels bescanviadors Vahterus.

Taula 41. Diàmetres de les entrades als bescanviadors de Vahterus.

Corrent	Diàmetre de canonada (mm)	Diàmetre de les connexions de WVO10 (mm)	Diàmetre de les connexions de WVO11 (mm)
Vapor saturat (1.4 bar)	250.0	200.0	-
Condensat	50.00	50.00	-
Vapor saturat (7 bar)	200.0	-	100.0
Condensat	50.00	-	50.00
Sosa càustica	150.0	80.00	80.00

Per tal de connectar de manera correcta les canonades amb l'entrada dels bescanviadors s'afegeixen reductors, d'aquesta manera s'eviten problemes de flux, sobrepressió i esforços mecànics. Per connectar els diferents trams de canonada també s'utilitzaran colzes i bifurcacions.

Per altra banda, les unions entre canonades i les diferents vàlvules es realitzarà mitjançant brides locals. La fixació de les brides locals amb cadascun dels accessoris es farà mitjançant cargols.

A continuació, s'esmenten les normes estandarditzades dels diferents accessoris presents en les canonades.

Taula 42. Normes de disseny d'accessoris i unions.

Ítem	Accessoris			Unions			
	Colzes	Reductor	Bifurcació	Brides locals		Cargols	
Norma, capítol	WN 1057, 10	WN 1057, 10	WN 1057, 5	DN 10	DN 21057,	DN 10	DN 21057,

A continuació, s'enllisten els accessoris i les unions en cadascuna de les canonades.

Taula 43. Llistats dels accessoris.

Línia	Accessoris							
	Colzes			Reductors			Bifurcació	
	Tipus	Material	Unitats	Tipus	Material	Unitats	Material	Unitats
2205-101-250-10CA01B1	90° tipus A	P235GH	6	Concèntric	P235GH	2	P235GH	5
70900-301-150-10HD01B1	90° tipus A	AISI 316Ti	1	Concèntric	AISI 316Ti	2	AISI 316Ti	2
1415-201-50-10CA03B1	45° tipus A	P235GH	2	-	-	-	P235GH	4
70900-302-150-10HD01B1	90° tipus A	AISI 316Ti	1	Concèntric	AISI 316Ti	2	AISI 316Ti	2
2205-102-200-10CA01B1	90° tipus A	P235GH	2	Concèntric	P235GH	2	P235GH	2
1415-202-50-10CA03B1	45° tipus A	P235GH	2	-	-	-	P235GH	4
70900-303-150-10HD01B1	90° tipus A	AISI 316Ti	2	Concèntric	AISI 316Ti	1	AISI 316Ti	2
70900-304-150-10HD01B1	90° tipus A	AISI 316Ti	2	-	-	-	AISI 316Ti	1
70900-305-150-10HD01B1	90° tipus A	AISI 316Ti	2	-	-	-	AISI 316Ti	1

Taula 44. Llistat de connexions a les canonades.

Línia	Connexió			
	Brida		Cargols	
	Material	Unitats	Material	Unitats
2205-101-250-10CA01B1	P265GH	32	25CrMo4	256
70900-301-150-10HD01B1	AISI 316Ti	5	Alloy A286	40
1415-201-50-10CA03B1	P265GH	2	25CrMo4	16
70900-302-150-10HD01B1	AISI 316Ti	2	Alloy A286	16
2205-102-200-10CA01B1	P265GH	5	25CrMo4	40
1415-202-50-10CA03B1	P265GH	2	25CrMo4	16
70900-303-150-10HD01B1	AISI 316Ti	3	Alloy A286	24
70900-304-150-10HD01B1	AISI 316Ti	5	Alloy A286	40
70900-305-150-10HD01B1	AISI 316Ti	5	Alloy A286	40

#### 4.9. Disseny de la vàlvula de control

Per la correcta selecció i dimensionament de la vàlvula de control, cal determinar prèviament els valors del coeficient de cabal ( $K_v$  en sistema mètric o  $C_v$  en sistema imperial), així com el cabal volumètric, la densitat del fluid i la caiguda de pressió desitjada al pas pel dispositiu.

Aquests paràmetres permeten caracteritzar el comportament hidràulic de la vàlvula i assegurar-ne un funcionament òptim dins les condicions de treball establertes.

Es va predeterminar una pèrdua de càrrega de 0.20 bar per garantir una regulació més precisa.

Taula 45. Dades principals de l'Aspen Hysys.

<b>Estat</b>	<b>Líquid</b>
Fluid	Condensat
$Q_v$ (m <sup>3</sup> /h)	41.75
$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	953.2
P entrada (bar)	1.400
P sortida (bar)	1.200

A continuació es mostra les equacions que s'ha utilitzat per obtenir els valors de  $C_v$  i  $K_v$  (ref. 16):

$$K_v = Q \cdot \sqrt{\frac{1 \text{ bar}}{\Delta P}} \cdot \frac{\rho}{1000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} \quad (4.9.1)$$

$$C_v = 1.165 \cdot K_v \quad (4.9.2)$$

Taula 46. Valors obtinguts de  $K_v$  i  $C_v$

<b>Paràmetre</b>	<b>Valors</b>
$K_v$ (m <sup>3</sup> /h)	91.14
$C_v$	106.2

Com a resultat del procés de selecció tècnica, s'ha optat per una vàlvula de control del tipus H2421P, subministrada per *Tuflin/XOMOX* del tipus *Plug Valve*, referència 127-ISO, els quals s'adapten als requisits del sistema.

Aquesta vàlvula presenta les següents característiques tècniques, veure l'Annex A.2.

Taula 47. Especificacions de la vàlvula controladora

<b>Codi de la vàlvula</b>	H2421P
<b>Tipus</b>	<i>Plug Valve</i>
<b>Norma de fabricació</b>	de WN 8463-188 (2018-05-04)
<b>Connexió de brides</b>	PN 16 (DN 65 to DN 150) according to DIN EN 1092-1 (B1)
<b>Material del cos</b>	1.4408
<b>Rang de temperatures</b>	de -10 °C a + 200 °C
<b>Actuador</b>	Palanca manual o engranatge sense fi, opcional: extensió de l'eix de funcionament (palanca en T)
<b>Diàmetres nominals disponibles</b>	DN 65 a DN 200
<b>Aplicació</b>	Vàlvula d'obrir o tancar amb protecció contra la càrrega estàtica.

Aquesta vàlvula ha estat seleccionada conforme als estàndards europeus (EU) i incorpora components interns com PTFE, un material altament resistent als productes químics agressius com la sosa càustica (NaOH), cosa que garanteix la compatibilitat amb les condicions de procés especificades.

4.9.1.1. Full d'especificacions per a la vàlvula de control

1	PROYECTO		ESPECIFICACIÓN		Nº	
2					HOJA Nº	1 de 1
3	EMPRESA	COVESTRO	Válvula de Seguridad		FECHA	
4	FÁBRICA				PREPARADO	
5	PLANTA	ELO PLANT	COVESTRO		REVISADO	
6					APROBADO	
7						
8	<b>ITEM</b>					
9	REFERENCIA P&ID					
10	SERVICIO		Sortida de la sosa càustica a 120 °C			
11	EQUIPO PROTEGIDO		Segon bescanviador			
12	PRESION DISEÑO EQUIPO PROTEGIDO	bar	4.01			
13	ESCENARIO PARA DIMENSIONADO					
14	FASE		Liquid Sosa Càustica			
15						
16	PRESIÓN DISPARO	bar	9			
17	PRESIÓN DISPARO + SOBREPRESIÓN	bar	9.5			
18						
19						
20	CONTRAPRESIÓN DEL SISTEMA	bar	constant			
21	CONTRAPRESIÓN MÁXIMA	%	10			
22						
23	PRESIÓN DE ENTRADA	bar	4.01			
24	TEMPERATURA ENTRADA	°C	110			
25						
26	<b>Fase GAS</b>					
27	CAUDAL	kg/h	-			
28	DENSIDAD	kg/m3	-			
29	VISCOSIDAD	cP	-			
30	PESO MOLECULAR		-			
31	RELACIÓN CP/CV		-			
32	FACTOR COMPRESIBILIDAD Z		-			
33						
34	<b>Fase LÍQUIDA</b>					
35	CAUDAL	kg/h	41000-54000			
36	DENSIDAD	kg/m3	1060			
37	VISCOSIDAD	cP	0.407			
38	PRESIÓN VAPOR	bar	-			
39						
40						
41	<b>VÁLVULA</b>					
42	ÁREA CALCULADA	mm2	43,48			
43	TAMAÑO REQUERIDO					
44						
45						
46						
47	Notas					

#### 4.10. Disseny de la vàlvula de seguretat

Per al disseny i la selecció del model de la vàlvula de seguretat, és necessari determinar els valors del cabal de descàrrega, la diferència de pressió entre l'entrada i la sortida, així com la gravetat específica de la sosa càustica (NaOH). La vàlvula de seguretat es preveu instal·lar en la sortida del segon bescanviador, on el fluid surt a una temperatura de 120°C.

A continuació, es recullen els valors necessaris per al càlcul del coeficient de cabal Cv de la vàlvula de seguretat.

Taula 48. Dades principals de l'Aspen Hysys.

Fluid	Sosa càustica
Qv (m <sup>3</sup> /h)	41.75
P entrada (bar)	4.010
P sortida (bar)	3.880
SG, gravetat específica	1.280

El càlcul realitzat té com a objectiu determinar el valor del coeficient de cabal de Cv a partir dels valors definits anteriorment, amb la finalitat de dissenyar i seleccionar un bon diàmetre nominal per la vàlvula.

Seguidament, es mostra l'equació per calcular la Cv (ref. 17) (ref. 18):

$$Cv = Q \cdot \sqrt{\frac{SG}{\Delta P}} \quad (4.10.1)$$

Taula 49. Valors obtinguts de Kv i Cv

Paràmetre	Valors
Cv (m <sup>3</sup> /h)	131
DN (mm)	80.0

El diàmetre nominal s'escull en base a una obertura de la vàlvula del 100% que es dona a través d'una taula d'especificacions (ref. 19) que és de 136. En aquest cas, el càlcul de Cv resulta un valor de 131 m<sup>3</sup>/h, però de totes formes s'agafa un DN 80 per raons de seguretat.

Per garantir la seguretat del segon bescanviador, s'ha considerat un escenari de sobrepressió en el qual es podria produir un excés de pressió per una fallada del control del vapor. Per aquest motiu, la vàlvula de seguretat (PSV301) s'ha dimensionat assumint que l'equip té una pressió de disseny de 10 bar, per tant, la vàlvula s'ha tarat a 9.5 bar per raons de seguretat.

## 4.10.1.1. Full d'especificacions per a la vàlvula de seguretat

1	PROYECTO		ESPECIFICACIÓN		Nº	
2	EMPRESA	COVESTRO			Válvula de Seguridad	
3	FÁBRICA		COVESTRO			
4	PLANTA	ELO PLANT				
5						
6						
7						
8	<b>ITEM</b>					
9	REFERENCIA P&ID					
10	SERVICIO		Sortida de la sosa càustica a 120 °C			
11	EQUIPO PROTEGIDO		Segon bescanviador			
12	PRESION DISEÑO EQUIPO PROTEGIDO	bar	4.01			
13	ESCENARIO PARA DIMENSIONADO					
14	FASE		Liquid Sosa Càustica			
15						
16	PRESIÓN DISPARO	bar	9			
17	PRESIÓN DISPARO + SOBREPRESIÓN	bar	9.5			
18						
19						
20	CONTRAPRESIÓN DEL SISTEMA	bar	constant			
21	CONTRAPRESIÓN MÁXIMA	%	10			
22						
23	PRESIÓN DE ENTRADA	bar	4.01			
24	TEMPERATURA ENTRADA	°C	110			
25						
26	<b>Fase GAS</b>					
27	CAUDAL	kg/h	-			
28	DENSIDAD	kg/m3	-			
29	VISCOSIDAD	cP	-			
30	PESO MOLECULAR		-			
31	RELACION CP/CV		-			
32	FACTOR COMPRESIBILIDAD Z		-			
33						
34	<b>Fase LÍQUIDA</b>					
35	CAUDAL	kg/h	41000-54000			
36	DENSIDAD	kg/m3	1060			
37	VISCOSIDAD	cP	0.407			
38	PRESIÓN VAPOR	bar	-			
39						
40						
41	<b>VÁLVULA</b>					
42	ÁREA CALCULADA	mm2	43,48			
43	TAMAÑO REQUERIDO					
44						
45						
46						
47	Notas					

#### **4.11. Caracterització de les estratègies de control**

Per a garantir la correcta funcionalitat de l'equip WVO10 i WVO11, s'ha dissenyat una estratègia de control amb una configuració de control bàsica. Aquesta estratègia s'exposa en el P&ID 0022, en el qual està representada el control dels equips mencionats anteriorment.

Els dos bescanviadors consten d'un sistema de vàlvules manuals en tots els corrents d'entrada i sortida per aïllar el sistema en cas de manteniment o falla.

La vàlvula VAG101 assegura la pressió del vapor provinent del condensador 12WO1 i del dipòsit 12B01, amb una obertura de 40%, té un *Set Point* d'1.4 bar. En cas que aquesta vàlvula es tanqui per falla de sistema completament i es generi una sobrepressió al sistema, s'activarà la vàlvula de seguretat motoritzada PSV101, tarada a 3 bar, per alliberar l'excés de pressió i protegir la instal·lació.

Les vàlvules VAG102 i VAG103, estan fixades en una obertura determinada segons de la temperatura de sortida de la sosa càustica. Quan aquesta temperatura coincideix amb el *Set Point* establerts als transmissors de temperatura T-301 (100°C) i T-302 (120°C), les vàlvules no modifiquen la seva posició. No obstant això, si es produeixen escenaris on es presenten desviacions respecte al *Set Point*, les vàlvules actuen per corregir-les. En el cas que la temperatura de sortida de la sosa càustica sigui inferior al valor establert, la vàlvula s'obrirà més per permetre una major entrada de vapor, en cas contrari, la vàlvula reduirà el pas per disminuir el flux de vapor.

Paral·lelament, les vàlvules automàtiques VAB101 i VAB102, situades en les dues corrents de vapor, també estan connectades als mateixos transmissors T-301 i T-302, respectivament. En cas de que no detecti flux sosa càustica a la sortida dels bescanviadors WVO10 i WVO11, tancaran les vàlvules automàticament per seguretat.

En cas que les vàlvules manuals MV301 i MV308 es tanquin, el fluid quedaria bloquejat a l'interior dels bescanviadors, i tant la seva temperatura com la seva pressió augmentarien progressivament a causa de l'expansió tèrmica. Per prevenir la sobrepressió, s'instal·la una vàlvula de seguretat PSV301 que s'acciona en cas d'arribar a la pressió de disseny de 9.5 bar. La PSV està situada en el corrent de sosa càustica del segon bescanviador, WVO11, i la seva descàrrega es condueix aigües amunt de la vàlvula MV102, on ja no existeix cap element de bloqueig. Un cop efectuada la descàrrega, el corrent es dirigeix cap al tanc BAO10.

Els indicadors de temperatura situats en els corrents del condensat T-201 i T-202, indiquen alta temperatura en cas que el purgador de vapor falli.

#### **4.12. Descripció funcional del projecte**

El procés de condensació d'MDI utilitzant condensat genera una gran quantitat de vapor saturat de baixa pressió (1.4 bar), que actualment s'expandeix directament a l'atmosfera. Amb l'objectiu d'aprofitar aquest vapor residual, s'ha dissenyat un sistema d'aprofitament energètic mitjançant un intercanviador de calor de carcassa i plaques, que s'utilitza per escalfar sosa càustica dins la planta d'ELO.

L'objectiu principal és escalfar la solució de sosa càustica 30% fins a una temperatura de 120 °C, condició necessària per dur a terme un procés de separació i obtenir sosa al 50%.

En una primera etapa, el vapor a 1.4 bar entra a l'intercanviador WVO10, on escalfa sosa al 30%, impulsada per la bomba PA000 des del tanc BAP10, fins a assolir una temperatura de 100 °C. Posteriorment, per arribar als 120 °C requerits, la sosa passa per un segon intercanviador, on s'utilitza vapor de 7 bar provinent de les infraestructures generals.

El vapor que es condensa durant la transferència de calor del primer intercanviador es recull en un BA011, de manera que l'aigua condensada pot ser reutilitzada a les calderes per generar més vapor. De forma similar, el condensat que es produeix al segon bescanviador es dirigeix també cap al dipòsit BA012 per al seu aprofitament posterior.

Finalment, s'ha previst una bifurcació al corrent d'entrada de sosa càustica del primer intercanviador WVO10 que connecta amb el corrent d'entrada de sosa càustica del segon intercanviador WVO11, amb l'objectiu de garantir el seu escalfament en cas que el primer falli

#### **4.13. Descripció de la instal·lació**

Els dos intercanviadors WVO10 i WVO11 estan ubicats a la planta d'ELO. Aquests equips presenten un volum reduït, fet que facilita la flexibilitat d'instal·lació. Després d'analitzar diverses opcions, s'ha decidit instal·lar-los a la part central de la planta d'ELO, ja que aquesta àrea disposa de prou espai i ofereix una millor accessibilitat tant a la torre de destil·lació com al tanc d'emmagatzematge de la sosa càustica. A més, la seva ubicació en aquest punt permet optimitzar el traçat de les canonades, per a reduir les pèrdues de càrrega. També s'ha situat dos hidrants i un extintor a les columnes que es troben a cada costat.

## **5. SEGURETAT EN EL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS**

### **5.1. Seguretat de processos**

En aquesta instal·lació, la seguretat de processos està enfocada en el funcionament segur de dos intercanviadors de calor tipus Vahterus, utilitzats per escalfar sosa càustica aprofitant vapor de rebuig de la planta de MDI.

Aquests intercanviadors, pel seu disseny compacte i soldat, presenten avantatges significatius en termes de reducció de fuites externes i resistència mecànica. No obstant això, el maneig de fluids altament corrosius com la sosa càustica, combinat amb les condicions de temperatures elevades i pressió, requereix una atenció especial a la seguretat de processos.

Els aspectes principals de la gestió de seguretat són (ref. 20):

- **Identificació de perills:**
  - o Fuita interna entre circuits (contaminació entre vapor i la sosa).
  - o Sobrepressió per fallada de control de vapor o bloqueig de condensats.
  - o Deteriorament per corrosió interna de les plaques.
- **Control de riscos:**
  - o Instal·lació de vàlvules de seguretat (PSV) sobre la línia de sosa.
  - o Monitoratge continu de pressions i temperatures amb sistemes d'alarmes.
- **Bones pràctiques de disseny:**
  - o Inspeccions periòdiques amb tècniques no destructives (NDT) com a part del manteniment predictiu.
  - o Neteja química programada per evitar incrustacions que podrien afectar el rendiment o provocar deteriorament prematur.
- **Compliment normatiu:**
  - o Aplicació de la normativa europea de seguretat de processos (Seveso III) i classificació ATEX si s'escau a les àrees properes al vapor.
  - o Segons la normativa Seveso, els riscos es classifiquen en:
    - **Riscos Convencionals:** Relacionats amb l'activitat i els equips que es troben en qualsevol sector industrial (caigudes, electrocució, etc.)
    - **Riscos Específics:** Associats a l'ús o manipulació de productes que, per la seva naturalesa, poden causar danys (tòxics, radioactius, etc.)
    - **Riscos Greus (majors):** Relacionats amb situacions excepcionals, les conseqüències solen presentar una especial gravetat (explosió, fuita tòxica, núvol, etc.)

### **5.2. Anàlisi de Risc**

En aquest apartat, s'identifica els possibles perills, avaluar la seva probabilitat d'ocurrència i la severitat de les seves conseqüències, i definir mesures de control per reduir els riscos associats.

Per tal de gestionar adequadament els recursos disponibles i garantir la seguretat i l'eficiència dels processos, s'ha determinat el nivell de criticitat dels equips a partir d'una matriu de risc.

El nivell de criticitat de cada equip es determina amb la següent expressió:

$$\text{Criticitat} = \text{Probabilitat} \cdot \text{Conseqüències} \quad (5.2.1)$$

Aquesta metodologia permet prioritzar els equips que requereixen una atenció especial, contribuint a la continuïtat operativa i a la minimització de riscos dins del sistema.

Amb l'objectiu de valorar els riscos de manera objectiva, s'utilitza una taula que assigna valors de freqüència i a les conseqüències dels perills identificats.

A partir d'aquests valors, es construeix una matriu de riscos que permet visualitzar i prioritzar els riscos segons la seva gravetat.

Taula 50. Valors de freqüència i conseqüències a estudiar.

Llegenda	Freqüència (esdeveniments/any)	Conseqüències	
<b>G1.Improbable</b>	$f \leq 10^{-6}$	<b>1</b>	Menyspreables
<b>G2.Estrany</b>	$10^{-5} \geq f \geq 10^{-6}$	<b>2</b>	Menors
<b>G3.Poc probable</b>	$10^{-4} \geq f \geq 10^{-5}$	<b>3</b>	Moderades
<b>G4.Possible</b>	$10^{-3} \geq f \geq 10^{-4}$	<b>4</b>	Majors
<b>G5.Molt possible</b>	$f \geq 10^{-3}$	<b>5</b>	Catastròfiques

Taula 51. Matriu de risc (ref.21):

	1 (C)	2 (C)	3 (C)	4 (C)	5 (C)
<b>G1 (F)</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>M</b>	<b>M</b>
<b>G2 (F)</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>M</b>
<b>G3 (F)</b>	<b>B</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>A</b>
<b>G4 (F)</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>G5 (F)</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>

On B indica un risc baix ( $1 \leq \text{Criticitat} \leq 4$ ), M significa un risc mitjà ( $4 \leq \text{Criticitat} \leq 12$ ) i A un risc elevat ( $15 \leq \text{Criticitat} \leq 25$ )

Per altra part, les classes de conseqüències s'estableixen segons l'impacte que poden tenir sobre les persones, la ciutadania, el medi natural i la producció de les instal·lacions. L'efecte atribuït a cadascun d'aquests àmbits per cada nivell de conseqüència s'especifica en la taula següent:

Taula 52. Conseqüències per les diferents afectacions

<b>Categoria</b>	<b>Danys a personal</b>	<b>Efecte de la població</b>	<b>Impacte ambiental</b>	<b>Pèrdua de producció</b>
<b>5</b>	Mort o incapacitat total permanent, danys greus o malalties en un o més membres de l'empresa	Mort o incapacitat total permanent, danys greus o malalties en un o més membres de la població.	Danys irreversibles que violen regulacions i lleis ambientals	Producció de 5 dies
<b>4</b>	Incapacitat parcial, permanent, ferides greus o malalties en un o més membres de l'empresa	Incapacitat parcial, permanent, ferides greus o malalties almenys un membre de població	Danys reversibles, però que violen les regulacions i lleis ambientals	Producció d'1 dia
<b>3</b>	Danys o malalties greus de diversos membres. Necessitat de suspensió laboral.	Hospitalització d'almenys 3 persones.	Danys ambientals reversibles que no violen lleis i regulacions, i on la restauració pot ser acumulada	25% de la producció diària
<b>2</b>	Requisit de tractament mèdic o primers auxilis	Requisit de tractament mèdic o primers auxilis	Danys ambientals mínims sense violació de lleis i regulacions	10% de la producció diària
<b>1</b>	Sense afectació	Sense afectació	Sense danys i violació de lleis	Sense pèrdues

Per acabar, a la taula posterior es presenta la màxima freqüència esperada dels esdeveniments potencials per a cada equip, acompanyada de la valoració de les seves conseqüències i el grau de criticitat.

Taula 53. Criticitat per equips.

Equip	Freqüència	Probabilitat	Conseqüència	Criticitat
<b>WVO10</b>	G2 (Estrany)	2	3 (Moderada)	6
<b>WVO11</b>	G2 (Estrany)	2	3 (Moderada)	6
<b>Línies de procés</b>	G2 (Estrany)	2	3 (Moderada)	6
<b>PSV's</b>	G1 (Improbable)	3	5 (Alta)	15
<b>Instrumentació</b>	-	3	2(Baixa)	6

Per poder establir el nivell de criticitat dels equips en el procés s'ha tingut en compte:

- **WVO10 i WVO11:** Són equips de construcció compacta, sense parts mòbils i amb soldadures completes. Aquesta configuració redueix molt la probabilitat de fallades com fuites externes, obstruccions o ruptures. Tot i això, l'exposició a sosa càustica i vapor pot provocar corrosions internes.  
Tot i el disseny robust, poden aparèixer:
  - Fallades en vàlvules d'entrada o sortida i fuites internes si hi ha degradació per corrosió.
 Un error podria comportar:
  - Contaminació creuada entre fluids (vapor i sosa)
  - Pèrdues de procés o corrosió d'altres trams
  - Risc per a operaris per exposició a calor o substàncies.
 Tot i que no és una situació letal directa, requereix atenció immediata i possible parada parcial de la instal·lació.
- **Línies de vapor:** Les fallades per fuites no són comuns, però augmentaria si no es manté un manteniment adequat. Tot i ser línies robustes, poden presentar:
  - Fuites per soldadures o desgast
  - Mal funcionament de vàlvules de control
  - Per tant, una possible fuga podria comportar:
    - Causar cremades als operaris.
    - Forçar una parada en planta
- **PSV:** Tot i ser equips de seguretat passius, poden degradar-se per:
  - Corrosió, obstrucció o brutícia.
  - Canvis en les condicions de consigna
  - Falta de proves periòdiques
  - Una PSV que no actua correctament:
    - Provoca una sobrepressió perillosa al sistema
    - Ruptures de canonades
    - Risc greu per a persones i equips
- **Instrumentació:** No s'estima una freqüència de fallada concreta perquè hi ha molts tipus de sensors (pressió, temperatura, etc.) i cada un funciona de manera diferent i en condicions diferents. Els sensors poden fallar per:
  - Variació del calibratge
  - Errors calibratge
  - Un sensor defectuós pot:

- No detectar desviacions crítiques
- Generar confiança errònia en les condicions del sistema.

Tot i no ser una causa directa d'accident, pot contribuir a fallides majors.

### **5.3. Control de vàlvules i possibles fallades**

En aquest apartat, s'inclou una classificació de les vàlvules del sistema per determinar-ne el comportament desitjat en cas de fallada de subministrament d'aire, considerant els principis de seguretat del procés. A continuació, es mostra com s'han definit:

- **Fail Open (FO):** S'obren quan perd aire d'instrumentació.
- **Fail Closed (FC):** Es tanquen quan perd aire d'instrumentació.

Seguidament, es mostra una taula amb un llistat de les vàlvules més rellevants, en cas de fallada de subministrament d'aire:

Taula 54. Classificació de vàlvules per subministrament d'aire.

<b>Vàlvules</b>	<b>Ubicació/Servei</b>	<b>Tipus</b>	<b>FO/FC</b>
VAG 101	Entrada de vapor de 1.4 bar al WVO10	H2421P	FO
VAB 101	Entrada de vapor de 1.4 bar al WVO10	H2421P	FO
VAB 102	Entrada de vapor de 1.4 bar al WVO10	H2421P	FO
VAG 104	Entrada de vapor de 7 bar al WVO11	H2421P	FO
VAB 103	Entrada de vapor de 7 bar al WVO11	H2421P	FO

### **5.4. Estudi de seguretat (HAZOP)**

En aquest apartat es presenta una anàlisi HAZOP on s'ha estudiat segons els nusos claus del procés, considerant variables com la temperatura, pressió, flux i disponibilitat energètica com l'electricitat.

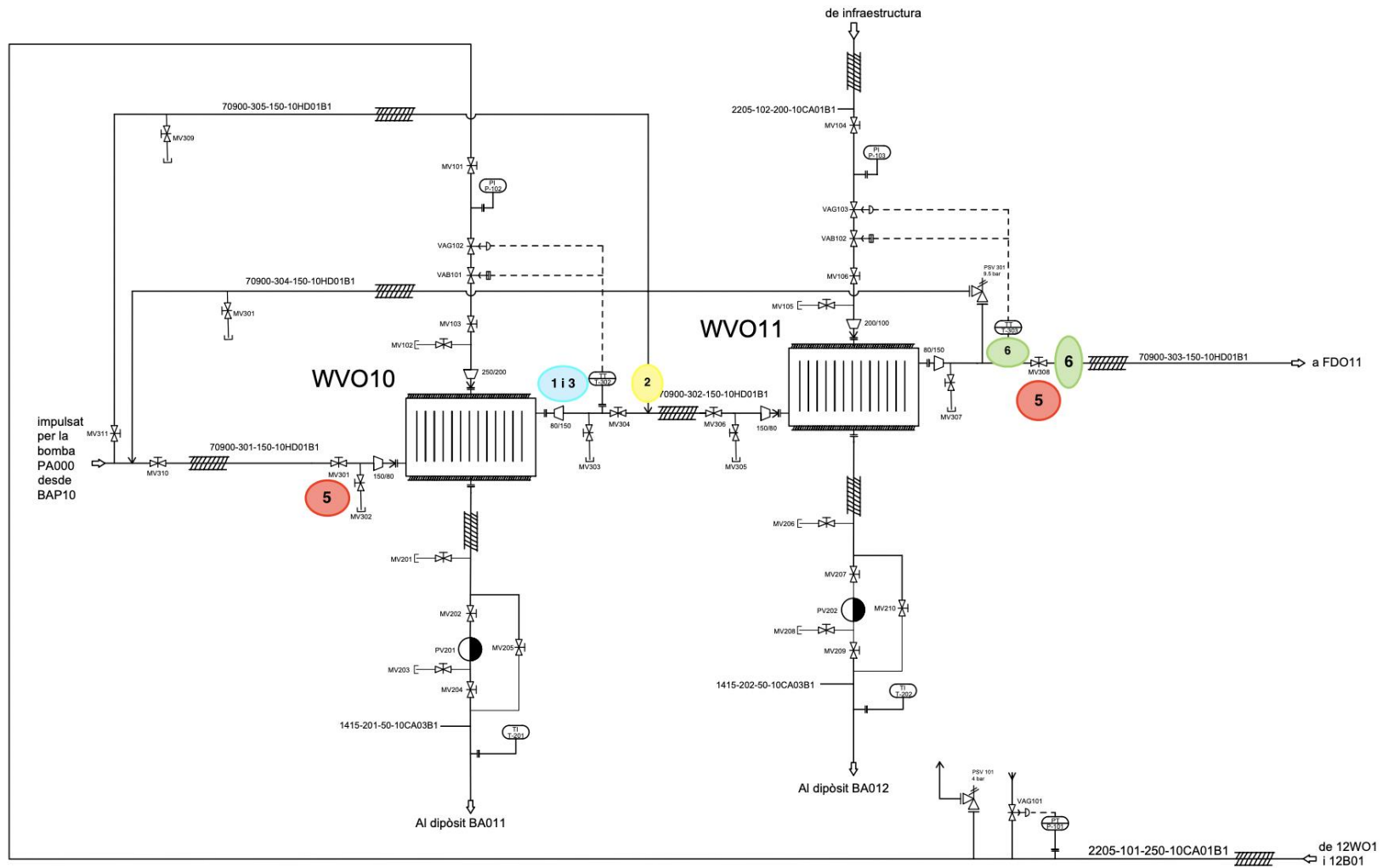


Figura 10. P&ID amb els nusos de seguretat.

Taula 55. HAZOP del bescanviador WVO10 i WVO11

Nus	Paraula Guia	Desviació	Causes	Conseqüències	C	F	R	Protecció	C	F	R	Accions
1	Més	Sortida de la temperatura massa alta >100°C	Fallada d'instrumentació T-302 (mirar nus 3)	Sobreescaïfament de la sosa (10°C com a màxim). No hi ha risc de sobrepressió (4.5 bar +1.22 bar: 5.72 bar)	2	2	4	Instal·lació de les vàlvules manuals	2	1	2	Revisar periòdicament els sistemes de control, ajustar les consignes i realitzar les inspeccions correctament
2	Menys	Sortida de la temperatura massa baixa	Vapor insuficient o baixa pressió de vapor (insuficiència energètica)	Escalfament insuficient, procés afectat	2	2	4	Alarmes de baixa temperatura i es recircula la sosa que no s'escalfa a la temperatura adequada	2	1	2	Avaluar la redundància dels subministraments de vapor

3	No	Flux nul de sosa	Bomba aturada o la vàlvula d'entrada tancada (MV301)	No hi ha escalfament, interrupció del procés. NO hi ha risc de sobrepressió, ja que no arriba a la pressió de disseny del equip.	2	2	4	Instal·lació de vàlvula manual	2	1	2	Revisió del control i la instrumentació
4	No	Subministrament elèctric	Tall de llum, fallada general de la xarxa	Parada de bombes, vàlvules automàtiques i sensors (parada sobtada del procés)	4	2	8	SAI o alarmes	4	1	4	Instal·lació de sistemes UPS per equips crítics, pla de recuperació

5	Més	Expansió tèrmica	En cas de que les vàlvules manuals MV301 i MV308 estiguin tancades, el fluid quedaria bloquejada a l'interior dels bescanviadors.	Tant la temperatura com la pressió augmentaria de forma progressiva fins arribar a una expansió tèrmica.	4	2	8	S'instal·la una vàlvula se seguretat PSV301 amb una pressió de disseny de 9.5 bar	2	2	4	Revisar periòdicament els sistemes de control i realitzar les inspeccions adequades.
6	Més	Quan la temperatura de sortida surt a més de 120°C. (es més de qualitat)	Entra més vapor de 7 bar del que es necessita	Es gasta més vapor del que es necessita i afecta els costos de la planta	2	2	4	Instal·lació de un controlador TT a la sortida (T-303) amb la vàlvula controladora per regular el vapor necessari	1	2	2	Revisió de la programació de control e inspeccions.

### **5.5. Plans d'emergència**

Els plans d'emergència constitueix un element essencial dins la gestió industrial, especialment en instal·lacions que treballen amb productes químics perillosos com la sosa càustica i amb serveis d'energia com el vapor. L'objectiu principal és establir procediments estructurals per a prevenir, detectar, controlar i mitigar qualsevol situació d'emergència que pugui posar en risc la seguretat del personal, les instal·lacions o el medi ambient.

Per a aquesta instal·lació, s'ha definit diversos escenaris de risc potencial com ara:

- Fuita de sosa càustica o fallada d'estanquitat dels intercanviadors o canonades.
- Alliberament no controlat de vapor a alta temperatura per obstrucció o trencament de línies.
- Fallada de funcionament de les vàlvules de seguretat (PSV).
- Contacte químic accidental als operaris.

Davant d'aquests escenaris, el pla d'actuació contempla les següents mesures:

- Parada d'emergència de l'equipament afectat, mitjançant sistemes d'interbloqueig i tancament de vàlvules manuals.
- Aïllament de la zona mitjançant barreres físiques o procediments de confinament.
- Activació d'alarmes (visuales i acústiques), i notificació immediata al personal responsable.
- Evacuació segura del personal afectat, seguint les rutes senyalitzades i dirigint-se als punts de reunió establerts.

A més, la planta disposa dels següents mitjans materials d'emergència:

- Dutexes de seguretat i rentadors oculars pròxims a les zones amb risc químic.
- Extintors i equips de primera intervenció.
- Equip de protecció individual d'emergència (EPI) disponible per a intervencions puntuals (guants resistents a la sosa, viseres, botes especials, etc.)

Finalment, el pla d'emergència inclou la formació obligatòria del personal en procediments d'actuació davant d'incidències i la realització periòdica de simulacres, els quals es documenten i s'avaluen per introduir millores contínues en la resposta davant d'emergències.

### **5.6. Definició de zones ATEX**

Les atmosferes ATEX són entorns en què es pot generar una barreja inflamable entre substàncies perilloses (gasos, vapors, boires o pols combustibles) i l'aire, i que, si coincideixen amb una font d'ignició, poden donar lloc a una explosió.

La normativa ATEX està regulada per dues directives europees (ref. 22).

- Directiva 2014/34/UE (ATEX d'equips): regula els requisits que han de complir els equips i sistemes de protecció destinats a ser utilitzats en atmosferes explosives.
- Directiva 1992/92/CE (ATEX d'usuaris): estableix les obligacions dels ocupadors pel que fa a la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors exposats a aquests riscos.

Les zones ATEX es classifiquen segons la naturalesa del material inflamable i la freqüència de la presència del risc.

Per a gasos, vapors o boires:

- Zona 0: atmosfera explosiva present de forma contínua o durant llargs períodes.
- Zona 1: atmosfera explosiva probable en condicions normals de funcionament
- Zona 2: atmosfera explosiva poc probable i només durant curts intervals

Per a pols combustibles:

- Zona 20: atmosfera explosiva per pols present de forma contínua.
- Zona 21: presència probable en condicions normals.
- Zona 22: presència poc probable i de curta durada.

En aquest projecte, els equips analitzats (bescanviadors de calor WVO10 i WVO11) treballen amb sosa càustica (NaOH) i vapor per escalfar la solució.

Després d'analitzar-ho, s'ha conclòs que no existeix risc d'atmosfera explosiva, per les següents raons:

- La sosa càustica no és un producte inflamable ni genera vapors combustibles en cap condició habitual de temperatura o pressió.
- El vapor d'aigua és inert des del punt de vista d'inflamabilitat, i es treballa dins d'un sistema tancat i controlat.
- No es manipulen substàncies amb risc ATEX dins de les línies, intercanviadors o accessoris associats al procés.
- No hi ha fonts de pols combustible ni reaccions que puguin generar una atmosfera explosiva.

Per aquests motius, no s'identifica cap zona ATEX en la instal·lació, ni és necessari implementar classificacions específiques segons aquesta normativa. Per tant, els equips associats no requereixen certificació ATEX ni proteccions addicionals en aquest sentit.

## 6. ESTUDI MEDIOAMBIENTAL DEL PROCÉS

### 6.1. Emissions a l'atmosfera

L'empresa Covestro ha analitzat la quantitat d'emissions de CO<sub>2</sub> per tona de vapor generada. Les emissions específiques són 190.16 CO<sub>2</sub>/t vapor.

Per a determinar les emissions de diòxid de carboni derivat de la implantació del nou sistema, primer cal quantificar les emissions generades si només s'utilitzés l'intercanviador de calor WVO11 per escalfar la solució de sosa càustica. En aquest escenari, les emissions anuals ascendirien a 47142 tones de CO<sub>2</sub> a l'any.

Amb la implementació del sistema de recuperació de vapor a baixa pressió, 1.4 bar, que permet transformar-lo a una pressió de 7 bar, s'aconsegueix aprofitar anualment 22670 tones equivalents de vapor. Com a resultat, les emissions anuals es redueixen de 24472 tones anuals.

Per calcular la quantitat equivalent de vapor d'1.4 bar necessari per generar vapor a 7 bar, s'ha emprat la següent relació tèrmica basada en els continguts d'entalpies específiques del vapor a ambdues pressions. Aquesta conversió permet estimar la proporció de vapor de baixa pressió que pot substituir directament el consum de vapor generat convencionalment a 7 bar.

$$\text{Vapor 7 bar equivalent} = \text{Vapor 1.4 utilitzat} \times \frac{h_{fg}(1.4 \text{ bar})}{h_{fg}(7 \text{ bar})} \quad (6.1.1)$$

Amb 47142 t/any de vapor (sense la implementació de l'intercanviador WVO10), es generen **8964.52 t/any CO<sub>2</sub>**.

$$\text{Emissions CO}_2 = \frac{47142 \text{ t vapor} \cdot 190.16 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{t vapor}} \cdot 1 \text{ t}}{1000 \text{ kg}} = 8964.52 \text{ t/any CO}_2 \quad (6.1.2)$$

El procés d'aprofitament del vapor de baixa pressió permet reduir les emissions de carboni a **4653.60 t/any CO<sub>2</sub>**

$$\text{Emissions CO}_2 = \frac{24472 \text{ t vapor} \cdot 190.16 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{t vapor}} \cdot 1 \text{ t}}{1000 \text{ kg}} = 4653.60 \text{ t/any CO}_2 \quad (6.1.7)$$

Inicialment, el consum anual de vapor de 7 bar per al procés d'escalfament de la sosa comportava emissions de fins a 8964.52 tones de CO<sub>2</sub>. Gràcies al nou sistema, aquesta xifra es redueix a 4653.60 tones de CO<sub>2</sub>, la qual cosa suposa una disminució del 48% en les emissions associades al consum de vapor.

### 6.2. Emissions al sòl

Es tracta de la contaminació al sòl, totes aquelles característiques físiques, químiques o biològiques del qual han estat alterades negativament per la presència de components de caràcter perillós d'origen humà, en concentració tal que comporti un ric per a la salut humana o el medi ambient, d'acord amb els estàndards que determini el govern (Llei 10/1998).

No es prevé emissions al sòl.

### **6.3. Emissions líquides**

No es prevé emissions líquides respecte al procés. El condensat produït en els intercanviadors WVO10 i WVO11 són enviats als dipòsits BA011 i BA012 respectivament.

### **6.4. Residus**

Durant les aturades programades de la planta, es duen a terme diferents operacions de manteniment i neteja, així es garanteix un bon funcionament i l'allargament de la vida útil de la planta química. Un dels equips crítics que requereixen aquestes tasques de neteja són els intercanviadors.

El procediment habitual de neteja dels intercanviadors és a partir d'aigua desmineralitzada, per tal d'eliminar dipòsits, incrustacions o altres residus que podrien afectar l'eficiència de l'intercanvi tèrmic. En aquest procés, es produeix l'arrossegament de la sosa càustica que s'ha quedat en els tubs del bescanviador.

Com a conseqüència, l'aigua de rentatge pot contenir traces de sosa càustica, donant lloc a un pH lleugerament alcalí. Per tal de garantir que l'abocament d'aquests efluent compleixi amb els requisits ambientals i normatius, aquesta aigua se sotmet a un procés de neutralització mitjançant l'addició controlada d'àcid clorhídric. L'objectiu d'aquesta etapa és aconseguir un pH proper a la neutralitat (pH 6-8).

### **6.5. Altres impactes**

#### **6.5.1. Contaminació acústica per sorolls**

Es tracta de soroll causat per procediments artificials a l'atmosfera.

No s'espera cap canvi substancial en les emissions sonores. Es compleix el valor d'immissió acústica establerts a Catalunya. Llei 16/2002, Protecció contra la contaminació acústica (ref. 23). Decret 176/2009 (ref. 24). Criteris per a l'elaboració de mapes de capacitat acústica.

#### **6.5.2. Contaminació acústica per vibracions**

No es preveu cap variació rellevant pel que fa a les vibracions generades. Es respectarà la normativa sectorial vigent aplicable a Catalunya. Llei 16/2002, Protecció contra la contaminació acústica (ref. 25). Decret 176/2009. Criteris per a l'elaboració de mapes de capacitat acústica (ref. 26)

#### **6.5.3. Contaminació per mal olor**

La contaminació odorífera, tot i que no comporti nivells tòxics de concentració, pot generar molèsties significatives, com ara malestar general, alteracions respiratòries lleus i efectes adversos en el benestar dels éssers vius.

No es preveu una variació rellevant en la generació d'olors.

#### **6.5.4. Contaminació lumínica**

Es tracta d'emissió de flux lluminós de fonts artificials nocturnes en intensitats, direccions o rangs espectrals innecessaris per a la realització de les activitats previstes en la zona en què s'han instal·lat els llums.

No es preveu un augment significatiu de contaminació lumínica. S'avalua la col·locació d'un o dos fanals que proporcionin una adequada il·luminació, 120 graus amb direcció al sòl, a l'àrea

on es troben els intercanviadors. Es respecta la normativa vigent: Llei 6/2001: Protecció del medi nocturn (ref. 27).

## **7. ESTUDI DEL MANTENIMENT DEL PROCÉS**

El manteniment de les instal·lacions és fonamental per assegurar el correcte funcionament i la fiabilitat operativa de la planta. Una bona gestió contribueix a prolongar la vida útil dels equips, les canonades, la instrumentació associada, etc.

En aquest estudi s'avalua els diferents tipus de manteniment que existeixen a la indústria per a cada actiu i també s'especifica els diferents tècniques de manteniment i s'estableix la freqüència d'inspeccions.

### **7.1. Filosofia de manteniment**

L'objectiu principal de manteniment dels intercanviadors WVO10 i WVO11 i els diferents actius de l'abast és prolongar la seva vida útil mitjançant diferents estratègies de manteniment. Per això, es presenta un pla de manteniment que s'adequa a la nova instal·lació seguint els següents objectius:

1. Assegurar el rendiment i la fiabilitat dels actius.
2. Garantir la seguretat durant el funcionament.
3. Minimitzar els costos de manteniment sense comprometre l'eficiència.

### **7.2. Inventari d'equips**

Els equips i instruments s'han classificat segons el tipus i la funcionalitat. Veure P&ID 0022.

Taula 56. Equips i components del projecte.

<b>Element</b>	<b>Tipus</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Funcionalitat</b>
Vàlvules	Manuais	26	Recipient a pressió
	Automàtiques	2	
	Reguladora	3	
	De seguretat	2	
	Purgadors	2	
Transmissors	De pressió	1	Instrumentació
	De temperatura	2	
Indicadors	De pressió	2	
	De temperatura	2	
Canonada calorifugada	-	9	Recipient a pressió
Intercanviador	-	2	

### 7.3. Estratègies de manteniment

En aquest apartat es selecciona el tipus de manteniment a aplicar per a cada equip. També s'ha creat una taula de comparativa entre les diferents estratègies de manteniment.

A continuació es pot observar una taula comparativa general dels diferents tipus de manteniment, correctiu, preventiu i predictiu.

Taula 57. Comparació resumida entre les diferents estratègies de manteniment; manteniment correctiu, manteniment predictiu i manteniment preventiu.

Comparativa entre les estratègies de manteniment	Correctiu	Preventiu	Predictiu
Costos d'operació	Verd	Taronja	Vermell
Parades no planificades	Vermell	Taronja	Verd
Averies catastròfiques	Vermell	Taronja	Verd
Cost en revisions	Verd	Vermell	Verd
Cost en reposicions	Vermell	Vermell	Verd
Immobilitat en magatzem	Vermell	Taronja	Verd
Pèrdues de producte per falta de disponibilitat de la planta	Vermell	Taronja	Verd
Penalitzacions per retards en les entregues	Vermell	Vermell	Verd
Qualitat del producte fabricat	Vermell	Vermell	Verd
Cost de les primes d'assegurances	Vermell	Taronja	Verd
Fiabilitat de la planta	Vermell	Taronja	Verd

#### Descripció dels colors:

- Vermell: Impacte negatiu.
- Taronja: Impacte moderat.
- Verd: impacte positiu.

#### 7.3.1. Manteniment correctiu

El manteniment correctiu és un sistema de gestió que consisteix a intervenir un equip, sistema o component un cop ha ocorregut una fallada funcional o quan és evident que està a punt de produir-se una avaria de major gravetat, coneguda com a fallada potencial. El manteniment correctiu es pot classificar en dues modalitats:

##### - Manteniment correctiu d'emergència:

El manteniment correctiu d'emergència té lloc quan es produeix una fallada funcional de manera inesperada durant la jornada de producció. Aquesta situació, habitualment, comporta l'aturada total o parcial del procés, generant conseqüències negatives. La intervenció ha de ser immediata per tal de restablir el funcionament de l'equip.

A continuació, es mostra una taula amb els avantatges i desavantatges del manteniment correctiu d'emergència.

Taula 58. Avantatges i desavantatges del manteniment correctiu d'emergència.

Avantatges	Desavantatges
No implica detallades planificacions	Comporta la possibilitat que es produeixin fallades funcionals, amb totes les conseqüències negatives associades
És més econòmic a curt termini	A llarg termini és més costós

- **Manteniment correctiu programat:**

El manteniment correctiu programat s'aplica quan es detecta una fallada potencial, però el seu efecte encara no compromet de manera crítica a l'operació, i per tant, permet continuar el cicle de producció.

A continuació es mostra una taula amb els avantatges i desavantatges del manteniment programat (ref. 28) (ref. 29).

Taula 59. Avantatges i desavantatges del manteniment correctiu programat

Avantatges	Desavantatges
És més científic que el manteniment correctiu	Se'n van introduint pèrdues successives dels ajustos de fàbrica a la màquina a causa dels continus intervencions, fet que pot resultar perjudicial al llarg termini.
S'anticipa i redueix l'ocurrència de fallades funcionals	Increment innecessari dels costos, ja que sovint es procedeix a la substitució de components encara que no presentin un desgast suficient que justifiqui el seu reemplaçament.

### 7.3.2. Manteniment preventiu

El manteniment preventiu és un sistema de gestió del manteniment que té com a objectiu essencial prevenir l'aparició de fallades en els sistemes productius. Es fonamenta en la realització planificada i sistemàtica d'un conjunt de tasques bàsiques, com observar, inspeccionar, calibrar, ajustar, canviar, lubricar, reparar, entre d'altre, que es duen a terme amb una freqüència prèviament determinada, associada a cada cicle productiu o segons els períodes de temps o d'ús acumulat dels equips.

Aquest conjunt d'activitats no només té com a finalitat evitar avaries sobtades sinó també anticipar-se a l'aparició de defectes o degradacions dels components, i això millora la disponibilitat i la fiabilitat dels actius industrials. Durant l'execució d'aquestes tasques rutinàries, és habitual que es detectin anomalies que indiquin la necessitat de dur a terme intervencions complementàries, com manteniments correctius programats, modificacions tècniques o revisions generals, amb l'objectiu de restaurar o mantenir el nivell òptim de rendiment dels equips.

Les accions de manteniment preventiu poden incloure activitats com la neteja periòdica, la lubricació de parts mòbils, la substitució de peces subjectes a desgast, la inspecció visual i tècnica, així com l'avaluació de paràmetres de funcionament per assegurar que els equips continuïn operant dins de les especificacions establertes pel fabricant o per l'empresa.

Els objectius més rellevants d'aquesta estratègia són:

- **Disponibilitat:** assegurar que els equips estiguin operatius i llestos per funcionar sempre que se'ls requereixi.
- **Fiabilitat:** garantir que els equips funcionin sense interrupcions durant el període necessari per a la producció.
- **Incrementar la disponibilitat i fiabilitat:** mitjançant la implementació d'un pla de manteniment preventiu que permeti mantenir en condicions òptimes tots els actius.

El manteniment preventiu es pot classificar en dues modalitats:

- **Manteniment preventiu sistemàtic:** El manteniment preventiu sistemàtic consisteix en un conjunt d'activitats programades en intervals de temps per reduir la freqüència i l'impacte de les fallades. Es té en compte la criticitat de cada màquina i la disponibilitat de recanvi.
- **Manteniment preventiu en base d'estat:** En canvi, el manteniment preventiu basat en l'estat és un conjunt d'activitats programades en les quals s'avalua l'estat dels seus components, de manera que, segons la revisió, es decideix si cal aplicar la tècnica de manteniment corresponent.

A continuació es mostra una taula dels avantatges i desavantatges del manteniment preventiu (ref. 28) (ref. 29).

Taula 60. Avantatges i desavantatges del manteniment preventiu

Avantatges	Desavantatges
Augment de la fiabilitat de les màquines	Augment de la inversió inicial en la mà d'obra
Uniformitat en la càrrega de treball per al personal a causa d'una programació d'activitats	Si no es prioritzen i elegeixen adequadament les tasques de manteniment, es pot generar sobrecàrregues de treball
Major duració dels equips i disminució del temps de parada dels equips	
Menor cost de les reparacions	Alt cost en les inspeccions

### 7.3.3. Manteniment predictiu

El manteniment predictiu es basa a estudiar els símptomes de fallada i predir l'ocurrència de la fallada d'una màquina, mesurant i analitzant els canvis en les variables d'operació de la mateixa. El manteniment predictiu és una fase avançada del preventiu, i s'efectuen, d'una banda, assaigs o proves sobre parts de les màquines, i complementàriament es fan mesures de variables d'operació.

Es caracteritza per constar d'una sèrie de tècniques i proves no invasives, dissenyades per captar signes d'advertiment sense necessitat de grans desmuntatges ni d'aturades de l'equip. En cas que les inspeccions mostrin anomalies o comportaments irregulars, es planifica una intervenció per corregir la situació.

Unes de les tècniques que s'apliquen són:

- L'anàlisi de vibracions mecàniques
- L'aplicació de termografies per detectar anomalies tèrmiques.

- L'ús de boroscòpies per a inspeccions visuals internes sense desmuntatge.
- Les anàlisis d'ultrasons per detectar fugues o defectes interns.

A continuació es mostra una taula dels avantatges i desavantatges del manteniment predictiu (ref. 28) (ref. 29).

Taula 61. Avantatges i desavantatges del manteniment predictiu

<b>Avantatges</b>	<b>Desavantatges</b>
Alta possibilitat d'anticipar-se a les fallades	Moltes de les tècniques i assajos impliquen una alta inversió en el material/equip.
L'afectació al procés és mínim, ja que la majoria dels assajos i proves es fan amb la màquina en operació.	Implica disposició de personal qualificat tant per a la utilització de l'equip com per a l'anàlisi de la informació.
Els temps d'intervenció de l'equip és mínim. Només s'intervé quan les proves o assajos confirmen la fallada.	La majoria de les tècniques i assajos poden indicar la fallada, però no la causa.

#### **7.4. Organigrama de manteniment**

Es presenta possibles estratègies a seguir per als diferents equips de la instal·lació a través de l'organigrama en la figura 62.

Taula 62. Organigrama de la estratègia de manteniment. Classificació dels components per tipus de manteniment aplicat

<b>Components</b>	<b>Manteniment correctiu</b>	<b>Manteniment preventiu</b>		<b>Basat en condició (predictiu)</b>
		<b>Sistemàtic</b>	<b>En base d'estat</b>	
Canonada Calorifugada			x	
Intercanviador				x
Vàlvula	Vàlvules manuals	x		
	Vàlvules de automàtiques		x	
	Vàlvules reguladores		x	
	Vàlvula de seguretat (PSV)			x
Instrumentació	Purgadors			x
	Indicador de temperatura		x	
	Transmissor de temperatura			x
	Indicador de pressió		x	
	Transmissor de pressió			x

**1. Intercanviadors:**

Es proposa realitzar un manteniment predictiu als intercanviadors, perquè són equips que poden patir degradació progressiva, com per exemple, pèrdua de material per corrosió interna, incrustacions o fatiga tèrmica, ja que treballen en temperatures molt elevades.

**2. Canonada calorifugada:**

S'escull manteniment preventiu en base d'estat perquè permet detectar a temps la corrosió sota l'aïllament que no és visible externament. A més, l'aïllament es pot degradar per humitat, impactes o envelliment. L'ús de tècniques com termografia o inspeccions visuals ajuda a actuar abans que hi hagi fallades.

**3. Vàlvules manuals:**

Es proposa realitzar un manteniment correctiu, perquè habitualment aquestes vàlvules tenen poca freqüència d'ús amb una mínima degradació. Es reparen o canvien quan apareix una fallada, com per exemple fuges o bloquejos.

**4. Vàlvules automàtiques i reguladores:**

Es proposa realitzar manteniment preventiu en base d'estat, ja que en tenir parts mòbils i mecanismes (actuadors), poden desgastar-se amb el temps. Es realitzen comprovacions d'estanquitat i proves funcionals.

**5. Vàlvules de seguretat (PSV):**

Es proposa realitzar manteniment predictiu, ja que són vàlvules que han de garantir una resposta immediata en situacions de sobrepressió.

**7.5. Categorització, inspeccions i proves dels equips a pressió**

A continuació s'estableix les tècniques i les freqüències de manteniment.

**7.5.1. Classificació de la categoria i grup dels equips a pressió**

La classificació dels equips a pressió és l'establerta en l'article 13 del Reial Decret 709/2015, de 24 de juliol. Aquest Decret estableix que els equips es classifiquen en categories I, II, III, IV. Les categories són, per a cada tipus d'equip a pressió, i s'estableixen segons els quadres d'avaluació de la conformitat de l'Annex II del Reial decret 709/2015 (ref. 30) d'aquest equip, tenint en compte les següents característiques tècniques:

- a) Tipus d'equip: recipient, caldera o canonada.
- b) Característiques del fluid utilitzat:
  - a. Estat (gas o líquid)
  - b. Grup de perillositat del fluid (perillós (1) o no perillós (2))
- c) Pressió màxima admissible de l'equip ( $P_s$ ) en bar.
- d) Volum ( $V$ ) en litres o diàmetre nominal (DN) en mm per a les canonades.

Un cop identificat el quadre d'avaluació de conformitat del tipus d'equip a pressió, si entra en el valor del  $P_s \times V$ , o en cas de canonades, amb  $P_s \times DN$ , obtenint així la categoria de l'equip en qüestió.

Quan un recipient estigui format per diverses cambres, aquest es classificarà en la categoria més alta de cada cambra individual. Quan una cambra contingui diversos fluids, la classificació es realitzarà en funció del fluid que requereix la categoria de major risc.



- **Anàlisi canonades de vapor (categorització):**

Per a l'anàlisi de la categorització de les canonades de vapor, s'acudeix a la pàgina web "PED Classification" (ref.33)

Taula 63. Paràmetres de la canonada de vapor.

<b>CANONADA DE VAPOR</b>	
Codi de disseny	AD 2000-Merkblatt
Fluid	Vapor
Volum	-
Pressió mínima/màxima admissible (Ps)	-1 / 10 barg
Pressió màxima de servei (Pms)	6 barg
Temperatura mínima/màxima admissible (Ts)	-- °C / +200 °C
Temperatura mínima/màxima de servei (Tms)	-- °C / +200 °C
Estat dels fluids	Gas
Diàmetre nominal (mm)	DN250
Categoria de l'equip	Cat.I
PS (bar) x DN (mm)	2500 bar x mm
Grup del fluid	2

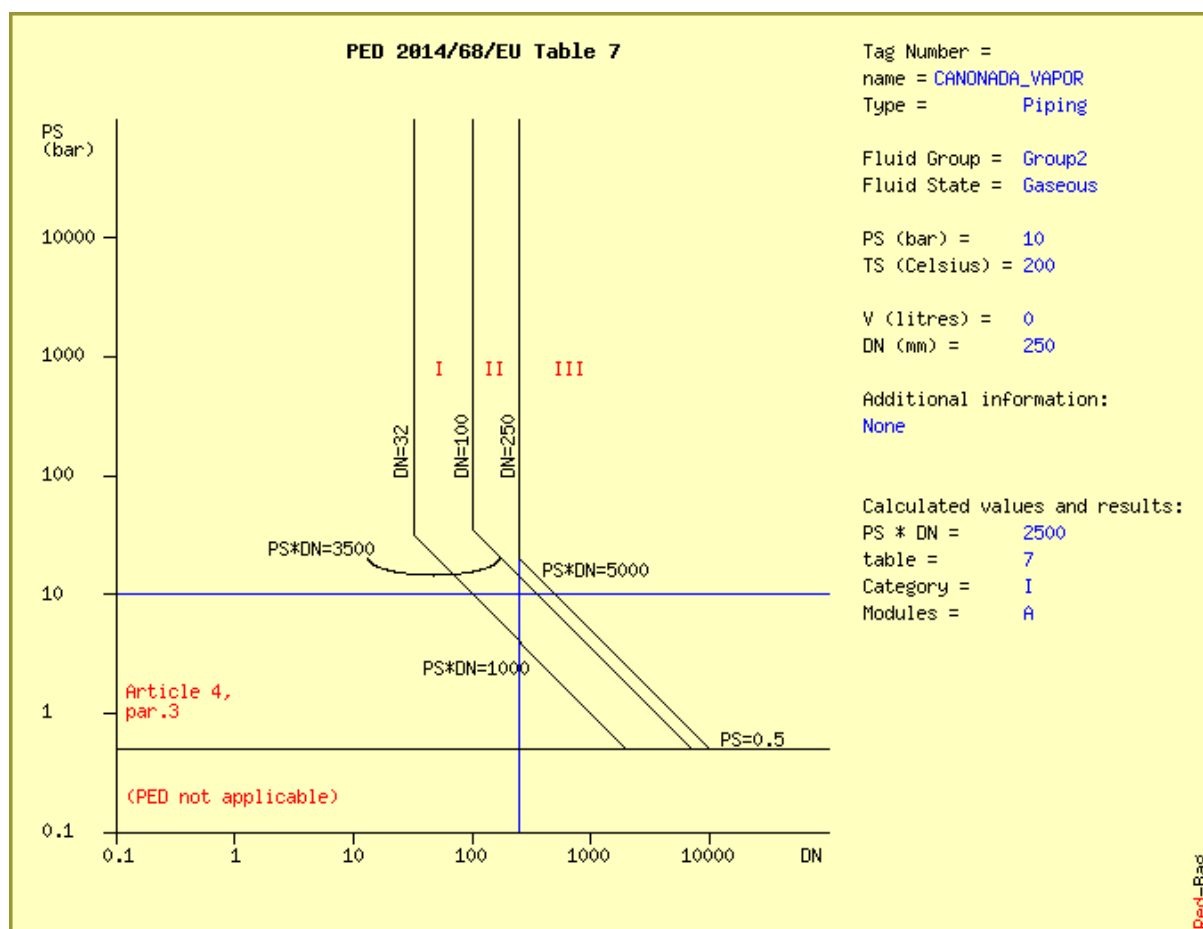


Figura 12. Resultats de la categorització de la canonada de vapor

Les canonades de vapor, per tant, és de Categoria I (Mòdul A). El fabricant haurà de fer una avaluació de la conformitat del Mòdul A i emetre un document que s'anomena: DECLARACIÓ

DE LA CONFORMITAT CE per a després, amb el document, legalitzar la canonada segons el Reial Decret 809/2021 equips a pressió.

- **Anàlisi canonades de sosa càustica (categorització):**

Per a l'anàlisi de la categorització de les canonades de sosa càustica, s'acudeix a la pàgina web "*PED Classification*"(ref. 32).

Taula 64. Paràmetres de la canonada de sosa càustica.

<b>CANONADA DE SOSA CÀUSTICA</b>	
Codi de disseny	AD 2000-Merkblatt
Fluid	Sosa
Volum	-
Pressió mínima/màxima admissible (Ps)	-1 / 10 barg
Pressió màxima de servei (Pms)	6 barg
Temperatura mínima/màxima admissible (Ts)	-- °C / +200 °C
Temperatura mínima/màxima de servei (Tms)	-- °C / +200 °C
Estat dels fluids	Gas
Diàmetre nominal (mm)	DN150
Categoria de l'equip	Cat.I
PS (bar) x DN (mm)	1500 bar x mm
Grup del fluid	2

Per a saber la perillositat del fluid es consulta a la fixa de seguretat del producte, veure l'annex A.4, en aquest cas, la sosa té fases H318/H314, que correspon al grup 2.

El reglament d'equips a pressió RD 809/2021 ANNEX II ofereix un llistat de totes les indicacions de perill que existeixen del grup 1.

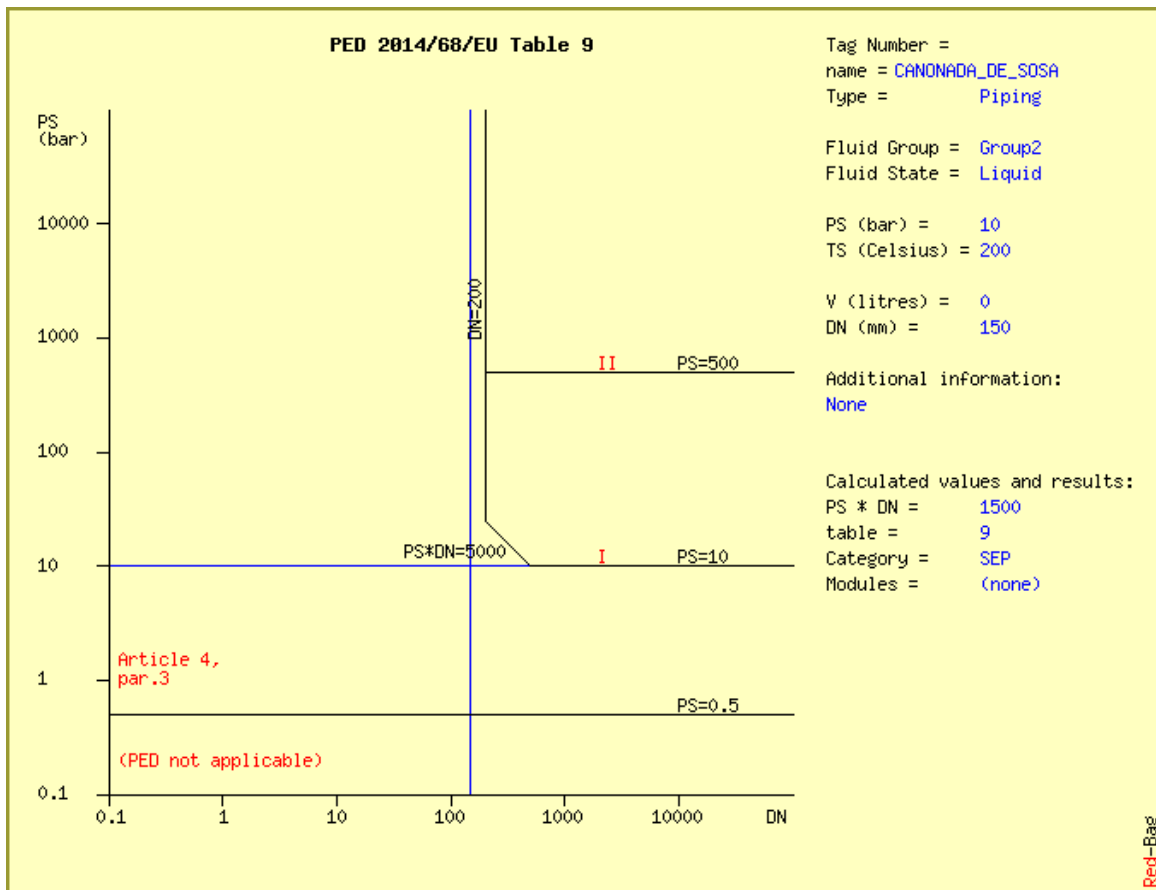


Figura 13. Resultats de la categorització de la canonada de sosa càustica

Les canonades que circula sosa càustica, tal com s'observa a la figura, queda dintre de l'article 4.3. Al no tindre una categoria específica es considera que es fan inspeccions internes, per la empresa Covestro cada 12 anys, que és el període màxim permès.

- **Anàlisi del intercanviador WVO10 i WVO11:**

Per a l'anàlisi de l'intercanviador, en primer lloc, s'ha seleccionat la categoria a través de la figura 13 i s'ha determinat que es tracta de la categoria II, ja que intercanvia vapor i sosa en estat líquid a una pressió superior de 0.5 bar. En segon lloc, a través de les gràfiques relacionades als quadres del real decret es determinen la categoria.

Cuadro 2. Recipientes contemplados en el artículo 4, apartado 1.1, párrafo a.2)

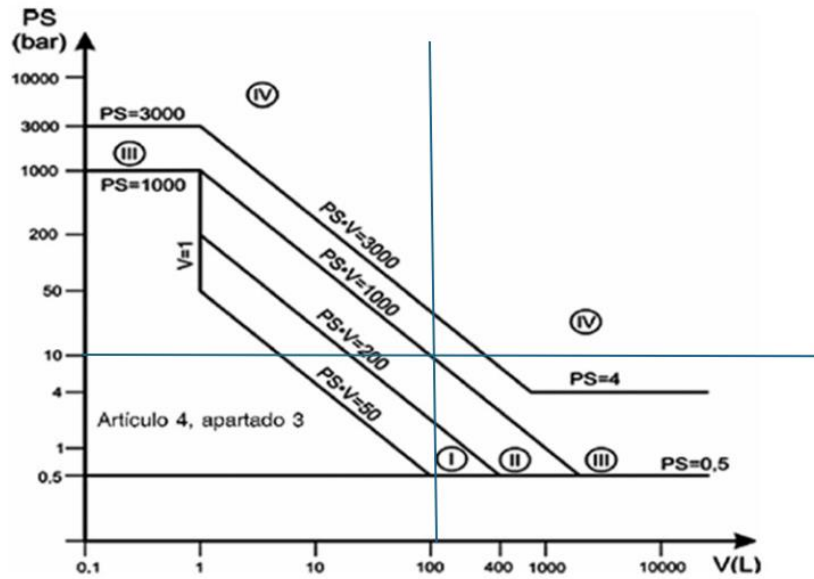


Figura 14. Resultats de la categorització del intercanviador WVO10

Per al primer intercanviador amb una PS=10 bar i V=111.8 L s'ha determinat que és la categoria III.

Cuadro 2. Recipientes contemplados en el artículo 4, apartado 1.1, párrafo a.2)

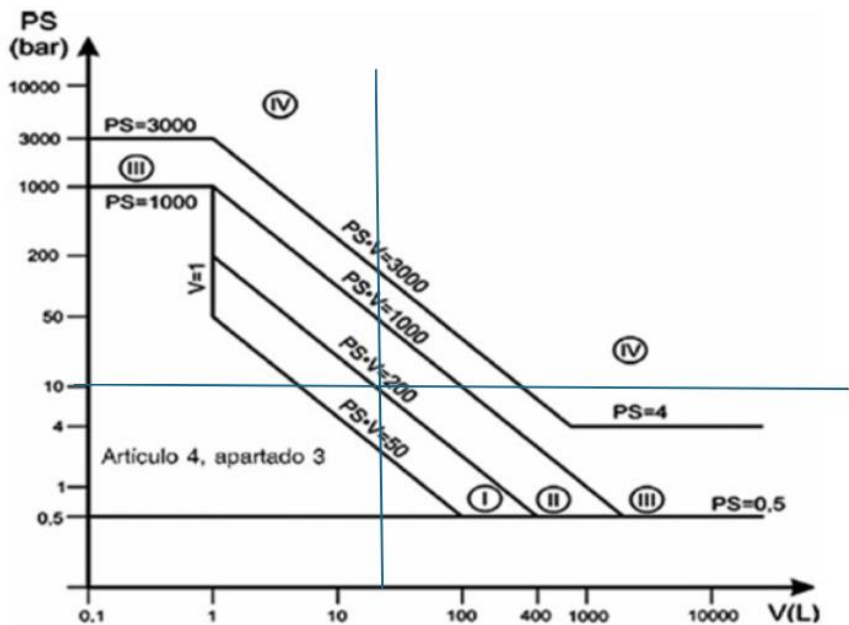


Figura 15. Resultats de la categorització del intercanviador WVO11

Per al segon intercanviador amb una PS=10 i V=22.6 L s'ha determinat que és de la categoria II.

### 7.5.2. Nivell d'inspecció dels equips a pressió

La classificació dels nivells d'inspecció és l'establerta en l'Annex III del Reial decret 809/2021 (ref.33)

Els nivells d'inspecció indicats tindran el següent abast:

- **Nivell A. Inspecció en servei:** Es realitza sense aturar el funcionament de l'equip, inclou la revisió de la documentació i una inspecció visual externa de totes les parts a pressió i dels dispositius de seguretat. No és necessari retirar l'aïllant tèrmic i si es detecten problemes, s'ha de fer una inspecció de nivell B.
- **Nivell B. Inspecció fora de servei:** Cal aturar l'equip. En aquest tipus d'inspeccions s'inclou tot el nivell A i, a més cal fer una revisió de zones amb risc de corrosió o esforç, es mesura l'espessor de les canonades, es revisa la vàlvula de seguretat i es duen a terme proves destructives com ultrasònics.

Per a la revisió de les canonades amb calorifugat, es retira parcialment el calorifugat en punts crítics i s'inspecciona el metall base en cerca de pèrdua de material i s'aprofita per a inspeccionar el calorifugat.

- **Nivell C. Inspecció amb prova de pressió:** Inclou tot el nivell B, i a més s'hi fa una prova hidroestàtica.

### 7.5.3. Agent i periodicitat

El nivell d'inspeccions i de proves s'indiquen en el Reial decret 809/2021 (ref. 33).

A continuació, es classifiquen els diferents paràmetres indicadors, tècniques de manteniment, l'estat, el nivell i la freqüència.

Taula 65. Programació d'activitats del WVO10 i WVO11

Superfície	Paràmetre indicador	Tècnica	Estat	Nivell	Freqüència
Externa	Corrosió	Inspeccions visuals o mesura l'espessor de la PIG de fuga de flux magnètic (MFL)	En servei	A	Empresa instal·ladora 3 anys
	Fissures				
Interna	Fuites	Prova hidràulica	Fora de servei	C	O.C. 12 anys
	Fissuració				
	Desgast				
	Corrosió				

Encara que les freqüències d'inspeccions arriben a 12 anys, el fabricant recomana freqüències menors, ja que la vida útil de l'intercanviador de plaques es de 10 anys. A continuació s'especifica les recomanacions del fabricant:

- Inspecció externa visual: cada 2 anys.
- Inspecció interna de carcassa: cada 4 anys
- Prova de pressió: cada 8 anys

Taula 66. Programació d'activitats de les canonades.

Superfície	Paràmetre indicador	Tècnica	Estat	Nivell	Freqüència
Externa	Corrosió	Inspeccions visuals	En servei	A	Empresa instal·ladora 3 anys
	Fuites	PIG de fuga de flux magnètic (MFL)			
	Fissura				
Interna	Fuites	Ultrasons	Fora de servei	C	O.C. 6 anys
	Fissuració				
	Desgast				
	Corrosió				

Per a les inspeccions de la part superficial de les canonades es busca en general indicis de corrosió, fuites i descamació de pintura, ja que aquest recobriments de pintura serveix com a mitgadors de corrosió, protegeix a les superfícies externes de l'exposició del medi ambient.

Taula 67. Programació d'activitats de la PSV i vàlvules en general

Superfície	Paràmetre indicador	Tècnica	Estat	Nivell	Freqüència
Externa	Corrosió	Inspeccions visuals	En servei	A	Empresa instal·ladora 3 anys
	Fuites				
Interna	Fuites	Inspeccions visuals	Fora de servei	B	O.C. 6 anys
	Desgast				
	Corrosió				
	Retarat PSV (molla PSV)	Recalibració			

Per a les inspeccions de la part interna de les vàlvules de seguretat, s'obre i es realitza inspecció visuals detallada amb l'objectiu de detectar possibles fenòmens de degradació com ara corrosió, desgast mecànic o fuites en els components interns

#### 7.5.4. Inspeccions de la instrumentació

Cada 2 anys, en les parades de la planta, s'inspeccionen internament (per Covestro) la instrumentació, a verificar la seva qualitat i funcionalitat.

## 8. MANUAL

### 8.1. Manual d'operació

Per tal de garantir un funcionament eficient de la instal·lació, prevenir possibles incidències durant el procés i vetllar per la seguretat del personal de planta, s'elabora el manual d'operació de la instal·lació.

#### 8.1.1. Manual de posada en marxa (*Start up*)

A continuació es detallen els diferents passos per posar en marxa l'intercanviador

#### 8.1.2. Comprovació abans de la posada en marxa

- Les connexions de les canonades són conformes als plànols i estan adequadament suportades.
- Les vàlvules de drenatge del condensat estan tancades.
- L'intercanviador de calor i les canonades estan degudament purgats.
- Qualsevol dispositiu de seguretat (PSV301) està connectat correctament.
- No hi ha factors de risc a les canonades que puguin causar pressió interna (cop d'ariet) o canvis bruscos de pressió.

#### 8.1.3. Procés d'arrancada

En primer lloc, s'arranca el flux del costat fred, i després, s'arranca i s'augmenta gradualment el flux del costat calent.

#### 8.1.4. Inici del procés d'intercanvi de calor (WVO10)

Per a iniciar el procés de l'intercanvi de calor, s'ha de seguir tots els passos de la "a" fins a la "e", començant pel costat fred. Es repeteix per al costat calent.

- Es tanquen les vàlvules de l'entrada MV301 i MV103 de l'intercanviador.
- S'obre la vàlvula de tancament de sortida MV304.
- S'obre la vàlvula de purga PV201.
- Es posa la bomba PA000 en marxa, per a impulsar la sosa que ve des del tanc BAO10.
- Seguidament, s'obren lentament les vàlvules d'entrada MV302 i MV103 d'acord amb les instruccions.

#### 8.1.5. Inici del procés d'intercanvi de calor (WVO11)

Per a iniciar el procés de l'intercanvi de calor, s'ha de seguir tots els passos de la a fins "f" la "i", començant pel costat fred. Es repeteix per al costat calent.

- Es tanquen les vàlvules de l'entrada MV306 i MV106 de l'intercanviador WVO11.
- S'obre la vàlvula de tancament de sortida MV308.
- S'obre la vàlvula de purga PV202.
- Seguidament, s'obren lentament les vàlvules d'entrada MV304 i MV106 d'acord amb les instruccions

#### 8.1.6. Manual de parada (programada/ d'emergència) (WVO10)

En cas d'emergència, s'ha de seguir el següent procediment manual de parada segura de l'intercanviador de calor WVO10. Si el procés del bescanviador de calor s'ha parat, també, s'ha de seguir els següents passos (primer començant amb el costat fred).

- a. Es tanca lentament la vàlvula d'entrada MV301.
- b. S'apaga la bomba PA000.
- c. Es tanca la vàlvula de sortida MV202.

Es disminueix gradualment el flux en el costat calent fins que es para completament. Després es tanca el costat fred.

- d. Es repeteix el mateix procediment amb el costat calent, però tancant les vàlvules corresponents del flux de vapor.

Seguidament, és important tenir en compte que les vàlvules s'han d'obrir gradualment. Una obertura i tancament bruscs de les vàlvules sotmetran al bescanviador de calor un xoc tèrmic, i poden causar fatiga del material.

### **8.1.7. Manual de parada (programada/ d'emergència) (WVO11)**

En cas d'emergència, s'ha de seguir el següent procediment manual de parada segura de l'intercanviador de calor WVO11. Si el procés del bescanviador de calor s'ha parat, s'ha de seguir els següents passos (primer començant amb el costat fred).

- e. Es tanca lentament la vàlvules d'entrada MV304.
- f. Es tanca la vàlvules de sortida MV305.

Es disminueix gradualment el flux en el costat calent fins que es para completament. Després es tanca el costat fred.

- g. Es repeteix el mateix procediment amb el costat calent.

Seguidament, es important tenir en compte que les vàlvules s'han d'obrir gradualment. Una obertura i tancament bruscs de les vàlvules sotmetran al bescanviador de calor un xoc tèrmic, i poden causar fatiga del material.

En aplicacions del vapor, no deixeu la vàlvula de vapor connectada quan el costat del líquid esta desconnectat. Desconnectar el vapor primer i es connecta al final.

## **8.2. Manual de neteja**

A continuació, s'esmenten els diferents tipus de neteja que cal aplicar en els bescanviadors WVO10 i WVO11.

### **8.2.1. Retrorentat**

Els materials solts que s'acumulen en la superfície de les plaques poden eliminar-se, invertint el flux o per retrorentat amb aigua calenta o amb un producte de neteja. Es bombeja aigua tèbia neta o producte de neteja a alta velocitat (aprox. 2-3 vegades del normal) contra la direcció normal del flux (en tots dos costats o només en un costat). Les vàlvules de les canonades del procés estan tancades i les vàlvules per a la descàrrega estan obertes. Tota l'aigua bruta ha de tractar-se d'acord amb les regles i legislacions universals.

#### **Descripció del sistema de retrorentat:**

- a. Es tanquen les vàlvules MV302 i MV308. La temperatura del bescanviador de calor ha de ser entre 10°C i 30°C.
- b. Es descarrega el líquid del costat que s'ha de rentar, obrint la vàlvula MV309.

- c. Es connecta la mànega a la vàlvula MV303.
- d. L'aigua ha de circular pel bescanviador de calor per 10-15 minuts.
- e. Es comprova que els compostos orgànics i la brutícia han estat eliminats.
- f. Es para el flux d'aigua, tancant la vàlvula MV303.
- g. S'omple el bescanviador de calor amb el líquid del sistema d'acord amb el procediment de posada en marxa, es tanca la vàlvula MV309.

### 8.2.2. Neteja química

El procediment de neteja implica l'ús d'agents de neteja comuns, que normalment contenen additius que fan una neteja més efectiva i eviten la corrosió.

S'ha de tenir en compte que abans de la neteja química de l'intercanviador de calor s'ha de comprovar la resistència dels directors de flux d'aquest material.

Després del tractament químic és molt important esbandir les plaques acuradament amb aigua neta. Si hi ha possibilitat que durant la neteja de costat fred pot ocórrer una temperatura alta a l'intercanviador de calor, s'ha d'assegurar que la pressió del costat fred no augmenti massa.

- a. Tancar les vàlvules MV103 i MV202. La temperatura de l'intercanviador de calor ha de ser entre 10°C i 30°C.
- b. Connectar les mànegues del sistema de neteja (amb substàncies químiques) a les vàlvules MV102 i MV201.
- c. Omplir el tanc amb la solució química.
- d. Posar en marxa la bomba que connecta amb el tanc del fluid de neteja, tal com s'observa a la figura 15 i es deixa funcionar entre 30-40 minuts. Comprovar amb certa freqüència la concentració i activitat dels productes químics al costat de l'entrada i sortida de l'intercanviador de calor. Aturar la neteja quan ja no hi ha més canvis.
- e. Si la brutícia s'ha eliminat, descarregar i neutralitzar els productes químics de l'intercanviador de calor.
- f. Rentar la superfície de la placa per retro-rentament amb aigua neta.
- g. Després de netejar les superfícies de carcassa, es neteja acuradament els espais morts darrere dels directors de flux (si existeixen)
- h. Restablir l'operació normal de l'intercanviador de calor.
- i. Si cal repetir la neteja química: intentar que els productes químics i la brutícia d'acord amb les normes legislatives i lleis que tracten temes de seguretat i medi ambient.

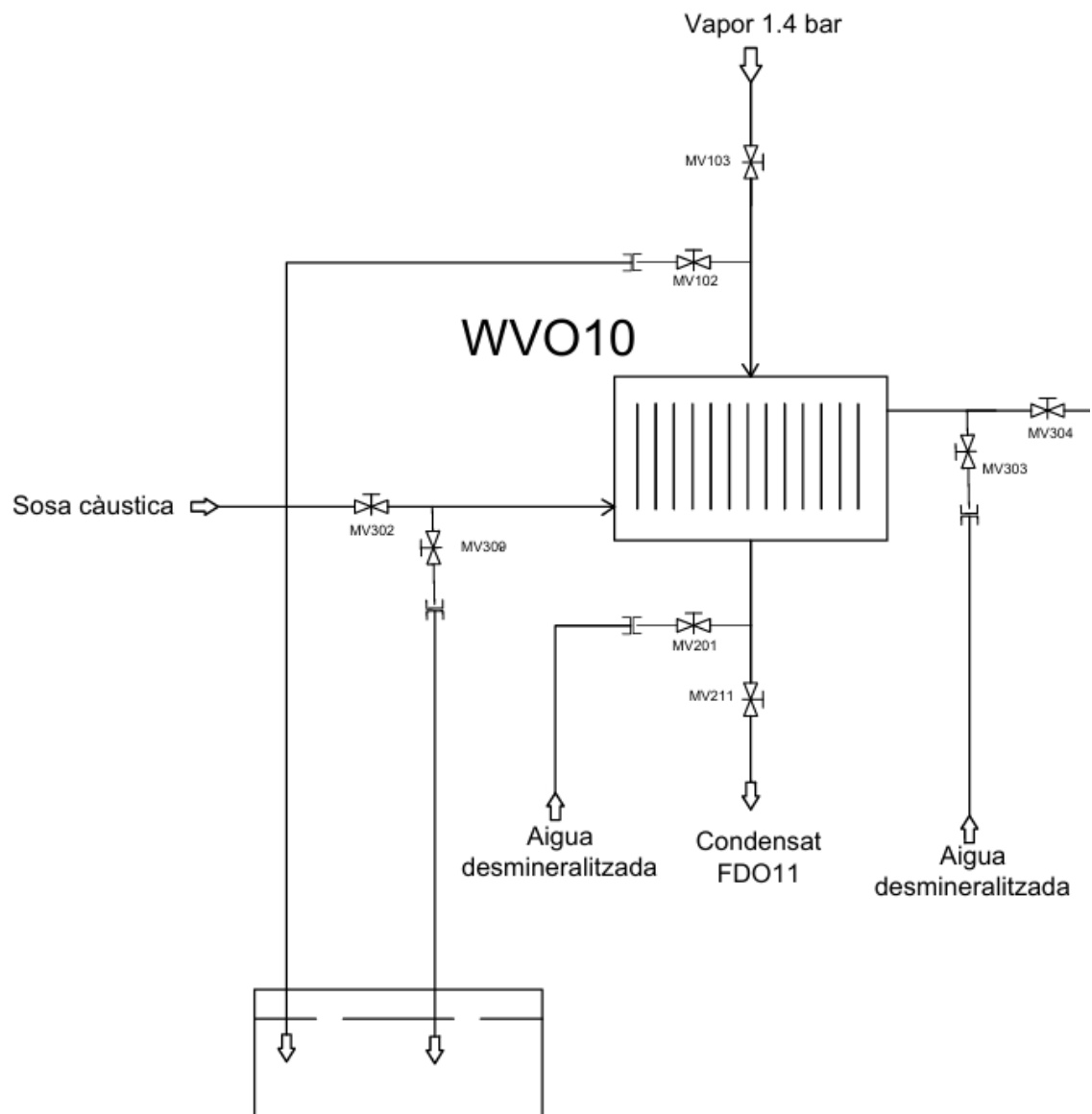


Figura 16. Esquema del procés de neteja.

Per netejar el intercanviador WV011 es repeteix el mateix procediment.

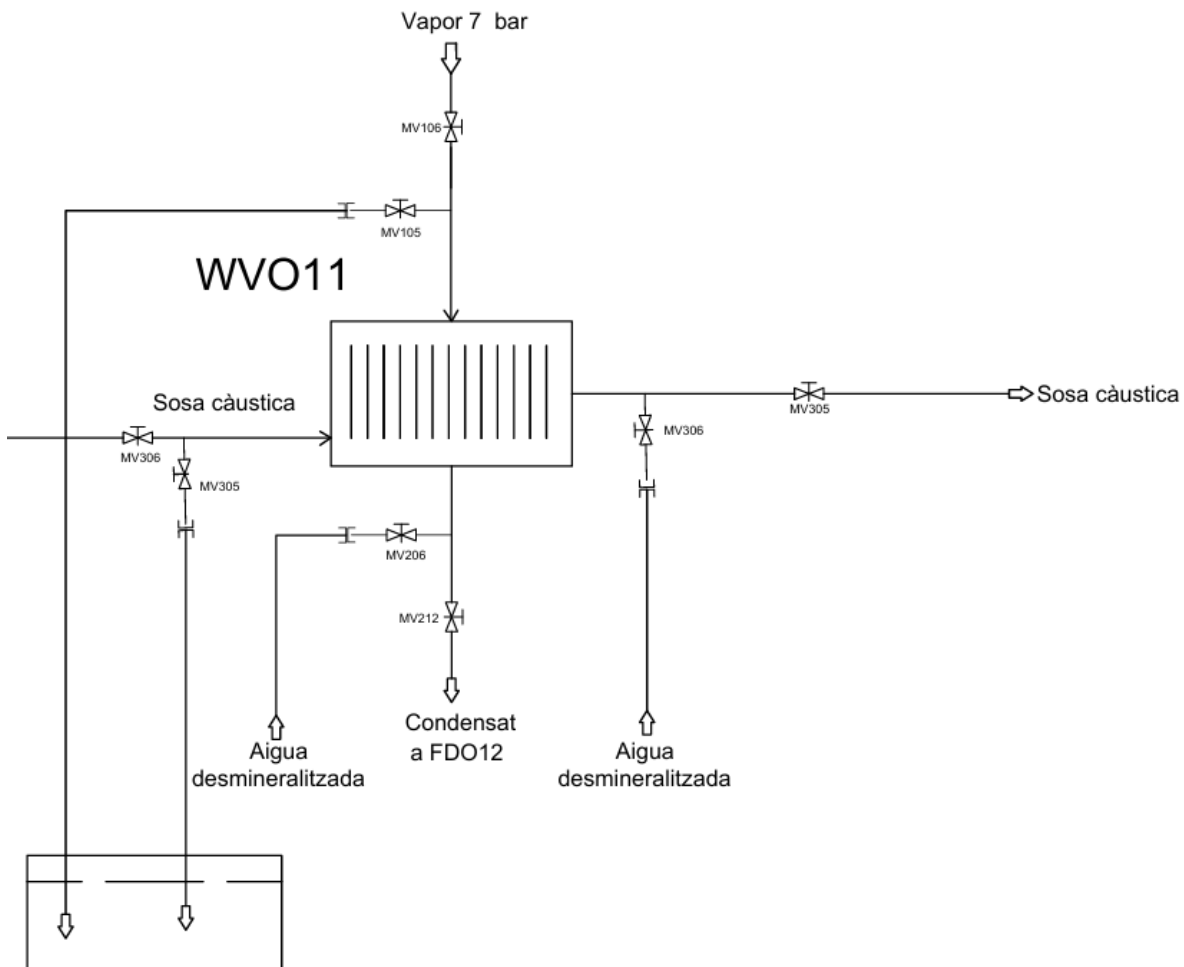


Figura 17. Esquema del procés de neteja.

### 8.2.3. Anàlisi després de la neteja

Després de la neteja es pren mostres per a detectar possibles contaminacions. En aquest apartat es mostra accions per a evitar la contaminació:

- **Instal·lar filtres:** per a filtrar possibles impureses o incrustacions que podrien dipositar-se a les superfícies d'intercanvi de calor.
- **Augmentar el cabal entre les plaques:** augmentar la velocitat del flux entre plaques incrementa la turbulència, la qual cosa redueix la tendència a la deposició de materials sobre les superfícies.
- **Refrescar més el medi o fer-ho en intervals més curts:** augmentar la freqüència de renovació o neteja del fluid, o realitzar purgues més sovint, pot reduir l'acumulació de contaminants.

### **8.3. Manual de detecció i solució de possibles errors operatius**

#### **8.3.1. Pèrdua interna**

Quan es produeix una possible pèrdua interna és quan hi ha una barreja de fluids. Rendiment moll baix i pèrdua de càrrega elevada.

- **Causa:** Placa fissurada a causa del cop d'ariet o del xoc tèrmic. Un forat en la placa a causa de la corrosió. La pressió interna i el desgast mecànic.
- **Comprovació:** Comprovar que el líquid al costat de la placa és visible en el costat de carcassa (el fluid de pèrdua és visible en la canonada de la sortida). Es tanca les vàlvules del costat de la placa o de la carcassa i s'utilitza un mesurador per veure si la pressió cau. Comprovar que les dades del procés, si estan disponibles. Pressuritzar la carcassa i es busca la pèrdua.
- **Acció:** Contactar amb el fabricant.

#### **8.3.2. Declivi gradual del rendiment de la transferència de calor**

- **Causa:** Acumulació lenta d'impureses en les superfícies de la placa en el costat de la placa i de la carcassa.
- **Comprovació:** Utilitzar un endoscopi si és possible. Si el costat de la carcassa està net, la brutícia del costat de la placa és el responsable del endarreriment de la transferència de calor.
- **Acció:** Netejar l'intercanviador d'acord amb les instruccions del manual de neteja.

## 9. AVALUACIÓ ECONÒMICA

Per decidir finalment si s'executa el projecte es realitza un estudi de viabilitat econòmica. En aquesta estimació de costos es tindran en compte tots els equips, la instrumentació i les canonades a instal·lar.

### 9.1. Inversió en capital fix

Com es tracta d'una proposta de millora energètica de la planta Covestro, no es té en compte el terreny com a despesa d'inversió. Els preus dels bescanviadors de calor, equips d'instrumentació i vàlvules s'han obtingut directament de catàlegs i/o pressupostos facilitats pels fabricants. Alguns elements no es tenen en compte perquè ja es troben presents a la instal·lació.

El preu de canonades es consulta mitjançant proveïdors tenint en compte el preu per metre de canonada, així com el preu per metre de l'aïllament tèrmic.

Taula 68. Cost dels equips del procés obtingut a partir de catàlegs (ref. 34) (ref. 35).

Ítem	Unitats	Preu unitari (€)	Preu total (€)
<b>Equips</b>			
Bescanviador WV010	1	60130	60130
Bescanviador WV011	1	26221	26221
<b>Canonades</b>			
DN 250	1	65520	65520
DN 150	4	1875.0	7500.0
DN 50	2	5500.0	1100.0
DN 200	1	2600.0	2600.0
<b>Instrumentació</b>			
Transmissor de temperatura	2	522.70	1045.0
Indicador de pressió	2	1044.0	2088.0
Indicador de temperatura	2	300.00	600.00
<b>Vàlvules</b>			
Vàlvula manual DN 50	6	800.00	4800.0
Vàlvula manual DN 150	8	3500.0	28000
Vàlvula manual DN 250	3	7000.0	21000
Vàlvula reguladora DN 250	2	9000.0	18000
Vàlvula automàtica DN 150	2	3500.0	7000.0
Vàlvula automàtica DN 250	1	6500.0	6500.0
PSV	1	1500.0	1500.0

El cost de la inversió total obtinguda es multiplica per un factor multiplicant d'1.5 per considerar possibles desviacions i per tindre en compte el capital de treball. Obtenint així una inversió inicial de 291,646 €.

## 9.2. Costos variables

Respecte als costos variables, es consideren aquells associats directament al procés de producció. Per tal d'estimar el cost total, s'inclou tant el preu de la matèria primera com els costos de consum d'*utilities* (com ara aigua desmineralitzada, aire industrial, etc.). No es té en compte la despesa d'energia elèctrica, ja que els bescanviadors de calor treballen amb un fluid tèrmic, no electricitat, ni tampoc s'inclouen bombes o compressors que necessiten energia.

Taula 69. Despeses del projecte.

Producte	Quantitat (t/h)	Hores	Preu/Tonelada (€)	Total (€/any)
Vapor estalviat	2.610	8660	40.00	906,8 €

Taula 70. Resum del cost de les *utilities*.

Utilities	Unitats	Quantitat anual	Cost anual (€)
Aigua desmineralitzada	m <sup>3</sup> /h	20.00	200.0
Aire industrial	Nm <sup>3</sup> /h	4.950	100.0
Aire d'instruments	Nm <sup>3</sup> /h	7.920	158.0

## 9.3. Costos generals

Dins dels costos totals, cal tenir en compte no només els costos directament relacionats amb el procés productiu, sinó també aquells derivats de la gestió empresarial. En aquest sentit, s'inclouen els costos d'administració, distribució i serveis, així com les possibles despeses associades a activitats d'investigació i desenvolupament (R+D) del producte o dels equips del procés.

Taula 71. Costos generals associats al procés.

Costos generals	Cost total/any (€)
Costos administratius	1.500
Investigació	4.500

Les despeses anuals del procés resulten en un total de 913,2 €.

## 9.4. Ingressos

Els ingressos nets del projecte provenen principalment de l'estalvi de vapor saturat que s'aconsegueix en el procés.

Per realitzar l'aproximació de l'estalvi de vapor, es realitzarà la diferència entre la quantitat necessària de vapor si només s'utilitzarà vapor de 7 bar, menys la quantitat de vapor d'1.4 bar que es pot aprofitar. Com els vapors considerats són de diferent pressió, es fa una estimació mitjançant un càlcul d'entalpies, seguint l'equació 9.1.1.

$$\text{Vapor 7 bar equivalent} = \text{Vapor 1.4 utilitzat} \times \frac{h_{fg}(1.4 \text{ bar})}{h_{fg}(7 \text{ bar})} \quad (9.1.1)$$

Finalment, es determina que s'estalvia un total 2.82 t/h de vapor de 7 bar. És a dir un estalvi de 979,7 €.

Com a base inicial d'ingressos del projecte es tenen en compte els valors especificats a la taula 72, on es mostra el preu de mercat utilitzat per calcular els guanys del procés.

Taula 72. Ingressos del projecte.

Producte	Quantitat (t/h)	Hores	Preu/Tonelada (€)	Total (€/any)
Vapor inicial	5.446	8660	40.00	1,866 €

### 9.5. Estudi de viabilitat

Un cop determinat el valor de la inversió requerida i els costos de producció associats, es pot analitzar la viabilitat econòmica del projecte. Aquesta anàlisi és clau per orientar la presa de decisions per part dels inversors i per elaborar un informe final amb un nivell de detall i precisió més elevat. Per dur a terme aquesta avaluació, s'aplica el mètode financer del Valor Actual Net (VAN), seguint l'equació 9.1.2.

Si el resultat del VAN és positiu, es considera que el projecte és rendible i, per tant, es recomana dur-lo a terme [36].

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+k)^i} \quad (9.1.2)$$

Per tal de conèixer els fluxos de caixa es realitza el compte de resultats, el qual es reflecteix en la taula 73.

L'amortització de la inversió fixa es determina amb l'equació 9.1.3.

$$Amortització = \frac{I_{fix} - VR}{n} \quad (9.1.3)$$

$$Cash\ Flow = BDI + Amortització \quad (9.1.4)$$

Taula 73. Fluxos de caixa del projecte.

	<b>Any 1</b>	<b>Any 2</b>	<b>Any 3</b>	<b>Any 4</b>	<b>Any 5</b>	<b>Any 6</b>	<b>Any 7</b>	<b>Any 8</b>	<b>Any 9</b>	<b>Any 10</b>
<b>Ingressos (€)</b>	1,887	1,887	1,887	1,887	1,887	1,887	1,887	1,887	1,887	1,887
<b>-Despeses (€)</b>	913.8	913.8	913.8	913.8	913.8	913.8	913.8	913.8	913.8	913.8
<b>-Amortització (€)</b>	25.30	25.30	25.30	25.30	25.30	25.30	25.30	25.30	25.30	25.30
<b>BAI (€)</b>	947.5	947.5	947.5	947.5	947.5	947.5	947.5	947.5	947.5	947.5
<b>-Impostos (€)</b>	284.2	284.2	284.2	284.2	284.2	284.2	284.2	284.2	284.2	284.2
<b>BDI (€)</b>	663.2	663.2	663.2	663.2	663.2	663.2	663.2	663.2	663.2	663.2
<b>CF= BDI+A (€)</b>	688.5	688.5	688.5	688.5	688.5	688.5	688.5	688.5	688.5	688.5

Així s'obté un flux de caixa anual de 688.5 €. El VAN és calculat amb una taxa d'oportunitat del 15%. Resulta un VAN de 3.17 M €.

Finalment, es calcula el període de retorn de la inversió (*Payback Period*), el qual indica el temps necessari per recuperar la inversió inicial a partir dels fluxos de caixa obtinguts al compte de resultats, s'obté mitjançant l'equació 9.1.5. (ref. 36):

$$\text{Payback Period} = \frac{I_0}{CF} \quad (9.1.5)$$

Taula 74. Resultats de l'anàlisi econòmic.

Metodologia	Resultat
VAN (M€)	3.17
<i>Payback Period</i> (mesos)	6

### 9.6. Certificat d'Estalvi Energètic

Un Certificat d'Estalvi Energètic (CAE) és un document electrònic que garanteix que, després de dur a terme una actuació d'eficiència energètica, s'ha aconseguit un nou estalvi d'energia final equivalent a 1 kWh. (ref. 37) D'aquesta manera, depenent de l'estalvi energètic, s'obtenen els CAE.

Actualment, s'estalvien 2.82 t/h de vapor de 7 bar, els quals equivalen a 24,445 t/any. Per calcular l'energia estalviada s'utilitza l'equació 9.1.6.

$$\text{Energia estalviada} = \text{Estalvi en } \frac{\text{kg}}{\text{h}} * \text{Entalpia del vapor } \frac{\text{kJ}}{\text{KG}} \quad (9.1.6)$$

Dona com a resultat un estalvi de 50,478 kJ/any. Si es realitza la conversió en kWh s'obtenen 14,021 kWh/any d'estalvi.

El preu del CAE segons el IDAE i el mercat CAE en 2024-2025, pot rondar entre els 0.02-0.06 €/kWh. Per realitzar els càlculs s'agafa el valor mitjà de referència 0.04 €/kWh (ref. 38).

Finalment, el valor dels CAE és igual a 560,870 €.

Amb aquests resultats es tornarà a realitzar el càlcul del VAN i el *Payback Period* per tal d'observar les diferències.

Taula 75. Resultats de l'anàlisi econòmic tenint en compte el certificat d'estalvi energètic.

Metodologia	Resultat
VAN (M€)	5.13
<i>Payback Period</i> (mesos)	4

S'observa que s'aconsegueix un increment notori del VAN en 1.9 M€ més, així com una reducció del *Payback Period* de 2 mesos.

## 10. CONCLUSIONS

Finalitzat el projecte d'aprofitament energètic de vapor d'1.4 bar es poden extreure diverses conclusions que engloben tot l'abast del projecte.

Inicialment, es realitza un estudi d'alternatives per tal d'escollir el fluid a transportar. Es decideix transportar el vapor sobreescalfat cap a la planta d'ELO per abaratir costos i perquè és un fluid que comporta menys problemàtiques a l'hora de transportar-lo. Així mateix, es realitza un estudi d'alternatives per tal d'escollir el tipus de bescanviador que escalfarà la sosa càustica fins als 120°C.

Després d'analitzar tècnicament les dues opcions per al disseny del bescanviador de calor, tant el sistema clàssic de tubs i carcassa com el model compacte de Vahterus (carcassa i plats) s'han avaluat diversos factors com l'eficiència tèrmica, el % del vapor estalviat, la superfície d'intercanvi requerida, el manteniment i la integració amb el procés existent.

L'alternativa de tubs i carcassa, tot i ser una tecnologia molt efectiva i coneguda, requereix una superfície d'intercanvi més gran, cosa que implica un equip més voluminós i costós. A més s'ha obtingut un valor d'eficiència tèrmica del 70.62%. Per contra, el model Vahterus ha demostrat una major eficiència tèrmica del 85.58% amb una superfície d'intercanvi inferior i un disseny més compacte, cosa que facilita la seva instal·lació i manteniment dins les condicions de la planta. Així mateix, el seu disseny sense juntes entre les plaques, minimitza les fuites i ofereix més seguretat en l'operació.

Per tot això, s'ha escollit l'alternativa Vahterus com la més adequada i eficient per al procés d'escalfament de la sosa càustica.

Una vegada obtingut el disseny dels bescanviadors, es dissenya correctament l'estratègia de control i instrumentació necessària per als dos intercanviadors WVO10 i WVO11, per a garantir el funcionament de l'equip i maximitzar la seguretat de la instal·lació. Aquest es veu reflectit en el P&ID0022.

Pel que fa a l'estudi ambiental, s'ha analitzat la reducció de vapor que comporta la implantació del sistema de recuperació de vapor a baixa pressió. Aquest ha permès una reducció de les emissions de CO<sub>2</sub>, passant de 8964.5 tones a 4653.6 tones anuals.

Amb la definició dels llistats d'equips, vàlvules i instrumentació, s'ha pogut definir una estratègia de manteniment per a cadascun dels actius, així mateix, s'ha estudiat la freqüència d'inspeccions dels equips i s'ha especificat les diferents tècniques de manteniment.

Per a tancar el projecte, es realitza un estudi econòmic per tal de comprovar si el projecte és econòmicament viable, es determina una inversió inicial de 291.646 € amb un VAN de 3.16M€ i un *Payback Period* de 6 mesos. Tenint en compte els certificats d'estalvi energètic, els quals són atorgats per l'Estat per tal de recuperar part del cost d'inversió fet en eficiència energètica, es recalculen els resultats obtinguts inicialment i s'obté un nou VAN de 5.13 M€ i un nou *Payback Period* de 4 mesos.

## 11. **BIBLIOGRAFIA**

1. Epcland. (U-Tube Heat Exchangers: Comprehensive Guide II 5 FAQs, Quiz & Video - Blog EPCLand. Blog EPCLand. (2023, 30 agosto). Recuperat 30 abril de 2025, de <https://blog.epcland.com/u-tube-heat-exchangers/>
2. Universitat Rovira i Virgili. (s.f.). Diseño de intercambiadores de calor de tubo y carcasa [Presentación]. [https://campusvirtual.urv.cat/pluginfile.php/5227906/mod\\_resource/content/0/Presentaciones/6A-Diseno\\_Tubo\\_Carcasa.pdf](https://campusvirtual.urv.cat/pluginfile.php/5227906/mod_resource/content/0/Presentaciones/6A-Diseno_Tubo_Carcasa.pdf)
3. Home | Occupational Safety and Health Administration. (s.d.). Recuperat 18 maig 2025, de <https://www.osha.gov/>
4. Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (1999). Chemical Engineering: Fluid Flow, Heat Transfer and Mass Transfer (Vol. 1, 6th ed.). Butterworth-Heinemann. (Capítulos 1 y 6).
5. Deutsches Institut für Normung. Tubos metálicos industriales para uso a presión – Requisitos generales (DIN EN 13480).
6. Google. *Goople Maps*. (2025). Recuperat 12 març 2025, de <https://www.google.com/maps?hl=es>
7. Servei Meteorològic de Catalunya | *El temps a Catalunya*. (s.f.). Recuperat 05 abril 2025, de <https://www.meteo.cat/>
8. *Avaluació del risc sísmic a Catalunya* | icgc. (s.f.). Recuperat 05 abril 2025, de <https://www.icgc.cat/ca/Geoinformacio-i-mapes/Dades-i-productes/Geoinformacio-geologica-i-geofisica/Sismologia/Mapes-depicentres-i-altres-informacions-sismiques/Avaluacio-del-risc-sismic-Catalunya>
9. *Plaques soldades Vahterus*. (s. f.). Recuperat 15 abril de 2025, de <https://jnegre.com/ca/producto/intercanviador-de-plaques-soldades-vahterus/>
10. *Transferencia de calor i massa*. (s. f.). Recuperat 15 abril de 2025, de <https://pavisva.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/01/transferencia-de-calor-y-masa-yunus-cengel.pdf>
11. Kentish, D. N. W. (1988). *Tuberías industriales: Diseño, selección, cálculo, accesorios*. Urmo, S.A. de Ediciones
12. Pirobloc. (s. f.). *Cálculo de pérdidas de carga en tuberías*. Recuperat el 20 maig de 2025, de <https://www.pirobloc.com/blog-es/calculo-perdidas-carga/>
13. Aceroa Aceros Especiales S.L. (2024). Aceroa: Especialistas en aceros especiales. Recuperat el 28 maig de 2025, de <https://www.aceroa.com/>
14. Acerinox, S.A. (s. f.). Acerinox: Acero inoxidable y sostenibilidad. Recuperado el 9 de junio de 2025, de <https://www.acerinox.com/es/index.html>
15. *Inicio - AENOR Certificaciones de aislamiento térmico*. (2020, 21 diciembre). Recuperat 30 abril 2025, de <https://aislamientocertificado.aenor.com/>
16. *Calculadora de fluidos*. (s. f.). Recuperat 20 abril de 2025, de <https://www.burkert.es/es/servicio-asistencia/centro-de-documentacion/glosario/calculadora-de-fluidos>
17. *What Is Valve Flow Coefficient and How to Calculate It?* (s. f.-b). Electricsolenoidvalves.com. Recuperat 20 abril de 2025, de <https://www.electricsolenoidvalves.com/blog/valve-flow-coefficient-how-calculate/>
18. Javed, R. *Calculadora de coeficiente de flujo Cv en línea*. CalculatorsHub. (2024, 15 marzo). Recuperat 20 abril de 2025, de <https://calculatorshub.net/es/calculadoras-matematicas/calculadora-de-coeficiente-de-flujo-cv/>

19. Villajulca, J. *Ejemplo paso a paso.. Como Dimensionar una válvula de control. Instrumentacion y Automatizacion Industrial.* (2020, 3 mayo). Recuperat 10 mayo de 2025. <https://instrumentacionycontrol.net/ejemplo-paso-a-paso-como-dimensionar-una-valorula-de-control/>
20. Universitat Rovira i Virgili. (s.f.). Seguridad industrial: Presentación tema 1 [Presentación]. Recuperat 10 mayo de 2025. [https://campusvirtual.urv.cat/pluginfile.php/5095418/mod\\_resource/content/15/SegInd%20Presentacion%20Tema%201.pdf](https://campusvirtual.urv.cat/pluginfile.php/5095418/mod_resource/content/15/SegInd%20Presentacion%20Tema%201.pdf)
21. *Matriz de riesgo: Importancia y ejemplos | SafetyCulture.* SafetyCulture. (2025, 16 abril). Recuperat 20 mayo, de <https://safetyculture.com/es/temas/evaluacion-de-riesgos/matriz-de-riesgo/>
22. Universitat Rovira i Virgili. (s.f.). Zonas ATEX: Clase 5. Presentació Document de protecció contra explosions (DPCE) 23-24 [Presentación]. [https://campusvirtual.urv.cat/pluginfile.php/5095532/mod\\_resource/content/1/Clase%205%20Presentacio%20Document%20de%20protecci%C3%B3%20contra%20explosions%20%28DPCE%29%2023-24.pdf](https://campusvirtual.urv.cat/pluginfile.php/5095532/mod_resource/content/1/Clase%205%20Presentacio%20Document%20de%20protecci%C3%B3%20contra%20explosions%20%28DPCE%29%2023-24.pdf)
23. Generalitat de Catalunya. (2002). *Llei 16/2002, de 28 de juny, de protecció contra la contaminació acústica.* Butlletí Oficial de l'Estat, núm. 177. Recuperat el dia 15 de maig de 2025. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2002-14987>
24. Generalitat de Catalunya. (2005). Decret 245/2005, de 8 de novembre, pel qual es fixen els criteris per a l'elaboració dels mapes de capacitat acústica. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, núm. 4507. Recuperat el dia 15 de maig de 2025. [https://www.certificacioacustica.cat/wp-content/uploads/Decret-245\\_2005.pdf](https://www.certificacioacustica.cat/wp-content/uploads/Decret-245_2005.pdf)
25. Generalitat de Catalunya. (2002, 28 de juny). *Llei 16/2002, de 28 de juny, de protecció contra la contaminació acústica.* Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, núm. 3675, 11 de juliol de 2002. Recuperat el dia 15 de maig de 2025. <https://portaljuridic.gencat.cat/ca/document-del-pjur/?documentId=275064>
26. Generalitat de Catalunya. (2009, 10 de novembre). *Decret 176/2009, de 10 de novembre, pel qual s'aprova el Reglament de la Llei 16/2002, de 28 de juny, de protecció contra la contaminació acústica, i se n'adapten els annexos.* Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, núm. 5523, 18 de novembre de 2009. Recuperat el dia 15 de maig de 2025. <https://portaljuridic.gencat.cat/ca/document-del-pjur/?documentId=534022>
27. Generalitat de Catalunya. (2001, 31 de maig). *Llei 6/2001, de 31 de maig, d'ordenació ambiental de l'enllumenament per a la protecció del medi nocturn.* Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, núm. 3407, 12 de juny de 2001. Recuperat el dia 15 de maig de 2025. <https://portaljuridic.gencat.cat/ca/document-del-pjur/?documentId=259200>
28. Pérez Rondón, F. A. (2021). *Conceptes generals en la gestió del manteniment industrial.* Bucaramanga, Colòmbia: Edicions Universitat Santo Tomás. Recuperat el dia 20 de maig de 2025.
29. Montilla Montaña, C. A. (2020). *Fonaments de manteniment industrial.* (Títol original: *Fundamentos de mantenimiento industrial*). Bogotá, Colòmbia: Ediciones de la U. Recuperat el dia 20 de maig de 2025.
30. Ministeri d'Indústria, Comerç i Turisme. (2015, 24 de juliol). *Annex II: Classificació dels equips a pressió. Reial decret 709/2015, de 24 de juliol, pel qual s'estableixen els requisits essencials de seguretat per a la comercialització dels equips a pressió.* Boletín Oficial del Estado, núm. 177, 25 de juliol de 2015, p. 61896. Recuperat el dia 25 de maig de 2025.

31. Parlament Europeu i Consell de la Unió Europea. (2008, 16 de desembre). *Reglament (CE) núm. 1272/2008 del Parlament Europeu i del Consell, de 16 de desembre de 2008, sobre classificació, etiquetatge i envasament de substàncies i mescles, i pel qual es modifiquen i derogan les directives 67/548/CEE i 1999/45/CE i es modifica el Reglament (CE) núm. 1907/2006*. Recuperat el dia 20 de maig de 2025. Diari Oficial de la Unió Europea, L 353, 31/12/2008, pp. Recuperat el dia 25 de maig de 2025. 1–1355
32. Red-Bag. (n.d.). *PED classification*. <https://www.red-bag.com/ped-classification.html>
33. Govern d'Espanya. (2021, 21 de setembre). Reial decret 809/2021, de 21 de setembre, pel qual s'aprova el Reglament d'equips a pressió i les seves instruccions tècniques complementàries. Boletín Oficial del Estado, núm. 243, 11 d'octubre de 2021, pp. 121.317–121.510. Recuperat el dia 25 de maig de 2025.
34. XOMOX® - CRANE ChemPharma & Energy. (s.f.). Recuperat 15 maig 2025, de <https://cranecpe.com/brand/xomox/>
35. Inicio - Home - Instrumentos WIKA S.A.U. España. (s.f.). Recuperat 15 maig 2025, de [https://www.wika.com/es-es/pagina\\_inicial.WIKA](https://www.wika.com/es-es/pagina_inicial.WIKA)
36. Allen, Franklin; Meyer, Stewart; Breal, Richard A. (2006). Principios de Finanzas Corporativas (Octava edició). McGraw-Hill. pp. 100-101
37. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Sistema de Certificados de Ahorro Energético (CAE)*. (s.f.). Recuperat 20 maig 2025, de <https://www.miteco.gob.es/es/energia/eficiencia/cae.html>
38. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (s.f.). *IDAE*. Recuperat 01 de juny 2025, de <https://www.idae.es>

# ANNEXOS

## **A.1. FITXA D'ESPECIFICACIÓ INTERCANVIADOR**

A continuació, es mostren les fitxes tècniques de l'estudi realitzat

Offer Number	A25-29-8631A	Customer	J. Negre C., S.L.
Position no.	A25-29-8631-1	Project	
Operating case	Design case 2 T/H 48000	Reference	251147360 - covestro
Offer by	Virpi Ääritalo	Item name/no.	Condenser

**Plate & Shell Heat Exchanger  
Type PSHE: 4LL-264/3/1  
Condenser**

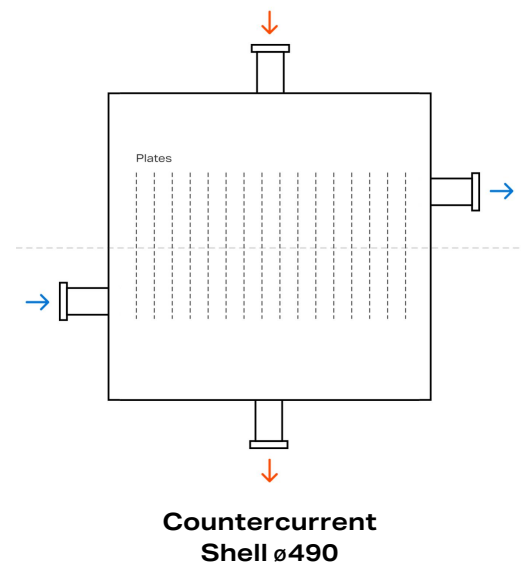
**Thermal Design**

Capacity	kW	1238.81
Heat transfer area	m <sup>2</sup>	42.49
Logarithmic mean T	°C	17.22
K-value	W/m <sup>2</sup> K	1692.86
Fouling factor	m <sup>2</sup> K/W	
Excess Design/Area	%	26.5/97

		<b>Plate Side (Cold)</b>	<b>Shell Side (Hot)</b>
Temp.IN	°C	79	110
Temp.OUT	°C	101.66	110
Condensing temperature	°C		110
Flow rate	kg/h	48000	2000
Pressure drop	kPa	40.89	0.52
Liquid volume	dm <sup>3</sup>	46.52	65.36

**Medium**

		<b>30-m% NaOH</b>	<b>WATER (1.43 bar(a))</b>
Dynamic viscosity	cP	2	
Specific gravity	kg/m <sup>3</sup>	1130	
Specific heat	J/kgK	4100	
Thermal conductivity	W/mK	0.72	



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

<b>Connections</b>	<b>Size (DN)</b>	<b>Nb. of pieces</b>	<b>Velocity (m/s)</b>
Plate side IN	80	1	2.47
Plate side OUT	80	1	2.47
Shell side IN	200	1	20.07
Shell side OUT	50	1	0.27

**Construction Design**

End Type	-	Welded End Plates	Content: Dangerous
Weight (dry)	kg	406	Category: III
Position	-	Horizontal	Module: B(PT)+D
Support	-	End plate feet (Welded CS)	Inspector: Vahterus Oy
Design code	-	PED	
Design temperature	°C	0/150	
Design pressure	bar(g)	-1/10	

**Materials**

Plate material	Titanium 1.0 mm
Shell material	Carbon Steel
Flow director material	PTFE
Plate connections	WN-RF-Flange DN 80 PN10-16 Ti F2 SB-381 EN 1092-1/11
Shell connections IN	WN-RF-Flange DN 200 PN16 C22.8 EN10222-2
Shell connections OUT	WN-RF-Flange DN 50 PN10-16 C22.8 EN10222-2
Surface Treatment CS	System 3, White (INTERZINC 52, 80 µm + INTERCURE 99, 240 µm, white)
Surface Treatment SS	System 3, White (INTERCURE 99, 240 µm, white)

Performance is conditioned on the accuracy of customer's data and customers ability to supply equipment and products in conformity therewith

Offer Number	A25-29-8631A	Customer	J. Negre C., S.L.
Position no.	A25-29-8631-1	Project	
Operating case	Design case 2 T/H 54000	Reference	251147360 - covestro
Offer by	Virpi Ääritalo	Item name/no.	Condenser

**Plate & Shell Heat Exchanger  
Type PSHE: 4LL-264/3/1  
Condenser**

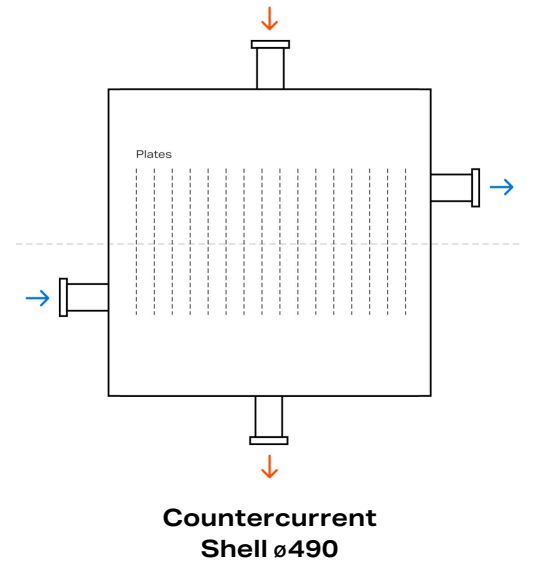
**Thermal Design**

Capacity	kW	1238.81
Heat transfer area	m <sup>2</sup>	42.49
Logarithmic mean T	°C	19.16
K-value	W/m <sup>2</sup> K	1521.65
Fouling factor	m <sup>2</sup> K/W	
Excess Design/Area	%	36.7/140

		<b>Plate Side (Cold)</b>	<b>Shell Side (Hot)</b>
Temp.IN	°C	79	110
Temp.OUT	°C	99.14	110
Condensing temperature	°C		110
Flow rate	kg/h	54000	2000
Pressure drop	kPa	50.96	0.52
Liquid volume	dm <sup>3</sup>	46.52	65.36

**Medium**

		<b>30-m% NaOH</b>	<b>WATER (1.43 bar(a))</b>
Dynamic viscosity	cP	2	
Specific gravity	kg/m <sup>3</sup>	1130	
Specific heat	J/kgK	4100	
Thermal conductivity	W/mK	0.72	



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

<b>Connections</b>	<b>Size (DN)</b>	<b>Nb. of pieces</b>	<b>Velocity (m/s)</b>
Plate side IN	80	1	2.78
Plate side OUT	80	1	2.78
Shell side IN	200	1	20.07
Shell side OUT	50	1	0.27

Offer Number	A25-29-8631A	Customer	J. Negre C., S.L.
Position no.	A25-29-8631-1	Project	
Operating case	Design case 2 T/H 41000	Reference	251147360 - covestro
Offer by	Virpi Ääritalo	Item name/no.	Condenser

**Plate & Shell Heat Exchanger  
Type PSHE: 4LL-264/3/1  
Condenser**

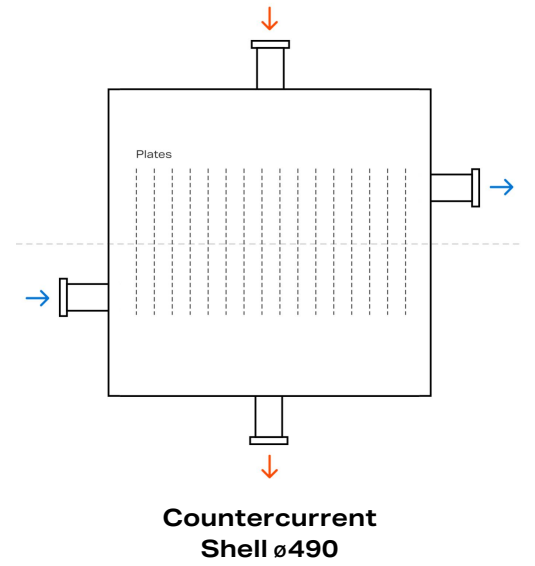
**Thermal Design**

Capacity	kW	1238.81
Heat transfer area	m <sup>2</sup>	42.49
Logarithmic mean T	°C	13.67
K-value	W/m <sup>2</sup> K	2133.02
Fouling factor	m <sup>2</sup> K/W	
Excess Design/Area	%	7.8/24.5

		<b>Plate Side (Cold)</b>	<b>Shell Side (Hot)</b>
Temp.IN	°C	79	110
Temp.OUT	°C	105.53	110
Condensing temperature	°C		110
Flow rate	kg/h	41000	2000
Pressure drop	kPa	30.53	0.52
Liquid volume	dm <sup>3</sup>	46.52	65.36

**Medium**

		<b>30-m% NaOH</b>	<b>WATER (1.43 bar(a))</b>
Dynamic viscosity	cP	2	
Specific gravity	kg/m <sup>3</sup>	1130	
Specific heat	J/kgK	4100	
Thermal conductivity	W/mK	0.72	



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

<b>Connections</b>	<b>Size (DN)</b>	<b>Nb. of pieces</b>	<b>Velocity (m/s)</b>
Plate side IN	80	1	2.11
Plate side OUT	80	1	2.11
Shell side IN	200	1	20.07
Shell side OUT	50	1	0.27

Offer Number	A25-29-8631A	Customer	J. Negre C., S.L.
Position no.	A25-29-8631-1	Project	
Operating case	Design case max	Reference	251147360 - covestro
Offer by	Virpi Ääritalo	Item name/no.	Condenser

**Plate & Shell Heat Exchanger  
Type PSHE: 4LL-264/3/1  
Condenser**

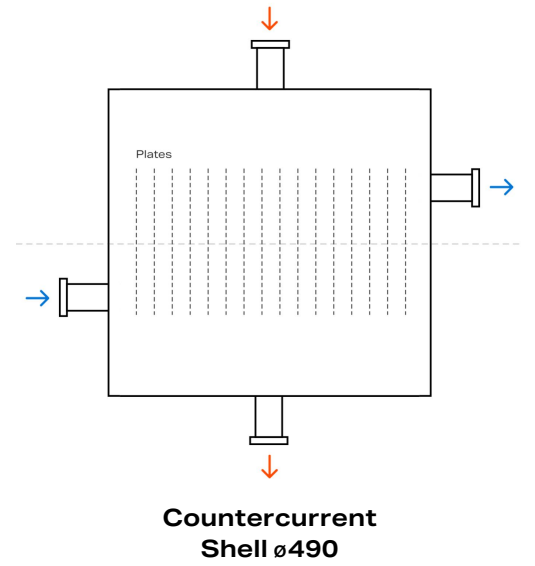
**Thermal Design**

Capacity	kW	1622.84
Heat transfer area	m <sup>2</sup>	42.49
Logarithmic mean T	°C	13.8
K-value	W/m <sup>2</sup> K	2767.78
Fouling factor	m <sup>2</sup> K/W	
Excess Design/Area	%	.1/0

		<b>Plate Side (Cold)</b>	<b>Shell Side (Hot)</b>
Temp.IN	°C	79	110
Temp.OUT	°C	105.39	110
Condensing temperature	°C		110
Flow rate	kg/h	54000	2620
Pressure drop	kPa	50.96	0.84
Liquid volume	dm <sup>3</sup>	46.52	65.36

**Medium**

		<b>30-m% NaOH</b>	<b>WATER (1.43 bar(a))</b>
Dynamic viscosity	cP	2	
Specific gravity	kg/m <sup>3</sup>	1130	
Specific heat	J/kgK	4100	
Thermal conductivity	W/mK	0.72	



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

<b>Connections</b>	<b>Size (DN)</b>	<b>Nb. of pieces</b>	<b>Velocity (m/s)</b>
Plate side IN	80	1	2.78
Plate side OUT	80	1	2.78
Shell side IN	200	1	26.29
Shell side OUT	50	1	0.36

Offer Number	A25-29-8631A	Customer	J. Negre C., S.L.
Position no.	A25-29-8631-1	Project	
Operating case	Design case max	Reference	251147360 - covestro
Offer by	Virpi Ääritalo	Item name/no.	Condenser

**Plate & Shell Heat Exchanger  
Type PSHE: 4LL-264/3/1  
Condenser**

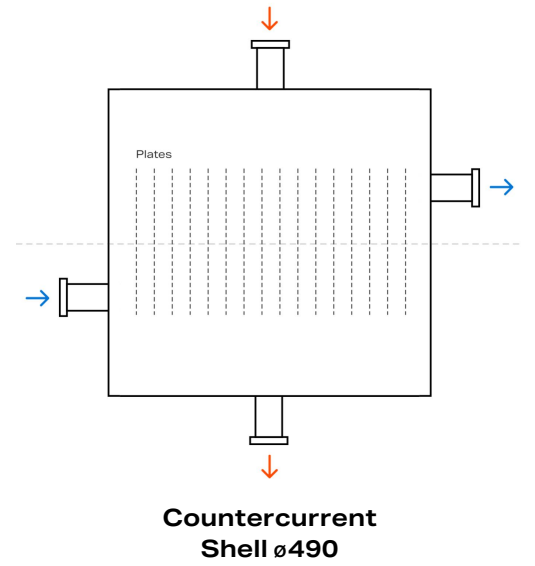
**Thermal Design**

Capacity	kW	1250.56
Heat transfer area	m <sup>2</sup>	42.49
Logarithmic mean T	°C	19.02
K-value	W/m <sup>2</sup> K	1547.46
Fouling factor	m <sup>2</sup> K/W	
Excess Design/Area	%	35.6/135.7

		<b>Plate Side (Cold)</b>	<b>Shell Side (Hot)</b>
Temp.IN	°C	79	110
Temp.OUT	°C	99.33	110
Condensing temperature	°C		110
Flow rate	kg/h	54000	2018.96
Pressure drop	kPa	50.96	0.53
Liquid volume	dm <sup>3</sup>	46.52	65.36

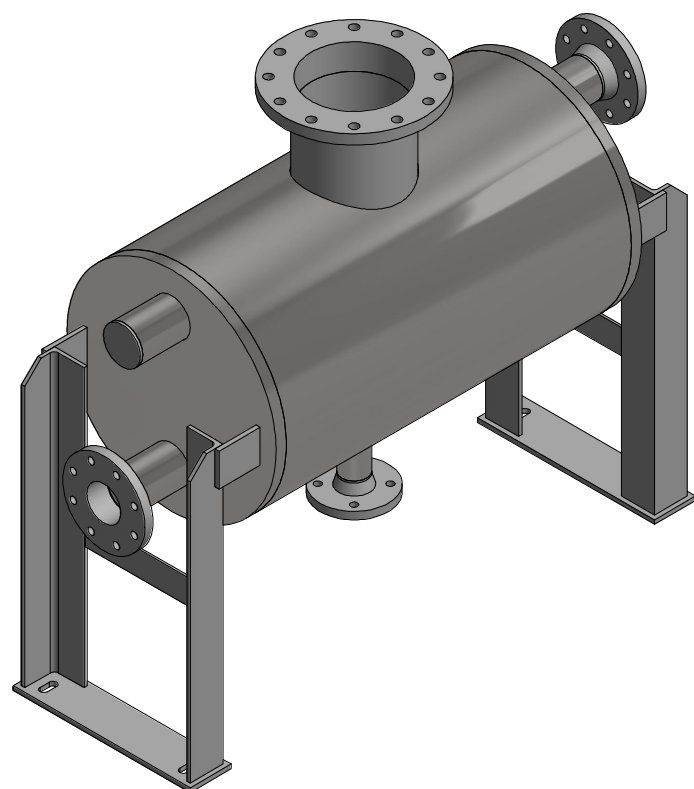
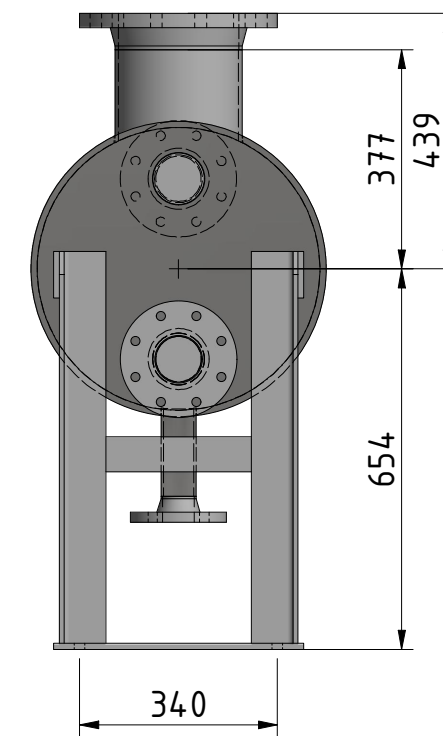
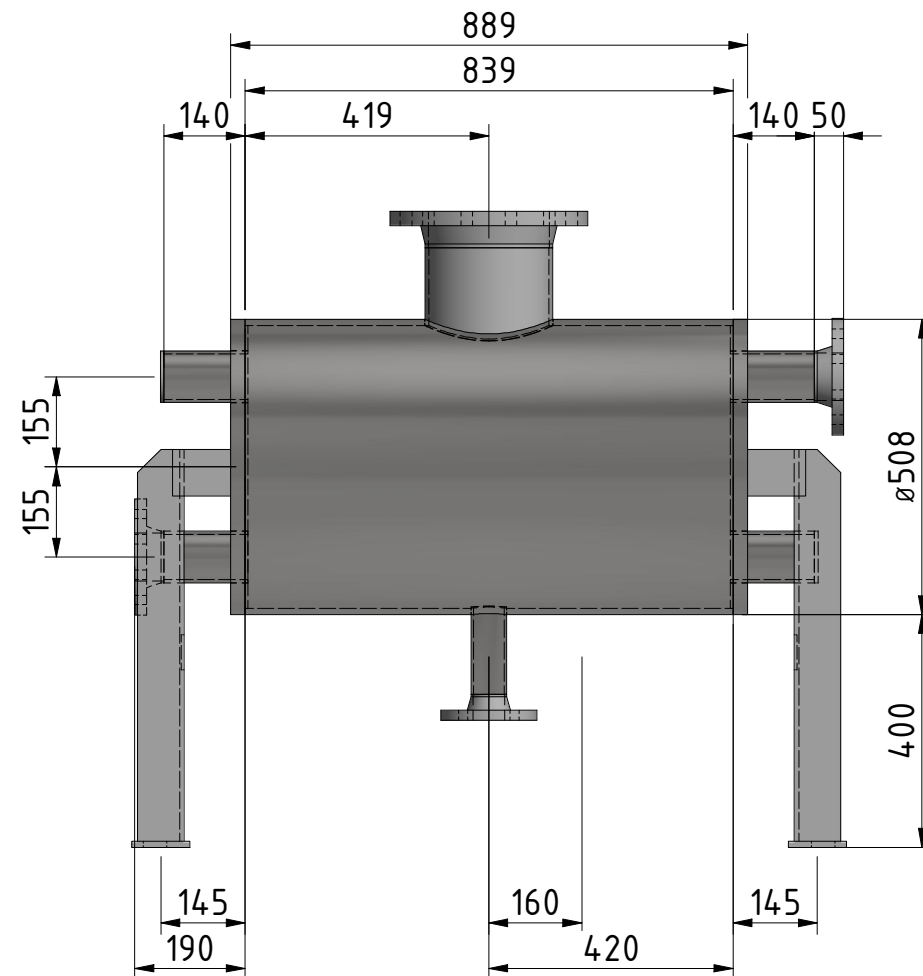
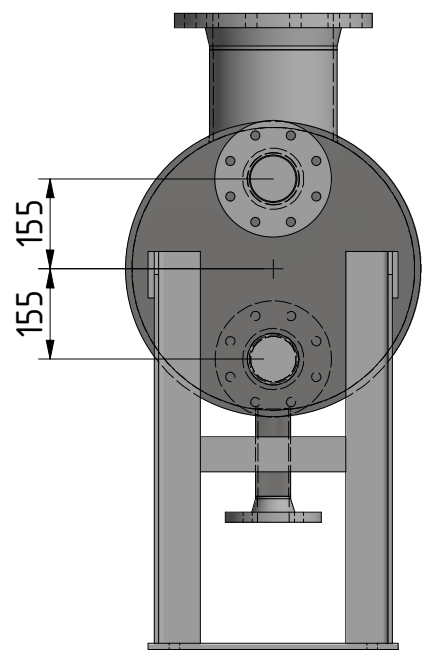
**Medium**

		<b>30-m% NaOH</b>	<b>WATER (1.43 bar(a))</b>
Dynamic viscosity	cP	2	
Specific gravity	kg/m <sup>3</sup>	1130	
Specific heat	J/kgK	4100	
Thermal conductivity	W/mK	0.72	



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

<b>Connections</b>	<b>Size (DN)</b>	<b>Nb. of pieces</b>	<b>Velocity (m/s)</b>
Plate side IN	80	1	2.78
Plate side OUT	80	1	2.78
Shell side IN	200	1	20.26
Shell side OUT	50	1	0.27



Connections:

Plate side DN 80 DN 80	Shell side DN 50 DN 200
------------------------------	-------------------------------

Rev.	Modification	Name	Date
		Customer:	J. Negre C., S.L.
Designed by:	Name	Date	Tolerances:
Checked by:		04/24/2025	ToleranceClass = Acc. to ISO EN13920-C except length made +
Approved by:			Vahterus form C605-2
Manufacturer:		Ref	
<b>VAHTERUS</b> Vahterus Oy Pruukintie 7 FIN-23600 Kalanti FINLAND Plate & Shell is registered trademark of Vahterus Oy		Plate & Shell Heat Exchanger 4LL-264/3/1 Preliminary Drawing	
		Item	Scale
Copyright of Vahterus Oy, whose property this document remains.		Offer number (DrNb)	A25-29-8631-1

Offer Number	A25-29-8631A	Customer	J. Negre C., S.L.
Position no.	A25-29-8631A-2	Project	
Operating case	Design case 48000 kg/h NaOH	Reference	251147360 - covestro
Offer by	Virpi Ääritalo	Item name/no.	Condenser

**Plate & Shell Heat Exchanger**  
**Type PSHE: 4LL-54/1/1**  
**Condenser**

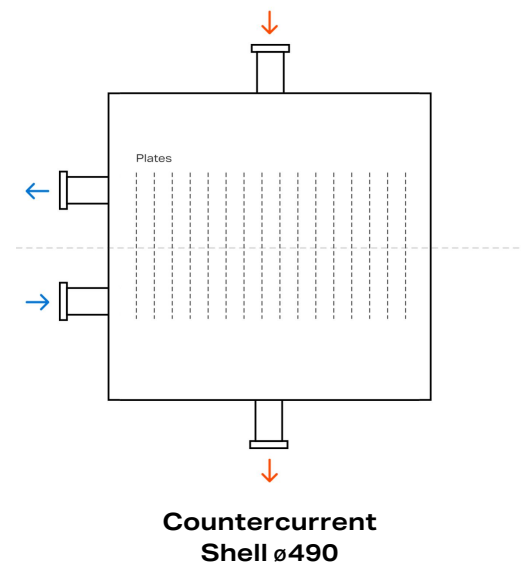
**Thermal Design**

Capacity	kW	1001.49
Heat transfer area	m <sup>2</sup>	8.56
Logarithmic mean T	°C	59.06
K-value	W/m <sup>2</sup> K	1980.04
Fouling factor	m <sup>2</sup> K/W	
Excess Design/Area	%	36.7/107.7

		Plate Side (Cold)	Shell Side (Hot)
Temp.IN	°C	101.66	170.41
Temp.OUT	°C	120	170.41
Condensing temperature	°C		170.41
Flow rate	kg/h	48000	1760.69
Pressure drop	kPa	22.58	2.07
Liquid volume	dm <sup>3</sup>	9.52	13.37

**Medium**

		30-m% NaOH	WATER (8.00 bar(a))
Dynamic viscosity	cP	1.61	
Specific gravity	kg/m <sup>3</sup>	1118.65	
Specific heat	J/kgK	4095.5	
Thermal conductivity	W/mK	0.73	



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

Connections	Size (DN)	Nb. of pieces	Velocity (m/s)
Plate side IN	80	1	2.5
Plate side OUT	80	1	2.5
Shell side IN	100	1	13.05
Shell side OUT	50	1	0.25

**Construction Design**

End Type	-	Welded End Plates	Content: Dangerous
Weight (dry)	kg	212	Category: II
Position	-	Horizontal	Module: D1
Support	-	End plate feet (Welded CS)	Inspector: Vahterus Oy
Design code	-	PED	
Design temperature	°C	0/250	
Design pressure	bar(g)	-1/10	

**Materials**

Plate material	Titanium 1.0 mm
Shell material	Carbon Steel
Flow director material	PTFE
Plate connections	WN-RF-Flange DN 80 PN10-16 Ti F2 SB-381 EN 1092-1/11
Shell connections IN	WN-RF-Flange DN 100 PN10-16 C22.8 EN10222-2
Shell connections OUT	WN-RF-Flange DN 50 PN10-16 C22.8 EN10222-2
Surface Treatment CS	System 3, White (INTERZINC 52, 80 µm + INTERCURE 99, 240 µm, white)
Surface Treatment SS	System 3, White (INTERCURE 99, 240 µm, white)

Performance is conditioned on the accuracy of customer's data and customers ability to supply equipment and products in conformity therewith

Offer Number	A25-29-8631A	Customer	J. Negre C., S.L.
Position no.	A25-29-8631A-2	Project	
Operating case	Design case 54000 kg/h NaOH	Reference	251147360 - covestro
Offer by	Virpi Ääritalo	Item name/no.	Condenser

**Plate & Shell Heat Exchanger**  
**Type PSHE: 4LL-54/1/1**  
**Condenser**

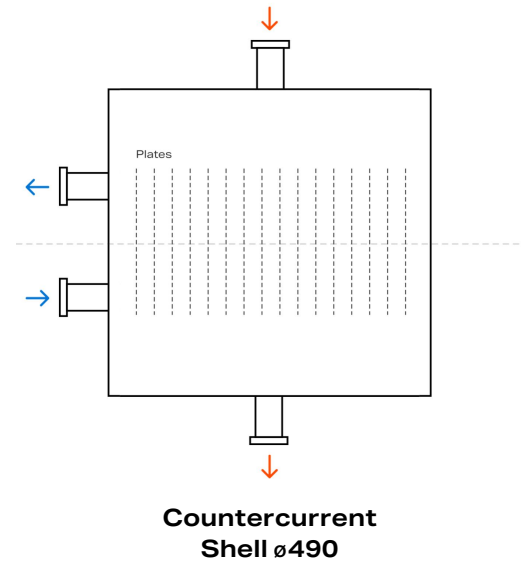
**Thermal Design**

Capacity	kW	1282.89
Heat transfer area	m <sup>2</sup>	8.56
Logarithmic mean T	°C	60.15
K-value	W/m <sup>2</sup> K	2490.25
Fouling factor	m <sup>2</sup> K/W	
Excess Design/Area	%	25.3/58.8

		<b>Plate Side (Cold)</b>	<b>Shell Side (Hot)</b>
Temp.IN	°C	99.14	170.41
Temp.OUT	°C	120.02	170.41
Condensing temperature	°C		170.41
Flow rate	kg/h	54000	2255.42
Pressure drop	kPa	27.89	3.24
Liquid volume	dm <sup>3</sup>	9.52	13.37

**Medium**

		<b>30-m% NaOH</b>	<b>WATER (8.00 bar(a))</b>
Dynamic viscosity	cP	1.61	
Specific gravity	kg/m <sup>3</sup>	1119	
Specific heat	J/kgK	4096	
Thermal conductivity	W/mK	0.73	



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

<b>Connections</b>	<b>Size (DN)</b>	<b>Nb. of pieces</b>	<b>Velocity (m/s)</b>
Plate side IN	80	1	2.81
Plate side OUT	80	1	2.81
Shell side IN	100	1	16.72
Shell side OUT	50	1	0.33

Offer Number	A25-29-8631A	Customer	J. Negre C., S.L.
Position no.	A25-29-8631A-2	Project	
Operating case	Design case 41000 kg/h NaOH	Reference	251147360 - covestro
Offer by	Virpi Ääritalo	Item name/no.	Condenser

**Plate & Shell Heat Exchanger**  
**Type PSHE: 4LL-54/1/1**  
**Condenser**

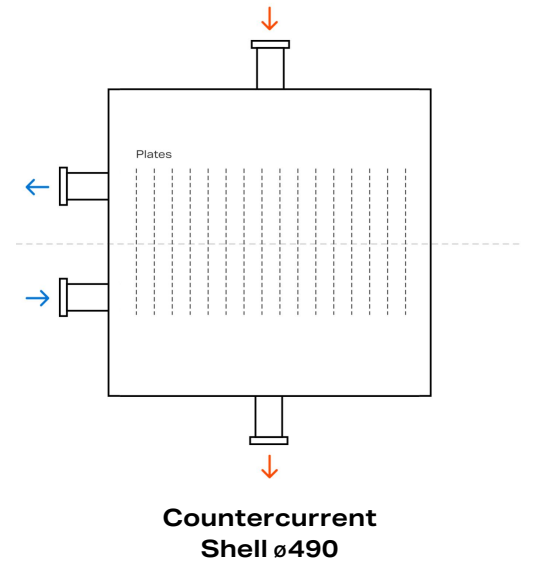
**Thermal Design**

Capacity	kW	675.01
Heat transfer area	m <sup>2</sup>	8.56
Logarithmic mean T	°C	57.32
K-value	W/m <sup>2</sup> K	1375.1
Fouling factor	m <sup>2</sup> K/W	
Excess Design/Area	%	57.5/200

		<b>Plate Side (Cold)</b>	<b>Shell Side (Hot)</b>
Temp.IN	°C	105.53	170.41
Temp.OUT	°C	120	170.41
Condensing temperature	°C		170.41
Flow rate	kg/h	41000	1186.72
Pressure drop	kPa	16.99	1.02
Liquid volume	dm <sup>3</sup>	9.52	13.37

**Medium**

		<b>30-m% NaOH</b>	<b>WATER (8.00 bar(a))</b>
Dynamic viscosity	cP	1.61	
Specific gravity	kg/m <sup>3</sup>	1119	
Specific heat	J/kgK	4096	
Thermal conductivity	W/mK	0.73	



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

<b>Connections</b>	<b>Size (DN)</b>	<b>Nb. of pieces</b>	<b>Velocity (m/s)</b>
Plate side IN	80	1	2.13
Plate side OUT	80	1	2.13
Shell side IN	100	1	8.8
Shell side OUT	50	1	0.17

Offer Number	A25-29-8631A	Customer	J. Negre C., S.L.
Position no.	A25-29-8631A-2	Project	
Operating case	Design case max	Reference	251147360 - covestro
Offer by	Virpi Ääritalo	Item name/no.	Condenser

**Plate & Shell Heat Exchanger  
Type PSHE: 4LL-54/1/1  
Condenser**

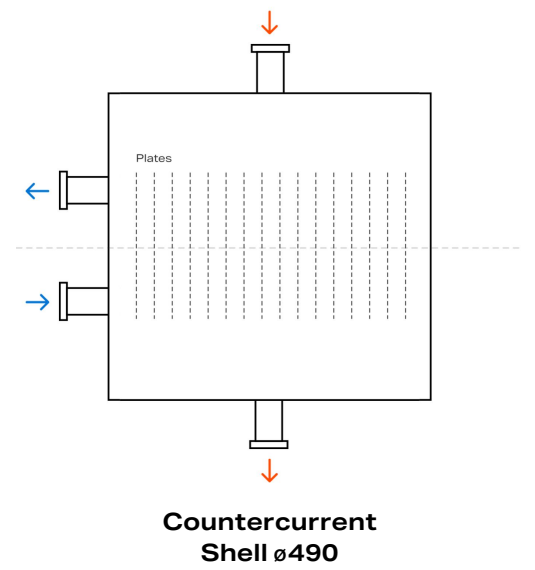
**Thermal Design**

Capacity	kW	898.51
Heat transfer area	m <sup>2</sup>	8.56
Logarithmic mean T	°C	57.36
K-value	W/m <sup>2</sup> K	1828.95
Fouling factor	m <sup>2</sup> K/W	
Excess Design/Area	%	45.1/125

		<b>Plate Side (Cold)</b>	<b>Shell Side (Hot)</b>
Temp.IN	°C	105.39	170.41
Temp.OUT	°C	120	170.41
Condensing temperature	°C		170.41
Flow rate	kg/h	54000	1579.66
Pressure drop	kPa	27.57	1.71
Liquid volume	dm <sup>3</sup>	9.52	13.37

**Medium**

		<b>30-m% NaOH</b>	<b>WATER (8.00 bar(a))</b>
Dynamic viscosity	cP	1.53	
Specific gravity	kg/m <sup>3</sup>	1116.59	
Specific heat	J/kgK	4099	
Thermal conductivity	W/mK	0.73	



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

<b>Connections</b>	<b>Size (DN)</b>	<b>Nb. of pieces</b>	<b>Velocity (m/s)</b>
Plate side IN	80	1	2.82
Plate side OUT	80	1	2.82
Shell side IN	100	1	11.71
Shell side OUT	50	1	0.23

Offer Number	A25-29-8631A	Customer	J. Negre C., S.L.
Position no.	A25-29-8631A-2	Project	
Operating case	Design case min	Reference	251147360 - covestro
Offer by	Virpi Ääritalo	Item name/no.	Condenser

**Plate & Shell Heat Exchanger  
Type PSHE: 4LL-54/1/1  
Condenser**

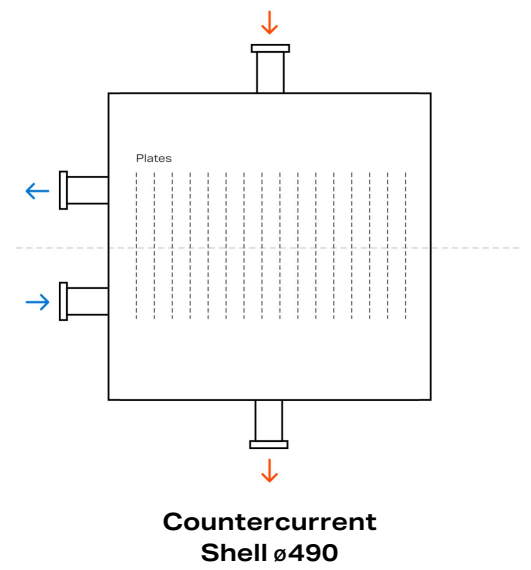
**Thermal Design**

Capacity	kW	1269.65
Heat transfer area	m <sup>2</sup>	8.56
Logarithmic mean T	°C	60.08
K-value	W/m <sup>2</sup> K	2467.52
Fouling factor	m <sup>2</sup> K/W	
Excess Design/Area	%	25.8/68.8

		<b>Plate Side (Cold)</b>	<b>Shell Side (Hot)</b>
Temp.IN	°C	99.33	170.41
Temp.OUT	°C	120	170.41
Condensing temperature	°C		170.41
Flow rate	kg/h	54000	2232.16
Pressure drop	kPa	27.89	3.18
Liquid volume	dm <sup>3</sup>	9.52	13.37

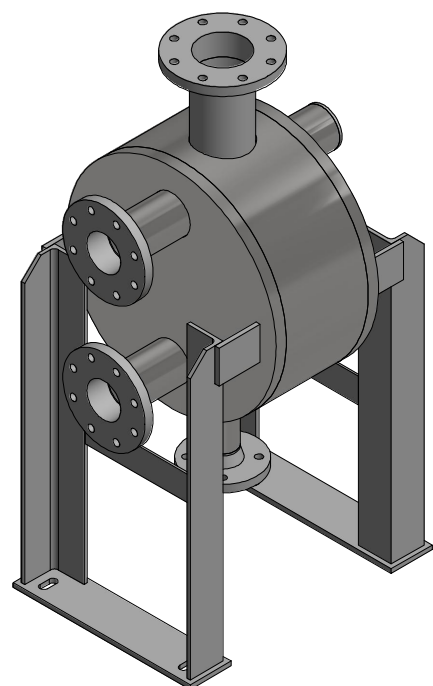
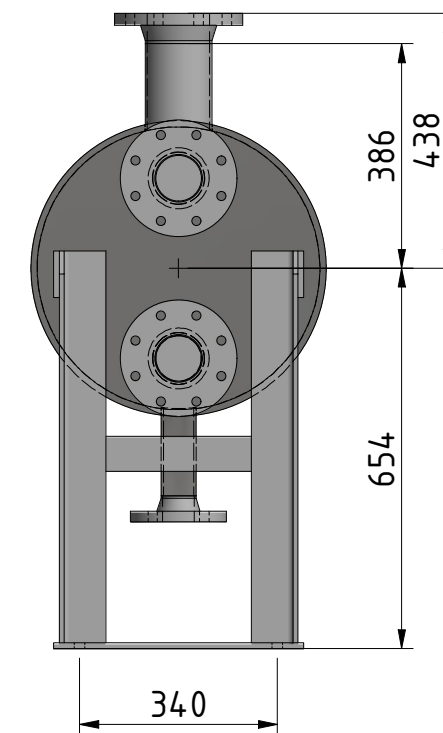
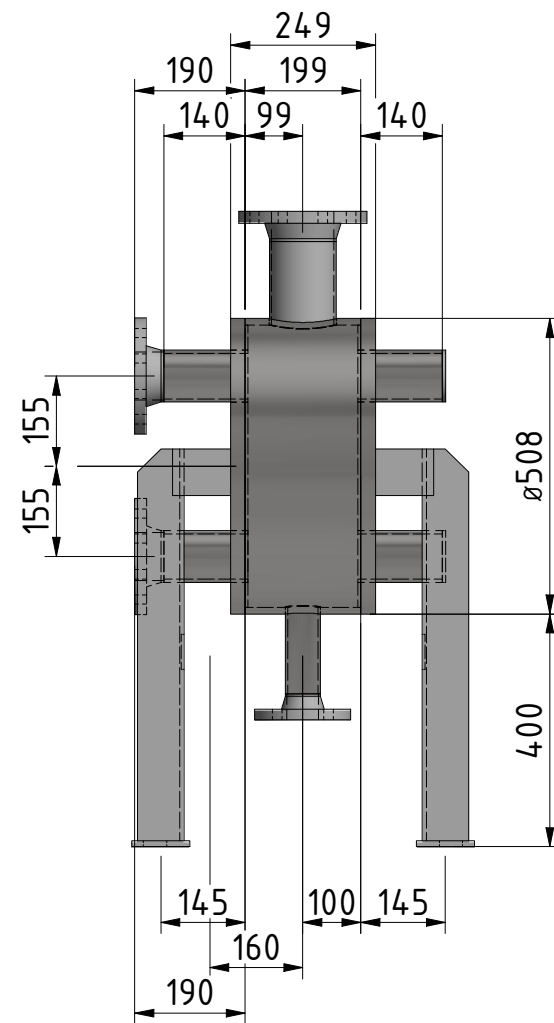
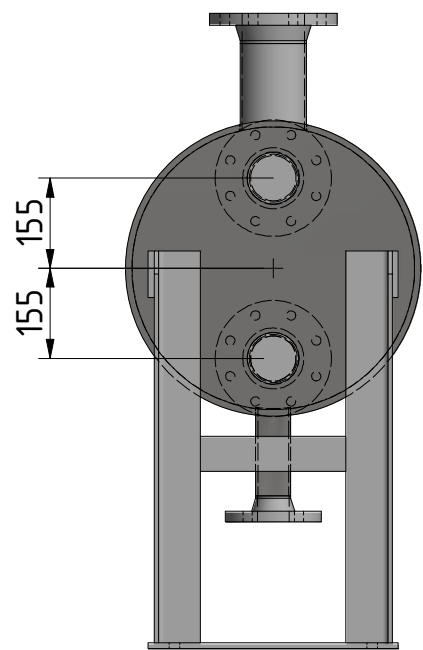
**Medium**

		<b>30-m% NaOH</b>	<b>WATER (8.00 bar(a))</b>
Dynamic viscosity	cP	1.61	
Specific gravity	kg/m <sup>3</sup>	1119	
Specific heat	J/kgK	4095	
Thermal conductivity	W/mK	0.73	



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

<b>Connections</b>	<b>Size (DN)</b>	<b>Nb. of pieces</b>	<b>Velocity (m/s)</b>
Plate side IN	80	1	2.81
Plate side OUT	80	1	2.81
Shell side IN	100	1	16.55
Shell side OUT	50	1	0.32



Connections:

Plate side DN 80 DN 80	Shell side DN 50 DN 100
------------------------------	-------------------------------

Rev.	Modification	Name	Date
	Marking of the unit: Serial number to be stamped to the shell, location marked in dwg with <input type="text"/>	Customer:	J. Negre C., S.L.
Designed by:	Name	Date	Tolerances:
Checked by:		04/24/2025	ToleranceClass = Acc. to ISO EN13920-C except length maked *
Approved by:			Vahterus form C605-2
Manufacturer:		Ref	
<b>VAHTERUS</b> Vahterus Oy Phone: +358 2 8427000 Pruukintie 7 Telefax: +358 2 8427029 FIN-23600 Kalanti E-mail: sales@vahterus.com FINLAND www.vahterus.com Plate & Shell is registered trademark of Vahterus Oy		Plate & Shell Heat Exchanger 4LL-54/1/1 Preliminary Drawing	
		Item	Scale
Copyright of Vahterus Oy, whose property this document remains.		Offer number (DrNb)	A25-29-8631A-2

## **A.2. FITXA D'ESPECIFICACIÓ DE LES VÀLVULES**

A continuació, es mostren les fitxes tècniques de les vàlvules

# TECHNICAL SPECIFICATION



**Valve Code K2566C**  
**Butterfly Valve, lug-type**  
**Bray, Type 2-Cx**

Regional EU/CAO  
Werknorm

**WN 8464-304**

2024-11-06

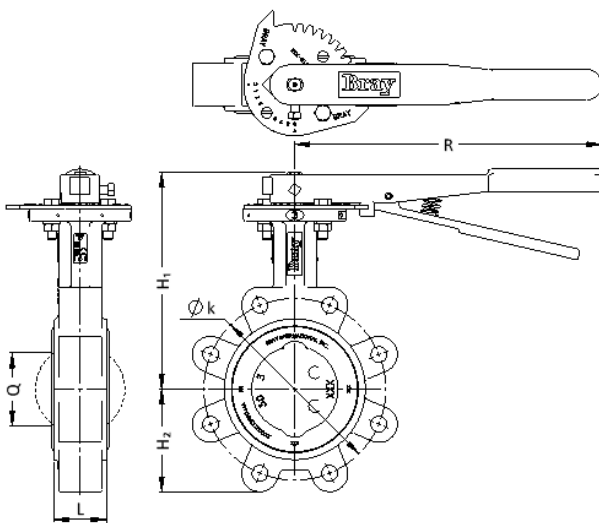
Armaturenkurzzeichen K2566C  
Einklemm-Endklappe,  
Bray, Typ: 2-Cx

First edition

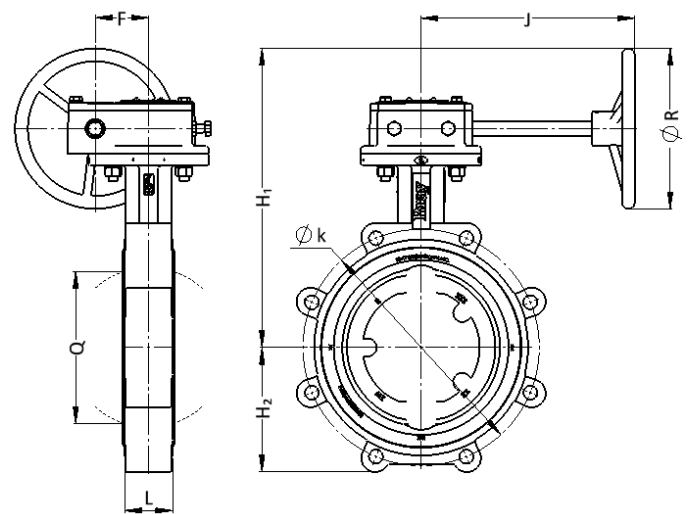
*This is the translation of the German edition. In cases of doubt, the German edition shall prevail.*

## 1 General

Valve code:	K2566C
Valve:	Butterfly Valve, lug-type
Flange connection:	PN 16 (DN 50 to DN 150) according to DIN EN 1092-1, PN 10 (DN 200 to DN 600) according to DIN EN 1092-1, Screw plug holes
Flange contact face:	Form B1 according to DIN EN 1092-1, integrated gasket
Face-to-face dimension:	DIN EN 558 basic range 20
Material:	ANSI 316Ti
Actuator:	Hand lever or worm gear
Manufacturer:	Bray
Type:	2-Cx
Ordering standard:	WN 8480
Special remarks:	-



**Figure 1 — Example schematic: Butterfly Valve, lug-type with hand lever**



**Figure 2 — Example schematic: Butterfly Valve, lug-type with worm gear**

## 2 Limits

Table 1 — Limits

Nominal diameter from	Nominal diameter to	Temperature °C	Pressure bar
50	600	-10	10
50	600	120	10
50	150	180	10
50	150	200	6
200	600	180	6
200	600	200	4

Table 2 — Vacuum stability

Nominal diameter from	Nominal diameter to	Temperature °C	Pressure bar <sub>abs.</sub>
50	600	-10	0.2
50	600	120	0.2
50	600	180	0.3
50	600	200	0.4

## 3 Parts list

Table 3 — Parts list

Part	Design	Material	Material No.
Body	Two-piece	EN-GJS-400-18-LT	5.3103/PTFE
	Requirements for the PTFE lining: Wall thickness min. 3 mm, Density min. 2.16 g/cm <sup>3</sup> (without filler)	PTFE	-
Shut-off device	Flap disk stainless steel		
	≤ DN150 ≥ DN200	GX2CrNiMoN22-5-3 GX5CrNiMo19-11-2	1.4470 1.4408
Shut-off seat ring	Lining	-	-
Operating shaft	-	GX2CrNiMoN22-5-3	1.4470
		X5CrNiMoNb17-4	1.4542
Operating shaft gasket	Packung WN 8452 Kennbuchstabe C	PTFE	-
Primary gasket	-	-	-
Body screws	Cylinder head screw with hexagon socket	A4-70	-
Body nuts	-	-	-
Actuator	Up to DN 100: Hand lever	EN-GJS-400-15	0.7040
	From DN 150: Worm gear	EN-GJL-250	0.6025
Fixing of actuator	Hex bolts	A2-70, A4-70	-
Locking device	Hand lever: Locking plate	A2	X5CrNi18-10 (1.4301)

## 4 Dimensions

**Table 4 — Dimensions: Butterfly Valve, lug-type with hand lever**

DN	L mm	H <sub>1</sub> mm	H <sub>2</sub> mm	Top flange <sup>a</sup>	Q <sup>b</sup> mm	ØR mm	Øk mm	Screws		Weight kg
								Number of	Thread	
50	43	172	59	F07	29	270	125	4	M16	4.2
80	46	191	90	F07	62	270	160	8	M16	6.2
100	52	210	104	F07	88	270	180	8	M16	9.2

<sup>a</sup> Short symbol of top flange to mount actuator according to DIN EN ISO 5211.  
<sup>b</sup> "Q" is the chord dimension of the disc with reference to the connecting flange. The chord dimension has to be considered in connection with the elbowroom of the disc during opening.

**Table 5 — Dimensions: Butterfly Valve, lug-type with worm gear**

DN	L mm	H <sub>1</sub> mm	H <sub>2</sub> mm	Top flange <sup>a</sup>	Q <sup>b</sup> mm	F mm	J mm	ØR mm	Øk mm	Screws		Weight kg
										Number of	Thread	
150	56	340	131	F07	136	41	136	200	240	8	M20	16.5
200	60	423	157	F12	189	67	272	300	295	8	M20	25.8
250	68	466	195	F12	240	79	300	300	350	12	M20	39.3
300	78	504	226	F12	290	79	300	300	400	12	M20	53.3
350	78	539	255	F12	327	79	300	300	460	16	M20	69.3
400	102	585	305	F12	374	116	378	300	515	16	M24	126.4
500	127	765	380	F16	472	155	429	450	620	20	M24	294.3
600	154	898	453	F16	570	155	521	600	725	20	M27	426.3

<sup>a</sup> Short symbol of top flange to mount actuator according to DIN EN ISO 5211.  
<sup>b</sup> "Q" is the chord dimension of the disc with reference to the connecting flange. The chord dimension has to be considered in connection with the elbowroom of the disc during opening.

## 5 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

DIN EN 558	Industrial valves – Face-to-face and centre-to-face dimensions of metal valves for use in flanged pipe systems – PN and Class designated valves
DIN EN 1092-1	Flanges and their joints – Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories, PN designated – Part 1: Steel flanges
DIN EN ISO 5211	Industrial valves – Part-turn actuator attachments
WN 8480	Technical delivery conditions for valves, actuators and PCT field devices



**Valve code H2421P**  
**Plug valve,**  
**Tuflin/XOMOX, Type: 127-ISO**

Regional EU/CAO  
Werknorm  
**WN 8463-188**  
2018-05-04

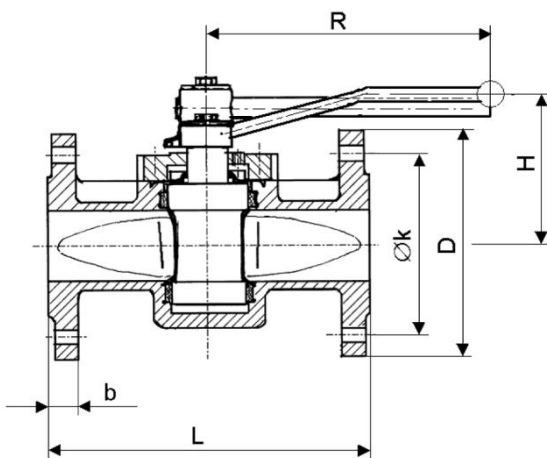
Armaturenkurzzeichen H2421P  
Kükenhahn,  
Tuflin/XOMOX, Typ: 127-ISO

Supersedes  
edition: 2006-01-01

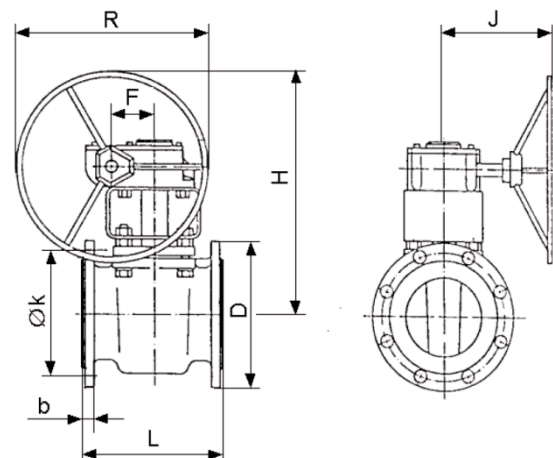
*This is the translation of the German edition. In cases of doubt, the German edition shall prevail.*

## 1 General

Valve code:	H2421P
Valve:	Plug valve
Flange connection:	PN 16 (DN 65 to DN 150) according to DIN EN 1092-1, PN 10 (DN 200 to DN 300) according to DIN EN 1092-1
Flange contact face:	Form B1 according to DIN EN 1092-1
Face-to-face dimension:	DIN EN 558 basic range 1 (DN 65 to DN 100), DIN EN 558 basic range 3 (DN 150 to DN 300)
Material:	ASTM A351 Grade CF8M
Actuator:	Hand lever or worm gear, optional: operating shaft extension (T-lever) <sup>1</sup>
Manufacturer:	Tuflin/XOMOX (Crane)
Type:	127-ISO
Ordering standard:	WN 8480
Special remarks:	Open/close valve, not applicable for throttling. With protection against static charging.



**Figure 1 — Example schematic: plug valve with hand lever**



**Figure 2 — Example schematic: plug valve with worm gear**

<sup>1</sup> An operating shaft extension, for example for insulated pipes, has to be specified in the purchase order – see Chapter 4.1.

## 2 Limits

Table 1 — Limits

Nominal diameter from	Nominal diameter to	Temperature °C	Pressure bar
65	150	-60	16
65	150	-10	16
65	150	120	16
65	150	160	15
65	150	200	8
65	150	220	6
200	300	-60	10
200	300	-10	10
200	300	120	10
200	300	160	9
200	300	200	8
200	300	220	6

## 3 Parts list

Table 2 — Parts list

Part	Design	Material	Material No.
Body	One-piece	GX5CrNiMo19-11-2	1.4408
Body cover	Cover	GX5CrNiMo19-11-2	1.4408
Shut-off device	Plug	X2CrNiMo17-12-2, GX5CrNiMo19-11-2	1.4404, 1.4408
Shut-off seat	Sleeve	PTFE	-
Operating shaft or plug gasket	Formed diaphragm, WN 8452 Identification letter P	PTFE	-
	Deltaring	PTFE	-
	Steel diaphragm	X5CrNi18-10	1.4301
Operating shaft grounding	Anti-static device	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571
Body screws	Cheese-head screw	A4-70	-
Body nuts	Hex nuts	A4-70	-
Actuator	Hand lever: Up to DN 80: cranked DN 100: straight	Al-composition P235TR1/ EN-GJS-400-15UR1	1.0037 1.0254/ EN-JS1072
	Worm gear: From DN 100	-	-
	Option Operating shaft extension (T-lever)	Steel	-
Fixing of actuator	Hex bolts	A4-70	-
Adjusting screws	Threaded pins	A4-70	-

## 4 Dimensions

**Table 3 — Dimensions: plug valve with hand lever**

DN	L mm	H mm	R mm	Top flange <sup>a</sup>	D mm	Øk mm	b mm	Screws		Weight kg
								Number of	Thread	
65	290	112	435	F07	185	145	18	8	M16	13.4
80	310	132	435	F10	200	160	20	8	M16	17.8
100	350	151	600	F10	220	190	20	8	M16	30.7

<sup>a</sup> Short symbol of top flange to mount actuator according to DIN EN ISO 5211

**Table 4 — Dimensions: plug valve with worm gear**

DN	L mm	H mm	R mm	Top flange <sup>a</sup>	J mm	F mm	D mm	Øk mm	b mm	Screws		Weight kg
										Number of	Thread	
100	350	335	200	F10	169	52	220	190	20	8	M16	45,5
150	267	458	300	F12	223	67	285	240	22	8	M20	55.2
200	292	495	300	F12	223	67	340	295	24	8	M20	89
250	330	588	457	F14	279	90	395	350	26	12	M20	146
300	356	706	457	F14	279	90	445	400	26	12	M20	186

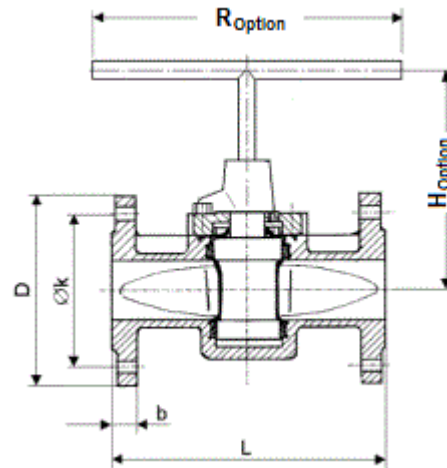
<sup>a</sup> Short symbol of top flange to mount actuator according to DIN EN ISO 5211.

### 4.1 Dimensions for the option

Table 5 shows the dimensions of the operating shaft extension. For all other dimensions see Table 3.

**Table 5 — Dimensions: plug valve with operating shaft extension (T-lever)**

DN	H <sub>Option</sub> mm	R <sub>Option</sub> mm	Weight kg
65	210	500	14.3
80	230	500	18.7
100	256	600	30.3



**Figure 3 — Example schematic: plug valve with operating shaft extension (T-lever), for example for insulated pipes**



Valve code K2597C  
Lug,  
Tuflin, Type: XLD22

Regional EU/CAO  
Werknorm  
**WN 8464-221**  
2018-01-22

Armaturenkurzzeichen K2597C  
Einklemm-Endklappe, Tuflin, Typ: XLD22

First edition

*This is the translation of the German edition. In cases of doubt, the German edition shall prevail.*

## 1 General

Valve code:	K2597C
Valve:	Lug
Flange connection:	PN 16 (DN 80 to DN 150) according to DIN EN 1092-1, PN 10 (DN 200 to DN 300) according to DIN EN 1092-1, Screw plug holes
Flange contact face:	Form B1 according to DIN EN 1092-1, integrated gasket
Face-to-face dimension:	DIN EN 558 basic range 20
Material:	P235GH
Actuator:	Hand lever or worm gear
Manufacturer:	Tuflin (XOMOX, Crane)
Type:	XLD22
Ordering standard:	WN 8480
Special remarks:	-

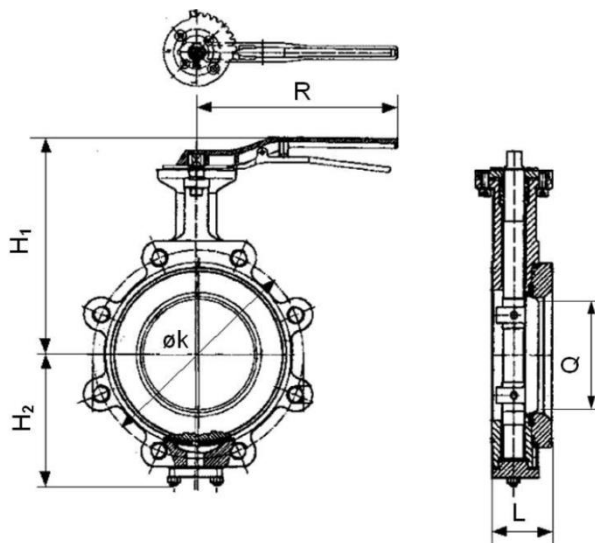


Figure 1 — Example schematic: lug with hand lever

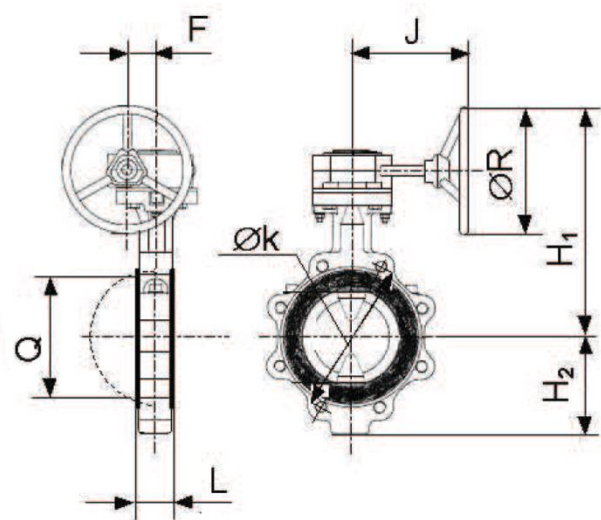


Figure 2 — Example schematic: lug with worm gear

## 2 Limits

Table 1 — Limits

Nominal diameter from	Nominal diameter to	Temperature °C	Pressure bar
80	300	-10	10
80	300	120	10
80	300	160	9.5
80	300	180	5

## 3 Parts list

Table 2 — Parts list

Part	Design	Material	Material No.
Body	2-parts Requirements for PFA-lining: Wall thickness at least 2.5 mm, Density at least 2.14 g/cm <sup>3</sup> (without filler material)	EN-GJS-400-18U-LT/ PFA	EN-JS1049/ -
Body seat	Lining	PFA	-
Shut-off device	Disc	GX5CrNiMo19-11-2	1.4408
Operating shaft	Disc shaft	GX5CrNiMo19-11-2	1.4408
Operating shaft gasket	O-ring	Viton	-
Body screws	Hex bolts	A4-70	-
Body nuts	-	-	-
Actuator	Up to DN 100: hand lever From DN 150: worm gear	EN-GJS-400-15U -	EN-JS1072 -
Fixing of actuator	Hex bolts	A2-70, A4-70	-, -
Locking device	Hand lever: locking plate	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571

## 4 Dimensions

Table 3 — Dimensions: lug with hand lever

DN	L mm	H <sub>1</sub> mm	H <sub>2</sub> mm	Top flange <sup>a</sup>	Q <sup>b</sup> mm	R mm	Øk mm	Screws		Weight kg
								Number of	Thread	
80	46	192	102	F07	62	356	160	8	M16	9.5
100	52	208	120	F07	88	356	180	8	M16	11.5

<sup>a</sup> Short symbol of top flange to mount actuator according to DIN EN ISO 5211.

<sup>b</sup> "Q" is the chord dimension of the disc with reference to the connecting flange. The chord dimension has to be considered in connection with the elbowroom of the disc during opening.

Table 4 — Dimensions: lug with worm gear

DN	L mm	H <sub>1</sub> mm	H <sub>2</sub> mm	Top flange <sup>a</sup>	Q <sup>b</sup> mm	F mm	J mm	ØR mm	Øk mm	Screws		Weight kg
										Number of	Thread	
150	56	340	145	F10	141	46,5	180	203	240	8	M20	17.5
200	60	369.5	190	F10	193	60	205.5	203	295	8	M20	29.3
250	68	397.5	233	F10	245	60	205.5	203	350	12	M20	36
300	78	427.5	258	F12	294	60	205.5	203	400	12	M20	58

<sup>a</sup> Short symbol of top flange to mount actuator according to DIN EN ISO 5211.

<sup>b</sup> "Q" is the chord dimension of the disc with reference to the connecting flange. The chord dimension has to be considered in connection with the elbowroom of the disc during opening.

### **A.3. FITXA D'ESPECIFICACIÓ DE LES CANONADES**

A continuació, es mostren les fitxes tècniques de les canonades.



**Piping Classification**  
**Pipe Class 10CA01B1**

Regional EU  
Werknorm

**WN 9601**

2020-04-29

Rohrleitungsklassifikation  
Rohrklasse 10CA01B1

Supersedes edition:  
2016-03-01

*This is the translation of the German edition. In cases of doubt, the German edition shall prevail.*

## Table of contents

	Page
1 General bases .....	1
2 Limits .....	2
3 Components .....	3
4 Dimensions .....	4
5 Vacuum resistance .....	5
6 Design of branches .....	6
7 Normative references .....	7
Amendments.....	8

## 1 General bases

General basis of pipe class:	DIN EN 13480, DIN 21057, WN 8401
Scope of pipe class	Pressure Equipment Directive 2014/68/EU, Regulation concerning Safety and Health (BetrSichV)
Checked by TÜV SÜD Chemie Service GmbH, applicable for:	Module categories I to III acc. to PED and WN 6000-1 and WN 6000-2
Base materials:	P235GH / P245GH
PN number / test pressure:	PN 10 / 15 bar <sup>1</sup>
Piping material made of steel:	Normal wall thickness, with machine bends
Flange facing:	DIN EN 1092-1:2018-12-01, Type B1
Corrosion allowance:	$c_2 = 0,9 \text{ mm}$
Nominal diameter range:	DN 15 to DN 1200 <sup>2</sup>
Flow medium classification:	<a href="#">Rohr//Online</a>
Fabrication and Installation:	WN 9911-1, WN 9911-2
Welding and testing:	WN 0416
Spacings of supports and elasticity:	DIN EN 13480-3:2017-12-01, Annex Q
Technical delivery conditions:	DIN 21057-1, DIN 21057-5, DIN 21057-10, DIN 2626, WN 1057-8

<sup>1</sup> The hydrostatic test pressure is valid for pressure testing with fluids on prefabricated piping components.

<sup>2</sup> Pipelines up to DN 25 are within the scope of the DRGL, Article 4, Paragraph 3 The essential safety requirements according to Annex 1 of the PED does not apply, but these pipes must be installed in accordance with thebe designed and manufactured in accordance with good engineering practice. The nominal sizes DN 15 and 20 can be used for trace heating, for example.

## 2 Limits

Table 1 — Pressure-/temperature rating

Limits														
Temperature	°C	-10	20	100	150	200	250	300	-	-	-	-	-	-
Pressure	bar	10	10	8.5	8.3	7.7	7	6.4	-	-	-	-	-	-

The graph plots Pressure [bar] on the vertical axis (0 to 15) against Temperature [°C] on the horizontal axis (-50 to 400). The data points from the table are plotted and connected by a solid line. A vertical line is drawn at 0°C, and another at 300°C, both extending from the x-axis to the curve. The curve shows a constant pressure of 10 bar from 0°C to 50°C, followed by a gradual decrease to 6.4 bar at 300°C.

Pressure-/temperature rating according to DIN EN 1092-1:2018-12-01, Annex G, for material number 1.0352 (P245GH) with a reference thickness  $v_R$  (mm) of max. 150 mm.

### 3 Components

Table 2 — Component overview

Component	DN	Designation	Material	Delivery condition
Pipe	15 – 150	Pipe seamless	P235GH	DIN 21057-10
	200 - 1200	Pipe welded	P235GH	DIN 21057-10
Machine bend	15 - 80	Machine bend 5D	P235GH	DIN 21057-10
Elbow 45°	15 - 1200	Elbow 45°, model 3D, type A	P235GH	DIN 21057-10
Elbow 90°	15 - 1200	Elbow 90°, model 3D, type A	P235GH	DIN 21057-10
Reducer <sup>a)</sup>	20 - 1200	Reducer concentric / eccentric, type B	P235GH	DIN 21057-10
Tee <sup>b)</sup>	15 - 1200	Tee, type A	P235GH	DIN 21057-10
Branch, unreinforced <sup>b)</sup>	15 - 1200	Branch unreinforced, type A	P235GH	DIN 21057-1
Branch, internally reinforced <sup>b)</sup>	250 - 1200	Branch internally reinforced, type B	P235GH	DIN 21057- 5, DIN 21057-10
Cap	15 - 1200	Cap, type A	P235GH	DIN 21057-10
Weld-neck flange	15 - 40	WN-Flange PN 40, type 11, facing B1	P245GH	DIN 21057-10
	50 - 150	WN-Flange PN 16, type 11, facing B1	P245GH	DIN 21057-10
	200 - 1200	WN-Flange PN 10, type 11, facing B1	P245GH	DIN 21057-10
Blind flange	15 - 40	Blind flange PN 40, type 05, facing A	P265GH	DIN 21057-10
	50 - 150	Blind flange PN 16, type 05, facing A	P265GH	DIN 21057-10
	200 - 1200	Blind flange PN 10, type 05, facing A	P265GH	DIN 21057-10
Blind flange, bored	20 - 40	Blind flange PN 40, bored, type A, facing A	P265GH	WN 1057-8
	50	Blind flange PN 16, bored, type A, facing A	P265GH	WN 1057-8
Line blanks	15 - 80	Line blanks PN 40, type A, B, C, facing AA	P235GH	DIN 2626
	100 - 150	Line blanks PN 16, type A, B, C, facing AA	P235GH	DIN 2626
	200 - 1200	Line blanks PN 10, type A, B, C, facing AA	P235GH	DIN 2626
Hexagon head bolt	M12 – M36	Hexagon head bolt	25CrMo4	DIN 21057-10
Stud bolts	M12 – M36	Stud bolt	25CrMo4	DIN 21057-10
Nuts	M12 – M36	Hexagon nut	25CrMo4	DIN 21057-10
Washer	12 - 36	Washer	Steel	DIN 21057-10

a) Up to three nominal diameter decrements are allowed.  
b) Table 6 shows the reference for eligible branch types for each nominal diameter combination.

## 4 Dimensions

Table 3 — Dimensions 10CA01B1

DN <sup>a)</sup>	D [mm]	Component wall thicknesses [mm]			
		Pipe	Elbow type A	Reducer type B <sup>e)</sup>	Cap type A
15	21.3	2.6 <sup>b)</sup>	2.6	-	2.6
20	26.9	2.6 <sup>b)</sup>	2.6	2.6	2.3
25	33.7	2.9 <sup>b)</sup>	3.2	3.2	2.6
(32)	42.4	3.6 <sup>b)</sup>	3.6	3.6	3.6
40	48.3	2.9 <sup>b)</sup>	3.6	3.6	3.6
50	60.3	2.9 <sup>b)</sup>	2.9	2.9 <sup>d)</sup>	2.9
(65)	76.1	2.9 <sup>b)</sup>	2.9	2.9 <sup>d)</sup>	2.9
80	88.9	3.2 <sup>b)</sup>	3.2	3.2 <sup>d)</sup>	3.2
100	114.3	3.6	3.6	3.6	3.6
(125)	139.7	4.0	4.0	4.0	4.0
150	168.3	4.5	4.5	4.5	4.5
200	219.1	4.5	4.5	4.5 <sup>c), d)</sup>	4.5
250	273.0	4.5	5.0	5.0 <sup>c), d)</sup>	5.0
300	323.9	4.5	5.6	5.6 <sup>d)</sup>	5.6
(350)	355.6	4.5	5.6	5.6	5.6
400	406.4	5.0	6.3	6.3	6.3
(450)	457.0	5.6	6.3	6.3	6.3
500	508.0	5.6	6.3	6.3	6.3
600	610.0	6.3	6.3	6.3	6.3
700	711.0	7.1	7.1	7.1	7.1
800	813.0	8.0	8.0	8.0	8.0
900	914.0	10.0	10.0	10.0	10.0
1000	1016.0	10.0	10.0	10.0	10.0
1200	1219.0	12.5	12.5	12.5	12.5

a) Values in parentheses shall be avoided.  
b) Suitable for 5D machine bend  
c) If the DIN EN 10253-2 don't define wall thicknesses for nominal diameter decrements, a reducer with next higher wall thickness series acc. DIN EN 10253-2 shall be select.  
d) If the wall thickness T<sub>1</sub> at the reduced nominal diameter is less than the corresponding pipe wall thickness of the connecting pipe, it is recommended to select the next higher wall thickness series according to DIN EN 10253-2.  
e) The specified dimension indicates the wall thickness T according to DIN EN 10253-2 at the non-reduced nominal diameter. Please refer to the technical delivery condition according to Table 2 for additional dimensions.



**PIPING CLASSIFICATION  
PIPE CLASS 10HD01B1**

Regional EU  
Werknorm

**WN 9654**

2023-06-14

Rohrleitungsklassifikation  
Rohrklasse 10HD01B1

Supersedes edition:  
2020-04-29

*This is the translation of the German edition. In cases of doubt, the German edition shall prevail.*

**Table of contents**

	Page
1 General bases .....	1
2 Limits .....	2
3 Components .....	3
4 Dimensions .....	4
5 Vacuum resistance .....	5
6 Design of branches.....	6
7 Normative references .....	7
Amendments.....	8

**1 General bases**

General basis of pipe class:	DIN EN 13480, DIN 21057, WN 8401
Scope of pipe class	Pressure Equipment Directive 2014/68/EU, Regulation concerning Safety and Health (BetrSichV)
Checked by TÜV SÜD Chemie Service GmbH, applicable for:	Module categories I to III acc. to PED and WN 6000-1 and WN 6000-2; check date 2023-06-14
Base materials:	1.4571
PN number / test pressure:	PN 10 / 15 bar <sup>1</sup>
Piping material made of steel:	Normal wall thickness, with machine bends
Flange facing:	DIN EN 1092-1:2018-12-01, Type B1
Corrosion allowance:	c <sub>2</sub> = 0 mm
Nominal diameter range:	DN 15 to DN 1000 <sup>2</sup>
Flow medium classification:	<a href="#">Rohr//Online</a>
Fabrication and Installation:	WN 9911-1, WN 9911-2
Welding and testing:	WN 0416
Spacings of supports and elasticity:	DIN EN 13480-3:2017-12-01, section 12 or Annex Q <sup>3)</sup>
Technical delivery conditions:	DIN 21057-1, DIN 21057-5, DIN 21057-6, DIN 21057-11, DIN 2626, WN 1057-8

<sup>1</sup> The hydrostatic test pressure is valid for pressure testing with fluids on prefabricated piping components.

<sup>2</sup> Pipelines up to DN 25 are within the scope of the DRGL, Article 4, Paragraph 3. The essential safety requirements according to Annex 1 of the PED does not apply, but these pipes must be installed in accordance with the designed and manufactured in accordance with good engineering practice. The nominal sizes DN 15 and 20 can be used for trace heating, for example

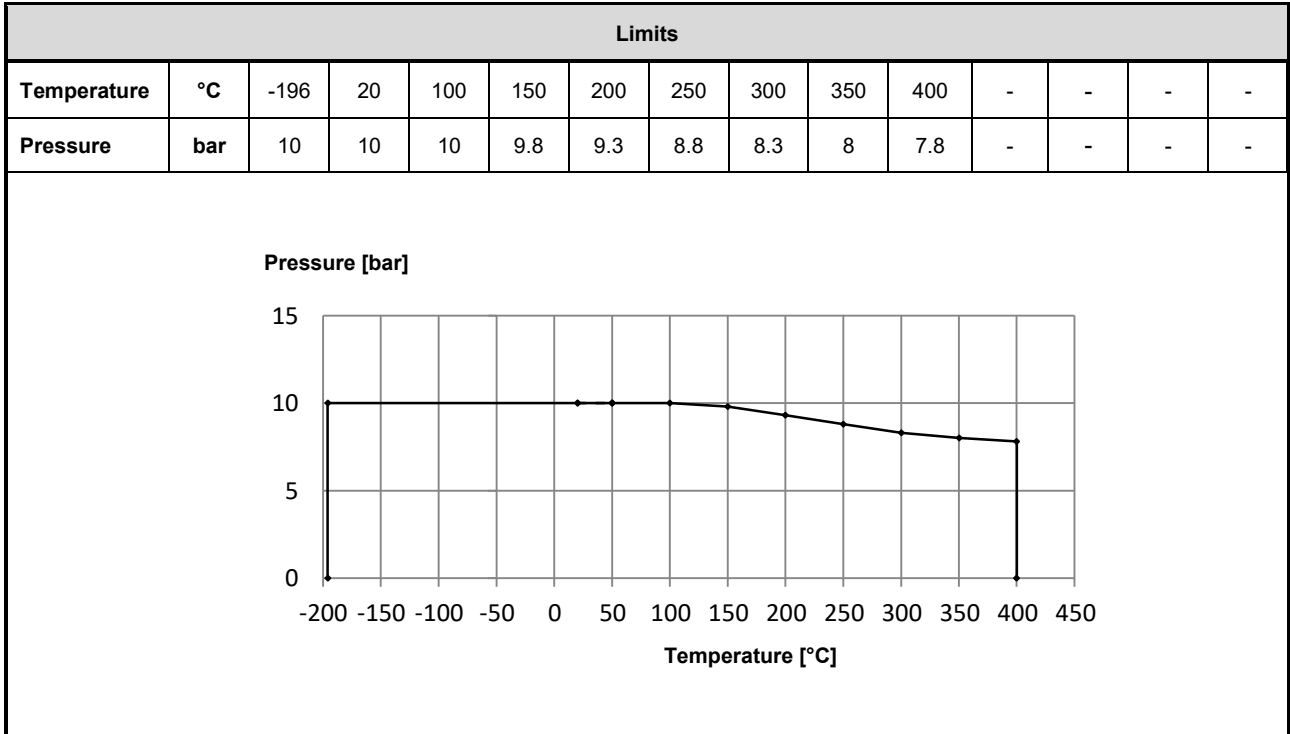
<sup>3</sup> As an alternative to the stress analysis according to DIN EN 13480-3: 2017-12-01, Section 12, the determination of the allowable spans and the elasticity check can be performed according to Annex Q if the conditions specified therein are met.

3D planning information:

S3D specifications as of 2020-04-29 correspond to the component dimensions and component descriptions of this pipe class

## 2 Limits

**Table 1 — Pressure-/temperature rating**



Pressure-/temperature rating according to DIN EN 1092-1:2018-12-01, Annex G, for material number 1.4571

### 3 Components

Table 2 — Component overview

Component	DN	Designation	Material	Delivery condition
Pipe	15 - 1000	Pipe welded	1.4571	DIN 21057-11
Machine bend	15 - 80	Machine bend 5D	1.4571	DIN 21057-11
Elbow 45°	15 - 1000	Elbow 45°, model 3D, type A	1.4571	DIN 21057-11
Elbow 90°	15 - 1000	Elbow 90°, model 3D, type A	1.4571	DIN 21057-11
Reducer <sup>a)</sup>	20 - 1000	Reducer concentric / eccentric, type B	1.4571	DIN 21057-11
Tee <sup>b)</sup>	15 - 800	Tee, type A	1.4571	DIN 21057-11
	500 - 1000	Tee, type B	1.4571	DIN 21057-11
Branch, unreinforced <sup>b)</sup>	15 - 1000	Branch unreinforced, type A	1.4571	DIN 21057-1
Branch, internally reinforced <sup>b)</sup>	200 - 1000	Branch internally reinforced, type B	1.4571	DIN 21057- 5, DIN 21057-11
Cap	15 - 1000	Cap, type A	1.4571	DIN 21057-11
Weld-neck flange	15 - 40	WN-Flange PN 40, type 11, facing B1	1.4571	DIN 21057-11
	50 - 150	WN-Flange PN 16, type 11, facing B1	1.4571	DIN 21057-11
	200 - 1000	WN-Flange PN 10, type 11, facing B1	1.4571	DIN 21057-11
Machine flange <sup>c)</sup>	15 – 40	WN-Flange PN 40, type 11, facing B1	1.4571	DIN 21057-6
	50 – 150	WN-Flange PN 16, type 11, facing B1	1.4571	DIN 21057-6
Blind flange	15 - 40	Blind flange PN 40, type 05, facing A	1.4571	DIN 21057-11
	50 - 150	Blind flange PN 16, type 05, facing A	1.4571	DIN 21057-11
	200 - 1000	Blind flange PN 10, type 05, facing A	1.4571	DIN 21057-11
Blind flange, bored	20 - 40	Blind flange PN 40, bored, type A, facing A	1.4571	WN 1057-8
	50	Blind flange PN 16, bored, type A, facing A	1.4571	WN 1057-8
Line blanks	15 - 80	Line blanks PN 40, type A, B, D, facing AA	1.4571	DIN 2626
	100 - 150	Line blanks PN 16, type A, B, D, facing AA	1.4571	DIN 2626
	200 - 1000	Line blanks PN 10, type A, B, D, facing AA	1.4571	DIN 2626
Hexagon head bolts	M12 - M24	Hexagon head bolt	A2-70	DIN 21057-11
	M27 – M33	Hexagon head bolt	1.4980	DIN 21057-11
Stud bolt	M12 – M24	Stud bolt	A2-70	DIN 21057-11
	M27 – M33	Stud bolt	1.4980	DIN 21057-11
Nuts	M12 – M24	Hexagon nut	A2-70	DIN 21057-11
	M27 – M33	Hexagon nut	1.4980	DIN 21057-11

Component	DN	Designation	Material	Delivery condition
Washer	12 - 33	Washer	A4	DIN 21057-11
a) Up to three nominal diameter decrements are allowed. b) Table 6 shows the reference for eligible branch types for each nominal diameter combination. c) Optionally for automatic welding process.				

## 4 Dimensions

Table 3 — Dimensions 10HD01B1

DN <sup>a)</sup>	D [mm]	Component wall thicknesses [mm]			
		Pipe	Elbow type A	Reducer type B <sup>e)</sup>	Cap type A
15	21.3	2.0 <sup>b)</sup>	2.0	-	2.0
20	26.9	2.0 <sup>b)</sup>	2.0	2.0	2.0
25	33.7	2.0 <sup>b)</sup>	2.0	2.3	2.0
(32)	42.4	2.0 <sup>b)</sup>	2.0	2.0 <sup>c)</sup>	2.0
40	48.3	2.0 <sup>b)</sup>	2.0	2.0 <sup>c)</sup>	2.0
50	60.3	2.0 <sup>b)</sup>	2.0	2.0	2.0
(65)	76.1	2.3 <sup>b)</sup>	2.3	2.3	2.3
80	88.9	2.3 <sup>b)</sup>	2.3	2.3	2.3
100	114.3	2.6	2.6	2.6	2.6
(125)	139.7	2.6	2.6	2.6	2.6
150	168.3	2.6	2.6	2.6	2.6
200	219.1	2.9	3.6	3.6	3.6
250	273.0	2.9	3.6	3.6 <sup>d)</sup>	3.6
300	323.9	3.2	4.0	4.0 <sup>d)</sup>	4.0
(350)	355.6	3.6	4.0	4.0 <sup>d)</sup>	4.0
400	406.4	4.0	4.0	4.0	4.0
(450)	457.0	4.5	5.0	5.0	5.0
500	508.0	5.0	5.0	5.0 <sup>d)</sup>	5.0
600	610.0	5.6	5.6	5.6 <sup>d)</sup>	5.6
700	711.0	7.1	7.1	7.1	7.1
800	813.0	8.0	8.0	8.0	8.0
900	914.0	8.8	8.8	8.8	8.8
1000	1016.0	10.0	10.0	10.0	10.0
a) Values in parentheses shall be avoided. b) Suitable for 5D machine bend c) If the DIN EN 10253-4 don't define wall thicknesses for nominal diameter decrements, a reducer with next higher wall thickness series acc. DIN EN 10253-4 shall be select. d) If the wall thickness $T_1$ at the reduced nominal diameter is less than the corresponding pipe wall thickness of the connecting pipe, it is recommended to select the next higher wall thickness series according to DIN EN 10253-4. e) The specified dimension indicates the wall thickness T according to DIN EN 10253-4 at the non-reduced nominal diameter. Please refer to the technical delivery condition according to Table 2 for additional dimensions.					

## 5 Vacuum resistance

Table 4 and table 5 indicate the vacuum resistance as a function of the outside diameter  $d_a$  and the wall thickness  $s$ . Row 3 specifies the maximum permissible negative pressure  $p$  with a 15 m straight pipe length. Row 4 specifies the maximum permissible pipe length  $L$  with a full vacuum (-1 bar).

**Table 4 — Vacuum resistance 10HD01B1 up to 00 °C, E-modulus 197.750 MPa**

<b>da [mm]</b>	21.3	26.9	33.7	42.4	48.3	60.3	76.1	88.9	114.3	139.7	168.3	219.1	273
<b>T [mm]</b>	2	2	2	2	2	2	2.3	2.3	2.6	2.6	2.6	2.9	2.9
<b>p [bar]</b>	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-0.65
<b>L [m]</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1.8

<b>da [mm]</b>	323.9	355.6	406.4	457	508	610	711	813	914	1016
<b>T [mm]</b>	3.2	3.6	4	4.5	5	5.6	7.1	8	8.8	10
<b>p [bar]</b>	-0.52	-0.56	-0.52	-0.52	-0.52	-0.42	-0.54	-0.52	-0.49	-0.53
<b>L [m]</b>	2.0	2.2	2.5	2.8	3.1	3.5	4.4	5.0	5.5	6.2

**Table 5 — Vacuum resistance 10HD01B1 up to 400 °C, E-modulus 172.000 MPa**

<b>da [mm]</b>	21.3	26.9	33.7	42.4	48.3	60.3	76.1	88.9	114.3	139.7	168.3	219.1	273
<b>T [mm]</b>	2	2	2	2	2	2	2.3	2.3	2.6	2.6	2.6	2.9	2.9
<b>p [bar]</b>	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-0.56
<b>L [m]</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1.7

<b>da [mm]</b>	323.9	355.6	406.4	457	508	610	711	813	914	1016
<b>T [mm]</b>	3.2	3.6	4	4.5	5	5.6	7.1	8	8.8	10
<b>p [bar]</b>	-0.45	-0.49	-0.45	-0.45	-0.45	-0.37	-0.47	-0.45	-0.43	-0.46
<b>L [m]</b>	1.8	2.1	2.3	2.6	2.9	3.3	4.1	4.6	5.1	5.8

REMARK 1 E-Modul according to STAHL-EISEN-Werkstoffblatt (SEW) 310.

REMARK 2 Calculation of vacuum resistance according to DIN 21057-1: 2016-12, Chapter 4.4



**Piping Classification**  
**Pipe Class 10CA03B1**

Regional EU  
Werknorm

**WN 9623**

2020-04-29

Rohrleitungsklassifikation  
Rohrklasse 10CA03B1

Supersedes edition:  
2016-03-01

*This is the translation of the German edition. In cases of doubt, the German edition shall prevail.*

## Table of contents

		Page
1	General bases .....	1
2	Limits .....	2
3	Components .....	3
4	Dimensions .....	4
5	Vacuum resistance .....	5
6	Design of branches.....	6
7	Normative references .....	7
	Amendments.....	8

### 1 General bases

General basis of pipe class:	DIN EN 13480, DIN 21057, WN 8401, WN 1057
Scope of pipe class	Pressure Equipment Directive 2014/68/EU, Regulation concerning Safety and Health (BetrSichV)
Checked by TÜV SÜD Chemie Service GmbH, applicable for:	Module categories I to III acc. to PED and WN 6000-1 and WN 6000-2
Base materials:	P235GH / P245GH
PN number / test pressure:	PN 10 / 15 bar <sup>1</sup>
Piping material made of steel:	High wall thickness, with machine bends
Flange facing:	DIN EN 1092-1:2018-12-01, Type B1
Corrosion allowance:	c <sub>2</sub> = 2 mm
Nominal diameter range:	DN 15 to DN 1000 <sup>2</sup>
Flow medium classification:	<a href="#">Rohr//Online</a>
Fabrication and Installation:	WN 9911-1, WN 9911-2
Welding and testing:	WN 0416
Spacings of supports and elasticity:	DIN EN 13480-3:2017-12-01, Annex Q
Technical delivery conditions:	DIN 21057-1, DIN 21057-5, DIN 21057-10, DIN 2626, WN 1057-5, WN 1057-6, WN 1057-8, WN 1057-10

<sup>1</sup> The hydrostatic test pressure is valid for pressure testing with fluids on prefabricated piping components.

<sup>2</sup> Pipelines up to DN 25 are within the scope of the DRGL, Article 4, Paragraph 3 The essential safety requirements according to Annex 1 of the PED does not apply, but these pipes must be installed in accordance with thebe designed and manufactured in accordance with good engineering practice. The nominal sizes DN 15 and 20 can be used for trace heating, for example.

## 2 Limits

Table 1 — Pressure-/temperature rating

Limits														
Temperature	°C	-10	20	100	150	200	250	300	-	-	-	-	-	-
Pressure	bar	10	10	8.5	8.3	7.7	7	6.4	-	-	-	-	-	-

Pressure-/temperature rating according to DIN EN 1092-1:2018-12-01, Annex G, for material number 1.0352 (P245GH) with a reference thickness  $v_R$  (mm) of max. 150 mm.

### 3 Components

Table 2 — Component overview

Component	DN	Designation	Material	Delivery condition
Pipe	15 – 200	Pipe seamless	P235GH	WN 1057-10
	250 - 1000	Pipe welded	P235GH	WN 1057-10
Machine bend	15 - 80	Machine bend 5D	P235GH	WN 1057-10
Elbow 45°	15 - 1000	Elbow 45°, model 3D, type A	P235GH	WN 1057-10
Elbow 90°	15 - 1000	Elbow 90°, model 3D, type A	P235GH	WN 1057-10
Reducer <sup>a)</sup>	20 - 1000	Reducer concentric / eccentric, type B	P235GH	WN 1057-10
Tee <sup>b)</sup>	15 - 700	Tee, type A	P235GH	WN 1057-10
	32 - 1000	Tee, type B	P235GH	WN 1057-10
Branch, unreinforced <sup>b)</sup>	15 - 1000	Branch unreinforced, type A	P235GH	DIN 21057-1
Branch, internally reinforced <sup>b)</sup>	250 - 1000	Branch internally reinforced, type B	P235GH	WN 1057-5 DIN 21057-10
Cap	15 - 1000	Cap, type A	P235GH	WN 1057-10
Weld-neck flange	15 - 40	WN-Flange PN 40, type 11, facing B1	P245GH	DIN 21057-10
	50 - 150	WN-Flange PN 16, type 11, facing B1	P245GH	DIN 21057-10
	200 - 300	WN-Flange PN 10, type 11, facing B1	P245GH	DIN 21057-10
	350 - 1000	WN-Flange PN 10, type 160, facing B1	P245GH	WN 1057-6
Blind flange	15 - 40	Blind flange PN 40, type 05, facing A	P265GH	DIN 21057-10
	50 - 150	Blind flange PN 16, type 05, facing A	P265GH	DIN 21057-10
	200 - 1000	Blind flange PN 10, type 05, facing A	P265GH	DIN 21057-10
Blind flange, bored	20 - 40	Blind flange PN 40, bored, type A, facing A	P265GH	WN 1057-8
	50	Blind flange PN 16, bored, type A, facing A	P265GH	WN 1057-8
Line blanks	15 - 80	Line blanks PN 40, type A, B, C, facing AA	P235GH	DIN 2626
	100 - 150	Line blanks PN 16, type A, B, C, facing AA	P235GH	DIN 2626
	200 - 1000	Line blanks PN 10, type A, B, C, facing AA	P235GH	DIN 2626
Hexagon head bolts	M12 – M33	Hexagon head bolt	25CrMo4	DIN 21057-10
Stud bolts	M12 – M33	Stud bolt	25CrMo4	DIN 21057-10
Nuts	M12 – M33	Hexagon nut	25CrMo4	DIN 21057-10
Washer	12 - 33	Washer	Steel	DIN 21057-10
<p>a) Up to three nominal diameter decrements are allowed.  b) Table 6 shows the reference for eligible branch types for each nominal diameter combination.</p>				

## 4 Dimensions

**Table 3 — Dimensions 10CA03B1**


DN <sup>a)</sup>	D [mm]	Component wall thicknesses [mm]			
		Pipe	Elbow type A	Reducer type B <sup>d)</sup>	Cap type A
15	21.3	4.0 <sup>b)</sup>	4.0	-	-
20	26.9	4.0 <sup>b)</sup>	4.0	4.0	4.0
25	33.7	4.0 <sup>b)</sup>	4.0	4.5	4.0
(32)	42.4	4.0 <sup>b)</sup>	4.0	5.0	4.0
40	48.3	4.5 <sup>b)</sup>	5.0	5.0	5.0
50	60.3	4.5 <sup>b)</sup>	5.6	5.6	5.6
(65)	76.1	5.0 <sup>b)</sup>	5.6	7.1	5.6
80	88.9	5.6 <sup>b)</sup>	5.6	8.0	5.6
100	114.3	6.3	6.3	8.8	6.3
(125)	139.7	6.3	6.3	6.3	6.3
150	168.3	6.3	7.1	7.1	7.1
200	219.1	6.3	6.3	8.0	7.1
250	273.0	6.3	6.3	8.8 <sup>c)</sup>	6.3
300	323.9	7.1	7.1	10.0	7.1
350	355.6	7.1	8.0	10.0	8.0
400	406.4	8.0	8.8	10.0	8.8
(450)	457	8.8	10.0	10.0	10.0
500	508	8.8	11.0	11.0	10.0
600	610	10.0	12.5	12.5	10.0
700	711	11.0	12.5	12.5	10.0
800	813	11.0	12.5	12.5	10.0
900	914	12.5	12.5	12.5	12.5
1000	1016	12.5	12.5	25.0	12.5

a) Values in parentheses shall be avoided.  
b) Suitable for 5D machine bend  
c) If the wall thickness  $T_1$  at the reduced nominal diameter is less than the corresponding pipe wall thickness of the connecting pipe, it is recommended to select the next higher wall thickness series according to DIN EN 10253-2.  
d) The specified dimension indicates the wall thickness T according to DIN EN 10253-2 at the non-reduced nominal diameter. Please refer to the technical delivery condition according to Table 2 for additional dimensions.

#### **A.4. FITXA DE SEURETAT DEL COMPOSTOS**

A continuació, es mostren les fitxes de seguretat dels compostos

**MDI-MDA Tarragona**

Código de producto	2205 (22005)	
Producto	Vapor 1.2bar hasta 2.5bar	

Radiografiado		Clase de riesgo para vertido en aguas residuales	R.D. 769 ( DEP )			
Proyecto	Mantenimiento		Peligrosidad	Grupo	DN	Categoría
				G2	15-400	Art. 3.3
					450-600	I
		TA Luft				

Observaciones:  
Según Werknorm 1203-3:1999-05, el código de producto es 22005.Vapor <=2.5bar.

Pintura:  
ROJO

Diámetro nominal	Tipo de tubería	Tipo de junta	Condiciones de trabajo		Condiciones de diseño		Condiciones de prueba			
			Presión bar	Temperatura C°	Presión bar	Temperatura C°	Prueba de presión		Prueba de estanqueidad	
							Fluido	Presión bar	Fluido	Presión bar
15-600	10BD101	MA	1.2/2.5	130-200	-1/2.5	200	Aire/agua	3,75	Aire	0,3

Válvulas2

Rango de diámetros de utilización	Tipo de valvulería	Fecha	Observaciones
15-80	V1	21.06.89	
200-600	S14	06.09.89	
15-150	R3	13.11.89	
100-150	V1A		

2	30/05/05	Salas	Condiciones de Prueba/RD 769/juntas
1	30/09/99	ITP/TPI	PASADA HOJA A SISTEMA INFORMATICO Y AÑADIDO NUEVO CODIGO DE PRODUCTO
REV.	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION





## HIDROXIDO DE SODIO SOLUCION 32%

Versión 1.0

Fecha de revisión 27.09.2022

Fecha de impresión 28.09.2022

### SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1 Identificador del producto

### HIDROXIDO DE SODIO SOLUCION 32%

No. CAS: 1310-73-2

Número del material: 05452384

#### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

##### Uso:

Insumo para aplicaciones industriales

Para obtener información detallada sobre los usos identificados según la REACH-normativa (EU) n.º 1907/2006, consulte el anexo de esta hoja de datos de seguridad.

#### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Covestro Deutschland AG  
COVDEAG-CEO-GI-GQ-GPS&RA-GPS&I  
D-51365 LEVERKUSEN

Tel.: +49 214 6009 8134

Email: ProductSafetyEMLA@covestro.com

#### 1.4 Teléfono de emergencia

+1-703-527-3887 (Chemtrec)

### SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

#### 2.1 Clasificación de la sustancia o mezcla

Corrosivos para los metales, Categoría 1 (H290)

Corrosión cutáneas, Sub-categoría 1A (H314)

Lesiones oculares graves, Categoría 1 (H318)

#### 2.2 Elementos de la etiqueta



Peligro

#### Componentes determinantes del peligro para el etiquetado

Hidróxido de sodio; sosa cáustica

#### Indicaciones de peligro:

H290 Puede ser corrosivo para los metales.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

#### Consejos de prudencia:

P280 Llevar guantes/ ropa de protección/ equipo de protección para los ojos/ la cara.

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P303 + P361 + P353 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua.

P304 + P340 + P310 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/ médico.

P305 + P351 + P338 + P310 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/ médico.

P390 Absorber el vertido para que no dañe otros materiales.

### 2.3 Otros peligros

Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (vPvB) a niveles del 0,1% o superiores.

## SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

**Tipo de producto:** Mezcla

### 3.2 Mezclas

#### Componentes peligrosos

Hidróxido de sodio; sosa cáustica

Concentración [% en peso]: aprox. 32

No. Índice: 011-002-00-6

No. CE: 215-185-5

Número de registro REACH: 01-2119457892-27-0006

No. CAS: 1310-73-2

Clasificación (1272/2008/CE): Corr. met. 1 H290 Corr. cut. 1A H314 Les. oc. 1 H318

Límites de concentración específicos (SGA):

Corr. cut. 1A	H314	>= 5 %
Irrit. cut. 2	H315	0,5 - < 2 %
Irrit. oc. 2	H319	0,5 - < 2 %
Corr. cut. 1B	H314	2 - < 5 %

#### Lista de sustancias candidatos altamente preocupantes para su Autorización

Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes en concentraciones que sea obligatorio notificar (Reglamento REACH (CE) N° 1907/2006, Artículo 59).

## SECCIÓN 4: Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

**Recomendaciones generales:** Retirar a los accidentados de la zona de peligro protegiéndose a uno mismo. Despojarse inmediatamente de la ropa contaminada (incluida ropa interior y zapatos).

**Si es inhalado:** Sacar a la persona accidentada al aire libre. En caso de dificultades respiratorias, dar inhalaciones de oxígeno, procurar que el intoxicado no se mueva y protegerlo contra la pérdida de calor. Llame inmediatamente al médico.

**En caso de contacto con la piel:** En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua. Vendaje protector esterilizado, consultar al dermatólogo.

**En caso de contacto con los ojos:** Enjuagar los ojos con agua templada manteniendo los párpados abiertos, durante un periodo suficiente (10 minutos como mínimo). Consultar al oculista.

**Por ingestión:** En caso de ingestión, enjuáguese la boca con agua (solamente si la persona está consciente). NO provocar el vómito, pedir la asistencia médica.

### 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

**Notas para el médico:** Referencias sobre toxicología, véase apartado 11.

### 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

**Acciones terapéuticas:** Primeros auxilios, descontaminación, tratamiento sintomático. Según la cantidad respirada, dosificar aerosol de corticoide.

## SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

### 5.1 Medios de extinción

**Medios de extinción apropiados:** Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Espuma, polvo extintor, en caso de incendios graves utilizar además chorro de agua pulverizada.

**Medios de extinción no apropiados:** Chorro de agua de gran volumen

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

En caso de incendio puede formarse monóxido de carbono,

dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y trazas ligerísimas de cianuro de hidrógeno (ácido cianhídrico). En caso de incendio o de explosión, no respire los humos.

### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

En la lucha contra incendios se requiere un equipo de protección respiratoria con alimentación autónoma de aire y traje de protección química total.

Combatir el foco del incendio, siempre que no sea peligroso intervenir. Los depósitos que corren peligro se enfriarán con agua y, si es posible, se retirarán de la zona de peligro. Evitar que el agua de extinción contaminada entre en contacto con la tierra o se mezcle con las aguas subterráneas y superficiales.

## SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Usar vestimenta de protección (véase sección 8). Procúrese aireación/renovación del aire suficiente. Mantener lejos a las personas ajenas.

### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No echar al agua superficial o al sistema de alcantarillado sanitario.

### 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Recoger con un absorbente de productos químicos o con arena seca. Introducir en recipientes cerrados, debidamente marcados. Depositar también el material empleado en la limpieza en recipientes cerrados.

### 6.4 Referencia a otras secciones

Eliminación adicional véase sección 13.

## SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

Las condiciones generales de uso se especifican con más detalle en el anexo de acuerdo con el Reglamento REACH (CE) n.º 1907/2006.

Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia. Disponer de la suficiente renovación del aire y/o de extracción en los lugares de trabajo.

Los trabajos se realizarán de forma que los operarios no queden expuestos a los efectos del producto. Dirigir

el aire residual industrial a la atmósfera sólo a través de separadores o lavadores idóneos.

Hay que adoptar medidas generales contra la acumulación de cargas electrostáticas que pueden producirse en función de los aparatos, la manipulación y el embalaje de los productos.

Deben cumplirse las medidas de protección exigidas para la manipulación de sustancias irritativas y corrosivas. Evitar absolutamente el contacto con la piel y los ojos, así como la inhalación de los vapores.

Observar estrictamente las normas de higiene industrial y personal. Manténgase lejos de alimentos y condimentos. Lávense las manos antes de los descansos y después de terminar la jornada laboral. Mantenga separadas las ropas de trabajo del resto del vestuario. Quitarse enseguida la ropa sucia o impregnada y vestir otra limpia. Si el traje de protección total se contamina, dúchese primero con el traje puesto.

### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Consérvese el recipiente seco y herméticamente cerrado en lugar fresco y bien ventilado.

### 7.3 Usos específicos finales

Para obtener información detallada sobre los usos identificados según la REACH-normativa (EU) n.º 1907/2006, consulte el anexo de esta hoja de datos de seguridad.

## SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

Las medidas de gestión de riesgos se especifican con más detalle en el anexo de acuerdo con el Reglamento REACH (CE) n.º 1907/2006.

### 8.1 Parámetros de control

#### Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

Sustancia	No. CAS	Base	Tipo	Valor	Valor Límite Máximo	Observaciones
Hidróxido de sodio; sosa cáustica	1310-73-2	VLA (ES)	VLA-E C	2 mg/m3		

#### Nivel sin efecto derivado (DNEL)

##### Hidróxido de sodio; sosa cáustica

Tipo valor	Vía de exposición	Efectos sobre la salud	Valor	Observaciones
Trabajadores	Inhalación	A largo plazo - efectos locales	1 mg/m3	Criterio de valoración más sensible: Irritación (sistema respiratorio)
Trabajadores	Inhalación	Aguda - efectos locales		Sin datos disponibles
Trabajadores	Cutáneo	A largo plazo - efectos locales		Sin datos disponibles
Trabajadores	Cutáneo	Aguda - efectos locales	< 2 %	

#### Concentración prevista sin efecto (PNEC)

##### Hidróxido de sodio; sosa cáustica

Compartimento	Valor	Observaciones
Agua dulce		No aplicable
Sedimento de agua dulce		No relevante
Agua de mar		No aplicable
Sedimento marino		No relevante

Planta de tratamiento de aguas residuales		No aplicable
Suelo		No relevante
Oral		No relevante

**8.2 Controles de la exposición****Controles técnicos apropiados**

Medida técnica de seguridad para limitar la exposición ambiental, véase también en la Sección 7 "Manipulación y almacenaje".

**Protección respiratoria**

En caso de formarse vapores, es necesario el uso de protección respiratoria. En caso de presencia de gases, usar hasta 0,5% en volumen filtro protector combinado con DIN EN 141 B-P2 (color característico gris/blanco) y hasta 1% en volumen filtro protector combinado con DIN EN 141 B-P3. Para mayores concentraciones o en condiciones no definidas claramente, usar aparato de protección respiratoria independiente.

Si procede, en el anexo se encuentran recomendaciones adicionales sobre la protección respiratoria.

**Protección de las manos**

Materiales adecuados para guantes de protección; EN 374:

Caucho natural - NR: espesor  $\geq 0,5\text{mm}$ ; Tiempo de rotura  $\geq 480\text{min}$ .

Policloropreno - CR: espesor  $\geq 0,5\text{mm}$ ; Tiempo de rotura  $\geq 480\text{min}$ .

Caucho nitrilo - NBR: espesor  $\geq 0,35\text{mm}$ ; Tiempo de rotura  $\geq 480\text{min}$ .

Poli(cloruro de vinilo) - PVC: espesor  $\geq 0,5\text{mm}$ ; Tiempo de rotura  $\geq 480\text{min}$ .

Caucho fluorado - FKM: espesor  $\geq 0,4\text{mm}$ ; Tiempo de rotura  $\geq 480\text{min}$ .

Caucho butilo - IIR: espesor  $\geq 0,5\text{mm}$ ; Tiempo de rotura  $\geq 480\text{min}$ .

Recomendación: gestionar los guantes contaminados.

**Protección de los ojos**

Úsese protección para los ojos/la cara.

**Protección de la piel y del cuerpo**

Usar vestimenta impermeable de protección. En caso de contacto con el producto (p.e: en la toma de muestras, derrame o fuga de producto): ropa de protección total o contra productos químicos.

**SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas****9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Estado físico: líquido a 20 °C a 1.013 hPa

Aspecto: líquido

Color: incoloro

Olor: casi inodoro

Límite umbral de olor: no determinado

pH:  $> 14$  a 100 g/l a 20 °C

Temperatura de solidificación: aprox. 7 °C

Punto /intervalo de ebullición: 120 °C a 1.013 hPa

Punto de inflamación: no se inflama

Tasa de evaporación: no determinado

Inflamabilidad (sólido, gas): No aplicable

Índice de combustibilidad: No aplicable

Límites superior/inferior de inflamabilidad o de explosividad: no determinado

Presión de vapor: no determinado

Densidad relativa del vapor: no determinado

Densidad: 1,349 g/cm<sup>3</sup> a 20 °C

DIN 51757

Miscibilidad con agua: miscible a 15 °C

Solubilidad en agua: no determinado

Tensión superficial: no determinado

Coeficiente de reparto (n-octanol/agua):	no determinado
Temperatura de auto-inflamación:	No aplicable
Temperatura de ignición:	No aplicable
Temperatura de descomposición:	no determinado
Calor/calefacción de combustión:	no determinado
Viscosidad, dinámica:	17 mPa.s a 20 °C
Viscosidad, cinemática:	no determinado

## 9.2 Otra información

Los valores indicados no se corresponden necesariamente con la especificación del producto. Consulte los datos de la especificación en la hoja de información del producto o la hoja de información técnica.

Propiedades explosivas:	no determinado
Clase de explosión del polvo:	No aplicable
Propiedades comburentes:	no determinado

## SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

### 10.1 Reactividad

Esta información no está disponible.

### 10.2 Estabilidad química

Esta información no está disponible.

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacciona violentamente con ácidos y con metales no nobles, como aluminio, magnesio y cinc, formando hidrógeno. Estable en condiciones normales.

### 10.4 Condiciones que deben evitarse

Esta información no está disponible.

### 10.5 Materiales incompatibles

Aluminio Metales ligeros Metales Cinc vidrio

### 10.6 Productos de descomposición peligrosos

Ningún producto de descomposición peligroso si se almacena y maneja correctamente.

## SECCIÓN 11: Información toxicológica

No se dispone de estudios toxicológicos del producto.

A continuación encontrará los datos toxicológicos disponibles de los componentes (componentes peligrosos).

### 11.1. Información sobre las clases de peligro de conformidad con el Reglamento (CE) nº 1272/2008

#### Toxicidad aguda, oral

Hidróxido de sodio; sosa cáustica

No existen datos válidos disponibles.

No es necesario el estudio por razones científicas.