

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID

PROJECTE DE FINAL DE GRAU
Enginyeria Química

Juny 2026

Tomás Cabeza Rabadán
Anna Del Río Duran
Arnau Martínez Valle
Júlia Pons Salvatella
Víctor Rico Fernández
Edgar Jordan Delgado

TUTOR
Rafa Bosch Palacios

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID

PROJECTE DE FINAL DE GRAU
Enginyeria Química

CAPÍTOL 2: EQUIPS



Taula de contingut

2.Equips.....	2
2.1. Introducció	2
2.2. Nomenclatura.....	2
2.3. Descripció dels equips.....	2
2.3.1. Tancs d'emmagatzematge	3
2.3.2. Mescladors estàtics.....	4
2.3.3. Bescanviadors de calor	6
2.3.5 Reactor	9
2.3.6 Columna d'absorció	14
2.3.6 Oxidador tèrmic regeneratiu (RTO)	17
2.3.7 Calderes.....	19
2.3.8 Sistemes i instal·lacions contra incendis.....	20
2.3.9 Descalcificadora	21
2.3.10 Estació transformadora.....	22
2.4 Llistat d'equips	22
2.4.1 Àrea 100. Emmagatzematge MMPP i sistemes d'obtenció d'aire.....	22
2.4.2 Àrea 200. Escalfament i formació de la mescla reactiva.	23
2.4.3 Àrea 300. Equips de reacció.....	24
2.4.4 Àrea 400. Etapa d'absorció de formaldehid.	25
2.4.5 Àrea 500. Tractament de corrent gasós	26
2.4.6 Àrea 600. Emmagatzematge formaldehid.	27
2.4.7 Àrea 700. Serveis auxiliars.	28
2.5 Fulls d'especificacions.....	29
2.5.1 Àrea 100	29
2.5.2 Àrea 200	33
2.5.3 Àrea 300	42
2.5.4 Àrea 400	51
2.5.5 Àrea 500	61
2.5.6 Àrea 600	62
2.5.7 Àrea 700	70
2.6 Bibliografia	86

2. Equips

2.1. Introducció

FormalAir necessita un conjunt d'equips pel bon funcionament de la planta, d'aquesta manera garantir el correcte funcionament del emmagatzematge, serveis auxiliars i del procés de producció

En aquest apartat s'especificaran tots els equips emprats en el nostre projecte amb les seves dimensions explicades detalladament.

Al present capítol es presentarà el llistat complet dels equips de la planta junt amb els seus corresponents fulls d'especificacions. A continuació es mostraran conforme l'àrea a la que corresponguin.

2.2. Nomenclatura

Com a tota indústria, FormalAir ha establert un sistema de nomenclatura per poder diferenciar fàcilment l'equip.

El sistema establert és el següent:

X-YZZ

Per X; Lletra on indica l'equip corresponent, a la Taula 2.1 es mostra el llistat.

Per Y; Número que identifica l'àrea on es troba l'equip.

Per Z; Número que indica exactament l'equip per orde seqüencial.

Taula 2.1- Nomenclatura dels equips X.

Equip	Lletra
Bomba	P
Reactor	R
Absorbidor	A
Tanc d'emmagatzematge	T
Bescanviador de calor	BC
Torre de refrigeració	TR
Mesclador	M
Caldera	BO
Sistema d'impulsió de gasos	B
Regenerador Tèrmic Oxidatiu	RTO
Descalcificadora d'aigua	DC
Estació transformadora	ET

2.3. Descripció dels equips

Tots els equips han estat dissenyats seguint les normatives APQ, decrets del BOE i les ITC. Donat les característiques de les substàncies emprades, s'han utilitzat tots els equips amb mesures ATEX.

Seguidament s'han descrit tots els equips emprats a la planta FormalAir. Els càlculs realitzats per dissenyar els equips són al *Capítol 11. Manual de càlculs*.

2.3.1. Tancs d'emmagatzematge

L'objectiu dels tancs d'emmagatzematge es poder emmagatzemar la matèria prima per poder usar en planta i emmagatzemar el producte final per poder ser traslladat fins els camions cisterna.

FormalAir consta de 6 tancs d'emmagatzematge. Primerament 2 tancs per emmagatzemar el metanol. Ambdós tancs compten amb una capacitat de 500m^3 , els dos preparats per rebre la descarrega dels camions cisterna, sent aquesta de $90\text{ m}^3/\text{h}$.

Els altres quatre tancs d'emmagatzematge restants son pel producte final, sent una solució aquosa al 37% de formol amb un 8,8% de metanol utilitzat com a estabilitzant. El conjunt dels quatre tancs tenen una capacitat de 2000 m^3 per poder emmagatzemar fins a cinc dies sense realitzar cap descarrega. Consta amb la capacitat de fer descarregues de fins a $160\text{ m}^3/\text{h}$ per a quatre camions alhora. Cada tanc te una capacitat de 500 m^3 .

Tots els tancs de la planta compten amb un sistema de *blanketing* per poder internitzar l'espai buit del tanc eliminant tot l'oxigen present i controlar les variacions de pressió degut a les variacions del nivell del tanc. Al tractar substàncies inflamables com el metanol i el formaldehid, s'ha de tenir molt controlat que no entri aire de l'atmosfera, ja que podria provocar possibles incendis o explosions.

Els tancs també compten amb un sistema de control de pressió el qual es detalla al *Capítol 3, Control i Instrumentació*. També mencionar que els sis tancs compten amb cubetes de retenció en cas de possibles vessaments de líquids. Els respectius càlculs es troben al *Capítol 11, Manual de Càlcul*.

Els sis tancs operen a 50 mbar més que la pressió atmosfèrica, a temperatura ambient i instal·lats a nivell de terra. Com s'ha esmentat, al treballar amb substàncies corrosives i inflamables aquest tancs són fabricats d'acer inoxidable AISI 316L.

A la Taula 2.2 es mostren els tancs d'emmagatzematge amb la seva respectiva nomenclatura.

Taula 2.2- Tancs d'emmagatzematge

Equip	Zona	Funció
TE-101	100	Tanc d'emmagatzematge de metanol 1. Rep les descarregues dels camions cisterna.
TE-102	100	Tanc d'emmagatzematge de metanol 2. S'utilitza com a tanc pulmó per la producció.
TE-601	600	Tanc d'emmagatzematge de formaldehid
TE-602	600	Tanc d'emmagatzematge de formaldehid
TE-603	600	Tanc d'emmagatzematge de formaldehid
TE-604	600	Tanc d'emmagatzematge de formaldehid

2.3.2. Mescladors estàtics

A diferència dels mescladors comuns (dinàmics), FormalAir utilitza mescladors estàtics. Aquests són dispositius del procés per unir i mesclar dos corrents en operacions contínues. A diferència dels mixers dinàmics, al efectuar la mescla no es necessita una part mòbil, efecte que permet estalviar energia i disminuir la possibilitat de generació d'espurnes pel fregament.

- M-201; El mesclador M-201 és l'encarregat d'unir els corrents dels reactius, és a dir, el corrent de metanol provenint de l'evaporador previ (fase gas) amb el corrent també en fase gas d'aire atmosfèric.

En tractar-se d'una mescla de gasos (oxigen i metanol) (a més de nitrogen que actua com a inert), és important garantir una homogeneïtzació perfecta i instantània per evitar fluctuacions de concentració que puguin generar *hot spots* al catalitzador o entrar dins dels límits d'explosivitat de la mescla.

El material escollit per la seva fabricació ha sigut l'acer inoxidable AISI 316L per evitar qualsevol guspira o desprendiment de partícules que puguin afectar el llit catalític.

Els cabals de metanol i aire tenen un valor de 2,78 kmol/min i 29,83 kmol/min respectivament just abans de la seva entrada al reactor catalític. Degut als elevats cabals d'operació i el gran diàmetre de la canonada requerida, s'ha descartat l'ús de mescladors dinàmics a causa del seu alt consum energètic, elevat cost de capital i complexitat de manteniment. En el seu lloc, s'ha optat per un mesclador estàtic amb les següents característiques;

En primer lloc, el sistema compta amb una graella d'injecció prèvia també anomenat *sparger*. Aquest element s'encarrega d'introduir el vapor de metanol a través de múltiples broquets distribuïts per la secció transversal de la canonada, aconseguint una pre-distribució del metanol en el gran volum d'aire.

Tot seguit, el flux travessa un mesclador estàtic de plaques corrugades. El disseny intern d'aquest mesclador consisteix en un conjunt de làmines metàl·liques que s'encarreguen d'homogeneïtzar completament la mescla. Un dels punts forts pels quals es va decantar per escollir aquest tipus de mesclador, a més de pel fet que és el més recomanat per mescles en estat gasós, és el fet que requereix una longitud de canonada molt curta per assolir el grau de mescla òptim, la qual cosa es tradueix en una pèrdua de càrrega menyspreable. Aquest aspecte és important degut que pot baixar considerablement el consum elèctric dels equips d'impulsió de gasos.

Pel que fa als materials de construcció del mesclador M-201, s'ha determinat que tant la graella d'injecció com la canonada i les plaques corrugades internes es fabriquin en acer inoxidable AISI 316L. Aquesta especificació és important per una doble raó de seguretat i procés: d'una banda, evita qualsevol possible generació d'espurnes per la fricció dels gasos a alta velocitat; d'altra banda, prevé el desprendiment de partícules d'òxid que poguessin ser arrossegades pel flux gasós i acabar embrutant o desactivant el catalitzador al reactor.

- M-401; El següent equip de mescla de la planta, denominat M-401, es troba ubicat a la secció final del procés. La seva funció és la mescla del corrent aquós de formaldehid (provinent de les cues de l'absorbidor) amb un corrent de metanol líquid per així obtenir la formulació final i correcta del producte desitjat.

Com s'ha comentat, l'objectiu d'aquesta operació és l'estabilització del producte final. El formaldehid en solució aquosa tendeix a polimeritzar formant paraformaldehid sòlid si no es manté a temperatures elevades. La injecció i mescla ràpida d'aquest metanol actua com a agent inhibidor, permetent assolir la formulació comercial estàndard desitjada, garantint així la viabilitat del seu emmagatzematge a temperatura ambient.

De la mateixa manera que en la línia de gasos, s'ha descartat l'ús d'un tanc amb agitació mecànica i s'ha optat per un mesclador estàtic en línia per a aquesta operació líquid-líquid. Degut que l'aigua i el metanol presenten viscositats baixes i compatibles, s'ha seleccionat un disseny d'elements interns de tipus helicoidal (*Figura 2.2*). Aquest disseny intern talla i divideix el flux radialment a mesura que el fluid avança per la canonada, assegurant una dispersió ràpida a nivell molecular de l'estabilitzant sense pràcticament consum energètic.

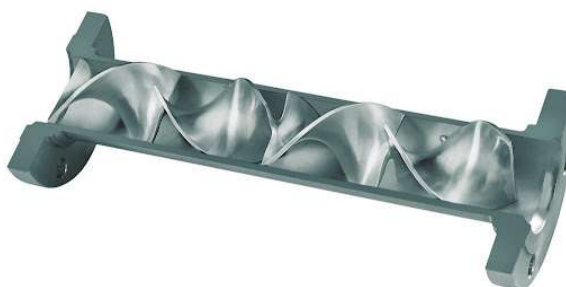


Figura 2.2. Mesclador estàtic tipus helicoidal.

Finalment, pel que fa als materials de construcció, el mesclador M-401 s'ha fabricat en acer inoxidable AISI 316L. De la mateixa manera que per a totes les canonades i equips que transporten el producte líquid final degut el caràcter corrosiu de la solució a causa de la presència de traces d'àcid fòrmic generades com a subproducte al reactor.

Els mescladors anteriors, s'encarreguen de tractar corrents del procés, ja sigui reactius o productes, en canvi els mescladors a continuació tracten corrents d'aigua (o vapor) de servei.

- M-202; Aquest mesclador mescla els dos corrents de sortida del BC-203. Ambdós son aigua líquida a alta temperatura.
- M-302; Aquest equip s'encarrega de mesclar els dos corrents de sortida del BC-301. Aquests dos corrents, de la mateixa manera que en el M-202 son aigua a alta temperatura.
- M-701; De la mateixa manera que els mescladors anterior, aquest equip s'encarrega de mesclar els corrents d'aigua a alta temperatura provinents del bescanviador BC-701.

Finalment cal implementar un equip de divisió de cabal, és a dir, un equip amb una funció oposada a la d'un mesclador. Aquest equip és el M-301;

- M-301; El sistema de distribució de vapor s'articula al voltant d'un col·lector central, un equip mecànic dissenyat específicament per rebre, gestionar i repartir eficientment l'energia tèrmica alliberada per la reacció principal. Aquest distribuïdor rep la corrent de vapor a 200 °C i 15 bar, amb un cabal d'entrada de 10730 kg/h.

A nivell de disseny, el col·lector es dissenya amb un diàmetre notablement superior al de la canonada d'alimentació, una característica fonamental que permet reduir dràsticament la velocitat del vapor, estabilitzar la pressió estàtica al seu interior i garantir un subministrament constant cap als diferents ramals sense fluctuacions. A més, l'equip ha d'estar completament calorifugat per evitar pèrdues energètiques i incorpora a la seva part inferior un pou de goteig amb purga de condensats, indispensable per evacuar l'aigua líquida i protegir la instal·lació contra perillosos cops d'ariet.

De la part superior o lateral alta d'aquest cos central, per assegurar que només s'extreu vapor sec, neixen les quatre línies de sortida:

- La primera deriva un cabal de 1325 kg/h cap al bescanviador BC-202, l'equip encarregat de pre-escalfar els reactius abans de la seva entrada al reactor.
- La segona sortida alimenta amb 125 kg/h al bescanviador BC-301 per a les seves funcions d'escalfament.
- La tercera sortida subministra un cabal idèntic de 125 kg/h al bescanviador BC-203.
- Finalment, degut que l'objectiu del procés és l'aprofitament màxim de tota l'energia produïda i no hi ha més demanda interna, un quart ramal principal exporta el cabal sobrant de 9153 kg/h cap a una planta veïna on podran utilitzar-lo per a les seves necessitats.

2.3.3. Bescanviadors de calor

La planta de FormalAir disposa de diferents bescanviadors de calors, equips que es basen en la transferència de calor d'un fluid calent a un fluid fred. El principi de funcionament d'aquests equips és la diferència de temperatures que presenten aquests dos fluids, la qual funciona com a força impulsora per aquesta transferència energètica. En la seva totalitat, s'ha optat per bescanviadors de carcassa i tubs *Figura 2.3*, degut que son equips molt comuns industrialment quan es treballa amb cabals d'operació molt elevats en estat gasos o líquid. A continuació, es detallen els dissenys i característiques dels mateixos.

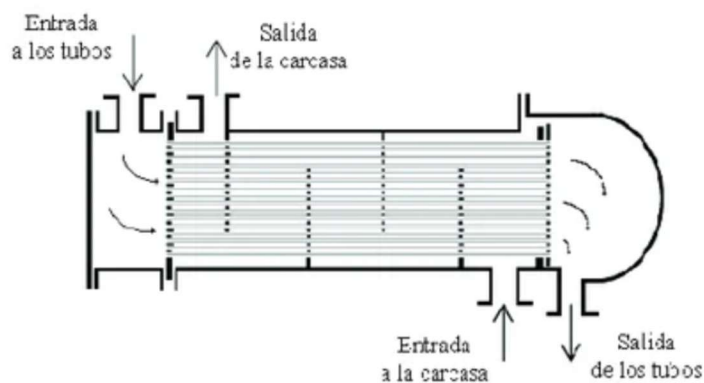


Figura 2.3. Bescanviador de calor de carcassa i tubs.

Cal esmentar que el disseny d'aquests s'ha realitzat mitjançant el Simulador *Aspen Exchanger Design and Rating V14.2 (EDR)*, el procés de càlcul es troba a l'*apartat 11 Manual de Càlcul*. El fluid de procés, és a dir, la mescla reactiva, producte o corrent de major interès circularà sempre per tubs, mentre que el refrigerant, aigua o vapor circularà per carcassa en tots els casos.

- BC-201; Bescanviador de carcassa i tubs que tracta el corrent líquid de metanol provinent del seu tanc d'emmagatzematge i l'evapora per passar a fase gas perquè d'aquesta manera es pugui mesclar posteriorment amb l'aire generant així la mescla reactiva. El corrent de metanol circularà per l'interior dels tubs mentre que el corrent escalfador circularà per la carcassa. Com a corrent calent, s'utilitzarà el corrent gasos de sortida del reactor, d'aquesta manera, s'aprofita el calor que s'ha generat al reactor degut a la reacció exotèrmica i que ha quedat al corrent de sortida.

S'obté així un doble benefici, d'una banda no hi ha despesa energètica per evaporar el cabal de metanol ni hi ha despesa energètica per refrigerar el cabal de sortida del reactor. Aquest model es reproduïx constantment a la planta, ja que degut al seu fort caràcter exotèrmic (no només al reactor sinó també a la columna d'absorció) les necessitats de calor a la planta queden cobertes per la pròpia calor emesa a les diferents parts del procés, sent així una planta pràcticament autònoma energèticament.

- BC-202; Bescanviador de carcassa i tubs que tracta la mescla reactiva de metanol i aire abans de la seva entrada al reactor. Per acabar d'ajustar la temperatura d'entrada al reactor, és necessari implementar un altre bescanviador que augmenti la temperatura fins a la desitjada i òptima calculada.

Com s'ha comentat anteriorment, les necessitats de calor de la planta queden cobertes per la calor emesa a altres punts del procés, en aquest cas, el fluid calent utilitzat és el vapor generat al reactor (vapor a 15 bar i 200°C). El vapor circularà per la carcassa mentre que el corrent de procés circularà per l'interior dels tubs.

- BC-401; En aquest cas, a diferència del bescanviador anterior, l'objectiu és refredar el corrent de procés, concretament el corrent d'entrada a la columna d'absorció. A mesura que

augmenta la temperatura de la mescla a la columna, disminueix l'eficiència de la mateixa i més costa de separar el formaldehid i metanol dels altres compostos presents a la mescla. És per aquest motiu que cal refredar aquest corrent abans d'introduir-lo a la columna.

Com a fluid refrigerant s'utilitzarà aigua descalcificada de procés, ja que no cal baixar de la temperatura ambient (25°C). Posteriorment, aquesta aigua es refredarà mitjançant una torre de refrigeració.

- BC-402; De la mateixa manera que el bescanviador BC-401, aquest bescanviador de carcassa i tubs funciona com a *cooler*, es a dir, el seu objectiu es baixar la temperatura del corrent de procés. En aquest cas, el corrent a tractar és el provinent de la sortida líquida de la columna d'absorció per cues. Degut que l'absorció del formaldehid en aigua és una reacció exotèrmica, la mescla aquosa de formol que s'obté a la sortida de la columna té una temperatura relativament elevada (d'uns 70°C) i per tant és important refredar-la a la temperatura desitjada pel seu emmagatzematge abans d'entrar al dipòsit d'emmagatzematge final. Ja que no s'ha de baixar per sota de la temperatura ambient, s'utilitzarà com a refrigerant aigua descalcificada que es refredarà posteriorment amb una torre de refrigeració.
- BC-701; Aquest bescanviador de carcassa i tubs, a diferència dels bescanviadors anteriors, no forma estrictament part del procés sinó que es troba a la zona de serveis (Àrea 700). La seva funció és tractar l'aigua calenta que surt del bescanviador BC-401 i baixar la seva temperatura perquè aquesta es pugui tractar a la torre de refrigeració sense perill de patir evaporacions d'aigua excessivament elevades, l'aigua no pot arribar a la torre a més de 40°C.
- BC-203; Bescanviador de carcassa i tubs encarregat de pujar la temperatura de l'aigua que surt del bescanviador BC-202 mitjançant el vapor produït al reactor. Aquest és imprescindible ja que ens interessa tornar a tenir aigua líquida a 200°C per poder tornar a introduir-la al sistema de refrigeració del reactor i d'aquesta manera tancar el circuit de refrigerant i aprofitar la màxima energia possible. Tot i així no aconsegueix pujar la temperatura d'aquesta aigua fins als 200°C sinó que queda a uns 163,6°C, per aquest motiu caldrà un equip complementari que permeti augmentar més la temperatura, aquest és el següent equip, el BC-301.
- BC-301; Aquest equip és un bescanviador de carcassa i tubs, la seva funció és pujar la temperatura de l'aigua de servei provinent del BC-203 (que inicialment és el vapor d'aigua condensat del reactor) fins els 197°C. Com a fluid calefactor s'utilitza part del vapor que surt del sistema de refrigeració del reactor. Així és produeix un reaprofitament energètic i s'obté aigua a la temperatura d'entrada del sistema de refrigeració del reactor.

Tots els bescanviadors son dissenyats sota les normatives de seguretat indicades per les ITC i fabricats amb acer inoxidable 316L.

2.3.5 Reactor

Com s'ha comentat anteriorment en aquest document, la reacció principal que es duu a terme al procés FORMOX, és altament exotèrmica (uns 156300 J d'energia per mol de reacció alliberats). És per aquest motiu que industrialment s'utilitzen reactors tubulars amb un bescanvi de calor en format carcassa i tubs (*Figura 2.4*), d'aquesta manera també es pot incorporar el catalitzador fàcilment dins el reactor.



Figura 2.4. Mostra l'interior d'un reactor multitubular de carcassa i tubs.

Aquest format és altament eficient en la transferència de calor i permet controlar la temperatura de reacció evitant així un augment excessiu i repintí de la temperatura que podria donar lloc a una reacció descontrolada tipus *runaway*.

Per la part interior dels tubs es troba el catalitzador empaquet i és per on circularà el fluid reactiu. És important una distribució heterogènia del catalitzador per l'interior dels tubs (*Figura 2.5*), de mode que la concentració de catalitzador al llarg del reactor va augmentant progressivament.

D'aquesta manera els reactius no pateixen un gran xoc tèrmic al introduir-se al reactor sinó que la seva temperatura va augmentant progressivament així com la conversió del metanol. Per comprovar la importància d'aquest fet, s'han realitzat dos simulacions del reactor químic, la primera d'elles amb la distribució heterogènia mostrada a la *Figura 2.5* i la segona amb una distribució homogènia i clàssica de catalitzador pur al llarg de tot el reactor, els resultats es mostren a la *Taula 2.3*. Els codis de MATLAB utilitzats per la simulació dels dos models es mostren al *Capítol 11, Manual de càlculs*.

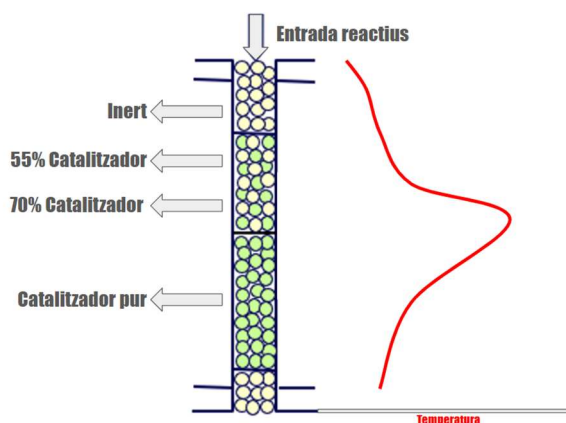
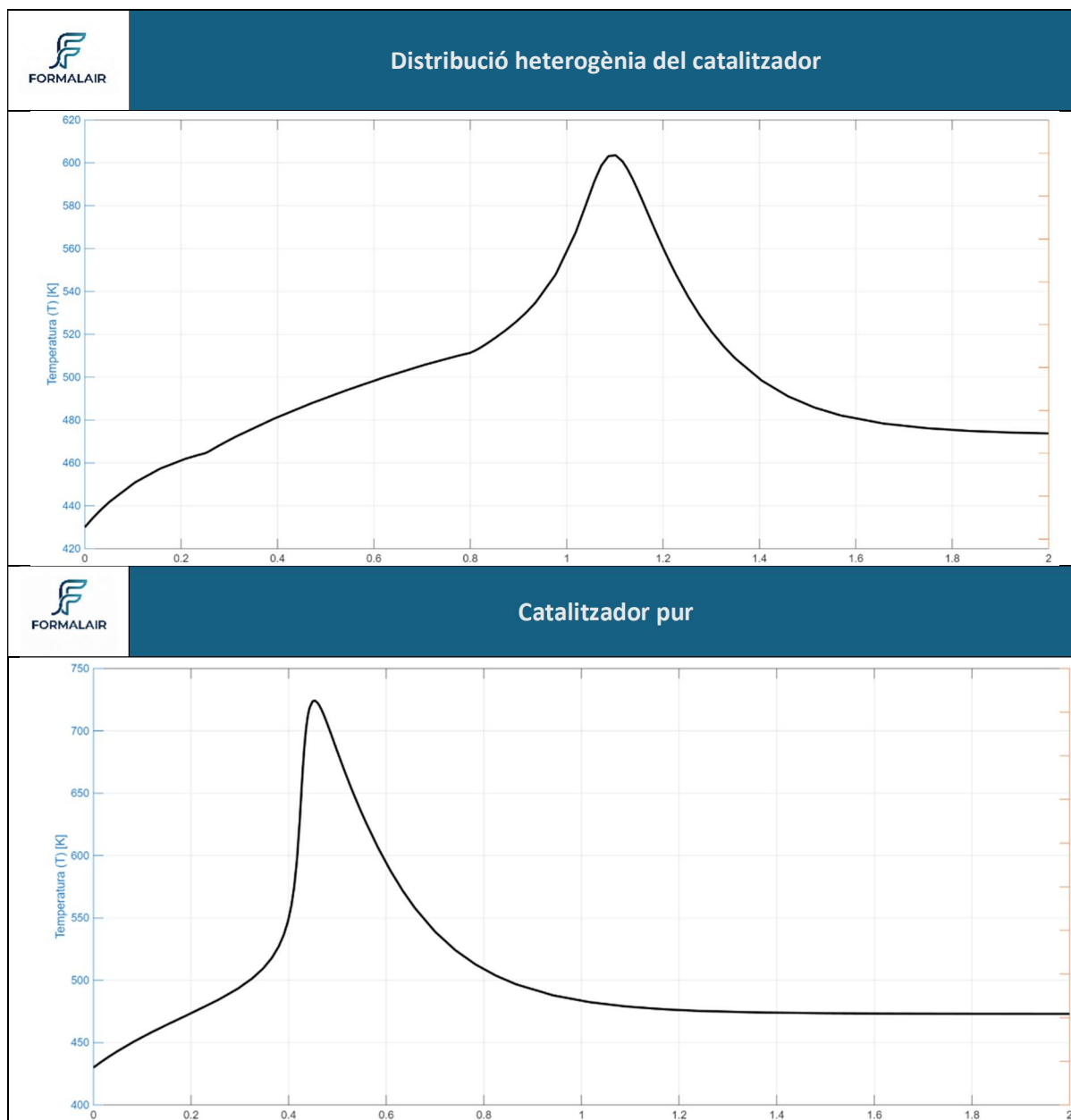


Figura 2.5. Distribució heterogènia del catalitzador i evolució de la temperatura.

Taula 2.3. Comparació evolució de temperatura entre distribució homogènia o heterogènia.



Com s'observa a la *Taula 2.3*, en el cas de la distribució heterogènia, la reacció es duu a terme de manera més controlada, augmenta progressivament la temperatura però sense variacions extremadament elevades, a més el pic de temperatura arriba fins al voltant dels 600 K (uns 327 °C), la qual cosa és important perquè a aquesta temperatura les reaccions secundàries encara no ocorren amb gran força.

També és interessant comentar que aquest pic de temperatura ocorre aproximadament en el punt $z=1,1\text{m}$ del reactor, és a dir, un punt entremig, aquest fet ens assegura que el punt crític de la reacció i per tant del reactor (altes temperatures i perill de reacció *runaway*) es mantindrà pràcticament

sempre dins del reactor davant possibles variacions en el cabal d'entrada i que en cap cas sortirà del reactor (davant d'un augment del cabal d'entrada per error al bufador).

En canvi, en la simulació realitzada suposant la incorporació de catalitzador pur al llarg de tot el reactor, s'observa un pic de temperatura molt proper a la entrada del reactor i una disminució sobtada d'aquesta immediatament després fins arribar als 473 K (200°C) o el que és el mateix, la temperatura del refrigerant. El pic de temperatura arriba fins més de 700 K (427°C), temperatura suficient per afavorir les possibles reaccions secundàries del procés FORMOX. A més, aquest augment tan elevat de temperatura ens indica que efectivament la reacció s'ha produït de manera descontrolada, és a dir, la calor generada per aquesta ha fet augmentar ràpidament la cinètica de la reacció, per tant, generant més calor i d'aquesta manera produint un bucle extremadament perillós.

Respecte el refrigerant, industrialment existeixen diferents alternatives per aquest. En primer lloc i probablement el més utilitzat industrialment degut a les altes temperatures a les que es treballa, l'oli tèrmic. A diferència de l'aigua, els fluids tèrmics permeten operar en un rang de temperatures d'entre 250 °C i 400 °C mantenint pressions de treball molt baixes, gairebé atmosfèriques. Això simplifica dràsticament el disseny mecànic del reactor (carcassa de baixa pressió), redueix els costos de construcció i augmenta la seguretat de l'operació, evitant la necessitat de sistemes d'aigua pressuritzada de més de 10 bars. A més, l'augment de temperatura generat a l'oli tèrmic al llarg del reactor, es pot utilitzar posteriorment per evaporar aigua a un evaporador d'aquesta manera generant vapor a alta pressió.

Una alternativa a l'oli tèrmic és l'ús d'aigua líquida com a refrigerant, que degut a les altes temperatures de treball s'evapora en contacte amb els tubs de reacció, d'aquesta manera absorbint una gran quantitat de calor en forma de calor latent, a diferència de l'oli tèrmic, que només utilitza calor sensible.

Aquesta alternativa presenta certs avantatges respecte l'oli tèrmic com és el seu gran poder calorífic (absorbeix 1,94 MJ/kg d'aigua evaporada a 200°C) un valor molt més elevat que el valor típic d'un oli tèrmic utilitzat industrialment ($C_p=2200$ J/kg·K).

A més, al estar en constant ebullició, el sistema que utilitza aigua en ebullició com a refrigerant presenta una temperatura del refrigerant constant mentre que en el cas de l'oli tèrmic, es pot produir un salt tèrmic d'entre 20 i 30 graus.

Per escollir una de les opcions, s'han realitzat dues simulacions del reactor per cadascuna d'aquestes alternatives.

En primer lloc s'ha realitzat una simulació seguint el model de refrigeració amb aigua en ebullició, utilitzant un cabal de refrigeració de 2,98 Kg/s, a més es pot trobar el perfil de temperatura tant del fluid en reacció com del refrigerant al llarg del reactor en la Taula 2.4.

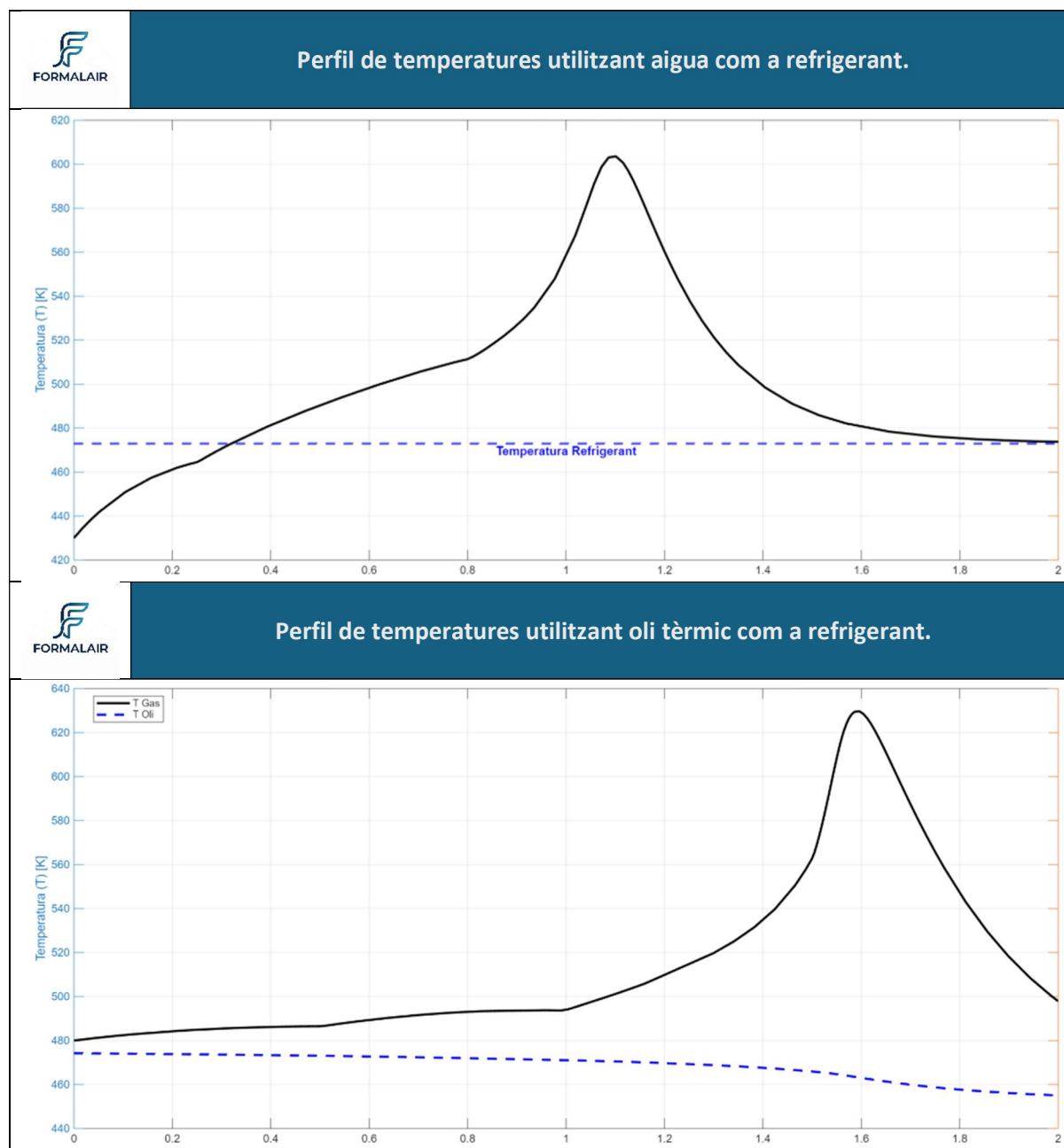
Respecte el refrigerant en format oli tèrmic (sense poder calorífic latent, únicament sensible), també s'ha realitzat una simulació del seu perfil de temperatures, tant del fluid de reacció com del refrigerant. El codi utilitzat es mostra al *Capítol 11 Manual de càlcul*.

És important remarcar que s'ha hagut d'incorporar un cabal de refrigerant de 170 kg/s, un cabal extremadament alt però necessari per controlar una reacció tan exotèrmica com és el cas de la produïda al procés FORMOX. La circulació del refrigerant s'ha dut a terme en contracorrent.

A més, per tal d'evitar una reacció descontrolada, temperatures excessivament altes o valors de conversió no reals, s'han hagut d'ajustar certs valors de disseny del reactor, com poden ser el nombre de tubs, distribució del catalitzador o temperatures d'entrada i sortida dels fluids. D'aquesta manera els valors de concentració de sortida del reactor son pràcticament idèntics als del reactor amb aigua. Tots aquests canvis es recullen al codi mostrat al *Capítol 11 Manual de Càlcul, a l'apartat de Reactor*.

Els resultats d'aquesta darrera simulació també es mostren a la *Taula 2.4*.

Taula 2.4. Perfils de temperatura al reactor en funció del refrigerant escollit.



Com es pot observar als resultats obtinguts a la *Taula 2.4*, al cas del reactor que utilitza oli tèrmic com a refrigerant, s'observen certes desviacions respecte un perfil ideal. En primer lloc, la temperatura màxima assolida és lleugerament superior al primer cas (630 K en el cas de l'oli tèrmic respecte els 603 K en el cas del reactor refrigerat per aigua) aquesta temperatura més elevada afavoreix la formació de reaccions secundàries com pot ser la formació de CO.

En segon lloc i com s'ha comentat anteriorment, el cabal d'operació del refrigerant és de 2,98 kg/s pel cas de l'aigua i de 170 kg/s en el cas de l'oli tèrmic, aquesta gran diferència entre cabals suposaria una inversió molt més gran en bombes i canonades, disparant d'aquesta manera el CAPEX de la instal·lació.

També s'ha de comentar que al treballar amb vapor a pressió en el cas de la refrigeració per aigua, s'ha de dissenyar una carcassa capaç de suportar pressions per sobre dels 20 bar (la pressió de treball és de 15,5 bar per la part de la carcassa) però aquest augment de CAPEX no és tan elevat com el del sistema de refrigeració amb fluid tèrmic.

Per tots aquests motius, la planta de producció de formaldehid comptarà amb un reactor refrigerat per aigua que s'evaporarà a mesura que absorbeixi la calor emesa per la reacció.

L'eficiència dels reactors utilitzats industrialment pel procés FORMOX és més alta a pressions properes a l'atmosfèrica. A més, al produir-se una reacció tan exotèrmica i amb productes inflamables, no és recomanable treballar a altes pressions. Per aquests motius, s'ha decidit treballar a una pressió d'entrada de 2 atm. Mitjançant l'equació d'*Ergun* s'ha calculat la pèrdua de pressió i s'ha obtingut un valor de pressió de sortida de 1,31 atm. Els corresponents càlculs es troben al *Capítol 11, Manual de càlcul*.

Per la distribució dels tubs s'ha optat per una distribució triangular (*Figura 2.6*) degut que aquestes ens permeten introduir aproximadament un 10% més de tubs per un mateix diàmetre de feix respecte altres configuracions.

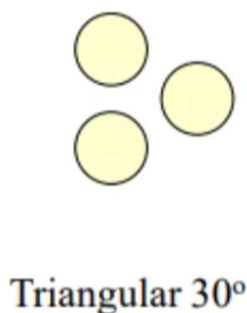


Figura 2.6. Il·lustració distribució triangular dels tubs.

Els càlculs per dimensionar la carcassa es mostren al *Capítol 11 Manual de Càlcul*. La carcassa té 4,10 m de diàmetre total i 6,64m de llargària total, capçals inclosos. Els càlculs de la mateixa es troben al *Capítol 11, Manual de càlcul*.

Com ja s'ha esmentat anteriorment en aquest capítol, el reactor consta de 10000 tubs, un número bastant elevat dins dels valors típics en equips industrials però necessari en aquest cas de cabal de reactius tan elevat.

Es va considerar el fet d'implementar un segon reactor en paral·lel i d'aquesta manera distribuir el nombre de tubs entre els dos (5000 per reactor), però finalment es va descartar aquesta opció degut a l'augment en el CAPEX, es duplica la despesa en sistemes de refrigeració, control i augmenta considerablement el preu entre els dos reactors. Els tubs tenen la mesura estàndard de 1 ¼ polzades pel diàmetre exterior (31,75 mm) i amb un gruix de paret de 2,77 mm.

Per garantir la seguretat del reactor multi tubular de 4,10 metres de diàmetre, s'ha d'incorporar un disc de ruptura d'acció inversa instal·lat a la cúpula superior o capçal de l'equip, dissenyat específicament per actuar com a element d'alleujament ràpid davant d'escenaris de sobrepressió, com podria ser una deflagració accidental de la mescla gasosa reactant o la fractura d'un dels 10.000 tubs que provocaria la irrupció violenta del vapor d'aigua de refrigeració a 15,5 bars cap a la zona de procés que opera a tan sols 2 atmosferes.

Aquest dispositiu ha d'estar fabricat en acer inoxidable 316L, material capaç de suportar la temperatura d'entrada de 430 K i resistir altes pressions sense patir corrosió per les possibles traces d'àcid fòrmic. El disc s'ha de calibrar mecànicament amb una pressió de tarat d'aproximadament 4 a 5 bars, oferint un marge operatiu suficient per no rebentar amb les fluctuacions normals per la pèrdua de càrrega del llit catalític, però garantint una obertura instantània, completa i sense fragmentació abans d'assolir el límit de disseny de la carcassa.

Finalment, la brida de descàrrega d'aquest disc ha d'estar canalitzada mitjançant una canonada de gran secció cap a un sistema de torxa o dipòsit d'apagada extern, evitant en tot moment l'emissió incontrolada a l'atmosfera de la planta d'un cabal massiu de gasos tòxics i inflamables formats per metanol, formaldehid i monòxid de carboni a alta temperatura.

Com ja s'ha comentat anteriorment i de forma més extensa en el capítol anterior, durant la síntesi de formaldehid es poden produir reaccions secundàries. En aquest estudi s'ha tingut en compte la reacció secundària principal i que ocorre amb més rellevància que és la formació de monòxid de carboni a partir de formaldehid.

2.3.6 Columna d'absorció

El downstream o tractament aigües avall és una part fonamental de qualsevol procés químic industrial. Aquesta etapa consisteix, principalment, en la purificació, l'ajust de concentracions i els canvis de temperatura o pressió que s'executen amb posterioritat a la reacció, fins a arribar a la zona d'emmagatzematge final del producte.

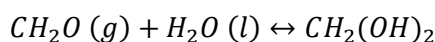
En el cas d'aquesta planta de producció de formaldehid, a la sortida del reactor s'obté un corrent amb una concentració moderada de formaldehid (fracció massica: 13,21%). Tanmateix, la concentració de nitrogen és molt més elevada (fracció massica: 53,26%) a causa del seu comportament com a inert durant la reacció. A més, el corrent conté altres impureses, com ara el monòxid de carboni (format per una reacció secundària al reactor) o l'oxigen que no ha reaccionat a causa de l'excés aplicat a l'inici del procés.

Davant la necessitat de separar els productes d'interès (aigua, formaldehid i metanol) dels contaminants esmentats (N₂, CO i O₂) s'ha d'implementar un sistema d'absorció amb aigua format principalment per una columna d'absorció (*Figura 2.7*).



Figura 2.7: Torre d'absorció industrial.

En aquest sistema, es farà circular el gas provinent del reactor en contracorrent amb un cabal d'aigua, fet que permetrà produir la següent reacció entre el formaldehid i l'aigua:



Existeixen diferents tipus de columnes d'absorció, segons el mètode de distribució del líquid i el gas a través de la columna, homogeneïtat, la pèrdua de càrrega admissible o la superfície d'intercanvi requerida per a la transferència de matèria.

En el cas del procés de producció de formaldehid, les columnes més utilitzades industrialment són:

- Columnes de plats: Aquest tipus de columnes es basen en el contacte discontinu o per etapes entre les fases líquida i gasosa. Consisteixen en un cilindre vertical que conté una sèrie de plaques horitzontals (plats) espaiades uniformement. El líquid descendeix per gravetat d'un plat a l'inferior a través de sobreeixidors, mentre que el gas ascendeix a través de perforacions o dispositius específics situats als plats, bombollejant a través del líquid i generant una gran àrea interfacial per a la transferència de matèria.

Dins d'aquesta categoria, els dissenys més habituals són els plats perforats, els plats de vàlvules i els plats de campanes de borbolleig. En l'absorció de formaldehid, les columnes de plats presenten un avantatge tècnic significatiu: permeten la instal·lació d'elements de refrigeració interna (com serpentins) directament sobre els plats o entre ells tot i que industrialment normalment s'opta per una recirculació refrigerada degut a la seva major senzillesa. Aquest fet és fonamental perquè l'absorció de formaldehid en aigua no és únicament un fenomen físic, sinó que inclou la reacció química d'hidratació per formar metilenglicol, la qual és altament exotèrmica. El control estricte de la temperatura dins la columna és vital per afavorir l'equilibri termodinàmic cap a la fase líquida i evitar la reevaporació del producte o del dissolvent. Tot i aquesta facilitat per a la integració tèrmica, presenten el desavantatge de generar una pèrdua de càrrega (caiguda de pressió) superior a altres alternatives.

- Columnes de rebliment: A diferència de les de plats, les columnes de farciment proporcionen un contacte continu entre el gas i el líquid al llarg de tota la seva alçada. Estan plenes d'elements sòlids inerts dissenyats per maximitzar la superfície de contacte per unitat de volum i forçar els fluids a seguir trajectòries tortuoses. El líquid es distribueix a la part superior mitjançant un distribuïdor i mulla la superfície del farciment formant una fina pel·lícula descendent, mentre que el gas ascendeix a contracorrent per l'espai buit restant.

El farciment industrial pot ser de dos tipus principalment: aleatori (com els anells Raschig) o estructurat (format per làmines corrugades de metall ordenades geomètricament). En els dissenys de plantes modernes de producció de formaldehid, s'acostuma a apostar pel farciment estructurat a causa de la seva elevada eficiència de separació i, especialment, per presentar una pèrdua de càrrega notablement inferior en comparació amb les columnes de plats. Tot i així, en el present treball, s'ha optat per un farciment de tipus aleatori amb anells Raschig d'una polzada degut a la seva senzillesa i baix cost tot així mantenint una caiguda de pressió relativament baixa. Aquesta menor caiguda de pressió comporta un estalvi energètic considerable en els bufadors que impulsen el gas al llarg de tot el procés.

Com que en les columnes de farciment no és viable tècnicament instal·lar refrigeració interna de manera contínua dins del llit, la gestió de la intensa calor de reacció s'ha retirat amb una configuració de procés lleugerament diferent. Se soluciona dividint la columna en múltiples seccions o llits de farciment (generalment entre 3 i 5 etapes en l'absorció de formaldehid).

Entre cada secció, s'extreu el líquid calent de la columna, es fa passar per un intercanviador de calor extern per refredar-lo i es torna a introduir a la següent etapa mitjançant nous distribuïdors. Aquest sistema de recirculació amb refredament extern garanteix que el perfil de temperatures de la columna es mantingui dins dels marges òptims per maximitzar l'eficiència de l'absorció i reduir la concentració de formaldehid en els gasos d'escapament.

Com ja s'ha comentat anteriorment, l'absorció de formaldehid en aigua és un procés reactiu i per tant, és necessària la determinació d'un paràmetre que indiqui com de ràpida és aquesta reacció respecte la transferència de matèria, aquest és el mòdul de Hatta. *Equació 11.1*

$$\text{Mòdul de Hatta} = \frac{\sqrt{k \cdot D_{AI} \cdot C_{BI}}}{k_{AI}} \quad (1)$$

El càlcul d'aquest indicador adimensional es troba al *Capítol 11 Manual de càlcul a l'apartat "Columnes d'absorció"*.

S'obté un valor de Hatta=2,66 per tant, com és un valor superior a 2, ens indica que la reacció química es pràcticament instantània front la difusió al líquid i que per tant la columna d'absorció més recomanada en aquest cas és una columna de rebliment ja que aquesta aporta una gran àrea interfacial entre la fase gas i la líquida.

És important esmentar que la reacció que es produeix entre l'aigua i el formaldehid és exotèrmica amb una entalpia estàndard de reacció de -21,4 KJ/mol, aquest fet s'ha de tenir en compte a l'hora de dissenyar la columna d'absorció degut que el líquid que circula de caps a cues es va escalfant a mesura

que absorbeix el formaldehid en fase gas. Si no s'actués, el líquid augmentaria considerablement la seva temperatura així doncs fent disminuir l'eficiència del procés i produint l'evaporació parcial de l'aigua líquida, fet que no interessa en aquest procés degut que el producte desitjat es troba en fase líquida.

Per aquest motiu, s'ha incorporat a la columna un *pump-around*. S'extreu una fracció del líquid que es troba a cues (a una temperatura elevada), es fa circular per un intercanviador de calor en el qual es fa circular un refrigerant per baixar la temperatura del fluid d'interès i finalment es torna a introduir a la columna d'absorció per una etapa intermitja. D'aquesta manera s'aconsegueix rebaixar la temperatura d'operació de la columna.

Degut a aquest *pump around*, és necessari dividir la columna en dos seccions diferenciades. En primer lloc la part superior, per la qual circularà el líquid de dalt a baix en contracorrent amb el gas, mentre que la part inferior de la columna contarà amb l'entrada superior del *pump around* i per tant tindrà un cabal de líquid força superior a l'anterior. És per aquest motiu que a l'hora de realitzar el dimensionament, la part superior de la columna tindrà un diàmetre inferior al de la part inferior.

Els càlculs del dimensionament de la columna es mostren al *Capítol 11. Manual de Càlcul a l'apartat "Columna d'absorció"*.

En ells, es mostra com l'alçada total de la columna té un valor de 18,42 m. Segons les normes d'edificació de la parcel·la, l'alçada màxima edificable és de 16 m, per tant s'estaria superant per 2,42 m l'alçada màxima. Tot i així, les normes d'edificació també esmenten que aquest valor màxim es pot superar en cas que fos necessari o que el procés ho necessités. En aquest cas, al tractar-se d'un volum molt elevat de gas, és necessari la implementació d'una torre d'aquestes dimensions.

En cas que no aprovés la normativa i la llei obligués a la empresa a reduir l'alçada de la columna, es podria plantejar l'opció de dividir la columna dissenyada en el present document en dues columnes de 7,5m cadascuna.

2.3.6 Oxidador tèrmic regeneratiu (RTO)

La impossibilitat tècnica de separar per complet els gasos de sortida de les restes de metanol, el formaldehid i el monòxid de carboni que es crea com a subproducte de la reacció de formació de formaldehid, fan necessari un tractament d'aquest corrent de gasos abans d'emitar-los a l'atmosfera.

La necessitat de tractar aquests gasos fa que a la planta de FormalAir s'hagi instal·lat un oxidador tèrmic regeneratiu (RTO) (Figura 2.8). Aquest equip propicia una oxidació tèrmica dels compostos orgànics volàtils (COVs), principalment les petites quantitats de metanol i formaldehid que surten pel cap de la columna d'absorció, així com el monòxid de carboni que es forma al reactor.

Gràcies al procés d'oxidació que té lloc a l'interior del RTO, tots aquests compostos acaben convertir-se en aigua i diòxid de carboni, que es poden emetre a l'atmosfera en quantitats molt majors segons la normativa vigent.

Un dels atractius més grans d'aquest equip, a més de la seva eficiència per eliminar els COVs, radica en la seva autosuficiència, ja que el propi calor generat per la planta i la calor que desprèn la reacció

exotèrmica de l'oxidació es suficient per a aconseguir els objectius desitjats en matèria d'eliminació de contaminants.

L'RTO consta de dues torres que actuen com a llit fix, revestides per fora d'acer al carboni, juntament amb una cambra de combustió que connecta les dues torres. L'interior tant de les torres com de la cambra està recobert d'una capa de fibra ceràmica refractària feta d'alúmina-sílice, que aïlla l'exterior de la calor a l'hora que permet que la majoria d'energia es mantingui dins de la cambra i per tant no sigui necessari combustible extern per mantenir les altes temperatures.

També s'instal·la un ventilador de tir forçat abans de la entrada a l'RTO que permet compensar les pèrdues de càrrega del corrent de gasos i proporciona el moviment continu cap al sistema. Col·locar el ventilador a l'entrada del RTO i no a la sortida (sent un ventilador de tir induït en comptes de tir forçat escollit) respon a una decisió basada en la eficiència energètica i en raons de seguretat.

Primerament com s'observa amb detall a l'apartat de manual de càlcul, els gasos freds ocupen un volum molt menor que els gasos que surten de la cambra de combustió degut a la expansió dels gasos amb la temperatura. Els gasos freds suposen gairebé 3.5 vegades menys volum que els calents, i és molt més eficient moure un menor volum de gasos des del punt de vista energètic i de vida útil dels equips.

Respecte a la seguretat, empènyer el gas de dins cap a fora de l'equip impedeix que hi hagin fugues o infiltracions d'aire de fora cap a dins de l'equip, provocant que els gasos que es troben a la cambra de combustió estiguin a la concentració exacta que es determini.

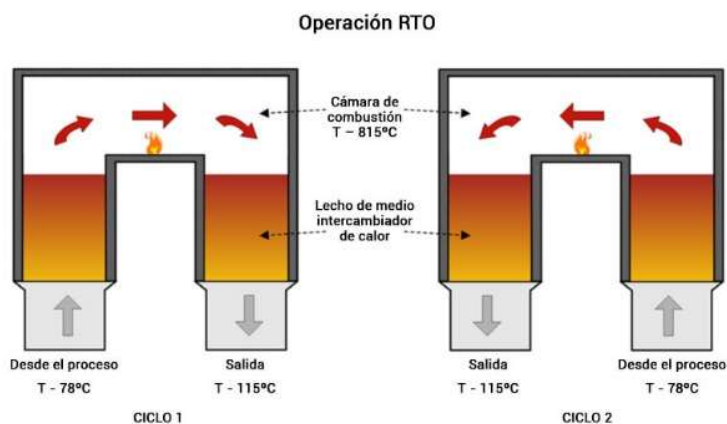


Figura 2.8. Oxidador tèrmic regeneratiu.

El gas de procés provinent de la columna d'absorció, que es troba a uns 40°C, entra per la base de la torre 1, on absorbeix la temperatura que li cedeix la ceràmica i es preescalfa fins al voltant dels 810°C. Per a la posta en marxa es necessari un cremador de gas natural que s'encengui fins a portar a la cambra de combustió als 850°C, que és el set-point de temperatura, però després del primer cicle, com s'ha mencionat abans, no cal cap tipus d'alimentació externa. Un cop l'aire es preescalfa, aquest entra a la cambra i s'oxida, pujant uns 35°C la temperatura a causa de la naturalesa exotèrmica de la reacció. El temps de residència dels gasos a la cambra és d'1 segon. Aquest és un temps normal en aquest tipus d'equips, fins i tot hi ha torres dissenyades per a temps de residència més baixos.

Al sortir de la cambra, el gas net baixa cap a la torre 2, cedint gran part de la seva calor a la ceràmica freda de la torre. Cada pocs minuts (2 o 3 minuts segon la temperatura d'operació i els cabals), s'inverteix el cicle i el gas brut entra per la torre 2 i surt per la torre 1. Això es per garantir el correcte preescalfament dels gasos d'entrada.

2.3.7 Calderes

Durant la fase de posada en marxa de la planta és necessari disposar d'una aportació externa d'energia per tal d'assolir les condicions d'operació requerides en els diferents equips del procés. En aquesta etapa inicial, els corrents de procés encara no proporcionen la calor necessària per mantenir el funcionament de la instal·lació de manera autònoma.

Per aquest motiu, s'han incorporat tres calderes auxiliars situades a l'Àrea 700, cadascuna destinada a cobrir una necessitat tèrmica específica durant l'arrencada de la planta.

Una vegada el procés arriba a règim estacionari, la calor recuperada dels diferents corrents i equips és suficient per satisfer les demandes energètiques de la instal·lació. En conseqüència, aquestes tres calderes deixen de ser necessàries i romanen fora de servei durant l'operació normal de la planta.

- **Caldera d'oli tèrmic (BO-701):** La caldera BO-701 correspon a una caldera d'oli tèrmic utilitzada per a l'escalfament i evaporació inicial del metanol. Aquest equip subministra oli tèrmic calent a un bescanviador instal·lat en sèrie amb el BC-201, permetent aportar la calor necessària fins que el procés és capaç de generar-la internament.
El seu funcionament es basa en l'escalfament d'un fluid tèrmic mitjançant combustió de gas natural. L'oli calent circula posteriorment pel bescanviador, on transfereix la seva energia al corrent de metanol sense que existeixi contacte directe entre ambdós fluids. Aquesta configuració permet treballar a temperatures elevades mantenint pressions moderades i un elevat nivell de seguretat operativa.
- **Caldera de vapor (BO-702):** La caldera BO-702 és una caldera industrial de vapor destinada a produir el vapor necessari per escalfar la barreja reactiva abans de la seva entrada al reactor. El vapor generat és enviat al bescanviador BC-202, on cedeix la seva energia tèrmica al corrent de procés.
Aquest equip funciona escalfant aigua fins a produir vapor a alta temperatura i pressió. Posteriorment, el vapor circula per l'interior del bescanviador, on condensa parcialment mentre transfereix la calor requerida per assolir les condicions d'operació necessàries per a l'inici de la reacció de producció de formaldehid.
- **Caldera d'aigua sobreescalfada (BO-703):** La caldera BO-703 és una caldera d'aigua sobreescalfada destinada a proporcionar el fluid de refrigeració necessari per al control tèrmic del reactor durant la fase d'arrencada. Aquest equip genera aigua líquida pressuritzada a elevada temperatura, la qual circula pel circuit de refrigeració del reactor absorbint la calor alliberada per la reacció exotèrmica.
A diferència de la caldera de vapor, aquest equip no produeix vapor d'aigua sinó aigua líquida mantinguda a alta temperatura gràcies a les elevades pressions d'operació. Aquesta

configuració permet disposar d'una gran capacitat d'absorció de calor i garantir unes condicions estables de funcionament fins que el procés assoleix l'autosuficiència energètica.

2.3.8 Sistemes i instal·lacions contra incendis.

En aquest apartat es tractaran les reserves d'aigua i sistemes contra incendis que s'han incorporat a la planta FormalAir per tal de complir amb el reglament de seguretat contra incendis en establiments industrials (RSCIEI) i les normatives per a l'emmagatzematge de productes inflamables (APQ).

2.3.8.1 Esquema de la xarxa d'aigua contra incendis.

En la planta FormalAir, el sistema de distribució d'aigua contra incendis (PCI) de la planta s'ha dissenyat mitjançant una xarxa en anell tancat. Aquest tipus de sistema contra incendis garanteix que en cas de trencament d'una canonada o tasques de manteniment, l'aigua pugui arribar a qualsevol punt d'extinció fluint en sentit contrari d'aquesta manera garantint un subministrament ininterromput.

La xarxa principal de subministrament d'aigua contra incendis es pot sectoritzar en tres sistemes de protecció:

- Xarxa d'hidrants de carrer: Hidrants de subministrament d'aigua distribuïts perimetralment per a l'ús de bombers externs.
- Monitors fixos d'aigua i escuma: Orientats cap a les estacions de càrrega i descàrrega de camions cisterna i Zona 100 de tancs de metanol.
- Anells de refredament i sistemes de diluvi: Instal·lats als tancs d'emmagatzematge i a l'estructura del reactor R-301.

2.3.8.2 Consums planificats

Per calcular el cabal necessari en cas d'emergència, no s'han de sumar els consums de tots els equips simultàniament, sinó que es defineix l'escenari més desfavorable. A la planta FormalAir, aquest escenari correspon a un incendi a la coberta dels tancs d'emmagatzematge de metanol.

En cas d'aquesta emergència en aquesta àrea (Àrea 100), el sistema ha de subministrar aigua simultàniament per a tres funcions importants, definint d'aquesta manera el cabal màxim demandat per la planta:

- Sistema d'escuma al tanc incendiat: Es requereix un cabal d'aigua (que s'ha de mesclar amb escumogen) per extingir les flames de la cubeta. Aquest sistema tindrà un consum estimat de 150 m³/h.
- Refredament de tancs adjacents: Per evitar altres possibles incendis o col·lapses de les estructures veïnes els anells d'aigua polvoritzada dels tancs veïns s'activen automàticament. Tindran un consum aproximat i màxim de 250 m³/h
- Intervenció manual amb hidrants i monitors: Finalment s'ha de reservar un cabal d'emergència per a dues mànegues i un monitor que utilitzaran els equips d'emergència si és necessari. Tindran un consum de 120 m³/h.

Per tant, si es sumen tots els cabals nombrats anteriorment, s'obté un cabal total de disseny de 520m³/h. Aquest serà el cabal que haurà de subministrar la bomba principal del grup de pressió a una pressió nominal de 7 a 10 bar.

2.3.8.3 Reserves planificades a la planta

D'acord amb el Reglament de Seguretat contra Incendis en Establiments Industrials nombrat anteriorment a l'inici d'aquest apartat, el sistema ha de ser capaç de mantenir el cabal màxim demandat de forma autònoma durant un temps determinat abans que s'esgoti l'aigua. Per al nivell de risc intrínsec alt de la planta, la normativa exigeix una autonomia mínima de dues hores.

Per tant el volum teòric d'emmagatzematge amb el que ha de contar la planta és de 1040 m³.

Tot i així s'ha aplicat un marge de seguretat i s'instal·larà un dipòsit d'aigua amb capacitat de 1200 m³.

A nivell de disseny, l'equip de reserva d'aigua constarà d'un tanc d'emmagatzematge atmosfèric cilíndric vertical en lloc d'una bassa oberta. Això es degut que d'aquesta manera s'evitarà l'evaporació de l'aigua, la proliferació d'algues i l'entrada de brutícia que podria obstruir els impulsors de les bombes en cas d'emergència.

Degut a l'ambient humit i a la salinitat de l'ambient on estaria situada la planta de FormalAir, s'ha de triar un material resistent a la corrosió per la fabricació d'aquest tanc. S'ha escollit treballar amb acer al carboni amb recobriment C5-M, un estàndard per aquest tipus de dipòsits. Altres paràmetres de disseny es mostren a l'*Apartat 2.5 Fulls d'Especificacions*.

2.3.9 Descalcificadora

Dins dels serveis auxiliars de la planta s'ha inclòs una estació descalcificadora d'aigua (DC-701). Aquest equip és fonamental per donar suport i garantir el bon funcionament de dues operacions clau del procés:

- Aigua de reposició per a la torre de refrigeració: En el nostre circuit tancat de refrigeració, s'evaporen uns 1,7 m³/h d'aigua a la torre per dissipar la calor. Aquesta aigua s'ha de reposar constantment. Com que l'aigua de xarxa a Tarragona té molta duresa, si l'afegíssim directament, el calci i el magnesi s'incrustarien a la carcassa del reactor i als bescanviadors, reduint dràsticament la seva eficiència tèrmica.
- Aigua d'alimentació per a l'absorció: La columna d'absorció necessita un corrent d'aigua net per absorbir els gasos. Utilitzant aigua descalcificada s'evita que es formin incrustacions al rebliment (anells Raschig) de la columna i es garanteix que el formol final al 37% surti sense impureses.

El funcionament de l'equip consisteix principalment en fer passar l'aigua de xarxa per una columna plena de resines sintètiques. Aquestes resines atrapen els ions de calci i magnesi i, a canvi, alliberen ions de sodi, que no formen incrustacions.

L'equip seleccionat pot tractar un cabal nominal de 5.220 kg/h (amb pics de fins a 6.800 kg/h), la qual cosa cobreix perfectament les necessitats d'aigua de la nostra planta. A més, funciona de forma autònoma: quan les resines s'omplen de calci, l'equip utilitza un dipòsit annex de 28,9 kg de sal per fer un rentat amb salmorra automàticament i regenerar el sistema.

2.3.10 Estació transformadora

Per cobrir tota la demanda elèctrica de la planta, s'ha optat per instal·lar dos transformadors de 6300 kVA cadascun. Fent-los treballar en paral·lel, es cobreix perfectament els 7137 kVA que necessita la instal·lació i, a més, ens queda un bon marge per no treballar al límit durant les arrencades i posades en marxa. En el cas que una de les dues estacions dos fallés, l'altre podria aportar un 88% d'aquesta energia, no la total necessària però sí que una major part d'aquesta.

Finalment, en el cas de voler fer una ampliació de la planta, tindria la capacitat d'abastir-la.

2.4 Llistat d'equips

2.4.1 Àrea 100. Emmagatzematge MMPP i sistemes d'obtenció d'aire.

 FORMALAIR	LLISTAT D'EQUIPS				Full 1 d'1	
	ÀREA PLANTA	A-100	PLANTA	FormalAir		
			DATA	24/05/2026		
			REVISAT	8/06/2026		
ITEM	EQUIP	MATERIAL	PARÀMETRE DE DISSENY		COST (€)	
TE-101	Tanc d'emmagatzematge de metanol	AISI 316L	Volum (m³)	500	117545	
TE-102	Tanc d'emmagatzematge de metanol	AISI 316L	Volum (m³)	500	117545	

2.4.2 Àrea 200. Escalfament i formació de la mescla reactiva.

	LLISTAT D'EQUIPS		Full 1 d'1		
	ÀREA PLANTA	A-200	PLANTA	FormalAir	
			DATA	24/05/2026	
			REVISAT	8/06/2026	
ITEM	EQUIP	MATERIAL	PARÀMETRE DE DISSENY		COST (€)
BC-201	Bescanviador de carcassa i tubs	AISI 316L	Àrea de bescanvi (m ²)	34,47	130013
BC-202	Bescanviador de carcassa i tubs	AISI 316L	Àrea de bescanvi (m ²)	66,65	94569
BC-203	Bescanviador de carcassa i tubs	AISI 316L	Àrea de bescanvi (m ²)	3,66	11192
M-201	Mesclador estàtic	AISI 316L	Cabal (kg/h)	56740	16000
M-202	Mesclador estàtic	AISI 316L	Cabal (kg/h)	1450	1800

2.4.3 Àrea 300. Equips de reacció.

 FORMALAIR	LLISTAT D'EQUIPS		Full 1 d'1		
	ÀREA PLANTA	A-300	PLANTA		FormalAir
			DATA		24/05/2026
			REVISAT		8/06/2026
ITEM	EQUIP	MATERIAL	PARÀMETRE DE DISSENY		COST (€)
R-301	Reactor multitubular	AISI 316L	Temps de residència (s)	0,25	1410164
			Cabal (kg/h)	56713	
BC-301	Bescanviador de calor	AISI 316L	Àrea de bescanvi (m²)	5,09	12748
M-301	Mesclador estàtic	AISI 316L	Cabal (kg/h)	10718	10500
M-302	Mesclador estàtic	AISI 316L	Cabal (kg/h)	1570	1500

2.4.4 Àrea 400. Etapa d'absorció de formaldehid.

 FORMALAIR	LLISTAT D'EQUIPS		Full 1 d'1		
	ÀREA PLANTA	A-400	PLANTA		FormalAir
			DATA		24/05/2026
			REVISAT		8/06/2026
ITEM	EQUIP	MATERIAL	PARÀMETRE DE DISSENY		COST (€)
BC-401	Bescanviador de calor	AISI 316L	Àrea de bescanvi (m²)	54,67	329245
A-401	Torre d'absorció	AISI 316L	Alçada (m)	18,6	425000
			Nº etapes teòriques	30	
M-401	Mesclador estàtic	AISI 316L	Cabal (kg/h)	13390	3500
BC-402	Bescanviador de calor	AISI 316L	Àrea de bescanvi (m²)	94,79	45925

2.4.5 Àrea 500. Tractament de corrent gasós

 FORMALAIR	LLISTAT D'EQUIPS		Full 1 d'1	
	ÀREA PLANTA	A-500	PLANTA	FormalAir
			DATA	24/05/2026
			REVISAT	8/06/2026
ITEM	EQUIP	MATERIAL	PARÀMETRE DE DISSENY	COST (€)
RTO-501	Regenerador Tèrmic Oxidatiu	-	Catàleg	1.150.000

2.4.6 Àrea 600. Emmagatzematge formaldehid.

 FORMALAIR	LLISTAT D'EQUIPS			Full 1 d'1	
	ÀREA PLANTA	A-600	PLANTA	FormalAir	
			DATA	24/05/2026	
			REVISAT	8/06/2026	
ITEM	EQUIP	MATERIAL	PARÀMETRE DE DISSENY		COST (€)
TE-601	Tanc d'emmagatzematge	AISI 316L	Volum (m3)	500	102.748,8
TE-602	Tanc d'emmagatzematge	AISI 316L	Volum (m3)	500	102.748,8
TE-603	Tanc d'emmagatzematge	AISI 316L	Volum (m3)	500	102.748,8
TE-604	Tanc d'emmagatzematge	AISI 316L	Volum (m3)	500	102.748,8

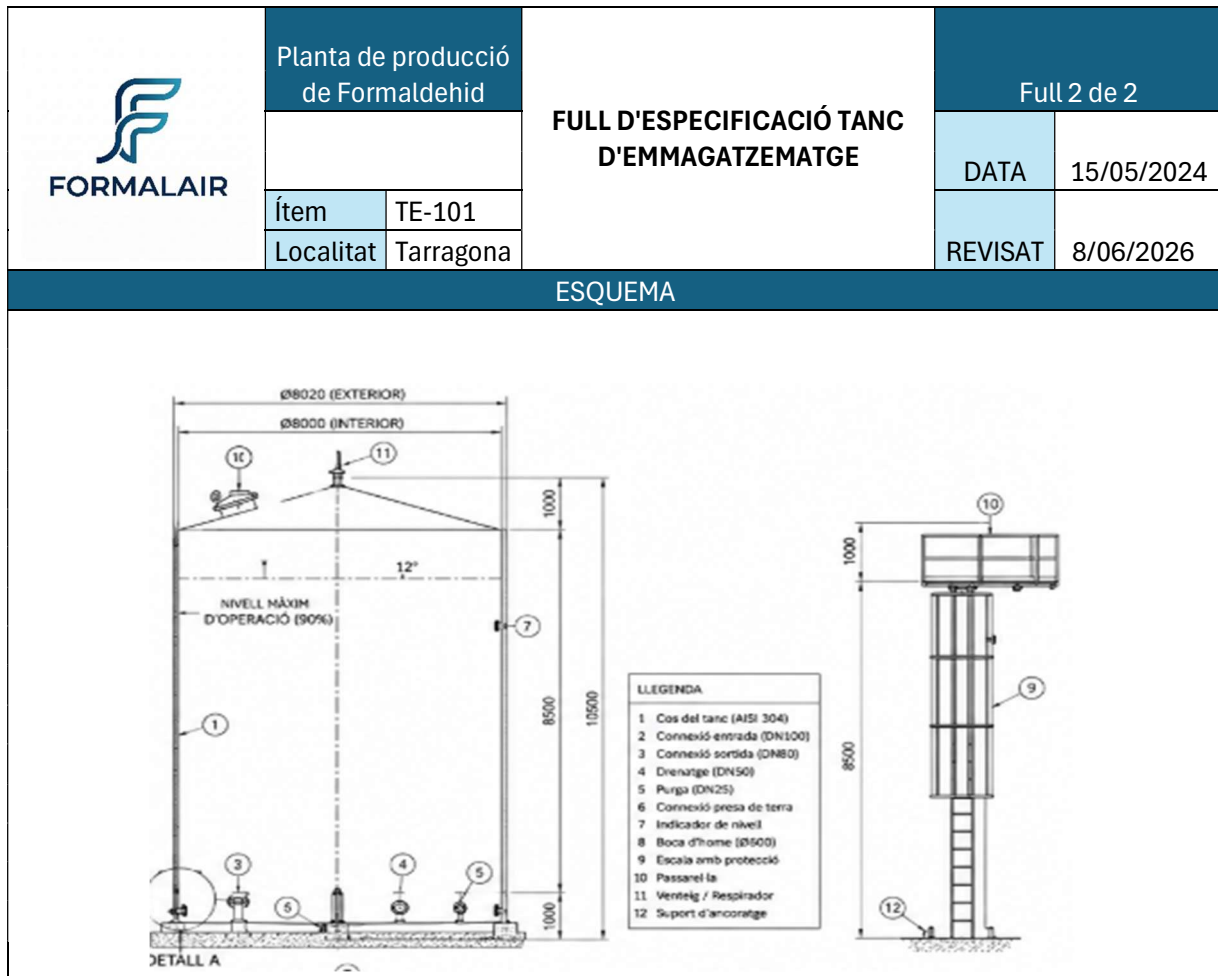
2.4.7 Àrea 700. Serveis auxiliars.

	LLISTAT D'EQUIPS			Full 1 d'1	
	ÀREA PLANTA	A-700	PLANTA	FormalAir	
			DATA	24/05/2026	
			REVISAT	8/06/2026	
ITEM	EQUIP	MATERIAL	PARÀMETRE DE DISSENY		COST (€)
DC-701	Descalcificadora	-	Cabal (m³/h)	5220	6667,68
BC-701	Bescanviador de calor	AISI 316L	Àrea de bescanvi (m²)	26,28	19941
M-701	Mesclador	AISI 316L	Cabal (kg/h)	58000	1500
TR-701	Torre de refrigeració	Polièster reforçat amb fibra de vidre.	Cabal (kg/h)	83000	35000
BO-701	Caldera	-	Potència tèrmica (kW)	2000	180000
BO-702	Caldera	-	Potència tèrmica (kW)	1000	120000
BO-703	Caldera	-	Potència tèrmica (kW)	2200	240000
TE-701	Dipòsit d'aigua contra incendis	Acer al Carboni	Volum (m³)	1200	220000
ET-701	Estació transformadora	-	Potència requerida (kW)	7137,38	150000
ET-702	Estació transformadora	-	Potència requerida (kW)	7137,38	150000

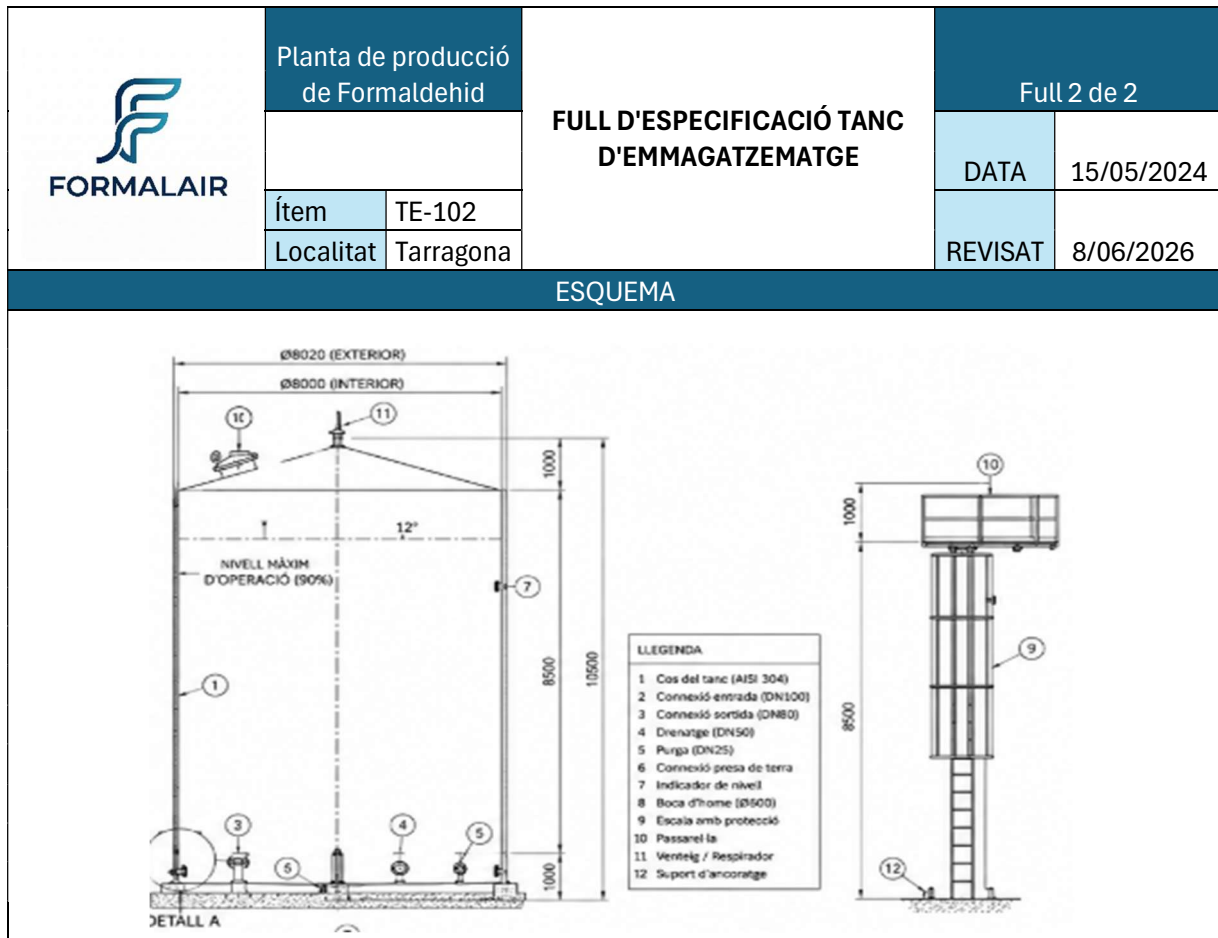
2.5 Fulls d'especificacions.

2.5.1 Àrea 100

	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ TANC D'EMMAGATZEMATGE	Full 1 de 2	
				DATA	15/05/2024
	Ítem	TE-101		REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES GENERALS					
DENOMINACIÓ			Tanc d'emmagatzematge		
FINALITAT			Emmagatzemar metanol líquid		
DADES OPERACIÓ					
FLUID			Metanol (CH3OH)		
TEMPERATURA D'OPERACIÓ (°C)			25		
PRESSIÓ D'OPERACIÓ (bar)			1,03825		
DENSITAT (kg/m³)			787		
PES OPERACIÓ (kg)			76187-322125		
% OCUPACIÓ			12,5%-75%		
DADES DE DISSENY					
VOLUM (m³)			500		
TEMPERATURA DE DISSENY (°C)			25		
PRESSIÓ DE DISSENY (bar)			2,5		
ALÇADA TOTAL (m)			9,3		
DISPOSICIÓ			Vertical		
DIÀMETRE INTERIOR (m)			8		
DIÀMETRE EXTERIOR (m)			8,15		
TIPUS CAPÇAL (m)			Cone roof		
GRUIX (mm)			15		
PES BUIT (kg)			~27000		
MATERIAL			AISI 316L		
NORMA DISSENY			API 650/ASME		
TRACTAMENT TÈRMIC			No necessari		
AÏLLANT			Llana de roca		
DETALLS DE DISSENY					
RADIOGRAFIA			Total		
EFICÀCIA SOLDADURA			1		
OBSERVACIONS			S'utilitza N₂ per controlar la pressió al tanc (Blanketing)		



	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ TANC D'EMMAGATZEMATGE	Full 1 de 2	
				DATA	15/05/2024
	Ítem	TE-102		REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES GENERALS					
DENOMINACIÓ			Tanc d'emmagatzematge		
FINALITAT			Emmagatzemar metanol líquid		
DADES OPERACIÓ					
FLUID			Metanol (CH3OH)		
TEMPERATURA D'OPERACIÓ (°C)			25		
PRESSIÓ D'OPERACIÓ (bar)			1,03825		
DENSITAT (kg/m³)			787		
PES OPERACIÓ (kg)			76187-322125		
% OCUPACIÓ			12,5%-75%		
DADES DE DISSENY					
VOLUM (m³)			500		
TEMPERATURA DE DISSENY (°C)			25		
PRESSIÓ DE DISSENY (bar)			2,5		
ALÇADA TOTAL (m)			9,3		
DISPOSICIÓ			Vertical		
DIÀMETRE INTERIOR (m)			8		
DIÀMETRE EXTERIOR (m)			8,15		
TIPUS CAPÇAL (m)			Cone roof		
GRUIX (mm)			15		
PES BUIT (kg)			~27000		
MATERIAL			AISI 316L		
NORMA DISSENY			API 650/ASME		
TRACTAMENT TÈRMIC			No necessari		
AÏLLANT			Llana de roca		
DETALLS DE DISSENY					
RADIOGRAFIA			Total		
EFICÀCIA SOLDADURA			1		
OBSERVACIONS			S'utilitza N₂ per controlar la pressió al tanc (Blanketing)		

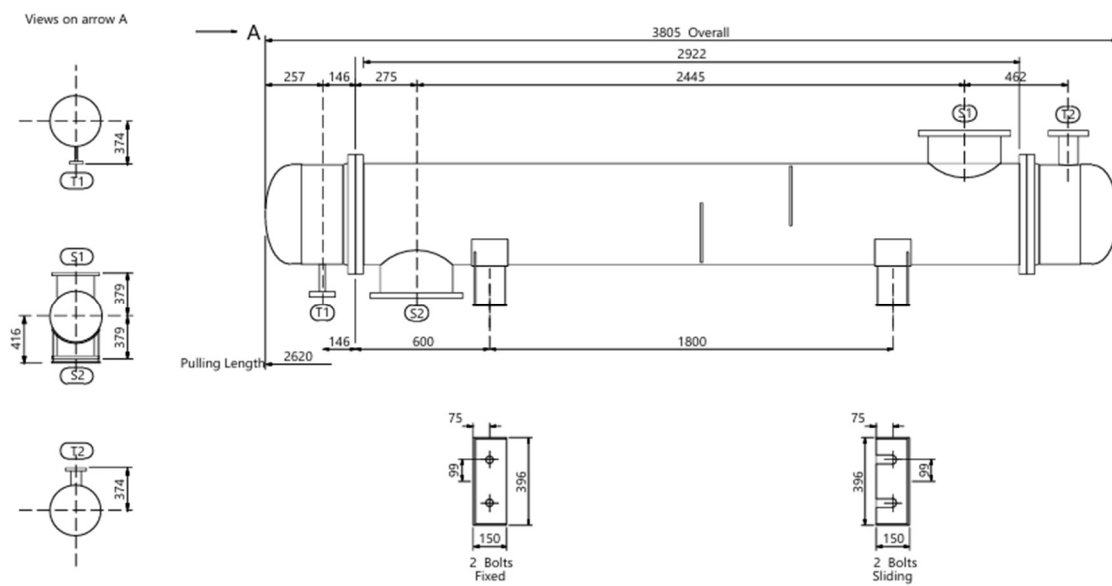


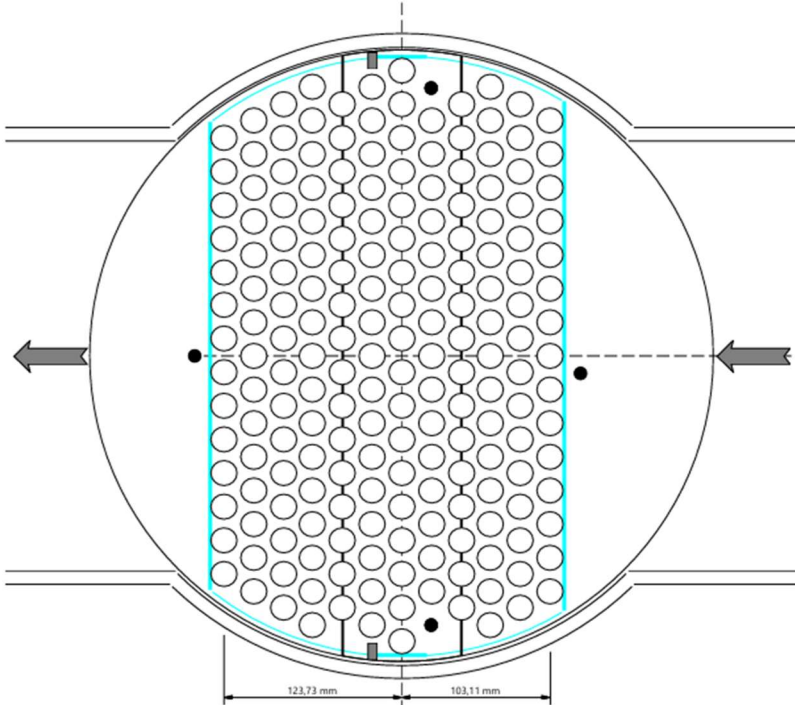
2.5.2 Àrea 200

 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ MESCLADOR	Full 1 de 1	
				DATA	15/05/2026
	Ítem	M-201		REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES GENERALS					
Denominació	Mesclador estàtic				
Funció de l'equip	Mesclar els reactius gassos abans d'entrar al reactor				
Components principals	Sparger i Plaques Corrugades				
Fase	Gas				
Cost (euros)	16000				
DADES D'OPERAICÓ					
	ENTRADA 1		ENTRADA 2	SORTIDA	
Temperatura (°C)	84,29		116,2	108,8	
Pressió (bar)	2,105		2,105	2,105	
Cabal (kg/h)	5086		51650	56740	
DADES DE DISSENY					
Fabricant	Sulzer				
Model	Sulzer CompaX				
Material	316L				
Nombre d'elements	2				
Tipus d'elements	Plaques metàliques corrugades				
Longitud (mm)	500				
Diàmetre (m)	0,5				
ESQUEMA					
					

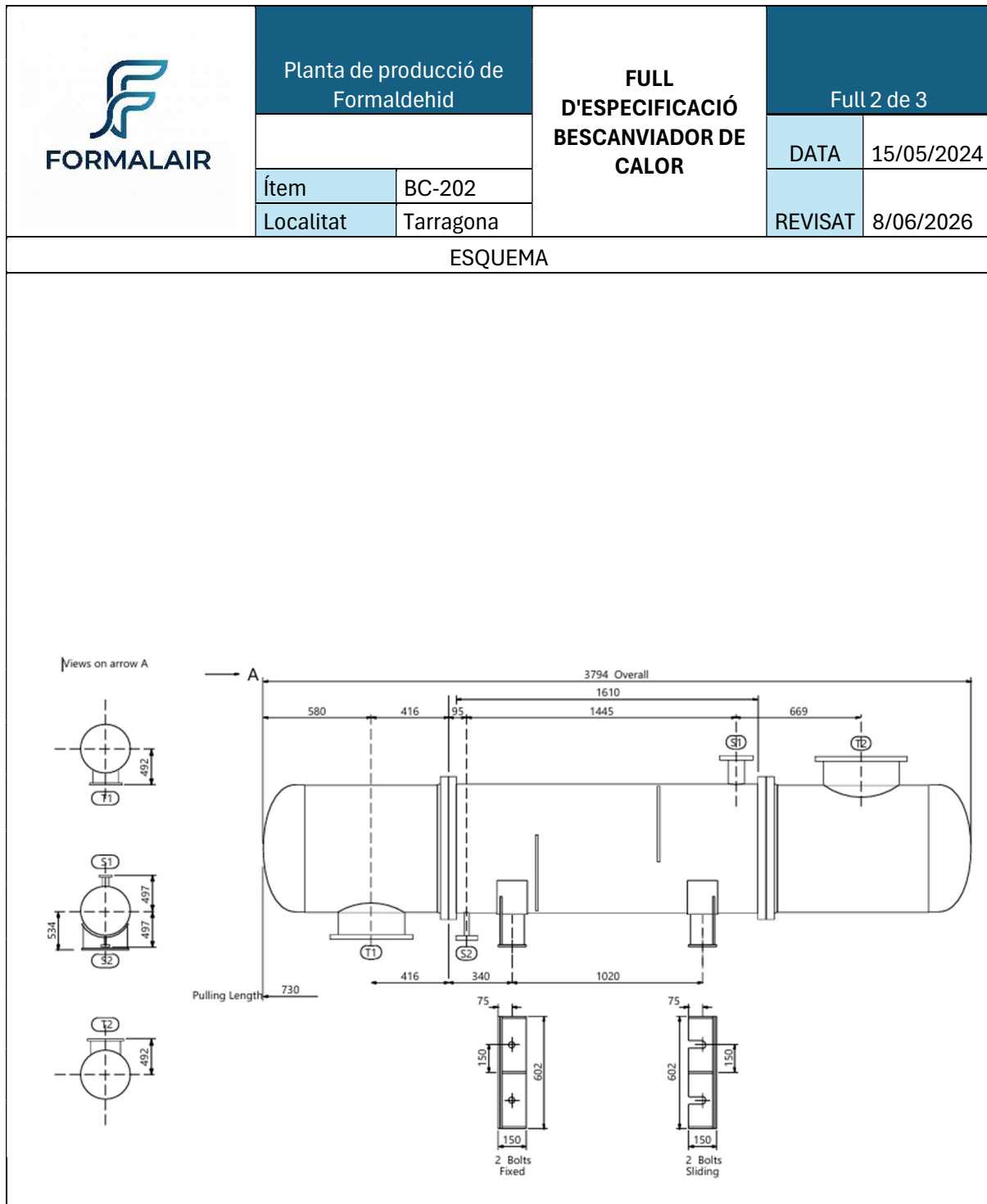
	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ MESCLADOR		Full 1 de 1	
					DATA	15/05/2026
	Ítem	M-202			REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona				
DADES GENERALS						
Denominació			Mesclador Estàtic			
Funció de l'equip			Agrupar els dos corrents d'aigua de servei			
Components principals			Canonada amb brides i elements deflectors simples			
Fase			Líquida			
Cost (euros)			1800			
DADES D'OPERAICÓ						
			ENTRADA 1	ENTRADA 2	SORTIDA	
Temperatura (°C)			126,8	163,6	160,5	
Pressió (bar)			14,99	14,99	14,99	
Cabal (kg/h)			125	1325	1450	
DADES DE DISSENY						
Fabricant			Ross Mixers			
Model			Ross ISG			
Material			316L			
Nombre d'elements			2			
Tipus d'elements			Deflectors de pales creuades			
Longitud (mm)			400			
Diàmetre (m)			0,05			
ESQUEMA						
						

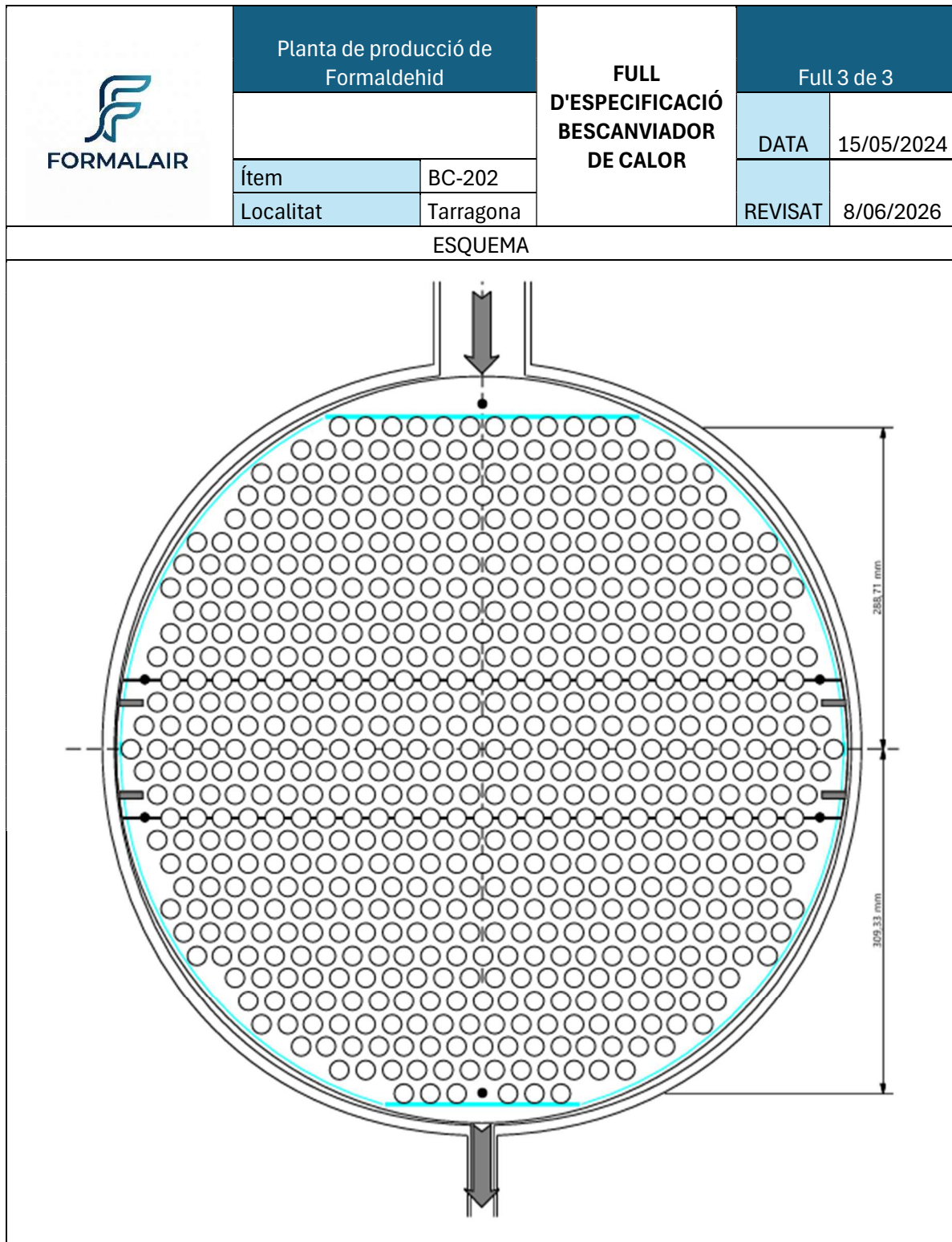
	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ BESCANVIADOR DE CALOR		Full 1 de 3	
					DATA	15/05/2024
	Ítem	BC-201			REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona				
DADES GENERALS						
Denominació			Bescanviador de calor de carcassa i tubs			
Funció de l'equip			Evaporar el metanol mitjançant la calor residual dels productes del reactor			
Components principals	Carcassa		Mescla gas productes			
	Tubs		Metanol (Líquid+Gas)			
Número de carcasses			1			
Àrea (m²)			34,47			
Cost (euros)			130013			
DADES D'OPERACIÓ						
			Carcassa		Tubs	
			Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Cabal (kg/h)			5068		55240	
Líquid (kg/h)			0	0	55240	2762
Vapor (kg/h)			5068	5068	0	52478
Velocitat Mín/Max (m/s)						
Temperatura (°C)			200	103,3	25,05	84,25
Pressió (bar)			1,327	1,126	2,113	2,102
Densitat (kg/m³)			2,39	0,97	786	0,912
Viscositat (cP)			2,102	0,01891	0,5443	0,0227
Calor específic (kJ/(kg·K)			52,59	30,96	115,5	31,87
Conductivitat tèrmica (W/m·K)			16,3			
Coeficient global (W/(m²·K))			521,2			
Calor bescanviat (kW)			1721,4			
Volum intern (m³)			0,4		0,112	
DADES DE CONSTRUCCIÓ						
			Carcassa		Tubs	
Material			316L		316L	
Temperatura de disseny (°C)			350		350	
Pressió de disseny (bar)			4		4	
Nº de passos per carcassa			1			
Pes equip buit (kg)			1067	Pes amb aigua (kg)		1467
Nº de tubs	192		OD (mm)	19,05	Pitch (mm)	23,81
Tipus	Simple		Longitud (mm)		3000	
Carcassa ID (mm)		438,15		Carcassa OD (mm)		457,2
Codi de disseny		ASME				

 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ BESCANVIADOR DE CALOR	Full 2 de 3	
				DATA	15/05/2024
	Ítem	BC-201		REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona			
ESQUEMA					
Views on arrow A 					

 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ BESCANVIADOR DE CALOR	Full 3 de 3	
				DATA	15/05/2024
	Ítem	BC-201		REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona			
ESQUEMA					
					

	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ BESCANVIADOR DE CALOR		Full 1 de 3	
					DATA	15/05/2024
	Ítem	BC-202			REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona				
DADES GENERALS						
Denominació			Bescanviador de calor de carcassa i tubs			
Funció de l'equip			Preescalfar els reactius abans d'entrar al reactor			
Components principals	Carcassa		Vapor d'aigua			
	Tubs		Mescla reactiva gas			
Número de carcasses			1			
Àrea (m²)			66,65			
Cost (euros)			94569			
DADES D'OPERACIÓ						
			Carcassa		Tubs	
			Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Cabal (kg/h)			1325		56700	
Líquid (kg/h)			0	1325	0	0
Vapor (kg/h)			1325	0	56700	56700
Velocitat Mín/Max (m/s)						
Temperatura (°C)			200	112	108,8	158,8
Pressió (bar)			15	15	2,105	2,023
Densitat (kg/m³)			1,64	938,3	1,929	6,869
Viscositat (cP)			0,0234	0,2475	0,0214	0,01367
Calor específic (kJ/(kg·K))			31,96	75,82	31,36	56,96
Conductivitat tèrmica (W/m·K)			16,3		16,3	
Coeficient global (W/(m^2·K))			861,9			
Calor bescanviat (kW)			854,3			
Volum intern (m³)			0,29		0,217	
DADES DE CONSTRUCCIÓ						
			Carcassa		Tubs	
Material			316L		316L	
Temperatura de disseny (C)			350		350	
Pressió de disseny (bar)			20		20	
Nº de passos per carcassa			1			
Pes equip buit (kg)			1585	Pes amb aigua (kg)		2093
Nº de tubs	655		OD (mm)	19,05	Pitch (mm)	23,81
Tipus	Simple		Longitud (mm)		1700	
Carcassa ID (mm)		675		Carcassa OD (mm)		695
Codi de disseny		ASME				

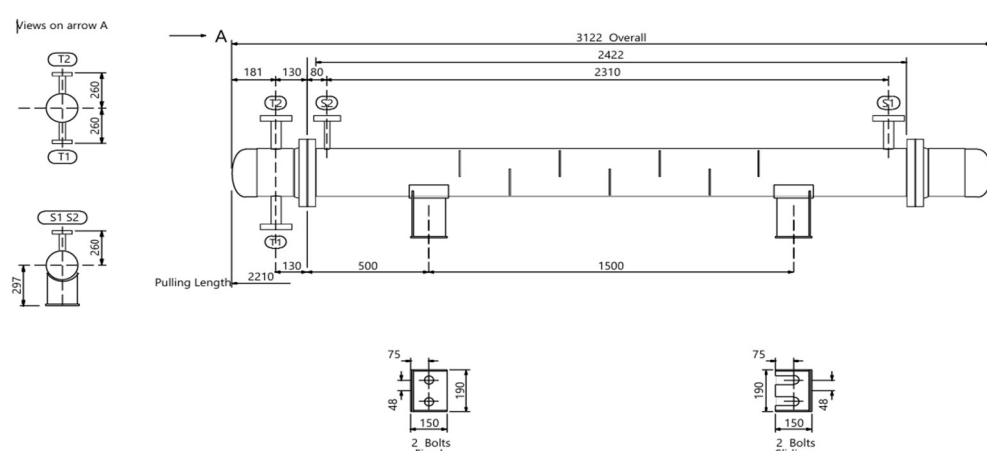




	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ BESCANVIADOR DE CALOR		Full 1 de 3	
					DATA	15/05/2024
	Ítem	BC-203			REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona				
DADES GENERALS						
Denominació			Bescanviador de calor de carcassa i tubs			
Funció de l'equip			Pujar la temperatura del vapor condensat			
Components principals	Carcassa		Vapor d'aigua (condensa)			
	Tubs		Aigua líquida			
Número de carcasses			1			
Àrea (m²)			3,66			
Cost (euros)			11192			
DADES D'OPERACIÓ						
			Carcassa		Tubs	
			Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Cabal (kg/h)			125		1325	
Líquid (kg/s)			0	125	1325	1325
Vapor (kg/s)			125	0	0	0
Velocitat Mín/Max (m/s)						
Temperatura (°C)			200	126,8	113,6	163,6
Pressió (bar)			15	14,99	15	14,99
Densitat (kg/m³)			6,869	925	937	891
Viscositat (cP)			0,015	0,2167	0,244	0,1651
Calor específic (kJ/(kg·K)			56,96	76,35	75,86	78,44
Conductivitat tèrmica (W/m·K)			0,68		0,68	
Coeficient global (W/(m²·K))			941			
Calor bescanviat (kW)			78,7			
Volum intern (m³)			0,018		0,0161	
DADES DE CONSTRUCCIÓ						
			Carcassa		Tubs	
Material			316L		316L	
Temperatura de disseny (C)			235		230	
Pressió de disseny (bar)			17		17	
Nº de passos per carcassa			1			
Pes equip buit (kg)			211	Pes amb aigua (kg)		246
Nº de tubs	51	OD (mm)	19,05	Pitch (mm)	23,81	
Tipus	Simple	Longitud (mm)		1200		
Carcassa ID (mm)		205		Carcassa OD (mm)		219,08
Codi de disseny		ASME				

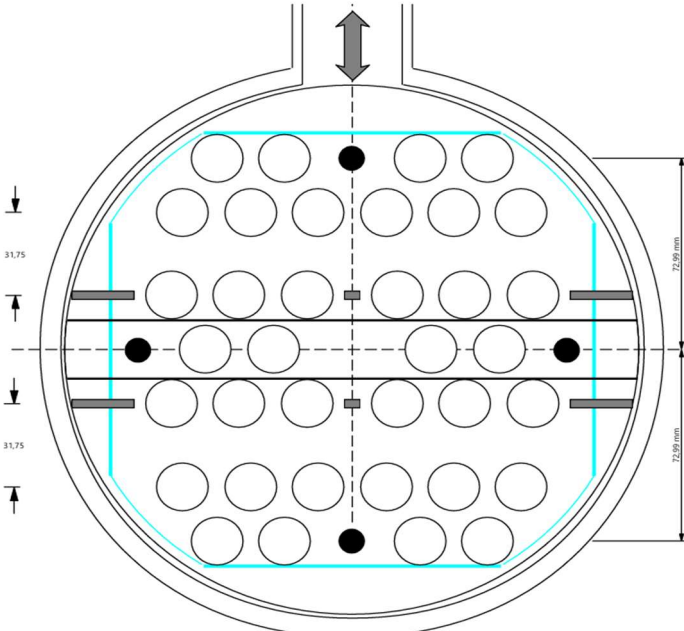
2.5.3 Àrea 300

	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ BESCANVIADOR DE CALOR		Full 1 de 3	
					DATA	15/05/2024
	Ítem	BC-301			REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona				
DADES GENERALS						
Denominació			Bescanviador de calor de carcassa i tubs			
Funció de l'equip			Escalfar el vapor condensat del reactor			
Components principals	Carcassa		Vapor d'aigua (condensa)			
	Tubs		Aigua líquida			
Número de carcasses			1			
Àrea (m²)			5,09			
Cost (euros)			12748			
DADES D'OPERACIÓ						
			Carcassa		Tubs	
			Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Cabal (kg/h)			120		1450	
Líquid (kg/s)			0	120	1450	1450
Vapor (kg/s)			120	0	0	0
Velocitat Mín/Max (m/s)						
Temperatura (°C)			200	198,3	160,5	196,8
Pressió (bar)			15	15	14,99	14,98
Densitat (kg/m³)			6,869	828	894	858,4
Viscositat (cP)			0,01567	-	0,1685	0,136
Calor específic (kJ/(kg·K)			56,96	80,91	78,23	80,96
Conductivitat tèrmica (W/m·K)			0,66		0,67	
Coeficient global (W/(m²·K))			906			
Calor bescanviat (kW)			64,6			
Volum intern (m³)			0,0534		0,0244	
DADES DE CONSTRUCCIÓ						
			Carcassa		Tubs	
Material			316L		316L	
Temperatura de disseny (C)			235		230	
Pressió de disseny (bar)			17		17	
Nº de passos per carcassa			4			
Pes equip buit (kg)			288	Pes amb aigua (kg)		365
Nº de tubs	34	OD (mm)	19,05	Pitch (mm)	23,81	
Tipus	Simple	Longitud (mm)		2500		
Carcassa ID (mm)		205		Carcassa OD (mm)		219,08
Codi de disseny		ASME				

 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ BESCANVIADOR DE CALOR	Full 2 de 3	
				DATA	15/05/2024
	Ítem	BC-301		REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona			
ESQUEMA					
Views on arrow A 					

 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ BESCANVIADOR DE CALOR	Full 3 de 3	
				DATA	15/05/2024
	Ítem	BC-301		REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona			

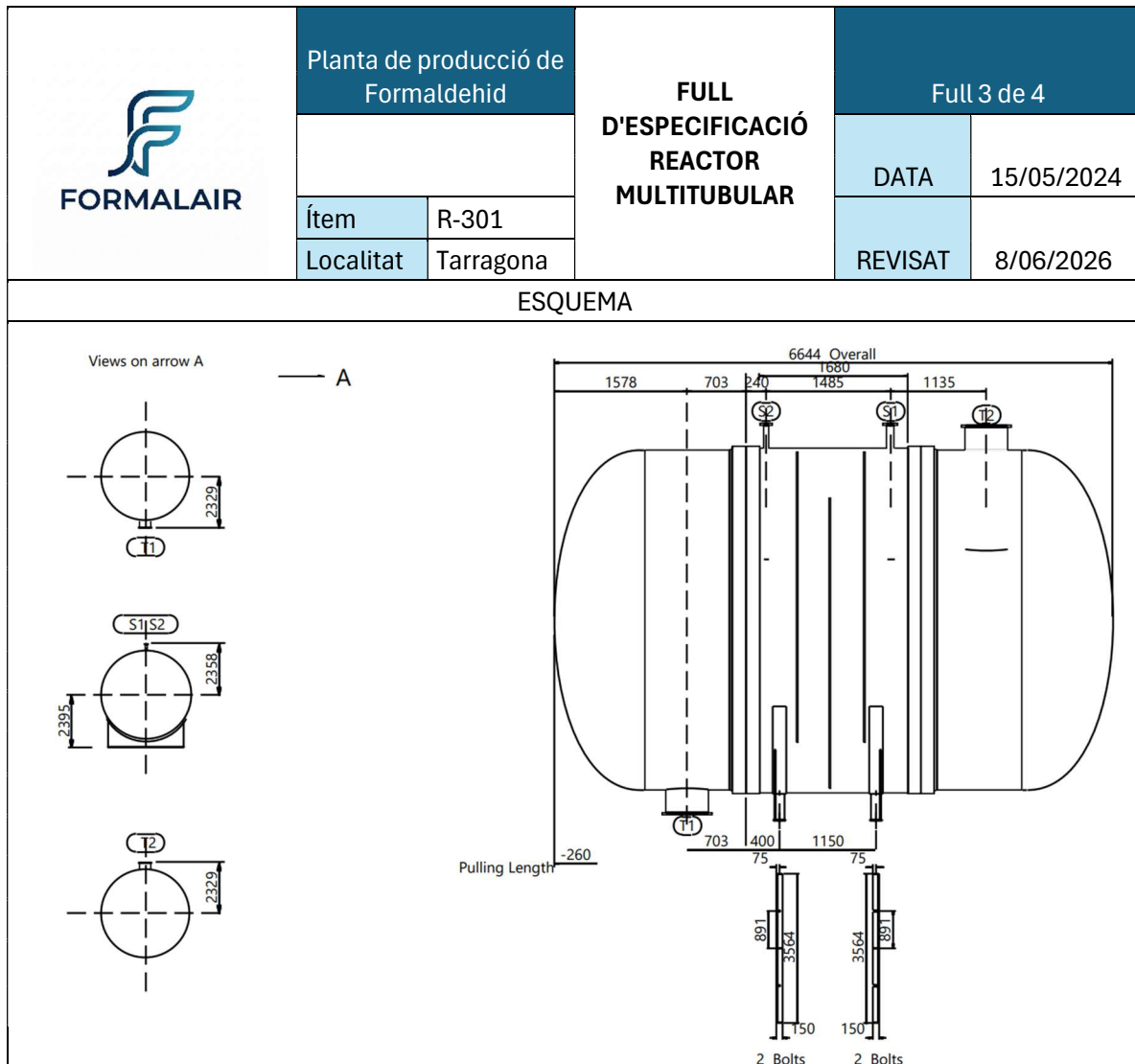
ESQUEMA



	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ MESCLADOR		Full 1 de 1	
					DATA	15/05/2026
	Ítem	M-301			REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona				
DADES GENERALS						
Denominació			Mesclador estàtic			
Funció de l'equip			Agrupar els dos corrents d'aigua de servei			
Components principals			Cos cilíndric amb bafles de mescla interns			
Fase			Líquida			
Cost (euros)			1500			
DADES D'OPERAICÓ						
			ENTRADA 1	ENTRADA 2	SORTIDA	
Temperatura (°C)			196,8	198,3	197,2	
Pressió (bar)			14,98	14,98	14,98	
Cabal (kg/h)			1450	120	1570	
DADES DE DISSENY						
Fabricant			Ross Mixers			
Model			Ross ISG			
Material			316L			
Nombre d'elements			2			
Tipus d'elements			Deflectors de mescla estàtica estàndard			
Longitud (mm)			300			
Diàmetre (m)			0,05			
ESQUEMA						
						

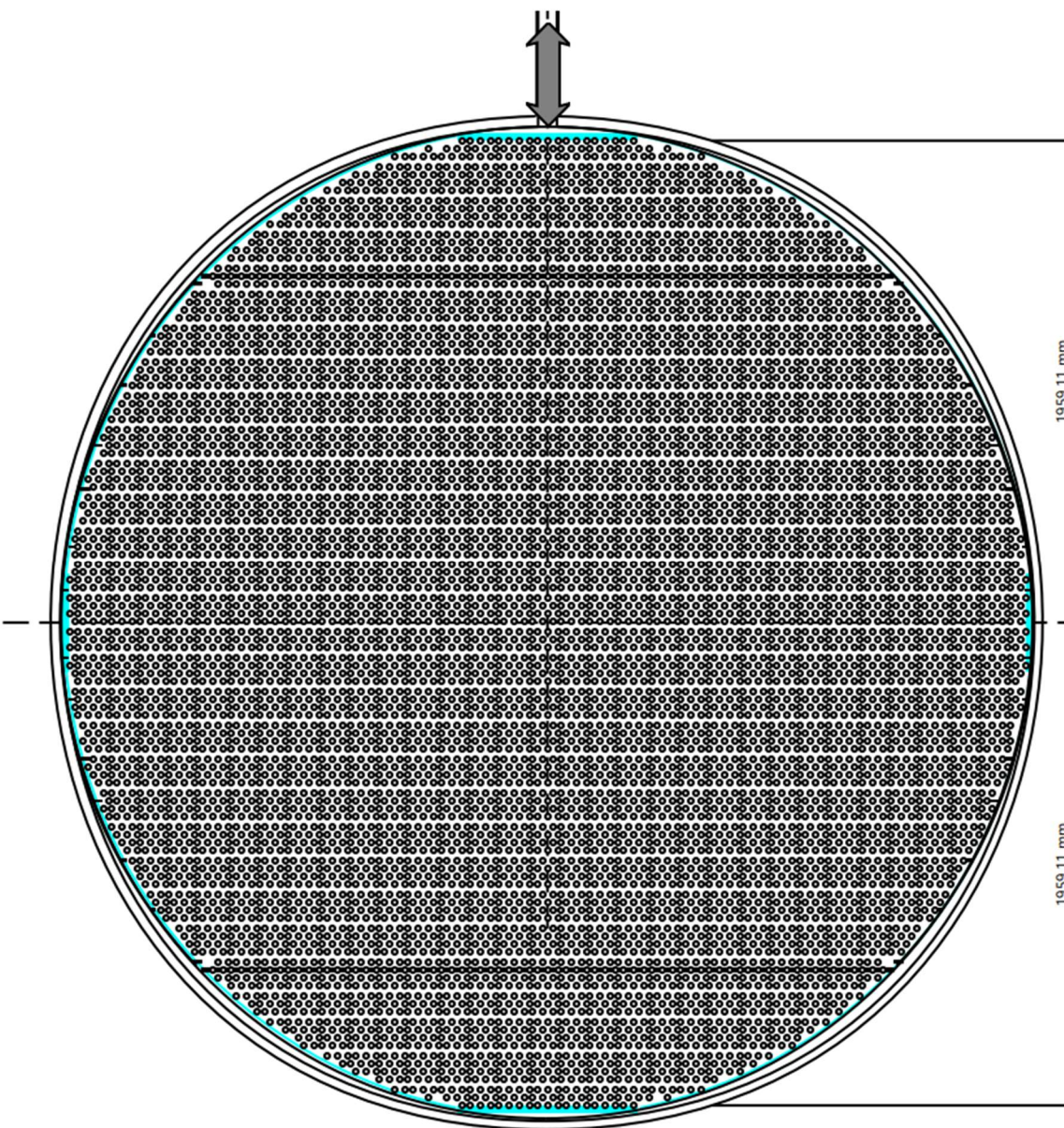
	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ REACTOR MULTITUBULAR		Full 1 de 4	
					DATA	15/05/2024
	Ítem	R-301			REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona				
DADES GENERALS						
Denominació			Reactor multitubular			
Funció de l'equip			Fer reaccionar el Metanol amb Aire per produir Formaldehid, Aigua i CO			
Components principals	Carcassa		Aigua			
	Tubs		Metanol, Aire, Formaldehid, Aigua i CO			
Cost (euros)			1410164			
DADES D'OPERACIÓ						
			Carcassa		Tubs	
			Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Cabal (kg/h)			10730		56713	
Temperatura (°C)			200	200	157	200
Pressió (bar)			15	15	2	1,31
Densitat (kg/m³)			858,2	6,869	1,651	0,9131
Viscositat (mPa·s)			0,1366	0,01567	0,02337	0,02274
Calor específic (kJ/(kg·K)			80,89	56,96	1,098	1,177
Conductivitat tèrmica (W/m·K)			16			
Coeficient global (W/(m²·K))			135			
Temps de residència (min)			0,25			
Volum intern (m^3)			25,61		10,79	
DADES CATALITZADOR						
Material			Molibdé de ferro			
Estat			Sòlid			
Diàmetre partícula (mm)			4			
Forma partícula			Anells			
Densitat sòlida (Kg/m³)			1807			
Volum catalitzador (m³)			6,85			
Pes catalitzador (kg)			12377			
Tipus d'inert			Esteatita			

	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ REACTOR MULTITUBULAR	Full 2 de 4	
				DATA	15/05/2024
	Ítem	R-301		REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES DE DISSENY					
			Carcassa	Tubs	
Disposició			Horitzontal		
Capacitat (m³)			25,61	10,79	
Diàmetre intern (m)			4038	26,21	
Temperatura de disseny (°C)			250	500	
Pressió de disseny (kPa)			17	3	
Espessor (mm)			35	2,7	
Longitud (m)			6,644	2	
Nombre de tubs			10000		
Porositat llit			0,4		
Pes buit (kg)			82000		
Pes operació (kg)			115000		
Aïllant (mm)			75		
Material			316L	316L	
Baffle cut (m)			25%		
Pitch (m)			39,69		
Espai entre pantalles (m)			500		
Número de pantalles (m)			3		
Mètode de disseny			Codi ASME / Model RCFP a MATLAB		
DETALLS DE DISSENY					
Radiografia			Si		
Eficàcia soldadura			0,85		
Observacions			Degut a les dimensions de l'equip, s'haurà de muntar a la mateixa planta.		



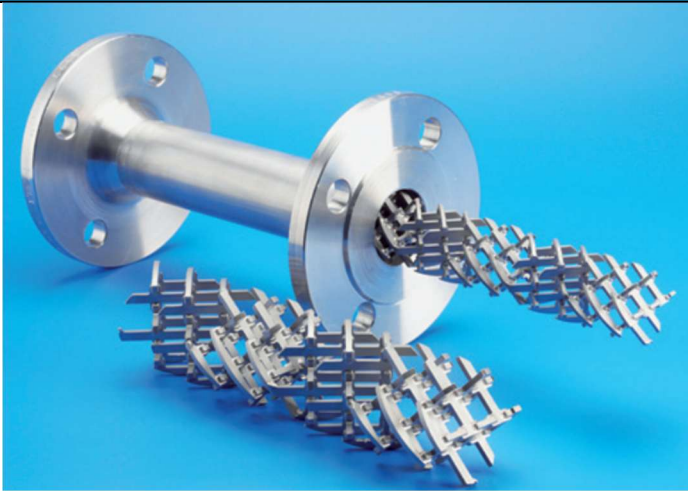
 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ REACTOR MULTITUBULAR	Full 4 de 4	
				DATA	15/05/2024
	Ítem	R-301		REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona			

ESQUEMA

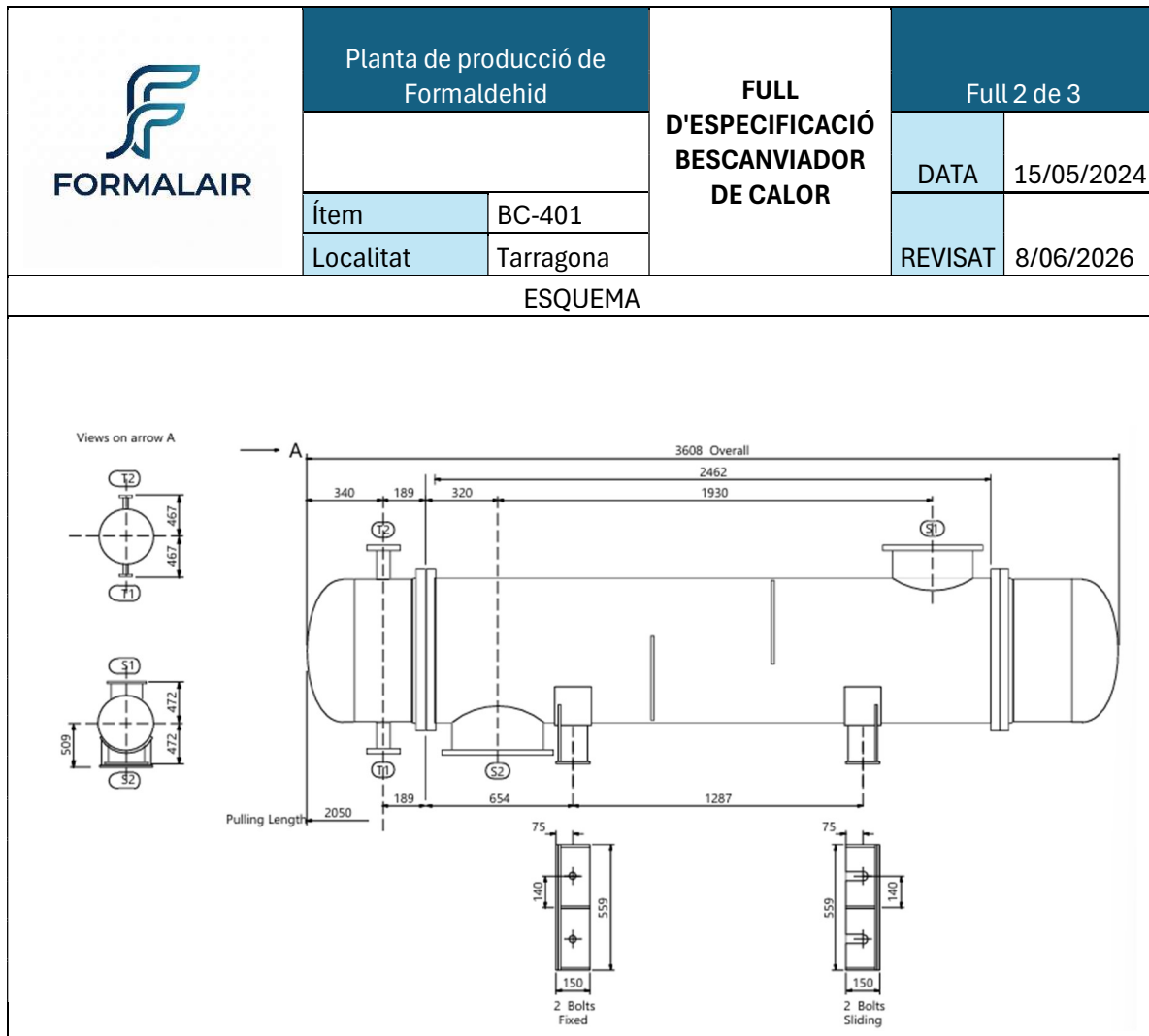


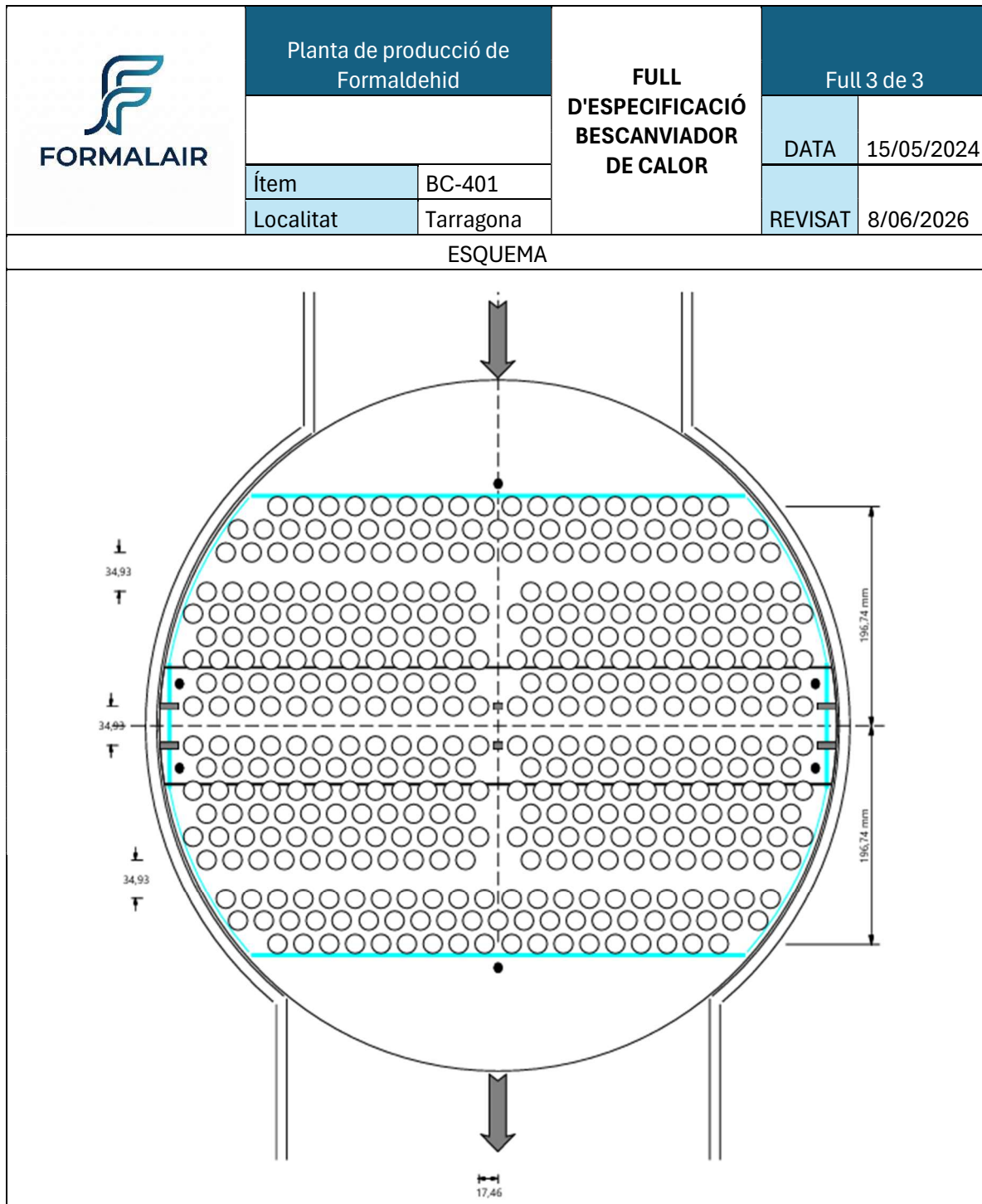
	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ MESCLADOR (DISTRIBUIDOR)		Full 1 de 1	
					DATA	15/05/2026
	Ítem	M-301			REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona				
DADES GENERALS						
Denominació			Distribuidor de vapor			
Funció de l'equip			Distribuir el vapor total del sistema de refrigeració.			
Components principals			1 cos central + 5 connexions + 1 purga + 2 connexions d'instrumentació			
Fase			Gas			
Cost (euros)			10500			
DADES D'OPERAICÓ						
	ENTRADA	SORTIDA 1	SORTIDA 2	SORTIDA 3	SORTIDA 4	
Temperatura (°C)	200	200	200	200	200	
Pressió (bar)	15	15	15	15	15	
Cabal (kg/h)	10730	1325	125	125	9153	
DADES DE DISSENY						
Fabricant			Standard industrial (Fabricació a mida)			
Model			CS-VAP-10700/15B			
Material			ASTM A106 Grau B			
Nombre d'elements			1 cos central + 5 connexions + 1 purga + 2 connexions d'instrumentació			
Longitud (mm)			2500			
Diàmetre (m)			0,4			
ESQUEMA						
						

2.5.4 Àrea 400

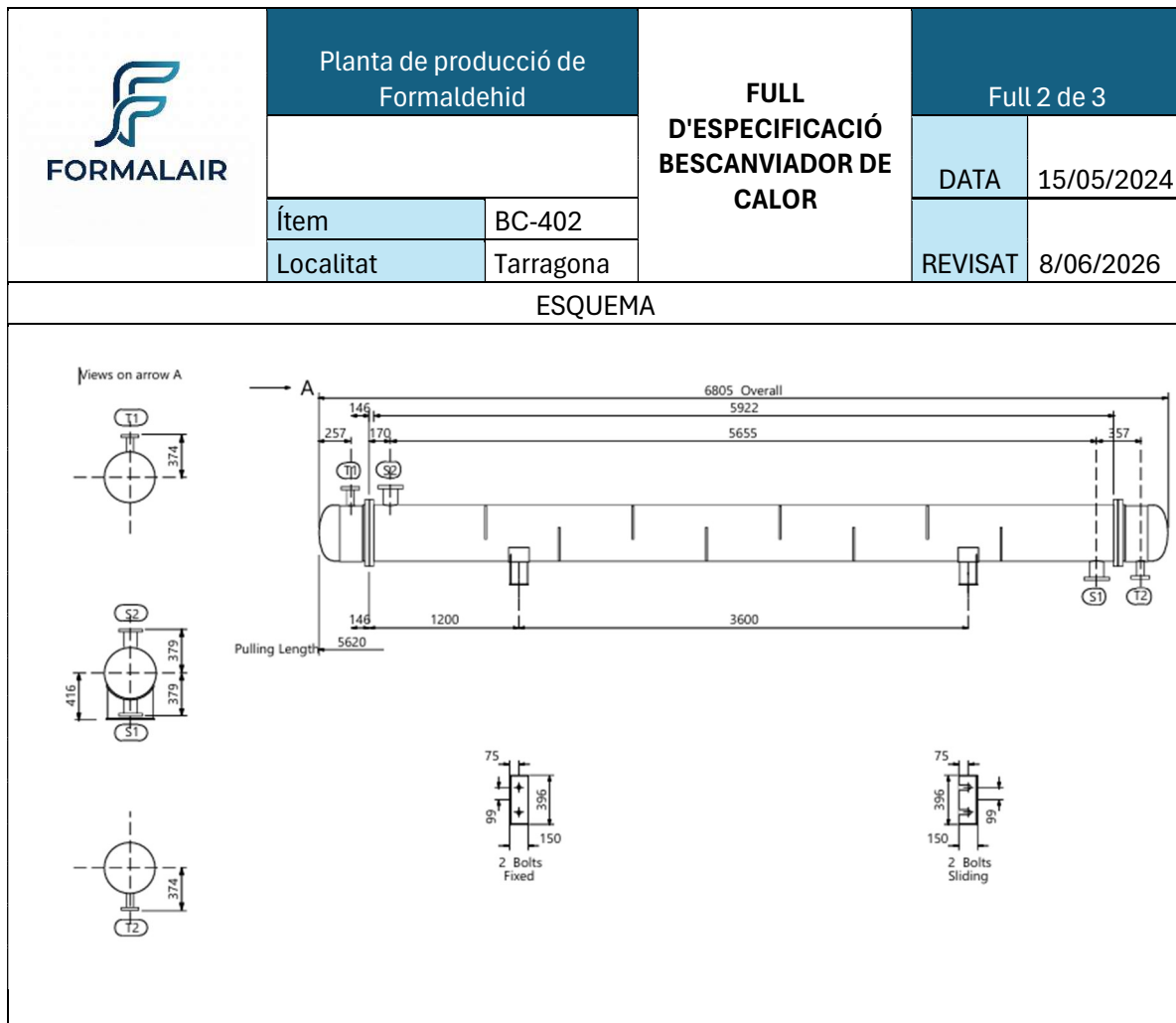
	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ MESCLADOR	Full 1 de 1	
				DATA	15/05/2026
	Ítem	M-401		REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES GENERALS					
Denominació		Mescaldor estàtic			
Funció de l'equip		Afegir Metanol al producte de la torre d'absorció			
Components principals		Elements interns de tipus helicoïdal			
Fase		Líquida			
Cost (euros)		3500			
DADES D'OPERAICÓ					
		ENTRADA 1	ENTRADA 2	SORTIDA	
Temperatura (°C)		68,08	25	64,74	
Pressió (bar)		1,3	1,3	1,3	
Cabal (kg/h)		12310	1075	13390	
DADES DE DISSENY					
Fabricant		Sulzer			
Model		Sulzer SMX Plus			
Material		316L			
Nombre d'elements		4			
Tipus d'elements		Elements interns de tipus helicoïdal			
Longitud (mm)		500			
Diàmetre (m)		0,05			
ESQUEMA					
					

	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ BESCANVIADOR DE CALOR		Full 1 de 3	
					DATA	15/05/2024
	Ítem	BC-401			REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona				
DADES GENERALS						
Denominació			Bescanviador de calor de carcassa i tubs			
Funció de l'equip			Refredar la mescla de productes abans de la seva absorció			
Components principals	Carcassa		Mescla gasosa de productes			
	Tubs		Aigua			
Número de carcasses			1			
Àrea (m²)			54,67			
Cost (euros)			329245			
DADES D'OPERACIÓ						
			Carcassa		Tubs	
			Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Cabal (kg/h)			55240		8000	
Líquid (kg/s)			0	0	8000	8000
Vapor (kg/s)			55240	55240	0	0
Velocitat Mín/Max (m/s)						
Temperatura (°C)			126	87,31	25	99,17
Pressió (bar)			1,35	1,304	1,115	1,114
Densitat (kg/m³)			1,099	1,178	1007	948,6
Viscositat (cP)			0,01995	0,01818	0,8904	0,2814
Calor específic (kJ/(kg·K)			31,18	30,84	75,7	75,6
Conductivitat tèrmica (W/m·K)			16,3		16,3	
Coeficient global (W/(m²·K))			301,1			
Calor bescanviat (kW)			693,4			
Volum intern (m³)			0,522		0,178	
DADES DE CONSTRUCCIÓ						
			Carcassa		Tubs	
Material			316L		316L	
Temperatura de disseny (C)			250		250	
Pressió de disseny (bar)			2,5		2,5	
Nº de passos per carcassa			6			
Pes equip buit (kg)			1649	Pes amb aigua (kg)		2349
Nº de tubs	358		OD (mm)	19,05	Pitch (mm)	23,81
Tipus	Simple		Longitud (mm)		2550	
Carcassa ID (mm)		625		Carcassa OD (mm)		645
Codi de disseny		ASME				



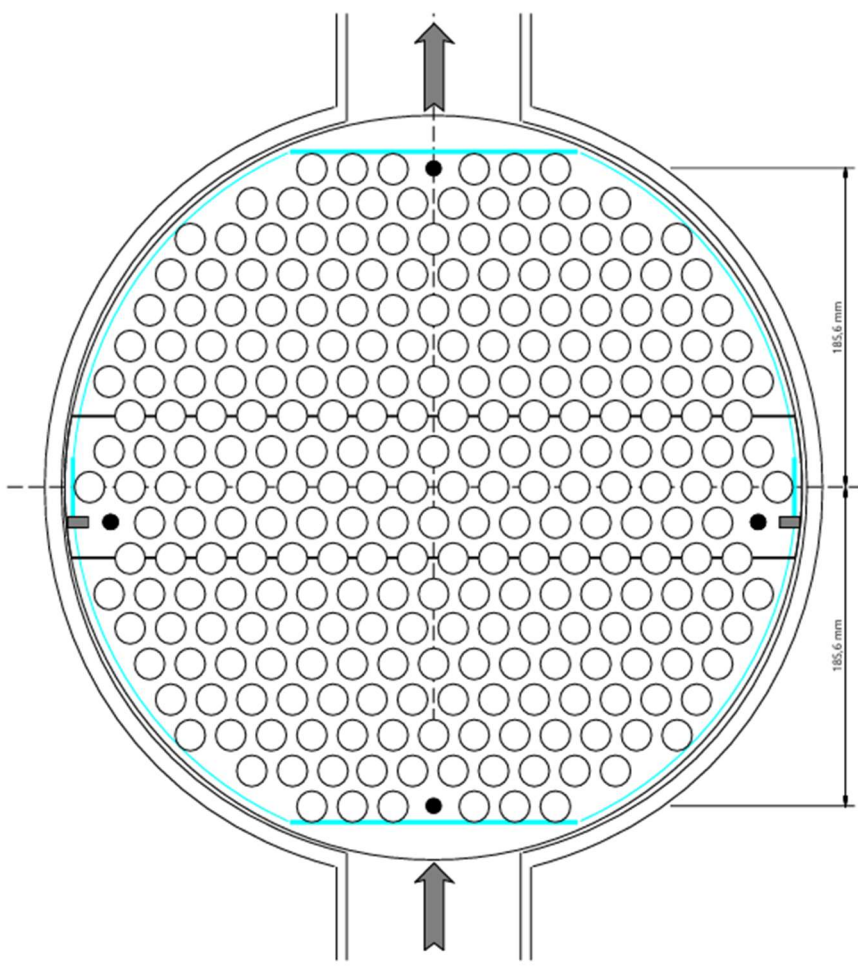


 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ BESCANVIADOR DE CALOR		Full 1 de 3	
					DATA	15/05/2024
	Ítem	BC-402			REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona				
DADES GENERALS						
Denominació			Bescanviador de calor de carcassa i tubs			
Funció de l'equip			Refredar la mescla aquosa final de productes			
Components principals	Carcassa		Aigua			
	Tubs		Mescla aquosa de productes			
Número de carcasses			1			
Àrea (m²)			94,79			
Cost (euros)			45925			
DADES D'OPERACIÓ						
			Carcassa		Tubs	
			Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Cabal (kg/h)			13390		25000	
Líquid (kg/s)			13390	13390	25000	25000
Vapor (kg/s)			0	0	0	0
Velocitat Mín/Max (m/s)						
Temperatura (°C)			25	40,61	64,74	31,68
Pressió (bar)			1,115	1,097	1,3	1,271
Densitat (kg/m³)			1007	995,5	819,9	859,2
Viscositat (cP)			0,89	0,6439	0,2585	0,4112
Calor específic (kJ/(kg·K))			75,7	76,15	83,96	81,14
Conductivitat tèrmica (W/m·K)			16,3		16,3	
Coeficient global (W/(m²·K))			188,6			
Calor bescanviat (kW)			241,9			
Volum intern (m³)			0,453		0,308	
DADES DE CONSTRUCCIÓ						
			Carcassa		Tubs	
Material			316L		316L	
Temperatura de disseny (C)			100		100	
Pressió de disseny (bar)			2,5		2,5	
Nº de passos per carcassa			1			
Pes equip buit (kg)			2585	Pes amb aigua (kg)		3346
Nº de tubs	264	OD (mm)	19,05	Pitch (mm)	23,81	
Tipus	Simple	Longitud (mm)			6000	
Carcassa ID (mm)		438,15		Carcassa OD (mm)		457,2
Codi de disseny		ASME				



 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ BESCANVIADOR DE CALOR		Full 3 de 3	
					DATA	15/05/2024
	Ítem	BC-402				
	Localitat	Tarragona	REVISAT	8/06/2026		

ESQUEMA

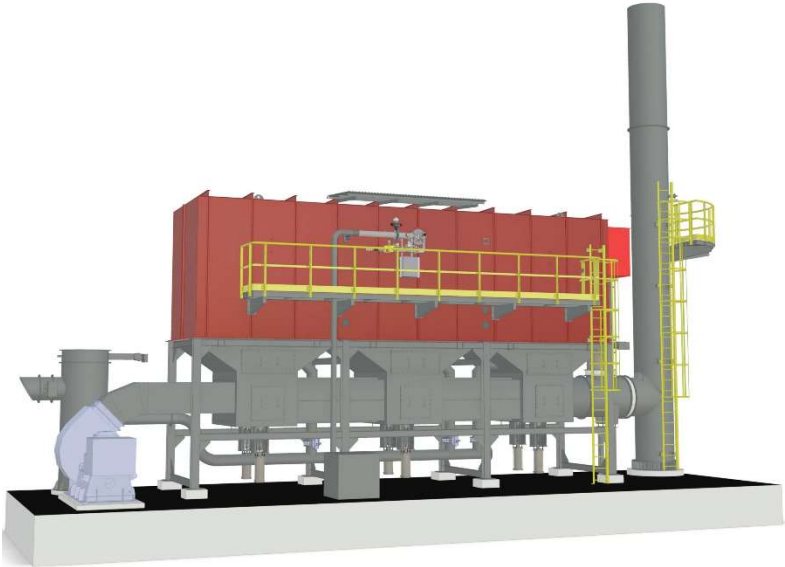


 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ TORRE D'ABSORCIÓ	Full 1 de 3	
				DATA	15/05/2026
	Ítem	TA-401		REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES GENERALS					
Denominació			Torre d'absorció empacada		
Finalitat			Absorbir el formaldehid i metanol present en la fase gas i diluir-ho en una solució aquosa al 37% de formol		
Preu (euros)			425.000		
DADES D'OPERACIÓ					
Fluid líquid entrada			Aigua líquida		
Fluid líquid sortida			Formol 37%		
Fluid gas entrada			Mescla Formaldehid, CO, Metanol , Aigua, O2 i N2		
Fluis gas sortida			CO, O2, Aigua, N2		
			Entrada	Sortida	
Cabal líquid (kg/h)			4250	12290	
Cabal gas (kg/h)			55240	47200	
Temperatura gas (°C)			88,15	39,94	
Temperatura líquid (°C)			25	68,14	
Pressió líquid (bar)			1,3	1,3	
Pressió gas (bar)			1,304	1,013	
Fracció màssica Formaldehid Líquid			0	0,4066	
Fracció màssica Formaldehid Gas			0,0908	0,0004	

	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ TORRE D'ABSORCIÓ	Full 2 de 3	
				DATA	15/05/2026
	Ítem	TA-401		REVISAT	8/06/2026
Localitat	Tarragona				
DADES REBLIMENT					
Tipus de rebliment			Anells Rasching		
Material de rebliment			Acer Inoxidable		
Tamany nominal (mm)			19		
Àrea superficial específica (m²/m³)			245		
Fracció de llocs buits			0,9		
Diàmetre intern columna (Sup/Inf)(m)			2,53 / 3,369		
Alçada del llit empaquetat (Sup/Inf)(m)			7,5 / 7,5		
ACCESSORIS					
Pump Around			Si		
Cabal (kmol/h)			5000		
Salt tèrmic (°C)			30		
Punt sortida/entrada (m)			0 / 14		
DADES DISSENY					
Alçada total del equip (m)			18,42		
Material carcassa			AISI 316L		
Gruix paret (mm)			10-12		
Pes equip buit (amb rebliment/sense) (kg)			79288 / 16192		
Pes equip ple d'aigua (kg)			1130888		

 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ TORRE D'ABSORCIÓ		Full 3 de 3	
					DATA	15/05/2024
	Ítem	TA-401			REVISAT	8/06/2026
Localitat	Tarragona					
ESQUEMA EQUIP						
						

2.5.5 Àrea 500

	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ RTO	Full 1 de 1	
				DATA	15/05/2024
	Ítem	RTO-501		REVISAT	8/06/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES GENERALS					
Denominació		Oxidador tèrmic regeneratiu			
Funció de l'equip		Eliminació dels compostos orgànics volàtils			
Cost (euros)		1150000			
DADES D'OPERACIÓ					
Cabal (m³/h)		43684			
DADES DE L'EQUIP					
Cabal màxim (m³/h)		157143			
Fabricant/Model		BROFIND/OxytermIBT			
Número de càmares		1			
Composició entrada (kmol/h)	Concentració HCHO		0,85		
	Concentració CO		1,44		
	Concentració CH3OH		1,77		
Pes buit (kg)		55000			
Temperatura entrada (°C)		40			
Temperatura d'operació (°C)		850			
Concentració CO2 sortida (ppm)		2384			
Potència elèctrica (kW)		51,1			
Àrea transversal torre (m²)		17,5			
ESQUEMA					
					

2.5.6 Àrea 600

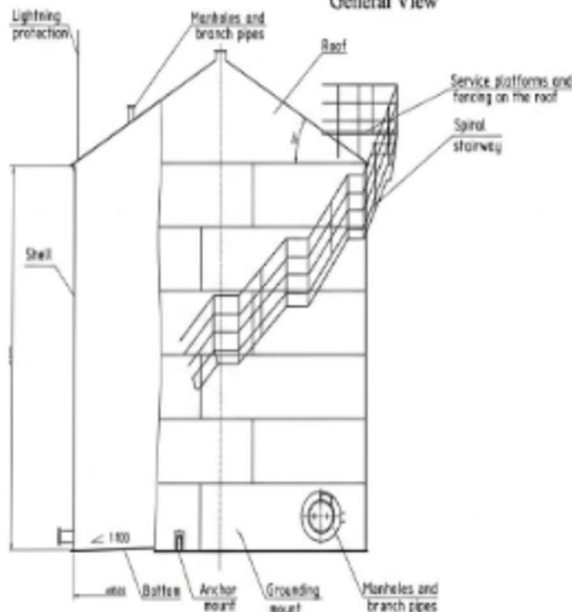
	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ TANC D'EMMAGATZEMATGE	Full 1 de 2	
				DATA	15/05/2026
	Ítem	TE-601		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES GENERALS					
DENOMINACIÓ			Tanc d'emmagatzematge		
FINALITAT			Emmagatzemar formol líquid		
DADES OPERACIÓ					
FLUID			Formaldehid+H2O+Metanol		
TEMPERATURA D'OPERACIÓ (°C)			25		
PRESSIÓ D'OPERACIÓ (bar)			1,06825		
DENSITAT (kg/m³)			872		
PES OPERACIÓ (kg)			80840 Kg - 244340 Kg		
% OCUPACIÓ			12,5% - 50%		
DADES DE DISSENY					
VOLUM (m³)			500		
TEMPERATURA DE DISSENY (°C)			45		
PRESSIÓ DE DISSENY (bar)			2,5		
ALÇADA TOTAL (m)			9,3 m		
DISPOSICIÓ			Vertical		
DIÀMETRE INTERIOR (m)			8,350 m		
DIÀMETRE EXTERIOR (m)			8,50 m		
TIPUS CAPÇAL			Cone Roof		
TIPUS PARET			Cilindre Tancat		
GRUIX (mm)			15 mm		
PES BUIT (kg)			26340 Kg		
MATERIAL			Acer inoxidable 316L		
NORMA DISSENY			ASME/ API 650		
TRACTAMENT TÈRMIC			No		
AÏLLANT			Llana de roca		
DETALLS DE DISSENY					
RADIOGRAFIA			Total		
EFICÀCIA SOLDADURA			1		
OBSERVACIONS			S'utilitza N₂ per controlar la pressió al tanc (Blanketing)		

	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ TANC D'EMMAGATZEMATGE	Full 2 de 2	
				DATA	15/05/2026
	Ítem	TE-601		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			

ESQUEMA

VERTICAL 500 cbm CYLINDRICAL STEEL TANK WITH SPIRAL LADDER

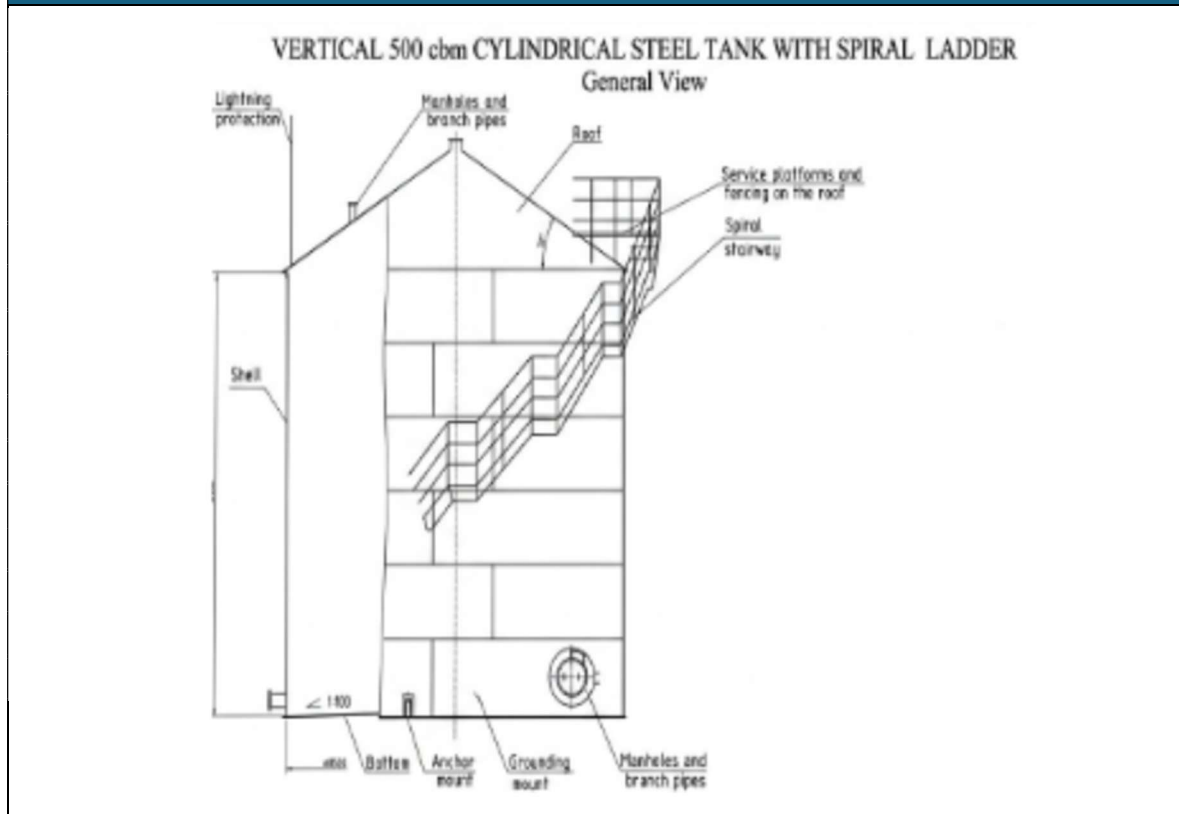
General View



	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ TANC D'EMMAGATZEMATGE	Full 1 de 2	
				DATA	15/05/2026
	Ítem	TE-602		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES GENERALS					
DENOMINACIÓ			Tanc d'emmagatzematge		
FINALITAT			Emmagatzemar formol líquid		
DADES OPERACIÓ					
FLUID			Formaldehid+H2O+Metanol		
TEMPERATURA D'OPERACIÓ (°C)			25		
PRESSIÓ D'OPERACIÓ (bar)			1,06825		
DENSITAT (kg/m³)			872		
PES OPERACIÓ (kg)			80840 Kg - 244340 Kg		
% OCUPACIÓ			12,5% - 50%		
DADES DE DISSENY					
VOLUM (m³)			500		
TEMPERATURA DE DISSENY (°C)			45		
PRESSIÓ DE DISSENY (bar)			2,5		
ALÇADA TOTAL (m)			9,3 m		
DISPOSICIÓ			Vertical		
DIÀMETRE INTERIOR (m)			8,350 m		
DIÀMETRE EXTERIOR (m)			8,50 m		
TIPUS CAPÇAL			Cone Roof		
TIPUS PARET			Cilindre Tancat		
GRUIX (mm)			15 mm		
PES BUIT (kg)			26340 Kg		
MATERIAL			Acer inoxidable 316L		
NORMA DISSENY			ASME/ API 650		
TRACTAMENT TÈRMIC			No		
AÏLLANT			Llana de roca		
DETALLS DE DISSENY					
RADIOGRAFIA			Total		
EFICÀCIA SOLDADURA			1		
OBSERVACIONS			S'utilitza N ₂ per controlar la pressió al tanc (Blanketing)		

 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ TANC D'EMMAGATZEMATGE	Full 2 de 2	
				DATA	15/05/2026
	Ítem	TE-602		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			

ESQUEMA



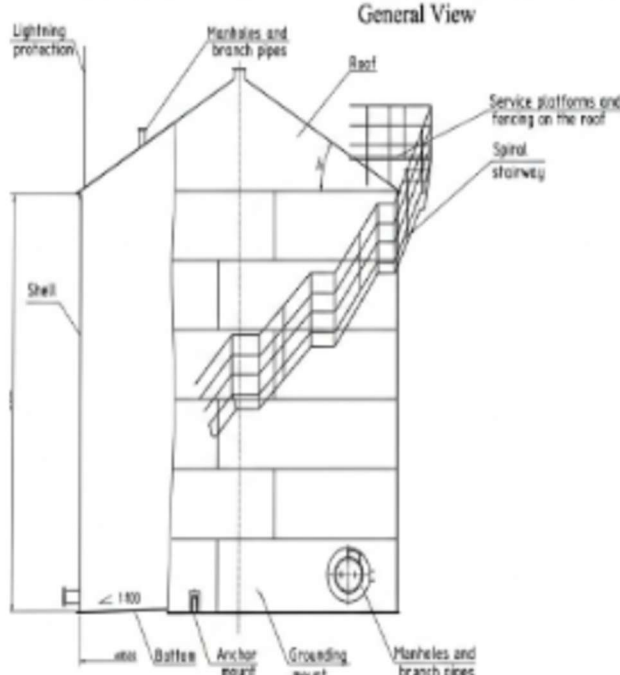
	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ TANC D'EMMAGATZEMATGE	Full 1 de 2	
				DATA	15/05/2026
	Ítem	TE-603		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES GENERALS					
DENOMINACIÓ			Tanc d'emmagatzematge		
FINALITAT			Emmagatzemar formol líquid		
DADES OPERACIÓ					
FLUID			Formaldehid+H2O+Metanol		
TEMPERATURA D'OPERACIÓ (°C)			25		
PRESSIÓ D'OPERACIÓ (bar)			1,06825		
DENSITAT (kg/m³)			872		
PES OPERACIÓ (kg)			80840 Kg - 244340 Kg		
% OCUPACIÓ			12,5% - 50%		
DADES DE DISSENY					
VOLUM (m³)			500		
TEMPERATURA DE DISSENY (°C)			45		
PRESSIÓ DE DISSENY (bar)			2,5		
ALÇADA TOTAL (m)			9,3 m		
DISPOSICIÓ			Vertical		
DIÀMETRE INTERIOR (m)			8,350 m		
DIÀMETRE EXTERIOR (m)			8,50 m		
TIPUS CAPÇAL			Cone Roof		
TIPUS PARET			Cilindre Tancat		
GRUIX (mm)			15 mm		
PES BUIT (kg)			26340 Kg		
MATERIAL			Acer inoxidable 316L		
NORMA DISSENY			ASME/ API 650		
TRACTAMENT TÈRMIC			No		
AÏLLANT			Llana de roca		
DETALLS DE DISSENY					
RADIOGRAFIA			Total		
EFICÀCIA SOLDADURA			1		
OBSERVACIONS			S'utilitza N ₂ per controlar la pressió al tanc (Blanketing)		

 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ TANC D'EMMAGATZEMATGE	Full 2 de 2	
				DATA	15/05/2026
	Ítem	TE-603		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			

ESQUEMA

VERTICAL 500 cbm CYLINDRICAL STEEL TANK WITH SPIRAL LADDER

General View



Lightning protection

Manholes and branch pipes

Roof

Service platforms and forcing on the roof

Spiral stairway

Shell

1100

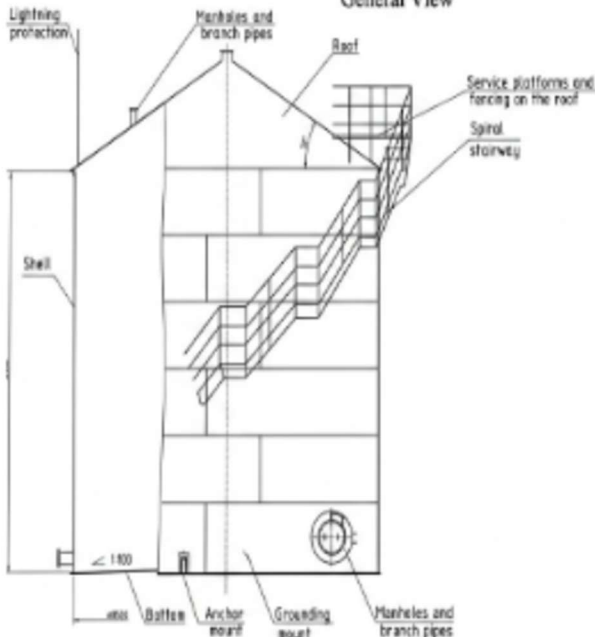
Batten

Anchor mount

Grounding mount

Manholes and branch pipes

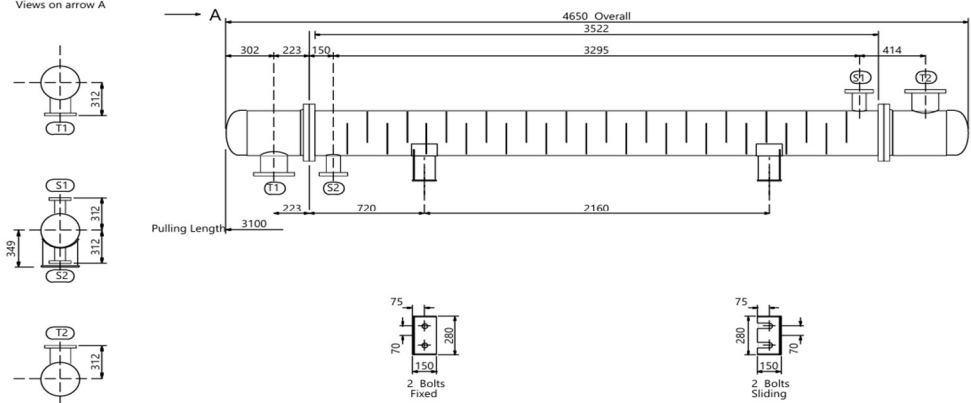
	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ TANC D'EMMAGATZEMATGE	Full 1 de 2	
				DATA	15/05/2026
	Ítem	TE-604		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES GENERALS					
DENOMINACIÓ			Tanc d'emmagatzematge		
FINALITAT			Emmagatzemar formol líquid		
DADES OPERACIÓ					
FLUID			Formaldehid+H2O+Metanol		
TEMPERATURA D'OPERACIÓ (°C)			25		
PRESSIÓ D'OPERACIÓ (bar)			1,06825		
DENSITAT (kg/m³)			872		
PES OPERACIÓ (kg)			80840 Kg - 244340 Kg		
% OCUPACIÓ			12,5% - 50%		
DADES DE DISSENY					
VOLUM (m³)			500		
TEMPERATURA DE DISSENY (°C)			45		
PRESSIÓ DE DISSENY (bar)			2,5		
ALÇADA TOTAL (m)			9,3 m		
DISPOSICIÓ			Vertical		
DIÀMETRE INTERIOR (m)			8,350 m		
DIÀMETRE EXTERIOR (m)			8,50 m		
TIPUS CAPÇAL			Cone Roof		
TIPUS PARET			Cilindre Tancat		
GRUIX (mm)			15 mm		
PES BUIT (kg)			26340 Kg		
MATERIAL			Acer inoxidable 316L		
NORMA DISSENY			ASME/ API 650		
TRACTAMENT TÈRMIC			No		
AÏLLANT			Llana de roca		
DETALLS DE DISSENY					
RADIOGRAFIA			Total		
EFICÀCIA SOLDADURA			1		
OBSERVACIONS			S'utilitza N ₂ per controlar la pressió al tanc (Blanketing)		

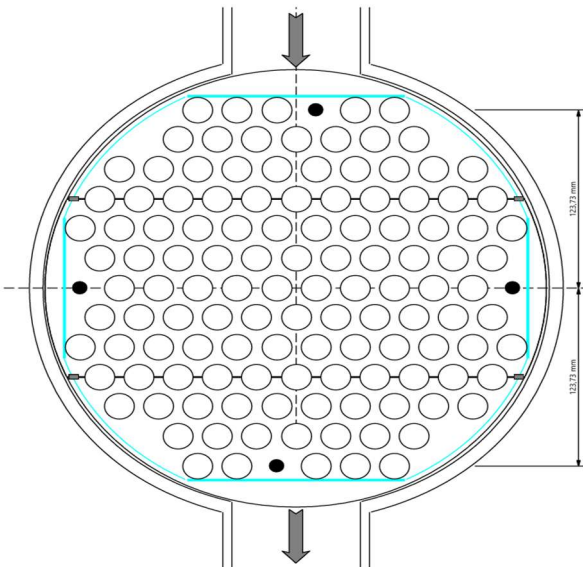
 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ TANC D'EMMAGATZEMATGE	Full 2 de 2	
				DATA	15/05/2026
	Ítem	TE-604		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			
ESQUEMA					
VERTICAL 500 cbm CYLINDRICAL STEEL TANK WITH SPIRAL LADDER General View 					

2.5.7 Àrea 700

	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ MESCLADOR	Full 1 de 1	
				DATA	15/05/2026
	Ítem	M-701			
	Localitat	Tarragona		REVISAT	19/05/2026
DADES GENERALS					
Denominació		Mesclador estàtic			
Funció de l'equip		Agrupar els dos corrents d'aigua de servei			
Components principals		Canonada recta bridada ambv elements de mescla			
Fase		Líquida			
Cost (euros)		1500			
DADES D'OPERAICÓ					
	ENTRADA 1		ENTRADA 2	SORTIDA	
Temperatura (°C)		34,73	38	35,18	
Pressió (bar)		1,094	1,094	1,094	
Cabal (kg/h)		50000	8000	58000	
DADES DE DISSENY					
Fabricant		Statiflo			
Model		Koflo Series 36			
Material		316L			
Nombre d'elements		2			
Tipus d'elements		Elements de diseny elicoidal o de pestanyes			
Longitud (mm)		400			
Diàmetre (m)		0,05			
ESQUEMA					
					

	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ BESCANVIADOR DE CALOR		Full 1 de 3	
					DATA	15/05/2024
	Ítem	BC-701			REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona				
DADES GENERALS						
Denominació			Bescanviador de calor de carcassa i tubs			
Funció de l'equip			Refredar aigua de servei a 35°C			
Components principals	Carcassa		Aigua calenta			
	Tubs		Aigua de servei a temperatura ambient			
Número de carcasses			1			
Àrea (m³)			26,28			
Cost (euros)			19941			
DADES D'OPERACIÓ						
			Carcassa		Tubs	
			Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Cabal (kg/h)			8000		50000	
Líquid (kg/s)			8000	8000	50000	50000
Vapor (kg/s)			0	0	0	0
Velocitat Mín/Max (m/s)						
Temperatura (°C)			99,14	36,86	25	34,91
Pressió (bar)			1,114	1,094	1,115	1,093
Densitat (kg/m³)			948,6	997,5	1007	1000
Viscositat (cP)			0,2815	0,6771	0,8904	0,7225
Calor específic (kJ/(kg·K)			75,6	76,16	75,7	76,15
Conductivitat tèrmica (W/m·K)			0,66		0,61	
Coeficient global (W/(m^2·K))			701			
Calor bescanviat (kW)			571,4			
Volum intern (m^3)			0,1313		0,1345	
DADES DE CONSTRUCCIÓ						
			Carcassa		Tubs	
Material			316L		316L	
Temperatura de disseny (C)			135		70	
Pressió de disseny (bar)			3		3	
Nº de passos per carcassa			1			
Pes equip buit (kg)			794	Pes amb aigua (kg)		1060
Nº de tubs	122	OD (mm)	19,05	Pitch (mm)	23,81	
Tipus	Simple	Longitud (mm)		3600		
Carcassa ID (mm)		307,09		Carcassa OD (mm)		323,85
Codi de disseny		ASME				

 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ BESCANVIADOR DE CALOR	Full 2 de 3	
				DATA	15/05/2024
	Ítem	BC-701		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			
ESQUEMA					
Views on arrow A  4650 Overall 3522 3295 414 3100 Pulling Length 302 223 150 720 2160 T1 S1 S2 T2 2 Bolts Fixed 2 Bolts Sliding					

 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ BESCANVIADOR DE CALOR	Full 3 de 3	
				DATA	15/05/2024
	Ítem	BC-701			
	Localitat	Tarragona		REVISAT	19/05/2026
ESQUEMA					
					

	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ TORRE DE REFRIGERACIÓ	Full 1 de 1	
				DATA	15/05/2024
	Ítem	TR-701		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES GENERALS					
Denominació			Torre de refrigeració		
Finalitat			Refredar l'aigua de serveis		
Preu (euros)			35000		
DADES D'OPERACIÓ					
Fluid			Aigua líquida		
Cabal a refrigerar (kg/h)			83000		
Cabal a refrigerar (m³/h)			83		
Temperatura entrada (°C)			36,75		
Temperatura sortida (°C)			25		
Calor a dissipar (kW)			1133		
Decibels de soroll			75-82		
Nº equips			1		
DADES DE L'EQUIP					
Proveïdor			EWK (Equipos de Refrigeración)		
Model			EWK-I 1000		
Cabal a tractar (m³/h)			83		
Potència ventilador (kW)			11		
Longitud (m)			4,1		
Amplada (m)			2,4		
Alçada (m)			3,5		
Pes buit (kg)			1200		
Pes d'operació (kg)			4200		
Observacions			Està fabricat amb polièster reforçat amb fibra de vidre. És totalment resistent a la corrosió i a la brisa marina de Tarragona		

 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		Full 2 de 2	
			DATA	15/05/2024
	Ítem	TR-701	REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona		

**FULL
D'ESPECIFICACIÓ
TORRE DE
REFRIGERACIÓ**

ESQUEMA EQUIP



	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ DESCALCIFICADORA	Full 1 de 1	
				DATA	15/05/2024
	Ítem	DC-701		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES GENERALS					
Denominació		Descalcificador industrial			
Funció de l'equip		Elimina la duresa de l'aigua mitjançant resines de bescanvi iònic.			
Cost (euros)		6667,68			
DADES D'OPERACIÓ					
Cabal (kg/h)		5220			
DADES DE L'EQUIP					
Cabal màxim (kg/h)		6800			
Capacitat deposit sal (kg)		28,9			
Alçada (m)		1,99			
Diàmetre (m)		0,6			
Pes buit (kg)		300			
Empresa		Hidro Water			
Model		ED-0603-03			
ESQUEMA					
					

	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ CALDERA D'OLI TÈRMIC	Full 1 de 1	
				DATA	15/05/2026
	Ítem	BO-701		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES GENERALS					
Denominació			Caldera d'oli tèrmic		
Finalitat			Escalfament i evaporació inicial del metanol		
Preu (euros)			180000		
DADES D'OPERACIÓ					
Fluid de procés			Metanol		
Cabal de metnaol (kg/h)			5086		
Temperatura entrada metnanol (°C)			25		
Temperatura sortida metanol (°C)			85		
Calor transferit (kW)			1746		
Potència de disseny (kW)			2000		
Pressió de treball oli tèrmic (bar)			6		
Temperatura màxima oli tèrmic (°C)			300		
DADES DE L'EQUIP					
Proveïdor			PIROBLOC		
Model			GFT-2000		
Tipus			Caldera d'oli tèrmic vertical		
Combustible			Gas natural		
Potència nominal (kW)			2000		
Rendiment (%)			90		
Volum aproximat d'oli (L)			1800		
Longitud (m)			3,5		
Amplada(m)			2		
Alçada (m)			2,6		
Pes buit (kg)			4500		
Pes en operació (kg)			6500		

 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ CALDERA D'OLI TÈRMIC	Full 2 de 2	
				DATA	15/05/2024
	Ítem	BO-701		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			
ESQUEMA EQUIP					



	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ CALDERA INDUSTRIAL DE VAPOR	Full 1 de 1	
				DATA	15/05/2024
	Ítem	BO-702		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES GENERALS					
Denominació			Caldera industrial de vapor		
Finalitat			Escalfament de la barreja reactiva		
Preu (euros)			120000		
DADES D'OPERACIÓ					
Fluid de servei			Vapor d'aigua		
Cabal de vapor (kg/h)			1325		
Capacitat de disseny (kg/h)			1500		
Pressió del vapor (bar)			15		
Temperatura del vapor (°C)			200		
Calor tranferit (kW)			854		
Potència tèrmica instal·lada (kW)			1000		
Rendiment tèrmic (%)			92		
DADES DE L'EQUIP					
Proveïdor			SINCAL		
Tipus			Caldera de vapor pirotubular		
Combustible			Gas natural		
Producció nominal de vapor (kg/h)			1500		
Pressió màxima de disseny (bar)			16		
Temperatura d'alimentació (°C)			25		
Longitud aproximada (m)			3,5		
Amplada aproximada (m)			1,8		
Alçada aproximada (m)			2,2		
Pes buit (kg)			4000		
Pes en operació (kg)			5500		

 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ CALDERA D'OLI TÈRMIC	Full 2 de 2	
				DATA	15/05/2024
	Ítem	BO-702		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			

ESQUEMA EQUIP



	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ CALDERA D'AIGUA SOBREECALFADA	Full 1 de 1	
				DATA	15/05/2026
	Ítem	BO-703		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES GENERALS					
Denominació			Caldera d'aigua sobreescalfada		
Finalitat			Generació d'aigua pressuritzada		
Preu (euros)			240000		
DADES D'OPERACIÓ					
Fluid de servei			Aigua líquida pressuritzada		
Cabal d'aigua (kg/h)			10730		
Pressió d'operació			15		
Temperatura de sortida (°C)			198		
Potència tèrmica requerida (kW)			2160		
Potència tèrmica de disseny (kW)			2200		
Temperatura d'alimentació (°C)			25		
Rendiment tèrmic (%)			92		
DADES DE L'EQUIP					
Proveïdor			Bosch Industrial Boilers		
Tipus			Unimat UT-H		
Model			Caldera de tubs d'aigua		
Combustible			Gas natural		
Potència nominal (kW)			2200		
Pressió màxima de disseny (bar)			16		
Temperatura màxima de servei (°C)			210		
Longitud aproximada (m)			4,5		
Amplada aproximada (m)			2,2		
Alçada aproximada (m)			2,8		
Pes buit (kg)			6500		
Pes en operació (kg)			9000		

 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ CALDERA D'AIGUA SOBREECALFADA		Full 2 de 2	
					DATA	15/05/2024
	Ítem	BO-703			REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona				
ESQUEMA EQUIP						
						

	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ TANC D'AIGUA D'EMERGÈNCIA	Full 1 de 2	
				DATA	15/05/2026
	Ítem	TE-701		REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona			
DADES GENERALS					
DENOMINACIÓ			Dipòsit d'aigua contra incendis		
FINALITAT			Emmagatzemar aigua líquida per possibles situacions d'emergència		
DADES OPERACIÓ					
FLUID			Aigua líquida		
TEMPERATURA D'OPERACIÓ (°C)			25		
PRESSIÓ D'OPERACIÓ (atm)			1		
DENSITAT (kg/m³)			1000		
PES OPERACIÓ (kg)			1250000		
% OCUPACIÓ			90		
DADES DE DISSENY					
VOLUM (m³)			1200		
TEMPERATURA DE DISSENY (°C)			40		
PRESSIÓ DE DISSENY (bar)			2,5		
ALÇADA TOTAL (m)			11		
DISPOSICIÓ			Vertical		
DIÀMETRE INTERIOR (m)			12		
DIÀMETRE EXTERIOR (m)			12,02		
TIPUS CAPÇAL			Cone Roof		
TIPUS PARET			Cilindre Tancat		
GRUIX (mm)			1		
PES BUIT (kg)			50000		
MATERIAL			Acer al Carboni amb Recobriment C5.M		
TRACTAMENT TÈRMIC			No		
AÏLLANT			No		
DETALLS DE DISSENY					
RADIOGRAFIA			No		
EFICÀCIA SOLDADURA			0,85		
OBSERVACIONS					

 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ TANC D'AIGUA D'EMERGÈNCIA		Full 2 de 2	
					DATA	15/05/2026
	Ítem	TE-701			REVISAT	19/05/2026
	Localitat	Tarragona				
ESQUEMA						
						

 FORMALAIR	Planta de producció de Formaldehid		FULL D'ESPECIFICACIÓ ESTACIÓ TRANSFORMADORA		Full 1 de 4	
					DATA	15/05/2024
	Ítem	ET-701 i ET-702			REVISAT	10/06/2026
Localitat	Tarragona					
DADES GENERALS						
DENOMINACIÓ			Estació transformadora			
FINALITAT			Aportar i distribuir l'energia			
DADES OPERACIÓ						
TENSÍO DE LA LÍNIA ELÈCTRICA			20			
POTÈNCIA REQUERIDA (KW)			7137,38			
DADES DE L'EQUIP						
PROVEÏDOR			Yawei Transformer			
PÈRDUA DE CÀRREGA EN LA CÀRREGA (KW)			36,9			
PES (kg)			21100			
DIMENSIONS (mm)			4540x4350x4580			
CAPACITAT NOMINAL (kVA)			6300			
IMPEDÀNCIA DEL CURTCIRCUIT			10,50%			
ESQUEMA						
						

2.6 Bibliografia

- Fogler, H. S. (2020). *Elements of chemical reaction engineering* (6th ed.). Pearson Education.
- Kutscherauer, M., & Wehinger, G. D. (2025, 1 de abril). *Particle-resolved CFD simulation of diluted catalytic fixed bed reactors for formaldehyde production*. Institute of Chemical Process Engineering, Karlsruhe Institute of Technology.
- Leva, M., & Grummer, M. (1948). Heat transfer to gases through packed tubes: Effect of particle characteristics. *Industrial & Engineering Chemistry*, 40(3), 415–419.
- Green, S. J., & Vener, R. E. (1955). Vapor-liquid equilibria of formaldehyde-methanol-water. *Industrial and Engineering Chemistry*, 103.
- Hasse, H., & Maurer, G. (1991). Kinetics of the poly(oxymethylene) glycol formation in aqueous formaldehyde solutions. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 30(9), 2195–2200.
- Malik, M. I., Abatzoglou, N., & Achouri, I. E. (2021). Methanol to formaldehyde: An overview of surface studies and performance of an iron molybdate catalyst. *Catalysts*, 11(8), 893.
<https://doi.org/10.3390/catal11080893>
- Maurer, G. (1986). Vapor-liquid equilibrium of formaldehyde- and water-containing multicomponent mixtures. *AIChE Journal*, 32(6), 932–948.
- Chem. Systems Inc. (1996, abril). *Formaldehyde*. Deutschmann, O., Knözinger, H., Kochloefl, K., & Turek, T. (2011). Heterogeneous catalysis and solid catalysts, 1. Fundamentals. En *Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry*. Wiley-VCH. https://doi.org/10.1002/14356007.a05_313.pub3
- Fogler, H. S. (2017). Diffusion and reaction. En *Elements of chemical reaction engineering* (Capítol 15). Pearson.
- Gerberich, H. R., & Seaman, G. C. (2013). Formaldehyde. En *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/0471238961.0615181307051802.a01.pub3>
- National Academy of Sciences. (1980). *Formaldehyde: An assessment of its health effects*. Washington, D.C.
- Intel·ligència Artificial. *Claude*. (Versió 2026). Utilitzada per la cerca de papers i articles científics així com per la millora de la redacció.
- Schaub Fernández, M. (2025). *Caracterización de catalizador Fe-Mo industrial para producción de formaldehído: Estudio de su viabilidad para reutilización en planta* [Memoria de Títol, Universidad de Concepción].
- Svensson, R. (2021). *Implementation of reaction kinetics into reactor model followed by validation of the reactor model* [Tesis, Lund University]. Department of Chemical Engineering.
- D. Lei, J. Tang & B. Hao. (2007, 14 de noviembre). *Patente China No. CN 101070275A*. Administración Nacional de Propiedad Intelectual.
- Patente Española ES2544839T3*. (s.f.)
- Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry* (6th ed.). (2002). Wiley-VCH.