



PLANTA PER LA FABRICACIÓ DE FORMALDEHID A PARTIR DE METANOL

TREBALL DE FINAL DE GRAU
ENGINYERIA QUÍMICA

Juny 2026

UAB
Universitat
Autònoma
de Barcelona

Escola
d'Enginyeria

Erik Benito
Alex García
Guillem Iglesias
Adrià Navarro
Mar Pastor
Alejandro Rasero

Tutor: Josep A. Torà





PLANTA PER LA FABRICACIÓ DE FORMALDEHID A PARTIR DE METANOL

TREBALL DE FINAL DE GRAU
ENGINYERIA QUÍMICA

Juny 2026

UAB
Universitat
Autònoma
de Barcelona

Escola
d'Enginyeria

Erik Benito
Alex García
Guillem Iglesias
Adrià Navarro
Mar Pastor
Alejandro Rasero

Tutor: Josep A. Torà



Taula de continguts

2.1 Introducció	2
2.2 Nomenclatura dels equips.....	2
2.3 Descripció dels equips	2
2.3.1 Tanques d'emmagatzematge.....	2
2.3.2 Mescladors	4
2.3.3 Reactor.....	6
2.3.4 Columna d'absorció.....	8
2.3.5 Bescanviadors de calor	9
2.3.6 Evaporador	10
2.3.7 Torre de refrigeració	10
2.3.8 Caldera.....	10
2.4 Llistat dels equips	11
2.4.1 Emmagatzematge de matèries primeres	11
2.4.2 Preparació i condicionament de l'alimentació.....	11
2.4.3 Reacció catalítica	12
2.4.4 Absorció i purificació del producte.....	12
2.4.5 Emmagatzematge i expedició	12
2.4.6 Serveis auxiliars	13
2.5 Fulls d'especificacions.....	14
2.5.1 Emmagatzematge de matèries primeres	14
2.5.2 Preparació i condicionament de l'alimentació.....	16
2.5.3 Reacció catalítica	24
2.5.4 Absorció i condicionament del producte	26
2.5.5 Emmagatzematge i expedició	32
2.5.6 Serveis auxiliars	34
2.6 Bibliografia.....	48

2.1 Introducció

El disseny dels equips és un dels punts més importants del projecte, ja que gràcies a aquests s'assoleixen les condicions de treball necessàries i es garanteix el bon funcionament de la planta.

En aquest capítol es presenten tots els equips que són necessaris per a la producció de formaldehid en la planta Formachem. Es presenta un llistat amb els equips, una descripció de cadascun d'aquests i els fulls d'especificacions corresponents.

2.2 Nomenclatura dels equips

Per tenir una identificació clara i ordenada de tots els equips de la planta, s'ha determinat un sistema de codis per aplicar a tots els equips i que aquests tinguin la mateixa nomenclatura. El format que s'ha escollit és el següent:

X-YYZ

On:

X: Abreviatura de l'equip.

YY: Correspon a l'àrea o unitat de la planta on està l'equip .

Z: Número de l'equip en aquesta àrea.

Un exemple és el reactor situat a l'àrea 200, el qual s'anomenaria R-201.

A continuació, a la *Taula 2.1*, es mostra la nomenclatura de tots els equips presents a la planta.

Taula 2.2.1 Equips presents a la planta

Equip	Abreviatura
Tanc d'emmagatzematge	TE
Mesclador	ME
Evaporador	E
Bescanviador de calor	BC
Reactor	R
Columna d'absorció	CA
Torre de refrigeració	TR
Caldera	CL

2.3 Descripció dels equips

2.3.1 Tancs d'emmagatzematge

Els tancs d'emmagatzematge són una de les parts més importants de la planta i, estan dissenyats per retenir la quantitat necessària de reactiu o producte en funció de les diferents necessitats d'inventari. Aquests estan pensats per ser utilitzats en cas de no tenir subministrament extern dels components que contenen, depèn del consum que tingui el component en qüestió, les dimensions i capacitats varien.

A continuació es farà una breu descripció de tots els tancs presents:

- **TE-101, TE-102 i TE-103:** Són els tres tancs que contenen el reactiu metanol. Es troben a l'àrea d'emmagatzematge de primeres matèries i, aquestes reben càrrega de metanol diàriament. Tot i això, estan dissenyats per tenir 4 dies d'autonomia, per tal d'abastir els caps de setmana i, dos dies més de marge en cas de tenir manca d'entrada del reactiu mitjançant les cisternes.
Cada tanc té capacitat de 260 m³, amb una alçada de 7,5 m i un diàmetre de 6,64 m.
- **TE-601:** Correspon al tanc d'expansió del Therminol 66. És un component essencial pel circuit tancat del fluid refrigerant, ja que la seva funció és controlar l'augment de volum que experimenta fluid quan s'escalfa. L'interior del tanc està habilitat per amortitzar l'expansió d'aquest i mantenir la pressió dins dels límits operacionals. El volum del tanc és de 10 m³, té un diàmetre de 2,4 m i una alçada de 2,2 m.
- **TE-602:** És el tanc d'emmagatzematge o drenatge del Therminol 66, l'oli tèrmic que s'empra en el reactor. Tot i que durant el temps d'operació el tanc es troba buit, s'ha de tenir a la planta per tal de recuperar l'oli en cas de parada d'emergència i mentre es fa la parada anual per manteniment exhaustiu. A més a més, en el moment en què s'inicia el funcionament en continu de la planta, l'oli no es pot injectar directament a les canonades amb facilitat i, per tant, s'omple el tanc d'oli i es bombeja des d'aquest punt al circuit. El volum del tanc és de 35 m³, el seu diàmetre és de 3 m i l'alçada de 5 m.
- **TE-603:** Correspon al tanc pulmó de nitrogen, el qual emmagatzema el nitrogen ja en estat gasós a temperatura ambient i una pressió controlada. Amb la presència d'aquest tanc, es pot assegurar un subministrament de nitrogen gas constant i sempre llest per injectar. Per altra banda s'evita que les fluctuacions de pressió de la vaporització afectin els sistemes on es fa el *blanketing* i assegura un marge de temps en cas de tenir la necessitat de fer una parada d'emergència segura. Les dimensions del tanc són 3 m³ de volum, 1,250 m de diàmetre exterior i 2,76 m d'alçada.
- **TE-604:** Correspon al tanc criogènic de nitrogen, el qual es fa servir per a la inertització de la resta de tancs i dels equips que es fan servir. El tanc té una capacitat de 10 m³, prou per abastir tota la planta durant una setmana. Les dimensions són de 2 m de diàmetre extern i 3,2 m d'alçada.
- **TE-501, TE-502, TE-503 i TE-504:** Els darrers tancs, corresponen als que emmagatzemen el producte final, el formaldehid al 37%. Aquest producte és el que s'extreu de la planta amb cisternes per poder-lo repartir i comercialitzar. De la mateixa manera que amb els tancs de metanol, l'emmagatzematge del formaldehid també té una autonomia de 4 dies, per assegurar tenir un espai disponible en cas de no poder treure el producte en les cisternes diàries.
Els quatre tancs tenen una capacitat de 230 m³ i les seves dimensions són de 7 m d'alçada i 6,47 m de diàmetre.

S'ha seleccionat l'acer inoxidable AISI 316L com a material de construcció dels tancs d'emmagatzematge de metanol, formaldehid i nitrogen per les següents raons:

- Resistència a la corrosió química: el formaldehid i el metanol són substàncies corrosives i, aquest tipus d'acer, gràcies al seu contingut en molibdè ofereix una gran resistència a aquest tipus de productes.
- Contacte amb substàncies inflamables: es garanteix integritat estructural a llarg termini, minimitzant risc de fuites que puguin generar atmosferes explosives.
- Compatibilitat amb la inertització: el material és totalment inert quan està en contacte amb el nitrogen utilitzat per a fer la inertització, evitant reaccions que puguin contaminar o originar un perill.
- Resistència a temperatures criogèniques: en el cas del tanc de nitrogen, aquest tipus de material té una resistència molt elevada a temperatures com la que necessita el nitrogen en aquest cas, -196°C .

Pel que fa al tanc de drenatge del Therminol, aquest està fet d'acer al carboni (ASTM A36), ja que l'oli tèrmic no és corrosiu per aquest tipus d'acer, a diferència del formaldehid. Aquest tipus d'acer és ideal per elements que no estan sotmesos a pressions internes significatives o a temperatures extremes constants. A més, és el material més econòmic i fàcil de soldar en l'àmbit industrial per aquest tipus d'emmagatzematge.

Tots els tancs que contenen líquids, menys el criogènic de nitrogen, disposen d'una cubeta de retenció, per tal de garantir una seguretat integrada a la zona on es troben i tenir controlat el contingut dels tancs en cas que hi hagi un vessament dels fluids que guarden. Pel que fa al material de les cubetes de retenció, aquestes estan fetes de formigó armat, el qual és resistent, però s'ha de recobrir per un altre material, en aquest cas resina epoxi-fenòlica per tal que sigui resistent a substàncies químiques fortes com el metanol o el formaldehid.

Per altra banda, els tancs tenen sistemes de control integrats de nivell, temperatura i pressió. A més a més d'un sistema de recollida de vapors i vàlvules regulades per l'entrada i la sortida d'aquests.

2.3.2 Mescladors

La planta de Formachem presenta dos tipus de mescladors: un de líquids i un altre de gasos. Aquests equips s'ubiquen a l'àrea 200, on es tracten les matèries primeres abans d'entrar als reactors (procés que es detalla més endavant), i a l'àrea 400, on es dilueix la sortida per cues de la columna d'absorció amb metanol per complir les especificacions del procés. L'operació de mescla es classifica en estàtica o dinàmica, depenent de la naturalesa i l'estat dels fluids.

El mesclador ME-201 és de tipus estàtic. L'elecció d'aquest equip es basa en el fet que, en tractar-se d'una mescla de gasos, un sistema dinàmic no és eficient; les aspes d'un agitador girant en un medi gasós pràcticament no transmeten energia, la qual cosa suposa un malbaratament enorme d'electricitat. D'altra banda, atès que els gasos tenen una viscositat molt baixa, no requereixen agitació mecànica per mesclar-se, sinó que s'homogeneïtzen per si sols aprofitant la turbulència natural del flux. Aquest equip se situa a la línia d'alimentació dels

reactors, i la seva finalitat és mesclar les diferents matèries primeres perquè hi entrin perfectament homogeneïtzades.

El disseny d'aquest equip es basa en un tram de canonada que incorpora dins uns elements geomètrics fixos, en aquest cas, plaques deflectores inclinades. Atès que es tracta d'una mescla gas-gas en règim purament turbulent, aquesta geometria és altament eficient per generar els vòrtexs necessaris per a l'homogeneïtzació, alhora que garanteix una mínima caiguda de pressió a la línia d'alimentació.

L'equip no es dissenya a mida per a la planta, sinó que se selecciona un equip comercial del fabricant SULZER. El model escollit presenta un element intern del tipus SMV, el qual, tal com es comenta anteriorment, és òptim per a la mescla de gasos, ja que permet augmentar la turbulència i facilitar la mescla. Pel que fa al diàmetre d'aquest mesclador, s'escull el mateix que té la canonada en aquest tram, el qual equival a 850 mil·límetres.

Un altre paràmetre de disseny crític és l'elecció del material. S'especifica que el mesclador ME-201 sigui d'acer inoxidable AISI 316L. Tot i que la mescla de metanol i aire no presenta l'alta corrosivitat química de les etapes posteriors del procés (com la línia de formalina), s'opta per aquest material seguint l'estàndard de fabricació de SULZER. A més, l'ús del 316L, gràcies a la seva estabilitat a altes temperatures, garanteix una prevenció total contra l'oxidació tèrmica derivada del contacte continu amb l'aire calent. Això assegura que no es generin partícules d'òxid que puguin ser arrossegades cap al reactor, la qual cosa protegeix la integritat del catalitzador.

Adicionalment, cal destacar que, com que es tracta d'un equip purament passiu, sense elements mòbils ni components elèctrics propis, el mesclador ME-201 no requereix un marcatge ATEX independent. No obstant això, a causa de la fricció generada pel pas de metanol a alta velocitat a través de les plaques deflectores, existeix un risc inherent de generació d'electricitat estàtica. Per aquest motiu, el disseny de l'equip especifica de manera obligatòria la inclusió d'un born per a la connexió a terra de tota la carcassa mecànica, fet que garanteix la dissipació contínua de les càrregues i evita qualsevol espurna d'ignició en una línia que transporta una mescla inflamable.

D'altra banda, el mesclador ME-401 és de tipus dinàmic, ja que es tracta d'un tanc amb un agitador de tipus hèlix marina. Aquest equip se situa a la sortida per cues de la columna d'absorció i la seva finalitat és diluir aquest corrent amb l'ajut de metanol per complir les especificacions del projecte. El corrent de sortida d'aquest mesclador es caracteritza per presentar una concentració de formaldehid del 37% en pes, fet que és important per saber amb quina quantitat de metanol s'ha de mesclar la sortida per cues de la columna.

Aquest tanc de mescla opera amb un volum de líquid del 80%, mentre que el 20% del volum restant correspon a un gas, en aquest cas nitrogen. Aquesta mesura de seguretat és imprescindible atesa la naturalesa inflamable dels components de la mescla. Tot i que l'element submergit d'agitació és purament mecànic, la presència del motor elèctric d'accionament extern, sumada al risc d'ignició per electricitat, fa imprescindible l'eliminació de l'oxigen mitjançant el nitrogen per garantir que no es formi una atmosfera explosiva a l'interior del recipient. Com a complement imprescindible a aquesta mesura de seguretat passiva,

s'estableix com a requisit estricte de disseny que tant el motor elèctric d'accionament extern com tota la instrumentació associada al conjunt de l'agitador disposin d'una certificació ATEX adequada per a zones amb risc d'explosió per gasos i vapors. Això garanteix que l'equip elèctric estigui blindat i dissenyat amb mètodes de protecció específics per evitar que qualsevol fallada elèctrica o escalfament mecànic actuï com a font d'ignició en cas de fuga de metanol o formaldehid.

De la mateixa manera que en el mesclador ME-201, s'escull l'acer inoxidable AISI 316L com a material de fabricació per a aquest equip. En aquest cas, l'elecció d'aquest material es basa en la presència de formaldehid en medi aquós, una substància amb una alta tendència a oxidar-se i generar àcid fòrmic, el qual presenta un caràcter altament corrosiu per als acers inoxidables convencionals. La incorporació de molibdè en l'aliatge AISI 316L, juntament amb el seu baix contingut en carboni, garanteix una resistència superior a la corrosió localitzada i la integritat de les soldadures, fet que assegura la vida útil del mesclador en condicions d'operació contínua.

2.3.3 Reactor

Pel procés d'obtenció de formaldehid s'ha escollit un reactor multitubular de llit fix, ja que és una configuració molt utilitzada en processos d'oxidació catalítica en fase gas i, especialment, en el procés FORMOX. En aquest tipus de reactor, el catalitzador està present a l'interior dels tubs, mentre que per la zona de carcassa circula un fluid refrigerant encarregat de retirar la calor generada durant la reacció. Aquesta configuració permet combinar una elevada superfície de transferència de calor amb una bona distribució del catalitzador, sent essencial en una reacció fortament exotèrmica com és l'oxidació parcial del metanol a formaldehid.

L'elecció d'un reactor multitubular es pren per la necessitat de controlar de manera eficient la temperatura del llit catalític. La reacció és altament exotèrmica, de manera que, si la calor alliberada no s'evacua correctament, es poden generar punts calents dins del reactor. Aquests increments de temperatura poden afectar negativament la selectivitat cap al formaldehid, afavorir reaccions secundàries i, a més, provocar una degradació progressiva del catalitzador. Per aquest motiu, l'ús d'un reactor amb tubs de diàmetre relativament petit i amb refrigeració externa permet mantenir un millor control tèrmic i reduir el risc que la temperatura del sistema augmenti descontroladament.

En aquest disseny, el corrent gasós d'entrada al reactor està format principalment per metanol i aire en excés, i s'introdueix a una temperatura de 250 °C i a una pressió de 2 bar. Aquestes condicions d'entrada s'han seleccionat amb l'objectiu d'afavorir la conversió del metanol sense comprometre l'estabilitat tèrmica del reactor ni la selectivitat del procés. La temperatura d'entrada ha de ser suficient per activar la reacció sobre el catalitzador d'òxids de ferro i molibdè (Fe-Mo), però no excessivament elevada, ja que la calor generada per la mateixa reacció provoca un augment de temperatura al llarg del llit catalític. Per altra banda, la pressió d'operació s'ha definit tenint en compte les necessitats del procés i les pèrdues de càrrega associades al pas del gas a través del llit fix.

Un dels aspectes més importants del disseny del reactor és el control de la temperatura. Per tal de retirar la calor de reacció, s'ha utilitzat Therminol 66 com a fluid refrigerant, circulant per la carcassa del reactor. Aquest fluid tèrmic és adequat per treballar en rangs de temperatura elevats i presenta una bona estabilitat tèrmica, fet que permet retirar calor de manera segura i continuada sense que el refrigerant es degradi fàcilment. A més, l'ús d'un oli tèrmic com el Therminol 66 permet treballar amb un control més suau de la temperatura en comparació amb altres fluids, evitant variacions brusques que podrien afectar el comportament del reactor. Per tant, la seva funció no és només refredar el sistema, sinó mantenir el reactor dins d'un interval de temperatures compatible amb una operació estable i selectiva.

Durant la simulació del reactor s'observa que la temperatura del gas augmenta a mesura que avança la reacció, assolint un pic màxim de 334 °C. Aquest valor es considera acceptable, ja que es troba per sota de la temperatura a partir de la qual es poden començar a produir reaccions secundàries de manera significativa, situada aproximadament al voltant de 470 °C. Aquest marge permet assumir que, en les condicions de treball plantejades, la formació de subproductes és molt limitada i, per tant, no es considera el seu valor al càlcul. Tot i això, aquest criteri és especialment important, ja que en el procés FORMOX un excés de temperatura podria afavorir l'oxidació total del metanol o del formaldehid cap a CO, CO₂ i aigua, reduint el rendiment global del procés.

Per evitar que la reacció es dispari tèrmicament a l'inici del reactor, on la concentració de metanol és més elevada i l'increment en la velocitat de reacció pot ser més brusc, s'ha implementat un control de catalitzador per zones. Aquesta estratègia consisteix a modificar l'activitat del llit catalític al llarg del reactor mitjançant la seva mescla amb un material inert. D'aquesta manera, a les primeres zones del reactor es disposa d'una menor proporció de catalitzador actiu, fet que permet moderar la velocitat de reacció inicial i reduir la generació sobtada de calor. A mesura que el corrent avança pel reactor i la concentració de metanol disminueix, s'augmenta progressivament la proporció de catalitzador, aprofitant millor el volum disponible sense provocar punts calents. Aquesta mesura també contribueix a protegir el catalitzador, ja que evita exposar-lo a temperatures locals massa elevades que podrien accelerar-ne la desactivació o modificar-ne les propietats. Per tant, la dilució del catalitzador amb inert no només té una funció de seguretat, sinó que també ajuda a mantenir una operació més estable i controlada.

Pel que fa al comportament hidràulic, el pas del gas a través del llit fix provoca una pèrdua de pressió al llarg del reactor. En aquest cas, la caiguda de pressió obtinguda és d'aproximadament 0.14 bar, valor que es considera raonable per a un reactor multitubular de llit fix. Aquesta pèrdua de càrrega es deu principalment a la fricció del gas amb les partícules de catalitzador, a la tortuositat del pas a través del llit i a la resistència associada a la longitud dels tubs. Tot i que la pèrdua de pressió no és nul·la, es manté dins d'un rang acceptable pel procés i no compromet l'operació del reactor ni les etapes posteriors. A més, una caiguda de pressió moderada indica que el dimensionament del llit, el diàmetre de partícula i les condicions de cabal són coherents amb una operació industrial viable.

Els tubs del reactor s'han considerat fabricats en acer inoxidable AISI 316L. Aquest material presenta una bona resistència mecànica i una elevada resistència a la corrosió.

Aquestes precaucions són especialment importants en presència de compostos oxigenats, vapor d'aigua i possibles traces de formaldehid o metanol. A més, l'acer inoxidable permet suportar les condicions de treball del reactor mantenint una bona durabilitat de l'equip. Per a la carcassa, es considera l'ús d'acer al carboni, ja que aquest la resistència mecànica, la seguretat de l'equip i la compatibilitat amb el refrigerant utilitzat.

Finalment, el reactor incorpora un aïllament tèrmic exterior. Aquest aïllament té una doble funció. Primerament, redueix les pèrdues de calor cap a l'ambient i ajuda a mantenir una operació tèrmicament més estable. D'altra banda, actua com a element de protecció per als treballadors, evitant que la superfície exterior de l'equip assoleixi temperatures perilloses en cas de contacte accidental. Per aquest motiu, s'utilitza un aïllament de llana de roca, recobert exteriorment amb una xapa metàl·lica de protecció. L'aïllament presenta un gruix de 0,1 m de llana de roca i 0,1 m de xapa metàl·lica. Aquesta solució és habitual en equips que treballen a temperatures elevades i permet millorar tant l'eficiència energètica com la seguretat de la instal·lació.

2.3.4 Columna d'absorció

El programari Aspen HYSYS s'utilitza com a eina en el disseny de la columna d'absorció a causa de l'ampli ventall de models termodinàmics integrats que presenta, els quals faciliten el modelatge de mesclures reals que resulten complexes de simular mitjançant càlculs manuals. Aquest simulador permet resoldre de forma automàtica els equilibris de fases, així com els balanços de matèria i d'energia. A més, en cas de desviacions en la simulació, es disposa d'eines de diagnòstic per a facilitar la convergència de la columna.

La planta disposa d'una columna d'absorció que exerceix un paper fonamental en l'obtenció del producte final. Aquest equip està situat en l'àrea 400 i té com a objectiu principal eliminar els reactius no reaccionats i part del dissolvent. L'eficiència d'operació permet obtenir un corrent de sortida amb una concentració de formaldehid del 40% en pes, el qual posteriorment es dilueix amb metanol per tal de complir amb les especificacions del procés.

Aquesta columna, la qual utilitza Mellapak 250Y com a rebliment estructurat, presenta una alçada de 7,56 m, un volum total de 30,36 m³ i 20 etapes d'equilibri.

Per tal d'assegurar la correcta separació de la mescla inicial, la qual entra a la columna en fase gasosa, s'introdueix un cabal de 8700 kg/h d'aigua a una pressió d'1,2 bars. D'aquesta manera, s'aconsegueix que la pràctica totalitat del metanol i del formaldehid es recuperi pel fons de la columna en fase líquida, fet que evita la necessitat d'incorporar una altra columna per al tractament del corrent gasós de sortida.

L'equip dissenyat consisteix en una columna d'absorció de tipus convencional que opera a contracorrent. No obstant això, per a solucionar el risc de formació de zones seques en el rebliment i assegurar l'eficiència real de l'equip, atès que l'àrea transversal de la columna és elevada en comparació amb el cabal de líquid disponible per al mullat, s'incorpora un distribuïdor de líquid d'alta eficiència de tipus *spray* a la part superior.

El material adquirit per a la construcció de la columna és l'acer inoxidable AISI 316L, el mateix que s'empra en la fabricació del reactor i altres equips. Es manté aquest material de construcció a causa de la presència de formaldehid en medi aquós, una substància amb una alta tendència a oxidar-se i generar àcid fòrmic, el qual presenta un caràcter altament corrosiu per als acers inoxidables convencionals.

La columna d'absorció presenta un conjunt de llaços de control per tal d'assegurar que les condicions de treball es mantenen en els rangs òptims, els quals es descriuen amb més detall al *Capítol 3. Control i Instrumentació*. Les condicions d'operació tenen efectes directes sobre les composicions dels corrents de sortida, i és per això que és molt important tenir un sistema de control molt fi sobre aquests.

2.3.5 Bescanviadors de calor

Els bescanviadors de calor són de vital importància per tal de regular les temperatures dels corrents fins als valors requerits pels processos posteriors. En aquest cas tots els bescanviadors fets servir són de carcassa i tubs i el seu funcionament és molt simple.

En fer passar un fluid pels tubs (generalment el més calent, corrosiu o brut) i un fluid per carcassa (generalment el més viscos) n'hi ha transferència de calor per conducció entre els dos fluids, cosa que permet ajustar les temperatures.

Si n'hi ha un fluid de procés i un fluid de servei, com és en el cas dels 5 bescanviadors de la planta, ajustant el cabal d'aquest últim fluid, es pot regular la temperatura de sortida del primer. A més a més, per tal de millorar la transferència és molt comú fer circular els fluids en contra corrent, reduir l'àrea de pas per augmentar la velocitat i com a conseqüència la i turbulència dels fluids o afegir deflectors a la carcassa. No obstant això, s'ha d'arribar a una solució de compromís entre eficiència de transmissió i pèrdues de pressió per evitar que els costos es disparin.

Els 5 bescanviadors presents a la planta són els següents:

- **BC-201 i BC-202:** Són 2 bescanviadors en paral·lel que acaben de refredar la mescla de gasos que surt de la carcassa de l'evaporador E-201 i el refreden des de 134.8 fins a 78.5°C fent servir aigua de servei a 25°C
- **BC-203:** És un bescanviador que escalfa la mescla metanol-aire fins als 250.3°C necessaris pel reactor fent servir un cabal de 18000kg/h de Dowtherm-A a 270°C per escalfar la mescla.
- **BC-401:** És l'últim equip abans dels tancs d'emmagatzematge final i la seva utilitat és la de refredar el corrent de formaldehid al 37% fins als 38.25°C, una temperatura raonable, però prou elevada perquè el producte no es faci malbé.
- **BC-601:** És un bescanviador que fa servir aigua de serveis per refredar el Therminol 66 fins als 500K abans de ser retornat als reactors.

2.3.6 Evaporador

Només hi ha un evaporador a tota la planta i, aquest té una doble funció. Per una banda, evapora el metanol a l'entrada i, a part, refreda els productes de la sortida dels dos reactors. La barreja de gasos surten a 250.2 °C. Malgrat això, el metanol no surt a la temperatura desitjada i el producte tampoc es refreda fins al que seria necessari per ser conduït directament a la columna d'absorció. Per aquesta raó es requereixen bescanviadors addicionals per ajustar ambdues temperatures, que són el BC-201, BC-202 i BC-203, els quals s'han definit anteriorment.

2.3.7 Torre de refrigeració

La torre de refrigeració s'usa amb l'objectiu de controlar tèrmicament el serveix auxiliar d'aigua de la planta. Aquesta, s'encarrega de dissipar la calor sobrant generada en les diferents zones on s'utilitza aigua de servei per refredar el procés per tal d'optimitzar el consum d'aquest recurs. La torre escollida és el model VENTUM Modupol 4200/12 del fabricant ENGIE Refrigeration i està situada a l'àrea 600 de la planta. Aquest model mesura 4,74x9,26x6,51 m referent a l'amplada, longitud i alçada respectivament.

El funcionament d'aquest equip es basa en el refredament per evaporació. En aquest procés, una part de l'aigua del circuit s'evapora quan entra en contacte amb el corrent d'aire. Aquesta evaporació necessita energia, que s'extreu de l'aigua líquida, provocant així una disminució de la seva temperatura. A l'interior de la torre, l'aigua calenta cau per gravetat des de la part superior mitjançant un sistema de distribució, mentre que un corrent d'aire forçat circula en sentit ascendent des de la base. El contacte directe entre l'aigua i l'aire afavoreix l'intercanvi simultani de calor i matèria.

La torre de refrigeració escollida està composta per ventiladors, distribuïdors de gotes i sistemes de recirculació d'aigua no evaporada. Tots aquests sistemes permeten que l'equip funcioni sense aturades i de manera estable, amb pèrdues mínimes i gran eficiència.

La importància d'aquesta unitat és màxima per tal de garantir la reutilització de l'aigua en les condicions requerides pel procés de producció i reduir els requeriments d'aigua nova, millorant així l'eficiència energètica i afavorint a l'intercanvi del sistema.

2.3.8 Caldera

Les calderes serveixen per escalfar un fluid de procés que serà utilitzat en un bescanviador de calor, serpentí o jaqueta gràcies a la crema d'un combustible que pot ser gas natural, dièsel, benzina o cap, en el cas que es tracti d'una caldera elèctrica.

En aquest cas, s'ha escollit una única caldera, ja que l'energia tèrmica necessària podia ser aportada per un únic model comercial ja existent, cosa que redueix el cost en comparació a 2 calderes o una feta a mida per la situació. La caldera en qüestió és el model GFT-170 de la companyia *Pirobloc*, que és el model més petit capaç d'aportar els 2080kW de potència tèrmica requerida.

Les característiques de la caldera són: 4980, 4030 i 2700 mil·límetres d'alçada, llargada i amplada respectivament, fa servir gas combustible, alt rendiment tèrmic, sent aquest entre 87 i 91% i una temperatura de disseny de 400°C, molt per sobre de la que es fa servir.

La caldera CL-601 escalfa un cabal de 18000kg/h d'oli tèrmic *Dowtherm-A* fins als 270°C per ser utilitzat en el bescanviador BC-203 com fluid de procés amb la finalitat d'acabar d'escalfar la mescla de reactius fins a la temperatura d'entrada al reactor.

2.4 Llistat dels equips

2.4.1 Emmagatzematge de matèries primeres

	LLISTAT D'EQUIPS		Full 1 de 1	
	Planta	Formachem	Data	19/05/2025
	Àrea	100	Revisió	25/05/2025
Ítem	Tipus d'equip	Paràmetre de disseny		Cost (€)
TE-101	Tanc emmagatzematge metanol	Volum (m ³)	260	126288,82
TE-102	Tanc emmagatzematge metanol	Volum (m ³)	260	126288,82
TE-103	Tanc emmagatzematge metanol	Volum (m ³)	260	126288,82

2.4.2 Preparació i condicionament de l'alimentació

	LLISTAT D'EQUIPS		Full 1 de 1	
	Planta	Formachem	Data	19/05/2025
	Àrea	200	Revisió	25/05/2025
Ítem	Tipus d'equip	Paràmetre de disseny		Cost (€)
E-201	Evaporador de metanol	Àrea (m ²)	189,4	83797,68
ME-201	Mesclador estàtic barreja entrada reactor	Capacitat (m ³ /h)	31380	67415,26
BC-201	Bescanviador de calor sortida del reactor	Àrea (m ²)	40,3	47813,95
BC-202	Bescanviador de calor sortida del reactor	Àrea (m ²)	40,3	47813,95
BC-203	Bescanviador de calor entrada al reactor	Àrea (m ²)	283,3	110287,27
C-201	Compressor centrífug	Potència (kW)	1107	2772320,10

2.4.3 Reacció catalítica

 FORMACHEM	LLISTAT D'EQUIPS			Full 1 de 1
	Planta	Formachem	Data	19/05/2025
	Àrea	300	Revisió	25/05/2025
Ítem	Tipus d'equip	Paràmetre de disseny		Cost (€)
R-301	Reactor multitubular	Volum (m ³)	52,46	1245689,16
R-302	Reactor multitubular	Volum (m ³)	52,46	1245689,16

2.4.4 Absorció i purificació del producte

 FORMACHEM	LLISTAT D'EQUIPS			Full 1 de 1
	Planta	Formachem	Data	19/05/2025
	Àrea	400	Revisió	25/05/2025
Ítem	Tipus d'equip	Paràmetre de disseny		Cost (€)
CA-401	Columna d'absorció	Número de plats	20	420672,53
		Alçada (m)	7,56	
		Volum (m ³)	30,36	
ME-401	Mesclador d'hèlix	Capacitat (m ³)	1,58	26130,36
BC-401	Bescanviador de calor mescla final	Àrea (m ²)	9	42257,65

2.4.5 Emmagatzematge i expedició

 FORMACHEM	LLISTAT D'EQUIPS			Full 1 de 1
	Planta	Formachem	Data	19/05/2025
	Àrea	500	Revisió	25/05/2025
Ítem	Tipus d'equip	Paràmetre de disseny		Cost (€)
TE-501	Tanc d'emmagatzematge formaldehid 37%	Volum (m ³)	230	116607,72
TE-502	Tanc d'emmagatzematge formaldehid 37%	Volum (m ³)	230	116607,72
TE-503	Tanc d'emmagatzematge formaldehid 37%	Volum (m ³)	230	116607,72
TE-504	Tanc d'emmagatzematge formaldehid 37%	Volum (m ³)	230	116607,72

2.4.6 Serveis auxiliars

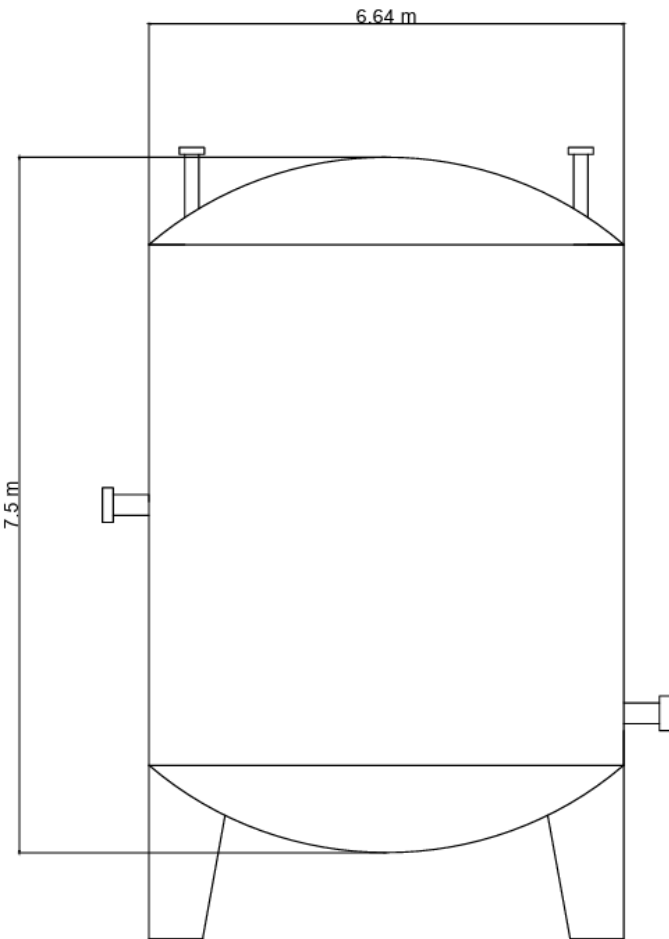
 FORMACHEM	LLISTAT D'EQUIPS			Full 1 de 1
	Planta	Formachem	Data	19/05/2025
	Àrea	600	Revisió	25/05/2025
Ítem	Tipus d'equip	Paràmetre de disseny		Cost (€)
TR-601	Torre de refrigeració	Cabal (kmol/h)	11500	263619,08
CL-601	Caldera per l'oli Dowtherm	Calor (kW)	2080	346395,77
TE-601	Tanc d'expansió Therminol 66	Volum (m ³)	10	127575,74
TE-602	Tanc d'emmagatzematge Therminol 66	Volum (m ³)	35	28841,58
TE-603	Tanc pulmó nitrogen	Volum (m ³)	3	8200
TE-604	Tanc d'emmagatzematge nitrogen	Volum (m ³)	10	81663,65
BC-601	Bescanviador de calor del Therminol	Àrea (m ²)	41,2	47992,78
TF-601	Transformador elèctric	Potència nominal (MVA)	5	250000
OI-601	Sistema d'osmosi inversa	Producció (l/h)	7600-9000	37368,43

2.5 Fulls d'especificacions

En aquest darrer apartat es troben tots els fulls d'especificacions dels equips que hi ha a la planta. Estan classificats segons la zona de la planta on es troben i, en aquests hi ha un recull de tots els paràmetres i les característiques de cada equip.

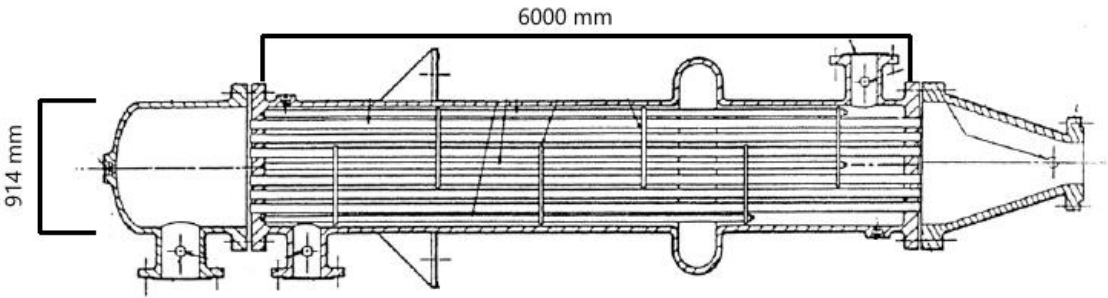
2.5.1 Emmagatzematge de matèries primeres

	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	100	Equip	TE-101 - TE-103
CARACTERÍSTIQUES GENERALS			
Denominació	Tanc emmagatzematge		
Producte contingut	Metanol		
Fase del fluid	Líquid		
CONDICIONS D'OPERACIÓ			
Temperatura (°C)	25		
Pressió (bar)	1,013		
Temps de residència (dies)	4		
CARACTERÍSTIQUES DEL DISSENY			
Codi de disseny	API 650		
Capacitat (m³)	260		
Volum útil (m³)	235		
Diàmetre extern (m)	6,64		
Alçada (m)	7,5		
Gruix (mm)	6		
Pes buit (kg)	10096		
Pes en operació (kg)	195802		
Material tanc	AISI 316L		
Densitat material	8000		
Cost (€)	126288,82		

 FORMACHEM	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 2 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	100	Equip	TE-101 - TE-103
ESQUEMA			
			

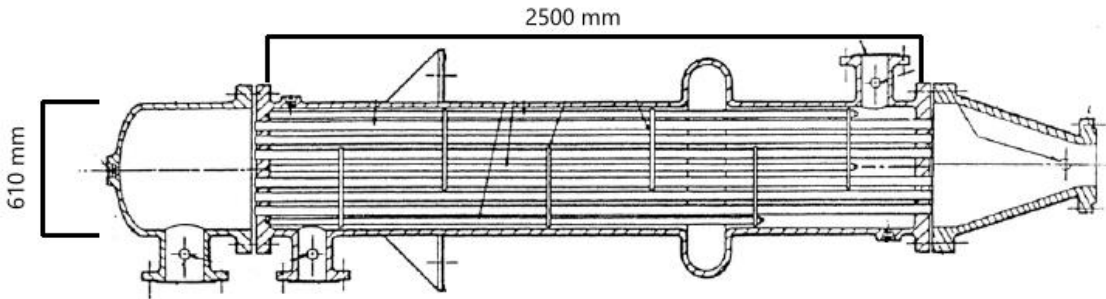
2.5.2 Preparació i condicionament de l'alimentació

	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 2	
Localització	Tarragona	Data realització	17/05/2026	
Planta	Formachem	Data revisió	20/05/2026	
Zona planta	200	Equip	E-201	
CARACTERÍSTIQUES GENERALS				
Denominació		Bescanviador de calor		
Funció de l'equip		Evaporar el metanol aprofitant la sortida del reactor		
Components principals	Carcassa	Metanol, oxigen, nitrogen, aigua i formaldehid		
	Tubs	Metanol		
Cost (€)		83797,68		
CARACTERÍSTIQUES DE OPERACIÓ				
	Carcassa		Tubs	
	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Cabal màssic (Kg/h)	58517		5086	
Pressió (bar)	1,83	1,697	2,2	2,173
Caiguda de pressió (bar)	0,133		0,027	
Temperatura (°C)	250,2	134,8	25	212,1
Fracció vapor	1	0	0	1
Velocitat màxima (m/s)	29,28		7,31	
Calor bescanviat (kW)	2103,9			
CARACTERÍSTIQUES DE DISSENY				
	Carcassa		Tubs	
Diàmetre intern (mm)	900		16,7	
Diàmetre extern (mm)	914		20	
Passos per carcassa	1	Passos per tubs		1
Nº Baffle	15	Nombre de tubs		511
Distància entre deflectors (mm)	228,6	Pitch (mm)		30
Orientació	No aplica	Longitud (mm)		6000
Tipus de Baffle	Barres	Patró		Triangular
Tall Baffle (%)	No disponible			
Material	Acer Inox AISI 316 L			
Tipus TEMA	BEM			
Codi de disseny	ASME Code Sec VIII Div 1			

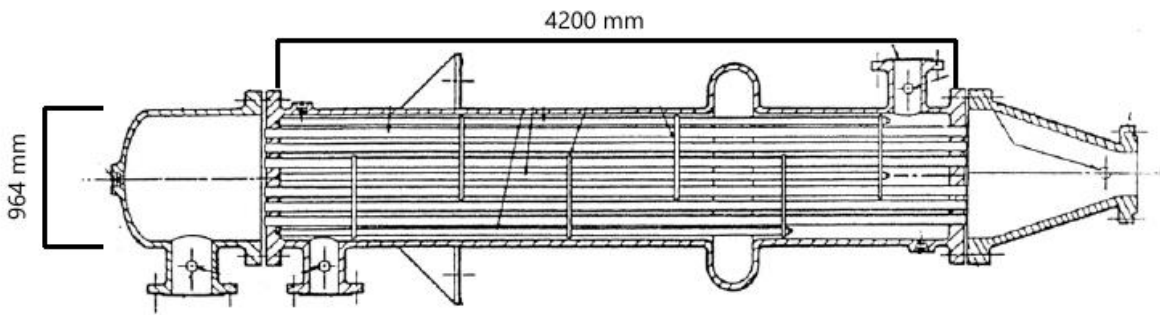
 FORMACHEM	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 2 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	17/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	20/05/2026
Zona planta	200	Equip	E-201
ESQUEMA			
			

	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 1
Localització	Tarragona	Data realització	22/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	31/05/2026
Zona planta	200	Equip	ME-201
CARACTERÍSTIQUES GENERALS			
Denominació	Mesclador Estàtic		
Funció de l'equip	Mescla i homogeneïtzació de l'alimentació gasosa al reactor		
Components principals	Metanol, O2 i N2		
Fase	Gasosa		
Cost (€)	67415,26		
CONDICIONS D'OPERACIÓ			
Tipus de mescla	Estàtica		
Temperatura (°C)	134,7		
Pressió (bar)	2,173		
Cabal (m³/h)	3,138*10⁴		
CARACTERÍSTIQUES DEL DISSENY			
Fabricant	SULZER		
Material	AISI 316L		
Nombre d'elements	3		
Tipus d'elements	SMV		
Longitud (mm)	1000		
Diàmetre (mm)	850		
ESQUEMA			
			

 FORMACHEM	FULL D'ESPECIFICACIONS			Full 1 de 2	
Localització	Tarragona		Data realització	17/05/2026	
Planta	Formachem		Data revisió	20/05/2026	
Zona planta	200		Equip	BC-201 i BC-202	
CARACTERÍSTIQUES GENERALS					
Denominació		Bescanviador de calor			
Funció de l'equip		Acabar de refredar els productes de reacció			
Components principals	Carcassa	Metanol, oxigen, nitrogen, aigua i formaldehid			
	Tubs	Aigua			
Cost (€)		47813,95			
CARACTERÍSTIQUES DE OPERACIÓ					
	Carcassa		Tubs		
	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida	
Cabal màssic (Kg/h)	29259		18015		
Pressió (bar)	1,698	1,671	2	1,906	
Caiguda de pressió (bar)	0,027		0,094		
Temperatura (°C)	134,8	78,53	25	48,67	
Fracció vapor	1	1	0	0	
Velocitat màxima (m/s)	24,06		0,81		
Calor bescanviat (kW)	500,6				
CARACTERÍSTIQUES DE DISSENY					
	Carcassa		Tubs		
Diàmetre intern (mm)	600		15,75		
Diàmetre extern (mm)	610		19,05		
Passos per carcassa	1	Passos per tubs		4	
Nº Baffle	0	Nombre de tubs		139	
Distància entre deflectors	No aplica	Pitch (mm)		35	
Orientació	No aplica	Longitud (mm)		2500	
Tipus de Baffle	No aplica	Patró		Q. rotat	
Tall Baffle (%)	No aplica				
Material	Acer Inox AISI 316 L				
Tipus TEMA	BEM				
Codi de disseny	ASME Code Sec VIII Div 1				

 FORMACHEM	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 2 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	17/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	20/05/2026
Zona planta	200	Equip	BC-201 i BC-202
ESQUEMA			
			

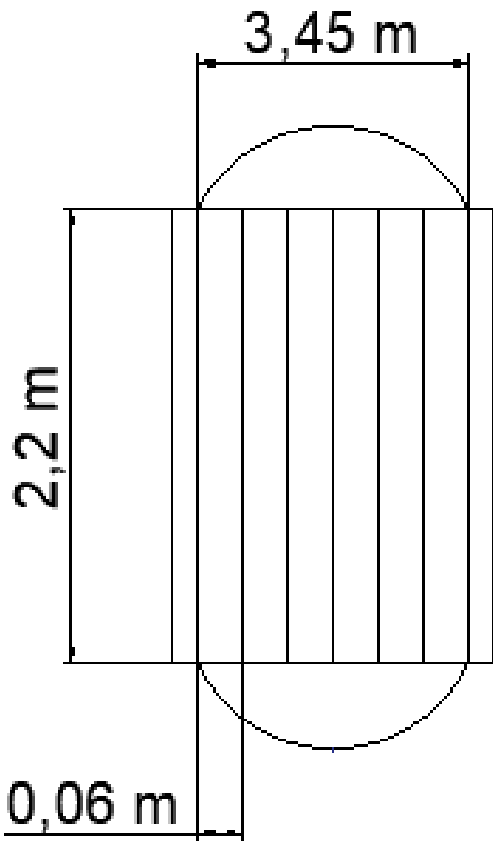
	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 2	
Localització	Tarragona	Data realització	17/05/2026	
Planta	Formachem	Data revisió	20/05/2026	
Zona planta	200	Equip	BC-203	
CARACTERÍSTIQUES GENERALS				
Denominació		Bescanviador de calor		
Funció de l'equip		Escalfar la mescla de reactius per l'entrada al reactor		
Components principals	Carcassa	Dowtherm A		
	Tubs	Metanol, oxigen, nitrogen i aigua		
Cost (€)		110287,27		
CARACTERÍSTIQUES DE OPERACIÓ				
	Carcassa		Tubs	
	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Cabal màssic (Kg/h)	18000		58518	
Pressió (bar)	1,2	1,139	2,173	2,046
Caiguda de pressió (bar)	0,061		0,127	
Temperatura (°C)	270	200,35	134,74	250,3
Fracció vapor	1	0	0	0
Velocitat màxima (m/s)	7,81		49,26	
Calor bescanviat (kW)	2080			
CARACTERÍSTIQUES DE DISSENY				
	Carcassa		Tubs	
Diàmetre intern (mm)	950		16,7	
Diàmetre extern (mm)	964		20	
Passos per carcassa	1	Passos per tubs		1
Nº Baffle	15	Nombre de tubs		1101
Distància entre deflectors (mm)	255	Pitch (mm)		26
Orientació	Vertical	Longitud (mm)		4200
Tipus de Baffle	Doble segmental	Patró		Triangular
Tall Baffle (%)	23,93			
Material	Acer Inox AISI 316 L			
Tipus TEMA	BEM			
Codi de disseny	ASME Code Sec VIII Div 1			

 FORMACHEM	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 2 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	17/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	20/05/2026
Zona planta	200	Equip	BC-203
ESQUEMA			
			

 FORMACHEM	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 1
Localització	Tarragona	Data realització	26/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	200	Equip	C-201A/201B
Dades generals			
Denominació	Compressor		
Material	Acer Inoxidable AISI 316L		
Fabricant	Atlas Copco Gas and Process		
Model	GT-Series Centrifugal Compressor		
Dades d'operació			
Fluid	M1		
V aspiració (m/s)	15,92		
V impulsió (m/s)	15,34		
Pressió aspiració (bar)	1,013		
Pressió impulsió (bar)	2,2		
ΔP (bar)	1,187		
Cabal (m³/h)	45318,53		
Rendiment (%)	75		
Potència (kW)	1107		
Esquema			
			

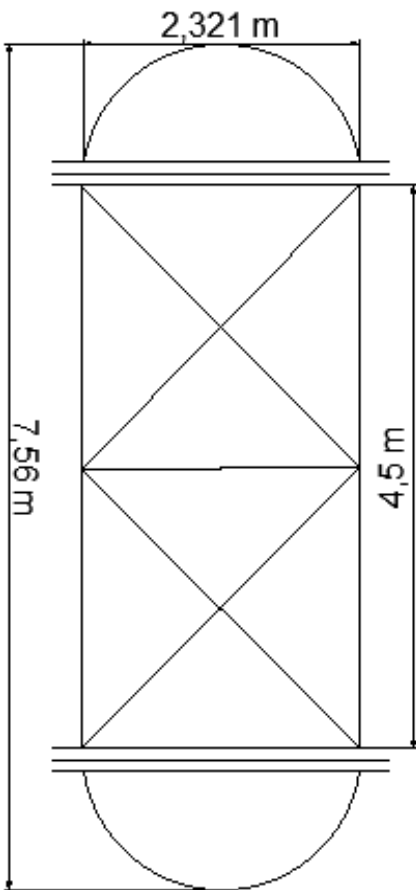
2.5.3 Reacció catalítica

		FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 2	
Localització	Tarragona	Data realització		17/05/2026	
Planta	Formachem	Data revisió		30/05/2026	
Zona planta	300	Equip		R-301 i R-302	
CARACTERÍSTIQUES GENERALS					
Denominació		Reactor multi tubular de llit fix			
Funció de l'equip		Síntesi de formaldehid a partir de metanol i oxigen			
Components principals	Carcassa	Therminol 66			
	Tubs	Metanol, oxigen, nitrogen, aigua i formaldehid			
Àrea (m²)		48,00	Dimensions (m)		2,2 x 3,45
Cost (€)		1245689,16			
CONDICIONS D'OPERACIÓ					
		Carcassa		Tubs	
		Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Temperatura (°C)		227	246,3	250	250,3
Pressió (bar)		1,5	1,3	2	1,84
Cabal (kg/h)		273600		29259,5	
Densitat (kg/m³)		1000		1,335	1,184
Viscositat (mPa·s)		0,6781	0,5833	0,027	
Calor específic (kJ/(kg·K))		2,3		1,11	1,12
Conductivitat tèrmica (W/(m·K))		0,1029	0,1008	0,044	0,045
Velocitat min/màx (m/s)		0,0207	0,021	1,903	2,069
Calor bescanviat (kW)		3415,3			
Coeficient global (W/(m²·K))	Net	135			
	Brut	150			
Temps de residència (s)		0,473			
Volum intern (m³)		9,336		7,023	
CARACTERÍSTIQUES DEL DISSENY					
		Carcassa		Tubs	
Material		Acer Inox AISI 316 L			
Temperatura de disseny (°C)		266,3		353,9	
Pressió de disseny (bar)		3		2,5	
Pes equip buit (kg)		53575	Pes amb aigua (kg)		69692
Número de tubs		2800	Longitud de tub (m)		2,2
Diametre Intern Tubs (m)		0,0381	Ptich (m)		0,06
Diametre Carcassa (m)		3,45			
Nº Baffle		2	Espaiat (m)		0,7333
Tipus de Baffle		Segmental simple	Tall de Baffle		25%
Distribució		Vertical			
Codi de disseny		ASME Code Sec VIII Div 1			

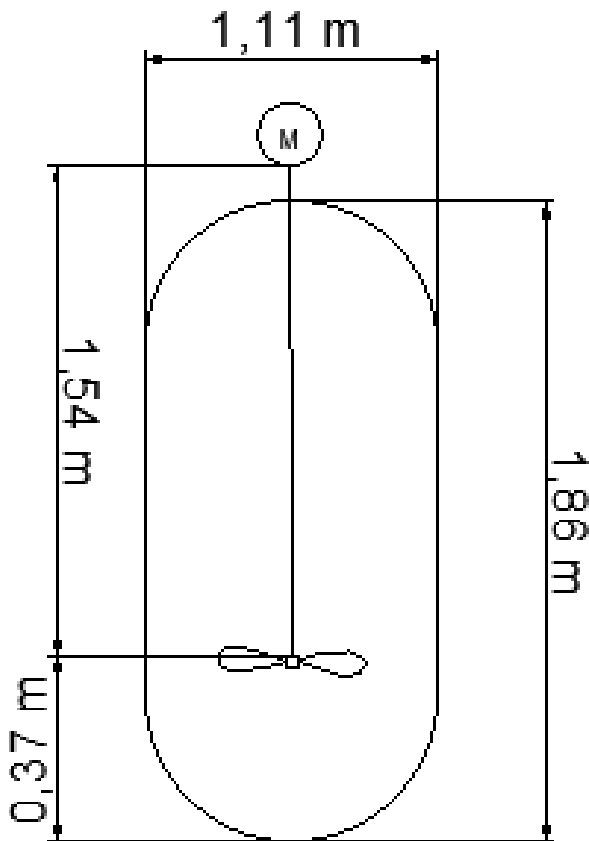
	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 2 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	17/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	30/05/2026
Zona planta	300	Equip	R-301 i R-302
ESQUEMA			
 Technical drawing of a rectangular tank with a semi-circular top and bottom. The width is 3,45 m, the height is 2,2 m, and the bottom extension is 0,06 m.			

2.5.4 Absorció i condicionament del producte

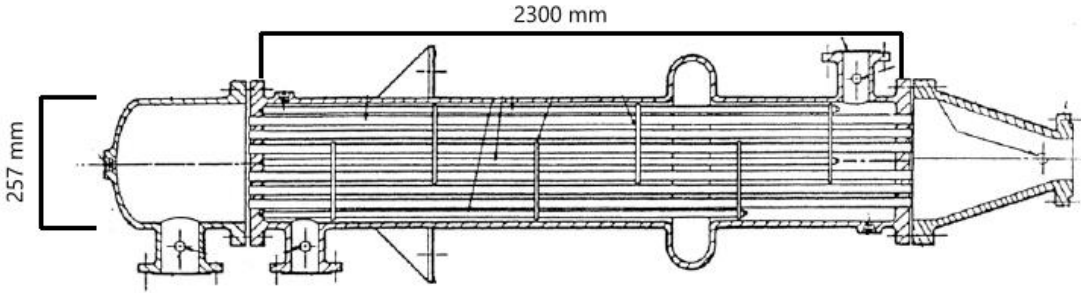
	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 2	
Localització	Tarragona	Data realització		20/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió		30/05/2026
Zona planta	400	Equip		CA-401
CARACTERÍSTIQUES GENERALS				
Denominació	Columna d'absorció			
Finalitat	Separació majoritària d'HCHO i metanol per cues			
Substàncies manipulades	Metanol, HCHO, H2O, O2, N2			
CONDICIONS D'OPERACIÓ				
	Entrada		Sortida	
	Gas	Líquid	Gas	Líquid
Cabal màssic total (Kg/h)	58517,021	8700	55493,126	11723,8950
Cabal màssic Metanol (Kg/h)	97,792	0	96,893	0,899
Cabal màssic HCHO (Kg/h)	4675,257	0	2,194	4673,063
Cabal màssic H2O (Kg/h)	2805,095	8700	4455,924	7049,171
Cabal màssic O2 (Kg/h)	9953,728	0	9953,547	0,181
Cabal màssic N2 (Kg/h)	40985,149	0	40984,568	0,581
Pressió (bar)	1,17	1,2	0,8	1,17
Temperatura (°C)	78,35	25	45,39	55,73
CARACTERÍSTIQUES DEL DISSENY				
Tipus de columna	Rebliment			
Material	AISI 316L			
Material de rebliment	Mellapak 250Y			
Normativa	ASME			
Orientació	Vertical			
Pressió de disseny (bar)	4,67			
	Virola		Capçal	
Gruix (mm)	8		8	
Diàmetre intern (m)	2,321		2,321	
Diàmetre extern (m)	2,337		2,337	
Longitud (m)	4,5		0,58	
Volum intern (m³)	26,66		1,85	
Volum total (m³)	30,36			
Alçada (m)	7,56			
Pes de la columna buida (Kg)	5407,3			
Pes de la columa plena d'aigua (Kg)	28003,64			
Pes d'operació de la columna (Kg)	11244,53			

	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 2 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	20/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	30/05/2026
Zona planta	400	Equip	CA-401
CARACTERÍSTIQUES DEL DISSENY			
Tipus de rebliment	Estructurat		
Número d'etapes teòriques	20		
Alçada total llit de rebliment (m)	4,5		
Àrea del rebliment (m²/m³)	250		
Cost (€)	420672,53		
ESQUEMA			
			

	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	22/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	31/05/2026
Zona planta	400	Equip	ME-401
CARACTERÍSTIQUES GENERALS			
Denominació	Tanc mesclador		
Funció de l'equip	Diluir el formol al 40% en pes amb metanol		
Components principals	Metanol, HCHO i aigua		
Fase	Líquida		
Cost (€)	26130,36		
CONDICIONS D'OPERACIÓ			
Temps de residència (min)	5		
Temperatura (°C)	53,65		
Pressió (bar)	1,013		
Volum de la mescla (m³)	1,27		
MATERIAL			
Tipus	AISI 316L		
Densitat (Kg/m³)	7980		
Factor de soldadura	0,85		
CARACTERÍSTIQUES DEL DISSENY			
Temperatura de disseny (°C)	73,65		
Pressió de disseny (bar)	3,5		
Normativa	ASME		
Capacitat total (m³)	1,58		
Diàmetre extern (m)	1,11		
Alçada (m)	1,86		
Gruix (mm)	5		
CAPÇAL			
Tipus	Flanged & Dished		
Diàmetre extern (m)	1,11		
Alçada (m)	0,1		
Gruix (mm)	5		
Pes tanc buit (Kg)	320		
Pes tanc en operació (Kg)	1704,3		

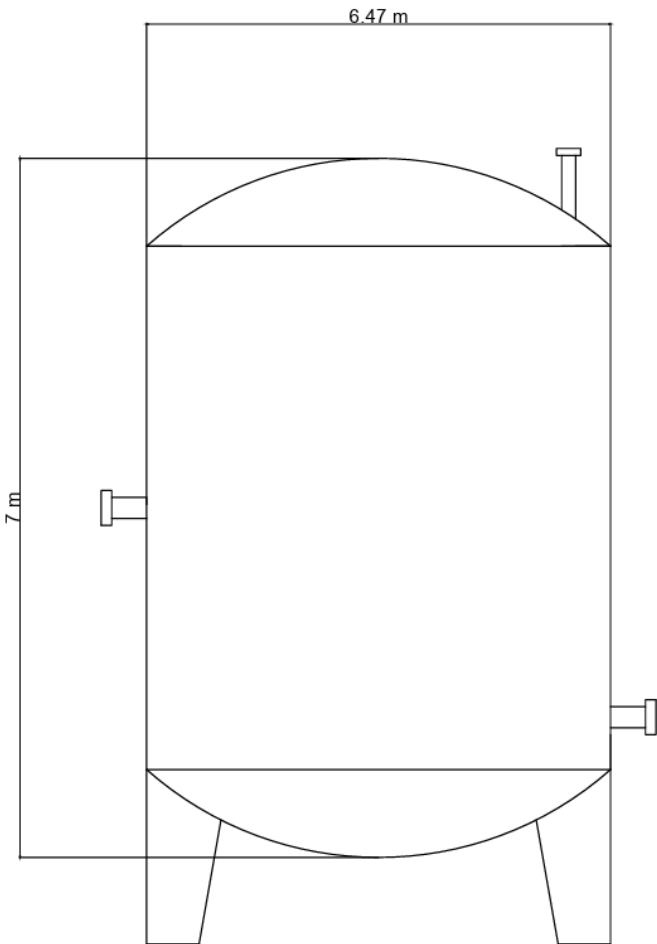
	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 2 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	22/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	31/05/2026
Zona planta	400	Equip	ME-401
AGITACIÓ			
Tipus	Agitador d'hèlix marina		
Velocitat (rpm)	150		
Diàmetre del agitador (m)	0,55		
Ditància al fons (m)	0,37		
Altura agitador (m)	1,54		
Certificació equip	ATEX		
ESQUEMA			
			

		FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 2			
Localització		Tarragona		Data realització		17/05/2026	
Planta		Formachem		Data revisió		20/05/2026	
Zona planta		400		Equip		BC-401	
CARACTERÍSTIQUES GENERALS							
Denominació		Bescanviador de calor					
Funció de l'equip		Refredar el formaldehid per emmagatzemar					
Components principals	Carcassa	Aigua					
	Tubs	Formaldehid, aigua i metanol					
Cost (€)		42257,65					
CARACTERÍSTIQUES DE OPERACIÓ							
		Carcassa		Tubs			
		Entrada	Sortida	Entrada	Sortida		
Cabal màssic (Kg/h)		18015		12599			
Pressió (bar)		2	1,953	1,013	0,941		
Caiguda de pressió (bar)		0,047		0,072			
Temperatura (°C)		25	34,47	53,66	38,31		
Fracció vapor		0	0	0	0		
Velocitat màxima (m/s)		0,37		1,26			
Calor bescanviat (kW)		200,4					
CARACTERÍSTIQUES DE DISSENY							
		Carcassa		Tubs			
Diàmetre intern (mm)		250		15,75			
Diàmetre extern (mm)		256,81		19,05			
Passos per carcassa		1	Passos per tubs		3		
Nº Baffle		10	Nombre de tubs		67		
Distància entre deflectors (mm)		150	Pitch (mm)		23,81		
Orientació		Horitzontal	Longitud (mm)		2300		
Tipus de Baffle		Un segment	Patró		Triangular		
Tall Baffle (%)		45.55					
Material		Acer Inox AISI 316 L					
Tipus TEMA		BEM					
Codi de disseny		ASME Code Sec VIII Div 1					

 FORMACHEM	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 2 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	17/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	20/05/2026
Zona planta	400	Equip	BC-401
ESQUEMA			
			

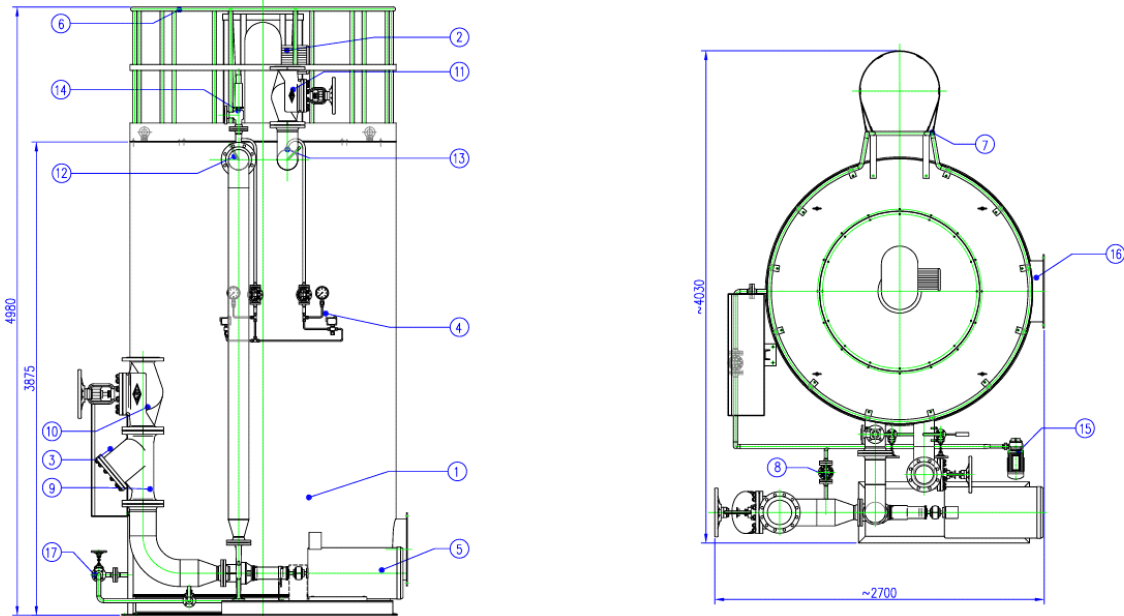
2.5.5 Emmagatzematge i expedició

 FORMACHEM	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	10/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	500	Equip	TE-501- TE-504
CARACTERÍSTIQUES GENERALS			
Denominació	Tanc emmagatzematge		
Producte contingut	Formaldehid 37%		
Fase del fluid	Líquid		
CONDICIONS D'OPERACIÓ			
Temperatura (°C)	35		
Pressió (bar)	1,013		
Temps de residència (dies)	3		
CARACTERÍSTIQUES DEL DISSENY			
Codi de disseny	API 650		
Capacitat (m³)	230		
Volum útil (m³)	206		
Diàmetre extern (m)	6,47		
Alçada (m)	7		
Gruix (mm)	6		
Pes buit (kg)	9245		
Pes en operació (kg)	234245		
Material tanc	AISI 316L		
Densitat material (kg/m³)	8000		
Cost (€)	116607,72		

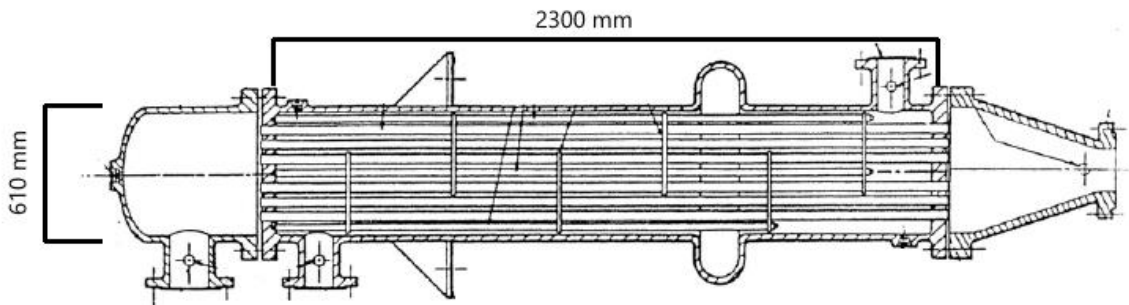
 FORMACHEM	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 2 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	10/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	500	Equip	TE-501 - TE-504
ESQUEMA			
			

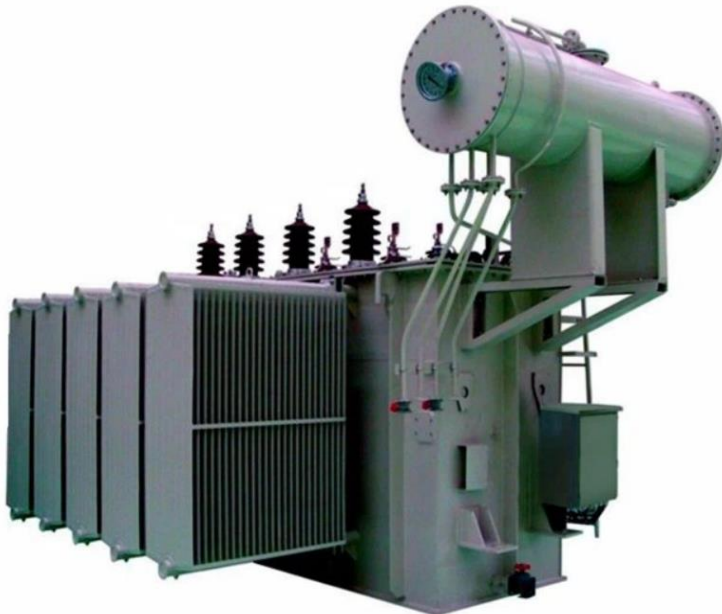
2.5.6 Serveis auxiliars

 FORMACHEM	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 1
Localització	Tarragona	Data realització	16/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	30/05/2026
Zona planta	600	Equip	TR-601
Dades generals			
Denominació	Torre de refrigeració		
Funció de l'equip	Refredar el corrent d'aigua de servei		
Cost (€)	263619,08		
Dades d'operació			
Cabal (kmol/h)	11500		
Temperatura d'entrada (°C)	57,24		
Temperatura de sortida (°C)	25		
Potència requerida(kW)	7746,7		
Dades de l'equip			
Altura (m)	6,51		
Longitud (m)	9,26		
Amplada (m)	4,74		
Pes buit (kg)	7200		
Potència de l'equip (kW)	8080		
Empresa	ENGIE Refrigeration		
Model	VENTUM Modupol 4200/12		
Esquema			
			

 FORMACHEM	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 1
Localització	Tarragona	Data realització	17/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	20/05/2026
Zona planta	600	Equip	CL-601
CARACTERÍSTIQUES GENERALS			
Denominació	Caldera		
Funció de l'equip	Escalfar el Dowtherm-A		
Cost (€)	346395,77		
CARACTERÍSTIQUES DE OPERACIÓ			
Cabal màssic (Kg/h)	18000		
Pressió (bar)	1,4		
Temperatura d'entrada (°C)	200,35		
Temperatura de sortida (°C)	270		
Calor(kW)	2080		
CARACTERÍSTIQUES DE DISSENY			
Alçada (mm)	~4030		
Amplada (mm)	~2700		
Llargària (mm)	4980		
Pressió de disseny (bar)	7		
Mòdel	GFT-170		
Companyia	Pirobloc		
ESQUEMA			
			

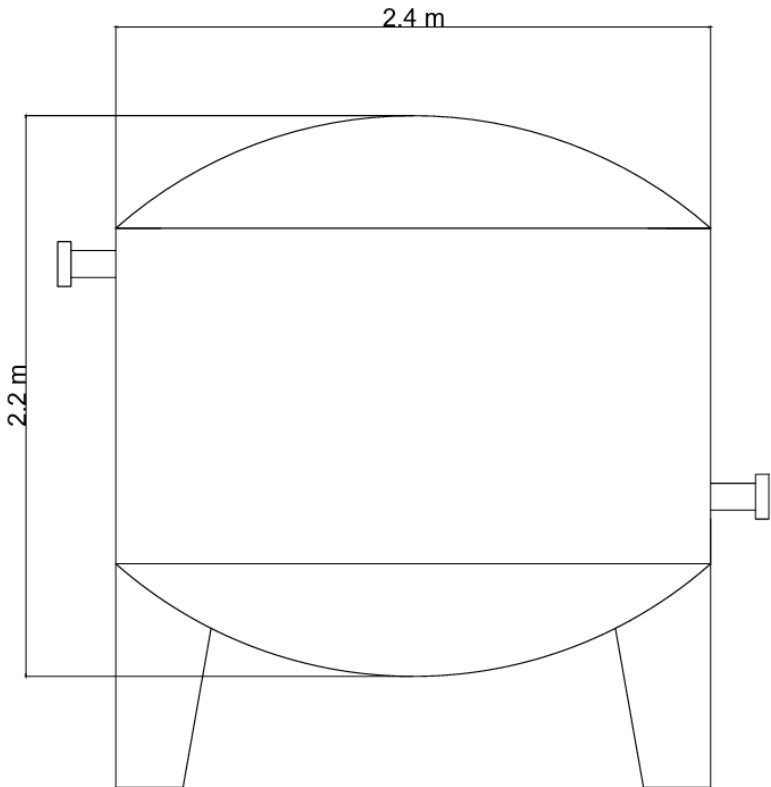
	FULL D'ESPECIFICACIONS			Full 1 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	17/05/2026	
Planta	Formachem	Data revisió	20/05/2026	
Zona planta	600	Equip	BC-601	
CARACTERÍSTIQUES GENERALS				
Denominació		Bescanviador de calor		
Funció de l'equip		Refredar el therminol 66 per recircular		
Components principals	Carcassa	Aigua		
	Tubs	Therminol 66		
Cost (€)		47992,78		
CARACTERÍSTIQUES DE OPERACIÓ				
	Carcassa		Tubs	
	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Cabal màssic (Kg/h)	153128		547200	
Pressió (bar)	2	1,953	1,3	1,190
Caiguda de pressió (bar)	0,047		0,110	
Temperatura (°C)	25	61,93	245,85	227,36
Fracció vapor	0	0	0	0
Velocitat màxima (m/s)	0,76		2,01	
Calor bescanviat (kW)	6633,7			
CARACTERÍSTIQUES DE DISSENY				
	Carcassa		Tubs	
Diàmetre intern (mm)	590,55		16,7	
Diàmetre extern (mm)	609,6		20	
Passos per carcassa	1	Passos per tubs		1
Nº Baffle	2	Nombre de tubs		419
Distància entre deflectors (mm)	590	Pitch (mm)		25
Orientació	Vertical	Longitud (mm)		2300
Tipus de Baffle	Un segment	Patró		Triangular
Tall Baffle (%)	39			
Material	Acer Inox AISI 316 L			
Tipus TEMA	BEM			
Codi de disseny	ASME Code Sec VIII Div 1			

 FORMACHEM	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 2 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	17/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	20/05/2026
Zona planta	600	Equip	BC-601
ESQUEMA			
			

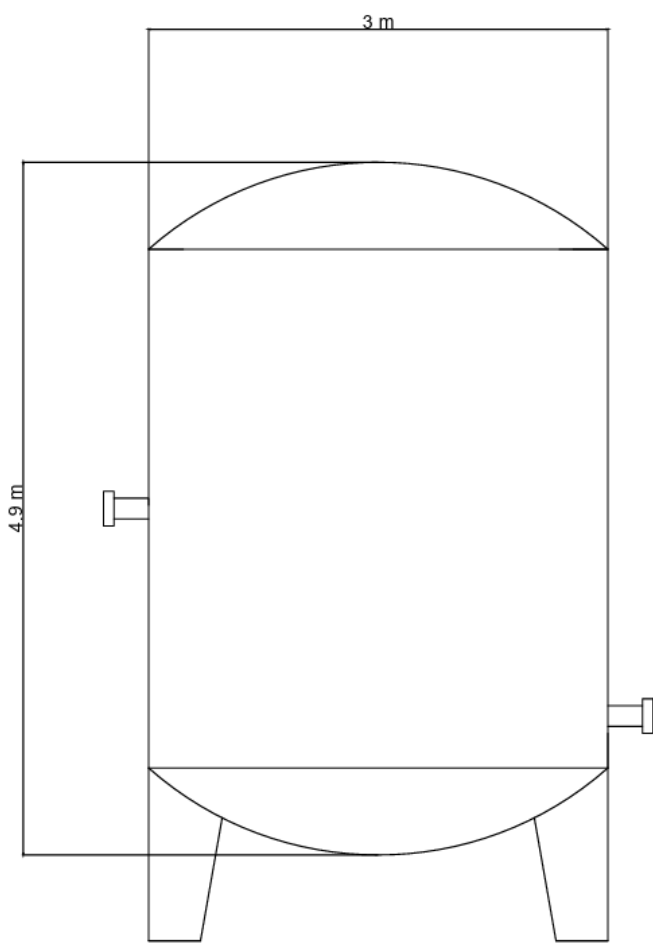
	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 1
Localització	Tarragona	Data realització	31/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	02/06/2026
Zona planta	600	Equip	TF-601
CARACTERÍSTIQUES DE L'EQUIP			
Denominació	Transformador elèctric		
Proveïdor	SCOTECH		
Model	S11-5 MVA-33 / 11KV		
Potència nominal (MVA)	5		
Freqüència (Hz)	50		
Fase	Tres		
Voltatge primari (kV)	33		
Voltatge secundari (kV)	11		
Material bobinat	Coure		
Impedància	7		
ESQUEMA			
			

	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 1
Localització	Tarragona	Data realització	31/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	02/06/2026
Zona planta	600	Equip	OI-601
CARACTERÍSTIQUES DE L'EQUIP			
Denominació	Sistema d'osmosi inversa		
Proveïdor	SETASA - Filtración		
Model	ADEL MO-ROHD-09 INOX		
Producció (l/h)	7.600 - 9000		
Conversió (%)	75		
TDS màxim (mg/l)	3000		
Pressió de treball (bar)	8.0 - 12		
Pressió màxima (bar)	14		
Freqüència (Hz)	50		
Consum elèctric (kW)	7,5		
Prefiltració (µm)	5		
Pes buit (kg)	920		
Dimensions (m)	2,24 x 4,10 x 1,37		
ESQUEMA			
			

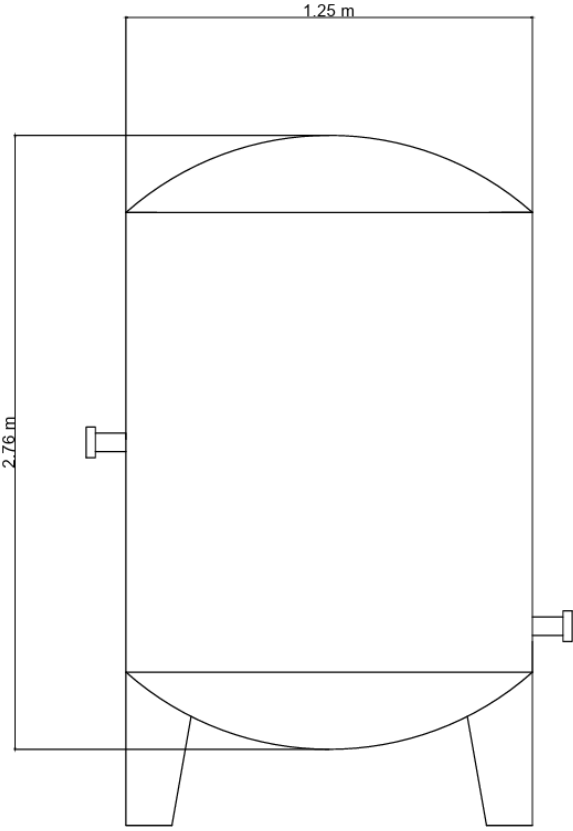
 FORMACHEM	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	12/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	600	Equip	TE-601
CARACTERÍSTIQUES GENERALS			
Denominació	Tanc d'expansió		
Producte contingut	Therminol 66		
Fase del fluid	Líquid		
CONDICIONS D'OPERACIÓ			
Temperatura (°C)	60 - 80		
Pressió d'operació (bar)	0,5 - 2		
CARACTERÍSTIQUES DEL DISSENY			
Codi de disseny	ASME		
Capacitat (m³)	10		
Volum d'expansió (m³)	2,5		
Diàmetre extern (m)	2,4		
Alçada (m)	2,2		
Gruix (mm)	14		
Pes buit (kg)	2611		
Pes en operació (kg)	12741		
Material tanc	AISI 316L		
Densitat material (kg/m³)	8000		
Cost (€)	127575,74		

	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 2 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	12/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	600	Equip	TE-601
ESQUEMA			
			

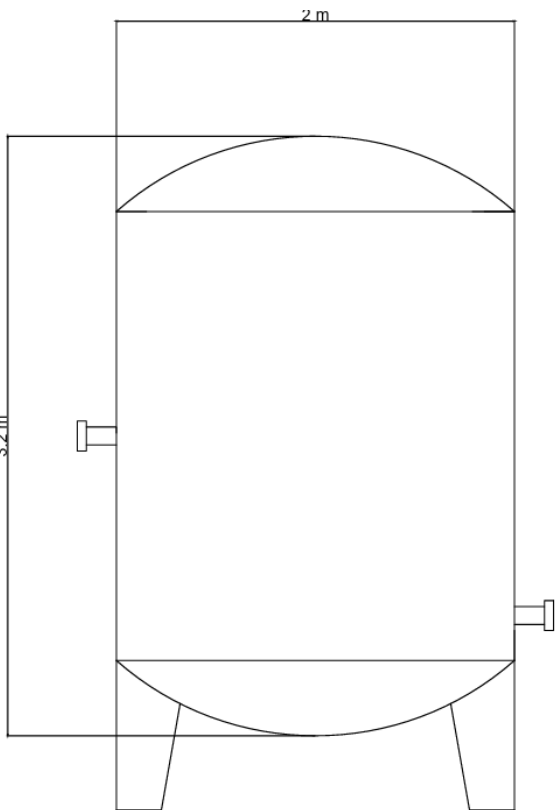
	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	12/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	600	Equip	TE-602
CARACTERÍSTIQUES GENERALS			
Denominació	Tanc emmagatzematge		
Producte contingut	Therminol 66		
Fase del fluid	Líquid		
CONDICIONS D'OPERACIÓ			
Temperatura (°C)	25		
Pressió (bar)	1,013		
CARACTERÍSTIQUES DEL DISSENY			
Codi de disseny	API 650		
Capacitat (m³)	35		
Volum útil (m³)	32		
Diàmetre extern (m)	3		
Alçada (m)	4,9		
Gruix (mm)	6		
Pes buit (kg)	2760		
Pes tanc carregat (kg)	34670		
Material tanc	ASTM A36		
Densitat material (kg/m³)	7850		
Cost (€)	28841,58		

	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 2 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	12(05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	600	Equip	TE-602
ESQUEMA			
			

	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	10/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	600	Equip	TE-603
CARACTERÍSTIQUES GENERALS			
Denominació	Tanc pulmó		
Producte contingut	Nitrogen		
Fase del fluid	Gas		
CONDICIONS D'OPERACIÓ			
Temperatura (°C)	20		
Pressió d'operació (bar)	8		
Pressió màxima (bar)	11		
CARACTERÍSTIQUES DEL DISSENY			
Codi de disseny	ASME		
Capacitat (m³)	3		
Diàmetre extern (m)	1,25		
Alçada (m)	2,76		
Gruix (mm)	8		
Pes buit (kg)	630		
Pes en operació (kg)	634		
Material tanc	AISI 316L		
Densitat material (kg/m³)	8000		
Cost (€)	8200		

	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 2 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	10/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	600	Equip	TE-603
ESQUEMA			
			

 FORMACHEM	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 1 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	05/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	600	Equip	TE-604
CARACTERÍSTIQUES GENERALS			
Denominació	Tanc emmagatzematge		
Producte contingut	Nitrogen		
Fase del fluid	Líquid		
CONDICIONS D'OPERACIÓ			
Temperatura (°C)	-196		
Pressió d'operació (bar)	5		
Pressió màxima (bar)	7		
Temps de residència (dies)	7		
CARACTERÍSTIQUES DEL DISSENY			
Codi de disseny	ASME		
Capacitat (m³)	10		
Volum útil (m³)	6		
Diàmetre extern (m)	2		
Alçada (m)	3,2		
Gruix (mm)	7		
Pes buit (kg)	1426		
Pes en operació (kg)	6164		
Material tanc	AISI 316L		
Densitat material (kg/m³)	8000		
Cost (€)	81663,65		

	FULL D'ESPECIFICACIONS		Full 2 de 2
Localització	Tarragona	Data realització	05/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	600	Equip	TE-604
ESQUEMA			
			

2.6 Bibliografia

- [1] Serviacero Especiales. (s.f.). *Hoja técnica AISI 316L*. https://portal.serviacero.com/assets/webfiles/3/files/75_316L.pdf
- [2] Europer. (s.f.). *Ficha técnica acero inoxidable 316/316L*. Europer, Uniendo Soluciones <https://europer.cl/wp-content/uploads/2022/04/FICHAS-TECNICA-ACERO-INOX.316-316L.pdf>
- [3] Oxiviva. (2015). *Ficha técnica nitrógeno (DAGI-048:00)*. Oxiviva, gases del aire LDTA. <https://oxiviva.com/wp-content/uploads/2018/05/DAGI-048.00-FT-NITROGENO.pdf>
- [4] Linde. (2023). *Ficha técnica nitrógeno comprimido industrial*. <https://assets.linde.com/-/media/global/north-latam/ecuador/documentos/hojas-de-datos-de-seguridad-y-fichas-tecnicas/fichas-tecnicas/ficha-tnica-nitrgeno-comprimido-industrial.pdf>
- [5] Messer Ibérica de Gases S.A. (s.f.) *Nitrógeno (DIN EN ISO 14175, Grupo N1)*. Gases técnicos. https://www.simagas.es/pdf/gases_industriales/FT_N2_Tec.pdf
- [6] Funsafe. (s.f.). *API 650 - TANQUES DE ALMACENA MIENTO , Parte I: Código, Materiales, Diseño, Pared, Fondo, Placa Anular*. Curso impartido por Arveng. <https://etcfunsafe.com/descargas/STI-NOTAS-DE-ESTUDIO-PRUEBA-1.pdf>
- [7] Cryospain. (2025, 17 diciembre). *Almacenamiento de nitrógeno líquido: claves para su seguridad y eficiencia*. Cryospain. <https://cryospain.com/es/almacenamiento-nitrogeno-liquido>
- [8] *Depósito de aire comprimido BSB 3000 litros*. (s. f.). Berg Kompressoren. <https://www.berg-kompressoren.de/es/deposito-de-aire-comprimido-bsb-3000-1360813000>
- [9] *Sistemas de fluido térmico: la guía completa - Pirobloc*. (2021, 23 noviembre). Pirobloc. <https://www.pirobloc.com/sistemas-de-fluido-termico-la-guia-completa/>
- [10] Jason. (2024, 19 septiembre). *Density of Steel: Density Charts of Different Steels*. Tuling. <https://www.tulingmetal.com/es/densidad-del-acero/>
- [11] Sulzer. (s.d.). *Mezclador estático SMV™*. <https://www.sulzer.com/en/shared/products/static-mixer-smv>
- [12] *5 MVA 5000 KVA Transformador de energía eléctrica reductor 33KV a 11KV Fabricantes - Precio de costo - SCOTECH*. (s.f.). <http://es.scotech-electrical.com/transformer/power-transformer/5-mva-5000-kva-step-down-electrical-power.html>
- [13] *ÓSMOSIS INVERSA INDUSTRIAL 9.000 LITROS/HORA MODELO ADEL MO-ROHD-09 INOX*. (s. f.). SETASA Filtración. <https://setasa.es/osmosis-inversa-industrial/osmosis-inversa-industrial-9-000-litros-hora-modelo-adel-mo-rohd-09-inox.html>