

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID

PROJECTE FI DE GRAU
Enginyeria Química
Juny 2026



Cesc Anguera Llàcer, Isis Blanco Casahuga, Matilde Granwehr de Sousa,
Oriol Fortuny Gómez, Jose Ignacio Esquivel Silva

TUTOR: Antoni Sánchez Ferrer

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID

PROJECTE FI DE GRAU

Enginyeria Química

Juny 2026

CAPÍTOL 2: EQUIPS



Cesc Anguera Llàcer, Isis Blanco Casahuga, Matilde Granwehr de Sousa,
Oriol Fortuny Gómez, Jose Ignacio Esquivel Silva

TUTOR: Antoni Sánchez Ferrer

TAULA DE CONTINGUTS

2.1. INTRODUCCIÓ.....	1
2.2. NOMENCLATURA DELS EQUIPS	1
2.3 DESCRIPCIÓ DELS EQUIPS	2
2.3.1 TANCS D'EMMAGATZEMATGE	2
2.3.2 MESCLADORS	3
2.3.3 REACTOR CATALÍTIC MULTI TUBULAR (R-301).....	5
2.3.4 COLUMNES D'ABSORCIÓ	7
2.3.5 BESCOBIADORS DE CALOR	9
2.3.6 SISTEMA DE GENERACIÓ D'AIRE COMPRIMIT.....	10
2.3.7 TANC DE NITROGEN	10
2.3.8 TANC D'AIGUA.....	11
2.3.9 SISTEMA DE TRACTAMENT DE GASOS CONTAMINANTS CATOX	11
2.3.10 TRANSFORMADOR ELÈCTRIC.....	12
2.3.11 CALDERA AUXILIAR	12
2.3.12 TORRE DE REFRIGERACIÓ I CIRCUIT D'AIGUA	12
2.4 LLISTAT D'EQUIPS	13
2.4.1 A-100.....	13
2.4.2 A-200	13
2.4.3 A-300	14
2.4.4 A-400	14
2.4.5 A-500	15
2.4.6 A-700	15
2.4.7 A-1400.....	16
2.4.8 A-1600.....	16
2.5 FULL D'ESPECIFICACIONS DELS EQUIPS	17
2.5.1 A-100.....	17
2.5.2 A-200	18
2.5.3 A-300	25
2.5.4 A-400	33
2.5.5 A-500	39
2.5.6 A-700	40
2.5.6 A-1400.....	45
2.5.7 A-1600.....	46
2.6 BIBLIOGRAFIA	47

2.1. Introducció

En aquest capítol es presenten els equips que apareixen a la planta de MethaForm. Alguns dels equips no apareixen en les àrees representades en PI&D ja que queden en mans d'empreses externes i no entra dins l'abast del projecte, no obstant però se'n farà una breu explicació de les dimensions que tindrien.

Els equips seran classificats en funció de l'àrea que es trobin a la planta i després seran explicats fent èmfasi en els paràmetres de disseny més rellevants per cada equip.

Un bon disseny dels equips és essencial per poder tenir la certesa que cada un d'aquests és capaç d'assolir les condicions de treball de la planta i alhora garantir uns mínims de seguretat sempre seguint la normativa vigent.

Per l'obtenció dels paràmetres dels equips, moltes han estat extretes íntegrament del programari Aspen HYSYS V14 i Aspen Exchanger Design and Rating V14.2. Per altra banda però, altres han estat obtinguts a partir de càlculs els quals queden recollits en el *Capítol 11. Manual de càlculs*.

2.2. Nomenclatura dels equips

Per a tal de poder referenciar cada equip d'una manera més abreviada, s'ha establert una nomenclatura, la qual es veu reflectida en la *Taula 2.1*.

Taula 2.1 Abreviatura dels equips de la planta

Equip	Abreviatura
Tanc d'emmagatzematge	TE
Mesclador	ME
Reactor	R
Bescanviador de calor	E
Bomba	P
Compressor	K
Caldera	CL
Chiller	CH
Columna d'absorció	CA

Amb l'objectiu de reconèixer i classificar fàcilment tota la maquinària de la instal·lació, s'ha implementat un mètode de designació alfanumèric per a cada aparell. L'estructura estàndard d'aquest codi és **A-XXYY**, que es desglossa de la manera següent:

- **A:** Lletra (o conjunt de lletres) que defineix la categoria de l'aparell, segons les sigles detallades a la *Taula 2.1*.

- **XX:** Parell de dígit que vinculen l'equip a una zona o unitat específica de la fàbrica.
- **YY:** Parell de dígit que representen l'ordre numèric de l'aparell dins d'aquesta mateixa zona.

A tall d'exemple, la referència **TE-101** correspondria al primer tanc d'emmagatzematge instal·lat a l'àrea 100.

2.3 Descripció dels equips

A continuació es parla sobre els diferents equips que hi ha a la planta, explicant els seus paràmetres i el perquè del disseny. És important deixar clar també que alguns equips quedaran a càrrec d'empreses externes, les quals es faran responsables del dimensionament.

2.3.1 Tancs d'emmagatzematge

La planta disposa de diversos tancs d'emmagatzematge destinats a contenir tant la matèria primera principal per a dur a terme la reacció d'oxidació, el metanol, com el producte final obtingut, el formol (formaldehid en solució aquosa). Aquests equips estan situats estratègicament en diferents àrees de la planta segons la naturalesa i la funció del fluid que contenen. Concretament, els tancs corresponents a l'emmagatzematge de reactius se situen a l'àrea 100, mentre que els destinats a la recol·lecció i emmagatzematge del producte final per comercialitzar es troben a l'àrea 500.

A continuació es detallen les característiques principals dels tancs d'emmagatzematge de cadascuna de les àrees:

- **TE-101 a TE-104 (A-100):** Aquests són els tancs ideats per a l'emmagatzematge de metanol, el qual és el reactiu principal del procés. Els tancs són omplerts mitjançant la descàrrega de camions cisterna i estan dissenyats per subministrar metanol de manera contínua al procés cap a la zona de vaporització i mescla prèvia al reactor. En conjunt, tenen capacitat per assegurar el subministrament durant una setmana completa d'operació contínua. Cadascun d'aquests tancs té una capacitat màxima d'emmagatzematge de 397,62 m³. El seu diàmetre és de 7,5 m, i l'alçada de 9 m.
- **TE-501 i TE-502 (A-500):** En aquests tancs d'emmagatzematge es recull el formol obtingut un cop surt del sistema d'absorció, llest per a la seva comercialització o expedició. Aquesta capacitat d'emmagatzematge permet donar flexibilitat a la producció i gestionar la càrrega per a la distribució. Cadascun d'aquests tancs té una capacitat màxima d'emmagatzematge de 1021 m³. El seu diàmetre és de 10 m, i l'alçada de 13 m.

El material de construcció utilitzat pels tancs és d'acer al carboni (ASTM A36), degut a que ofereix la resistència mecànica necessària de forma econòmica, evitant el sobre cost de l'acer inoxidable. Tot i que aquest acer és suficient per mantenir el metanol aïllat i en bones condicions, el formol és altament corrosiu per al metall nu. Es per això que el recobriment intern de vinilèster és imprescindible, ja que actua de manera equivalent a l'acer inoxidable, però amb un cost de fabricació notablement inferior. Altrament, els sis tancs disposen d'un aïllament tèrmic exterior

amb la finalitat de reduir l'intercanvi de calor amb l'exterior, evitant oscil·lacions tèrmiques assegurant així l'estabilitat dels productes emmagatzemats. A més d'estar pintats de blanc per evitar un augment de temperatura del tanc dràstic a causa de la radiació solar.

Els sis tancs es troben instal·lats a nivell de terra i operen a pressió atmosfèrica (o lleugerament superior). Per garantir una operació segura i estable, tots ells estan equipats amb sistemes automatitzats formats per llaços de control de nivell i de pressió, els quals es detallaran en profunditat al *Capítol 3. Control i Instrumentació*.

La regulació de la pressió i la prevenció front a mescles inflamables s'obté gràcies a un sistema d'inertització de nitrogen. Aquest s'introdueix als tancs per evitar depressions durant el buidatge cap al procés i sobrepressions durant l'ompliment, desplaçant l'oxigen i evitant així la formació d'atmosferes explosives a l'interior. La dosificació de nitrogen és contínua gràcies a les vàlvules regulades pels llaços de control de pressió. A més a més, com a mesura preventiva de seguretat mecànica per protegir els equips davant una fallada que provoqui una sobrepressió extrema, els tancs van equipats amb vàlvules d'alliberament de pressió de seguretat (PSV, *Pressure Safety Valve*).

En últim punt, per estar dins el compliment dels marges legals de seguretat i medi ambient de la planta, el conjunt dels tancs de cada àrea està envoltat per una cubeta de contenció la qual està ideada per retenir el fluid en cas de fuga o trencament accidental.

2.3.2 Mescladors

La planta MethaForm presenta dos sistemes de mescla ubicats en etapes diferents del procés: a l'àrea 200, on es condiciona l'alimentació abans d'entrar al reactor principal (R-301), i a l'àrea 400, on es formula el producte final. A diferència d'altres processos que requereixen agitació mecànica, en aquest cas s'ha optat per agitació estàtica, ja que en ambdós casos hi ha miscibilitat entre fluids i baixa viscositat, el que permetre una bona homogeneïtzació.

L'equip ME-201 (A-200) és un mesclador estàtic en línia destinat a la preparació de la mescla gasosa reactiva. Aquest es troba instal·lat a la línia d'alimentació del reactor i la seva finalitat és la barreja homogènia del metanol prèviament vaporitzat amb el corrent d'aire de procés. Al tractar-se de dos corrents gasosos amb una elevada difusivitat, la mateixa turbulència generada pels elements interns del mesclador assegura una mescla efectiva sense necessitat d'agents mecànics externs. Aquest grau d'homogeneïtzació és un paràmetre vital per garantir que la concentració de metanol es mantingui per sota del límit d'inflamabilitat d'aproximadament un 6,5% molar, en tot el volum del gas, evitant així la formació d'atmosferes explosives i l'aparició de punts calents no desitjats a l'interior del reactor. Pel que fa al material de construcció, s'ha escollit acer inoxidable 316L, el qual ofereix una elevada resistència tèrmica i preveu l'oxidació de l'equip a les altes temperatures d'operació requerides abans de la reacció.

Per una altra banda, en l'àrea 400 on es dur a terme la purificació i estabilització del producte final, trobem el mesclador ME-401, el qual és també de tipus estàtic, però en aquest cas en fase líquida. Aquest equip està ideat per rebre 3 corrents; el corrent de cues de les dues columnes d'absorció (CA-401 i CA-402) i un corrent pur de metanol líquid provinent de l'àrea 100. Aquesta

addició de metanol busca estabilitzar el producte final, actuant d'inhibidor per evitar la precipitació del formaldehid en forma de paraformaldehid. En aquest cas s'ha escollit també un mesclador estàtic, ja que els 3 corrents de líquids son totalment miscibles entre si i tenen viscositats força baixes (semblants a les de l'aigua). Amb l'energia que ja contenen els corrents, n'és suficient per aconseguir una mescla homogènia, la qual serà el nostre producte final.

Igual que el mesclador anterior, l'ME-401 està fabricat amb acer inoxidable 316L per evitar qualsevol tipus de corrosió a llarg termini i garantir l'absència de contaminació metàl·lica que pogués reduir la puresa del producte final. A més, l'elecció de mescladors estàtics enfront dels dinàmics per a ambdues àrees redueix dràsticament les necessitats de manteniment i elimina els riscos associats a les parts mòbils o motors elèctrics en zones amb presència de components inflamables.

En últim lloc, és important parlar sobre el tipus d'elements interns que ens trobarem en cada mesclador. Per al mesclador de gasos ME-201, s'ha seleccionat un disseny intern de plaques corrugades creuades (tipus SMV, veure *Figura 2.1*), òptim per a la mescla en règim turbulent, ja que afavoreix una divisió i recombinació ràpida del corrent gasós en un tram curt de canonada.



Figura 2.1 Placa interna del tipus SMV del mesclador ME-201

En canvi, per al mesclador de líquids ME-401, l'element intern escollit és de tipus helicoidal (com els models Kenics o PMS, veure *Figura 2.2 i 2.3*). Aquest disseny, basat en pales torsionades alternes, obliga els fluids a dividir-se i rotar radialment de forma repetida, aconseguint una homogeneïtzació excel·lent per a líquids de baixa viscositat amb una pèrdua de pressió molt reduïda.



Figura 2.2 Placa interna del tipus PMS del mesclador ME-401

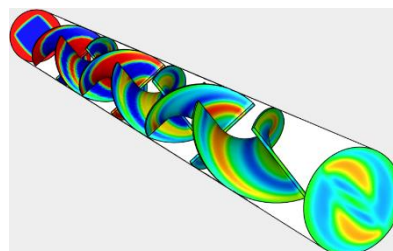


Figura 2.3 CFD de placa tipus PMS

2.3.3 Reactor catalític multi tubular (R-301)

El reactor principal (R-301) constitueix el nucli operatiu i tecnològic de la planta MethaForm. Es tracta d'un reactor catalític multitubular de llit fix, operat en fase gasosa, on té lloc l'oxidació parcial del metanol per a la síntesi de formaldehid mitjançant el procés FORMOX.

Funcionament i termodinàmica

El funcionament de l'equip s'assimila hidrodinàmicament a un reactor de flux pistó (RCFP) i, constructivament, a un intercanviador de calor de carcassa i tubs. La mescla reactiva gasosa (Corrent 7), prèviament homogeneïtzada al mesclador ME-201, s'introdueix per la part superior de l'equip a una pressió de 225,0 kPa i una temperatura de 226,2 °C.

Atès que la reacció principal d'oxidació és altament exotèrmica, el control estricte de la temperatura és vital per evitar l'aparició d'un punt calent (*Hot Spot*) que superi el llindar de sublimació del catalitzador (430 °C). Per garantir aquesta estabilitat, per la calandra de l'equip hi circula de forma contínua un fluid de transferència tèrmica (Dowtherm A), provinent de l'àrea de Serveis A-700. Aquest oli tèrmic absorbeix la calor alliberada i manté el perfil tèrmic en condicions òptimes de conversió, donant lloc a un efluent de producte (Corrent 8) que abandona la base del reactor a 340 °C, llest per a l'etapa de recuperació de calor.

Dimensionament i característiques internes

Les dimensions de l'equip no són estàndard, sinó que responen al càlculs fluidodinàmics, cinètics i de pèrdua de càrrega desenvolupats en el *Capítol 11: Manual de Càlculs*.

- **Feix tubular i carcassa:** L'interior del reactor allotja una matriu massiva de 14.600 tubs, amb un diàmetre intern fixat en 21 mm. Aquesta configuració permet processar l'elevat cabal màssic de gas (21,45 kg/s) mantenint una velocitat lineal superficial òptima de 2,69 m/s. Per encabir aquest feix, la virolla exterior assoleix un diàmetre de 4,00 metres.
- **Longitud activa:** L'equip presenta un perfil de disseny inusualment baix, amb una longitud activa de només 1,86 metres.
- **Catalitzador:** L'interior dels tubs es troba empaquetat amb 7.050 kg del catalitzador comercial Alder MOC5 (òxids de ferro i molibdè), conformats geomètricament com a anells foradats (*tabletted rings*) per afavorir la porositat del llit.

Naturalesa constructiva, disseny i selecció de materials

El disseny mecànic i estructural del reactor R-301 s'ha desenvolupat sota criteris estrictes de resistència mecànica, compatibilitat química i tolerància tèrmica, assegurant el compliment de la Directiva Europea d'Equips a Pressió (PED 2014/68/UE) i seguint les directrius de càlcul de la normativa ASME Secció VIII Divisió 1 per a recipients a pressió, així com els estàndards de la TEMA (*Tubular Exchanger Manufacturers Association*) per a la configuració del feix tubular.

Selecció de materials de construcció.

A causa de les acusades diferències en la composició química i l'agressivitat dels fluids que circulen per l'interior i l'exterior del feix tubular, l'equip presenta una configuració metal·lúrgica bimetàl·lica:

- **Tubs d'emmagatzematge del catalitzador:** Els 14.600 tubs interns estan fabricats exclusivament en acer inoxidable austenític de baix carboni AISI 316L (UNS S31603). L'elecció d'aquest material és mandatària a causa de l'alta temperatura de l'efluent gasós (340 °C) i la presència combinada de formaldehid i vapor d'aigua. L'AISI 316L ofereix una resistència excel·lent a l'oxidació en calent i evita de forma absoluta el risc de corrosió per àcid fòrmic (subproducte que es pot formar en traces per l'oxidació secundària del formaldehid). Així mateix, garanteix que no es generin subproductes de corrosió metal·lúrgica que poguessin enverinar o desactivar el llit catalític d'òxids de ferro i molibdè.
- **Carcassa exterior:** Per a la virola exterior de 4,00 metres de diàmetre s'ha seleccionat acer al carboni de qualitat per a recipients a pressió ASTM A516 Grau 70. Atès que la calandra només està en contacte amb el fluid de transferència tèrmica (*Dowtherm A*), el qual és un compost químicament inert i no corrosiu per als acers ferrítics, no es requereix l'ús d'inoxidable massís en aquesta secció. L'ASTM A516 Gr. 70 proporciona les propietats mecàniques i el límit elàstic necessaris per suportar la pressió de disseny amb un gruix optimitzat i un cost econòmic controlat.

Components mecànics i detalls d'unió

L'elevada densitat de tubs i la severitat tèrmica del procés exigeixen solucions mecàniques específiques de fabricació:

- **Placa tubular (Tube sheets):** Les dues plaques tubulars (superior i inferior) s'encarreguen de retenir mecànicament els tubs i segellar la separació entre la zona del gas de procés i el bany d'oli tèrmic. Atès que estan en contacte amb ambdós fluids, es fabriquen mitjançant plaques d'acer al carboni ASTM A516 Gr. 70 revestides (*cladded*) amb una capa d'acer inoxidable AISI 316L a la cara exposada al gas de procés. La unió de cadascun dels 14.600 tubs a la placa s'executa mitjançant una combinació d'expansionat mecànic per corròns (per assegurar el suport estructural) seguit d'una soldadura de segellat robotitzada TIG (per evitar de forma absoluta qualsevol fuga de *Dowtherm A* cap al canal del gas).
- **Elements deflectors (Baffles):** A l'interior de la calandra s'instal·len deflectors transversals segmentats fabricats en acer al carboni. La seva funció constructiva és doble: actuen com a suports intermedis per evitar la flexió o vibració estructural dels tubs a causa del flux, i guien el fluid tèrmic en un patró de flux creuat que maximitza el coeficient global de transferència de calor (U).
- **Junta d'expansió tèrmica (Compensador de dilatació):** El reactor experimenta un gradient tèrmic diferencial crític: mentre que els tubs interns pateixen pics tèrmics elevats pel *hot spot* de la reacció, la carcassa exterior es manté a la temperatura controlada de l'oli. Per absorbir la diferència de dilatació mecànica lineal entre ambdós

elements i evitar l'aparició de tensions per compressió que podrien provocar el bombament (*buckling*) o la ruptura de les soldadures dels tubs, s'integra una junta d'expansió flexonímica de manxa (bellows) construïda en Inconel o AISI 321 a la virolla de la carcassa exterior.

Revestiment i aïllament exterior

Per garantir l'eficiència energètica del sistema eliminant les pèrdues de calor per radiació i convecció cap a l'atmosfera, i en estricte compliment amb la normativa de prevenció de riscos laborals per protegir el personal contra el risc de cremades per contacte accidental, la carcassa exterior es sotmet a un procés de calorifugat. Aquest aïllament consisteix en una capa de llana de roca d'alta densitat d'un gruix nominal de 100 mm, revestida exteriorment per una jaqueta de protecció mecànica i estanquitat d'una xapa d'alumini reblat d'1,2 mm de gruix.

Control, Seguretat i Proveïment

Des del punt de vista de l'automatització (*Capítol 3: Control i Instrumentació*), el reactor està sotmès a un bucle de control de temperatura (TIC) en cascada governat pel PLC central, el qual regula el pas del cabal de Dowtherm A cap a la carcassa en funció de les lectures termoparell internes.

A més, en compliment estricte dels criteris d'avaluació de riscos determinats al *Capítol 5: Seguretat i Higiene*, i per fer front a una possible reacció descontrolada (*runaway*), el reactor està protegit activament per vàlvules d'alliberament de pressió de seguretat (PSV-301) i un sistema autònom de cortina d'aigua polvoritzada de diluvi, capaç de descarregar 2.200 l/min per sufocar qualsevol anomalia tèrmica crítica exterior.

Atès el grau de sofisticació tecnològica d'aquest equip, no es tracta d'un element de catàleg convencional. El disseny segueix les directrius tècniques del proveïdor de la tecnologia, com **Johnson Matthey (FORMOX™)**, mentre que la seva fabricació metal·lúrgica es delega, normalment, a grans *boiler makers* europeus especialitzats en estructures a pressió i reactors multitubulars d'alta complexitat, com és el cas de **MAN Energy Solutions** o **Walter Tosto SpA**, que garanteixen l'acompliment de la Directiva Europea d'Equips a Pressió (PED).

2.3.4 Columnes d'absorció

Les columnes d'absorció també conegudes com a scrubbers, tenen un paper importantíssim en l'optimització del procés per a poder assolir un producte final amb les condicions òptimes. A diferència d'altres processos on l'absorció només s'encarrega d'eliminar impureses, aquí la seva funció principal és capturar el producte desitjat des de la fase gasosa cap a la fase líquida.

La primera columna, la CA-401, se situa a l'àrea 400 després de la sortida del reactor. Tracta el corrent gasós provinent de la reacció, el qual conté el formaldehid acabat de formar, acompanyat de metanol sense reaccionar i gasos inerts com l'oxigen residual o el nitrogen. Aquest equip actua com a medi de transferència, capturant el formaldehid i el metanol mitjançant l'absorció en aigua. Aquesta captura és el pas més rellevant de tota l'àrea, ja que és el que permet obtenir la

solució aquosa de formaldehid (formol) que s'enviarà cap al mesclador ME-401 i determinarà la puresa del producte comercial. El tipus de rebliment emprat per aquesta columna és un rebliment estructurat de tipus Mellapak 250Y, subministrat per Sulzer. Físicament, aquest equip no disposa de plats al seu interior, sinó que està format per blocs cilíndrics fixos fets a base de làmines de metall ondulat disposades en ziga-ziga. Aquestes làmines estan perforades i forcen el líquid a lliscar de manera homogènia en forma de pel·lícula fina, maximitzant l'àrea de contacte amb el gas.

La segona columna, la CA-402, la qual es troba després de la CA-401, està dedicada a la recuperació de metanol i esgotament dels gasos. Tot i que les concentracions de formaldehid i metanol a la sortida de la primera columna ja han disminuït significativament, no són prou petites per poder-se abocar a l'atmosfera ni per donar el reactiu per perdut. És per això, que el corrent de caps de gasos de la CA-401 ha de ser rentat per la CA-402. Anàlogament a la primera columna, aquesta utilitza aigua pura de procés com a líquid absorbent, la qual entra per caps. L'aigua va baixant per aquesta mentre arrossega traces restants de metanol, aconseguint així que el corrent de gasos que surt per caps tingui la menor quantitat possible de formaldehid i metanol. Aquest estarà format principalment d'oxigen, nitrogen, aigua i traces de monòxid de carboni, àcid fòrmic i dimetilèter, és per això que serà enviat a l'equip de tractament CatOx, el qual s'explicarà més endavant. A diferència de la unitat anterior, el tipus de rebliment emprat per a la CA-402 és un rebliment a l'atzar o aleatori format per anells Pall metàl·lics de 76 mm, subministrats per Chemxin. En aquest cas, l'interior de la columna tampoc compta amb plats, sinó que es troba reblert d'aquestes peces cilíndriques de l'ordre de vora tres polzades, les quals es buiden directament de manera desordenada a l'interior de la torre per conformar el medi de contacte. Aquests anells disposen d'unes parets perforades cap a l'interior que maximitzen la fracció de buits i l'àrea superficial efectiva, permetent el pas de l'elevat cabal de gas sense provocar una pèrdua de càrrega excessiva.

Per acabar, cal remarcar un detall operatiu i de disseny crític. L'absorció del formaldehid en aigua és un procés força exotèrmic a causa de la reacció d'hidratació del gas en el medi aquós. Per tal de gestionar aquest perfil tèrmic i garantir que l'equip no pateixi pèrdues de calor incontrolades cap a l'entorn o fluctuacions tèrmiques que puguin reduir la solubilitat dels gasos o provocar la polimerització del producte, ambdues columnes es troben completament aïllades tèrmicament.

D'altra banda, per assegurar que les condicions del corrent gasós que surt per caps de la primera columna siguin les adequades abans d'entrar a la columna CA-402, s'ha col·locat un bescanviador de calor (E-401) en la línia d'interconnexió, actuant com el node principal de regulació tèrmica entre ambdós equips. Juntament amb aquest bescanviador, la implementació dels llaços de control de temperatura, pressió i nivell incorporats en el disseny (*Capítol 3. Control i instrumentació*) i detallats en el P&ID (*Capítol 10. Diagrames i plànols*) permet regular dinàmicament l'operació. D'aquesta manera, és possible garantir una estabilitat tèrmica rigorosa, minimitzar les pèrdues d'energia i assolir la màxima eficiència del procés de manera completament segura.

2.3.5 Bescanviadors de calor

Els bescanviadors de calor de la planta MethaForm s'han dissenyat i avaluat a partir dels simuladors Aspen HYSYS V14 i Aspen Exchanger Design and Rating V14.2 (EDR). A la planta es disposa d'un total de cinc bescanviadors de calor principals de tipus carcassa i tubs, identificats com E-201 i E-202 ubicats a l'àrea 200, E-301 i E-302 a l'àrea 300, i E-401 a l'àrea 400.

El funcionament d'aquests equips es fonamenta en el principi de transferència de calor entre dos fluids sense que hi hagi contacte entre ells. El fluid de procés circula pels tubs interns, mentre que per la carcassa exterior ho farà el fluid de servei tèrmic. Com que els fluids de procés són tòxics i inflamables, s'ha decidit fer-los circular per l'interior dels tubs per garantir-ne l'estanquitat i facilitar el manteniment.

Com és evident, la principal finalitat dels bescanviadors de carcassa i tubs és ajustar la temperatura del fluid de procés segons els requeriment específics requerits en cada etapa productiva. En la planta MethaForm, tant ens trobem necessitats d'escalfament i vaporització, com de refredament. Per dur a terme totes aquestes operacions, en tots els bescanviadors s'empra exclusivament el fluid oli tèrmic DTRM-A i aigua.

A l'àrea 200, l'equip E-201 realitza un canvi de fase del metanol, actuant així com un vaporitzador. Aquest rep el metanol líquid a temperatura ambient (26°C) i el transforma en vapor sobreescalfat a 180°C. Aquest sobreescalfament és importantíssim, ja que la reacció d'oxidació es produeix en fase gas-sòlid sobre el llit catalític. Aquest sobreescalfament evita que possibles pèrdues tèrmiques condensin el metanol, protegint el catalitzador de danys mecànics i d'ignicions incontrolades causades per gotes líquides. Per altra banda, tenim l'E-202, el qual treballa exclusivament en fase gasosa, escalfant l'aire de procés de 174,1°C a 232,5°C. Aquest escalfament és estrictament per un tema cinètic, ja que la reacció d'oxidació requereix d'una energia d'activació mínima. Escalfar el corrent d'aire és l'estratègia més segura per aconseguir que la mescla global assoleixi la temperatura d'entrada òptima abans del reactor (226,2 °C) sense haver de sobreescalfar el metanol pur de l'E-201, fet que podria provocar la seva autoignició o descomposició prematura.

A l'àrea 300, s'hi troben els equips E-301 i E-302, els quals refreden el corrent de sortida del reactor per aturar la degradació del producte acabat de reaccionar. Els gasos entren a l'E-301 a la temperatura màxima del procés (340 °C) i pateixen un refredament brusc (*quench*) fins a 278,7 °C. Aquesta operació és vital per aturar la cinètica de reacció; el formaldehid és tèrmicament inestable i, si es manté a altes temperatures, continuarà oxidant-se fins a formar monòxid de carboni o àcid fòrmic, reduint dràsticament el rendiment. Tot seguit, l'E-302 continua rebaixant aquesta temperatura fins als 120,1 °C abans d'entrar a la zona d'absorció. El fet de fer-ho en dues etapes permet un disseny mecànic més segur per als equips davant del gran xoc tèrmic.

Finalment a l'àrea 400 es troba l'equip E-401, el qual opera sense canvi de fase el corrent de sortida per caps de la primera columna d'absorció. En aquest equip, el fluid de procés entra als tubs a una temperatura de 94,6 °C, carregat amb la calor alliberada per la reacció d'hidratació i absorció a la columna CA-401. Mitjançant l'intercanvi tèrmic, aquest corrent líquid és subrefredat fins als 67,7 °C abans de ser reintroduït a l'equip. La justificació d'aquest bescanviador recau directament en els principis de la termodinàmica d'absorció: la transferència

del formaldehid gasós a l'aigua és un procés molt exotèrmic. Segons la llei de Henry, la solubilitat d'un gas en un líquid disminueix a mesura que n'augmenta la temperatura. Si no s'extreu aquesta calor constantment rebaixant la temperatura del fluid recirculant, el líquid s'escalfaria fins al punt de rebutjar el formaldehid de nou cap a la fase gasosa, reduint l'eficiència de la columna i perdent el producte per les sortides d'escapament cap a la zona de tractament.

2.3.6 Sistema de generació d'aire comprimit

En la nostra planta, l'aire comprimit representa un servei auxiliar fonamental. La seva funció principal és el subministrament d'energia pneumàtica neta per a poder accionar les vàlvules de control instrumentades i donar suport operatiu a la resta d'equips.

Per abastar aquestes necessitats, s'ha estimat una demanda contínua d' $1,8\text{m}^3/\text{min}$, tenint en compte el volum de vàlvules i llargs de control presents. Per aconseguir aquest abastament, s'ha optat per la instal·lació de dos compressors rotatius d'ungles, cadascun amb una capacitat de treball de $2,5\text{m}^3/\text{min}$ i 7 bar. La configuració en paral·lel ens don el cabal necessari amb un marge operatiu ampli i segur. També ens assegura que en cas d'averia o manteniment d'un dels equips, l'altra ens podrà cobrir les necessitats sense comprometre la producció de la planta.

Per acabar, per assegurar que l'aire ens arribi en la major qualitat als equips, el sistema incorpora una línia de tractament i condicionament formada per:

- **Postrefrigeració i acumulació:** l'aire es refreda a la sortida del compressor, provocant la condensació de bona part de l'aigua. Després, passa a un tanc pulmó, estabilitzant les fluctuacions de pressió de la xarxa i facilitant la purga automàtica dels condensats restants.
- **Tractament d'aire:** El corrent travessa una etapa de prefiltres (per retenir partícules sòlides d'origen atmosfèric), un assecador d'adsorció (per reduir el contingut d'humitat fins a un punt de rosada segur que eviti condensacions a les canonades) i, finalment, un conjunt de postfiltres encarregats d'assegurar la puresa final de l'aire abans de ser distribuït per tota la planta.

2.3.7 Tanc de nitrogen

A la planta MethaForm, el nitrogen utilitzat com a servei auxiliar és subministrat i gestionat íntegrament per l'empresa especialitzada Carbueros Metálicos.

En el procés que ocupa, el nitrogen es troba en fase gasosa i ens permet regular la pressió interna dels tancs de metanol (A-100) i de formol (A-500) mentre que aquests també s'inertitzen, assegurant així uns mínims de seguretat.

L'empresa proveïdora es fa càrrec de la part d'instal·lació del tanc com de la seva xarxa de distribució interna de la planta. A més, Carbueros Metálicos monitoritza de forma contínua el nivell del tanc mitjançant telemetria i en gestiona el reompliment automàtic, assegurant així la seva disponibilitat ininterrompuda de manera totalment autònoma.

2.3.8 Tanc d'aigua

La bassa de reserva d'aigua contra incendis és una estructura de formigó armat semienterrada de 450 m³ que té com a funció garantir el subministrament d'aigua a tots els sistemes d'extinció de la planta durant mínim 120 minuts de manera autònoma, sense dependre de la xarxa municipal, el seu dimensionament s'ha dut a terme exposant el cas més catastròfic de la planta, l'incident del reactor. L'aigua emmagatzemada alimenta mitjançant un grup de bombament la xarxa de la qual es deriven els hidrants exteriors, les BIEs i els sistemes fixos d'extinció per aigua polvoritzada i ruixadors automàtics instal·lats per la planta.

En condicions normals d'operació, la bassa es manté plena mitjançant una electrovàlvula d'ompliment automàtic connectada a l'escomesa municipal. Un sensor de nivell ultrasònic monitora contínuament el nivell de l'aigua i activa una alarma quan aquest cau per sota del 25% del volum total. El grup de bombament, format per una bomba elèctrica principal i una bomba joquei de manteniment de pressió, arrenca automàticament quan es detecta una caiguda de pressió en la xarxa, que indica l'activació d'algun sistema d'extinció. L'atur de les bombes és exclusivament manual, tal com exigeix la norma UNE 23500.

2.3.9 Sistema de tractament de gasos contaminants CatOx

Com a etapa final del procés, MethaForm té un sistema de tractament de gasos d'escapament, per assegurar el compliment estricte de les emissions permeses. Enfront a la complexitat d'aquest tipus d'equip, l'adquisició i manteniment d'aquesta secció se'n farà càrrec l'empresa externa especialitzada Anguil.

L'objectiu principal d'aquest equip és tractar el corrent gasós de caps de la segona columna d'absorció (CA-402). Encara que aquest està format principalment per gasos inerts, aquest encara que no aparegui en les taules de corrents, conté subproducte de reaccions secundàries com el monòxid de carboni (CO), dimetilèter (DME) i àcid fòrmic, a més de traces de metanol i formaldehid no retingudes durant l'absorció.

Per a poder eliminar aquests compostos abans d'alliberar el corrent a l'atmosfera s'ha optat per una unitat d'Oxidació Catalítica (CatOx). Fonamentalment, aquest equip consisteix en fer passar els gasos a través d'un llit catalític de platí que permet oxidar completament els contaminants fins a transformar-los en diòxid de carboni (CO₂) i vapor d'aigua. Amb la presència del catalitzador es redueix l'energia d'activació de la reacció i la combustió es produirà a 300-400°C i no a 800°C, la qual seria la temperatura d'una oxidació tèrmica convencional.

S'ha decantat per aquesta tecnologia, ja que tot i ser un equip força costós, aquest pot treballar a menor temperatura, reduint així el consum de combustible de suport i alhora evitant la formació d'òxids de nitrogen (NO_x).

Finalment, atès l'elevat cabal de gasos a tractar, l'equip d'Anguil s'instal·larà a l'exterior com un mòdul compacte integrat (*skid*) que ocuparà entre 60 i 80 m². Aquest mòdul concentrarà tots els elements per a la seva operació autònoma: un ventilador d'impulsió (*blower*) per vèncer la pèrdua de càrrega, un bescanviador recuperatiu per preescalfar els gasos, un cremador de gas

natural per a l'arrencada, el vas catalític on es produeix l'oxidació, el panell d'instrumentació i control, i la xemeneia d'evacuació a l'atmosfera.

2.3.10 Transformador elèctric

El transformador escollit a la planta MethaForm està connectat directament a la línia de 20 kV disponible a peu de parcel·la i és l'encarregat de transformar i adaptar l'energia elèctrica externa en energia útil per a l'operació de la planta. S'ha seleccionat un model trifàsic submergit en oli de Schneider Electric, caracteritzat per la seva robustesa, alta eficiència i fiabilitat en condicions industrials exigents. Aquest equip ofereix una excel·lent estabilitat de tensió, inclús enfront de variacions en la càrrega durant els pics de demanda. El seu disseny tancat garanteix un bon rendiment tèrmic, minimitzant les pèrdues i assegurant una extensa vida útil. La integració d'aquest equip a l'estació transformadora, ubicada en un espai ja delimitat al plànol, permet cobrir de forma segura tota la demanda elèctrica de la planta, augmentant la fiabilitat i l'eficiència global del procés

2.3.11 Caldera auxiliar

Durant l'operació normal en continu, la reacció d'oxidació desprèn una gran quantitat de calor que és absorbida pel circuit d'oli tèrmic per mantenir el reactor a la temperatura de consigna. No obstant això, durant les maniobres d'arrencada de la instal·lació, és imprescindible preescalfar el reactor i els equips associats fins a assolir la temperatura d'activació del catalitzador abans d'introduir-hi l'alimentació.

Per satisfer aquesta necessitat, el circuit de serveis auxiliars incorpora una caldera d'oli tèrmic alimentada amb gas natural (dissenyada pel mateix proveïdor del circuit, Pirobloc). Aquest equip escalfa el fluid tèrmic i el fa circular per la planta fins a assolir les condicions òptimes de posada en marxa. Un cop la reacció s'inicia i passa a ser exotèrmica, el sistema de control (PLC) atura automàticament el cremador de la caldera.

2.3.12 Torre de refrigeració i circuit d'aigua

Els intercanviadors E-302 i E-401 empen un corrent d'aigua de refrigeració en cicle tancat que hi entra a 25 °C i en surt a quasi 2 bars i 119°C i 78 °C respectivament. Per dissipar aquesta calor, el corrent s'envia directament a una torre de refrigeració de circuit tancat de model EWK-DC-900/5. Per tal d'optimitzar la torre de refrigeració s'uneixen els cabals de sortida dels bescanviadors, formant així un cabal líquid a 105,6 °C i 197 kPa,

Gràcies al disseny de circuit tancat, el fluid de procés circula a pressió de manera totalment aïllada per l'interior del serpentí, evitant pèrdues de massa per flasheig atmosfèric i protegint el sistema de la contaminació externa.

Aquest procés dissipa eficaçment tota la calor absorbida al procés, retornant la massa d'aigua als 25 °C requerits perquè pugui ser redistribuïda i bombada de nou cap a l'E-302 i l'E-401, tancant així el cicle de forma contínua.

2.4 Llistat d'equips

2.4.1 A-100

		LLISTAT D'EQUIPS		FULL 1 DE 1	
		Planta de producció de formol 37%			
Àrea 100: Emmagatzematge de metanol		Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
		Data		19/05/26	
		Revisió		10/06/26	
Ítem	Equip	Material	Paràmetres de disseny		Cost
TE-101	Tanc d'emmagatzematge de metanol	ASTM A36	Capacitat total	397,62 m³	141.287€
TE-102	Tanc d'emmagatzematge de metanol	ASTM A36	Capacitat total	397,62 m³	141.287€
TE-103	Tanc d'emmagatzematge de metanol	ASTM A36	Capacitat total	397,62 m³	141.287€
TE-104	Tanc d'emmagatzematge de metanol	ASTM A36	Capacitat total	397,62 m³	141.287€

2.4.2 A-200

		LLISTAT D'EQUIPS		FULL 1 DE 1	
		Planta de producció de formol 37%			
Àrea 200: Mescla i preparació per a la reacció		Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
		Data		19/05/26	
		Revisió		10/06/26	
Ítem	Equip	Material	Paràmetres de disseny		Cost
E-201	Bescanviador carcassa i tubs	ASTM A36	Àrea	41,8 m²	40.685,77€
E-202	Bescanviador carcassa i tubs	ASTM A36	Àrea	33,2 m²	39.265,09€
ME-201	Mesclador estàtic	Acer Inoxidable AISI 316L	Diàmetre nominal/ Longitud	DN1000/ 6m	68.009,49€

2.4.3 A-300

		LLISTAT D'EQUIPS		FULL 1 DE 1	
		Planta de producció de formol 37%			
Àrea 300: Unitat de reacció		Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
		Data		19/05/26	
		Revisió		10/06/26	
Ítem	Equip	Material	Paràmetres de disseny		Cost
R-301	Reactor catalític multitubular de llit fix	Acer inoxidable AISI 316L / Acer al carboni / ASTM A516	Volum del llit	9,4 m³	630.764,56 €
E-301	Bescanviador carcassa i tubs	ASTM A36	Àrea	177,1 m²	142.949,25 €
E-302	Bescanviador carcassa i tubs	ASTM A36	Àrea	148,7 m²	129.730,84 €

2.4.4 A-400

		LLISTAT D'EQUIPS		FULL 1 DE 1	
		Planta de producció de formol 37%			
Àrea 400: Separació i refinament del producte		Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
		Data		19/05/26	
		Revisió		10/06/26	
Ítem	Equip	Material	Paràmetres de disseny		Cost
CA-401	Columna d'absorció	ASTM A36	Diàmetre / Alçada	3,4 m / 14 m	147.785,60 €
CA-402	Columna d'absorció	ASTM A36	Diàmetre / Alçada	2,8 m/ 14 m	108.067,85 €
E-401	Bescanviador carcassa i tubs	ASTM A36	Àrea	137,6 m²	43.880,15 €
ME-401	Mesclador estàtic	Acer Inoxidable 316L	Diàmetre nominal/ Longitud	DN80/ 0,720 m	10.788,79 €

2.4.5 A-500

		LLISTAT D'EQUIPS		FULL 1 DE 1	
		Planta de producció de formol 37%			
Àrea 500: Emmagatzematge del formol		Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
		Data		19/05/26	
		Revisió		10/06/26	
Ítem	Equip	Material	Paràmetres de disseny		Cost
TE-501	Tanc d'emmagatzematge De formol	ASTM A36 amb recobriment intern de vinilèster	Capacitat total	1021,02 m³	373.217,67 €
TE-502	Tanc d'emmagatzematge De formol	ASTM A36) amb recobriment intern de vinilèster	Capacitat total	1021,02 m³	373.217,67 €

2.4.6 A-700

		LLISTAT D'EQUIPS		FULL 1 DE 1	
		Planta de producció de formol 37%			
Àrea 700: Serveis generals i utilitats		Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
		Data		19/05/26	
		Revisió		10/06/26	
Ítem	Equip	Material	Paràmetres de disseny		Cost
TE-701	Tanc d'emmagatzematge de nitrogen	AISI 304	Capacitat total	10 m³	53.728,51 €
GE-701	Tranformador elèctric	-	-	-	39.956€
CL-701	Caldera de suport	-	Potència	465-640 kW	53.728,51 €
K-701	Compressor d'aire	-	Capacitat	2,66 m³/min	19.619,59 €
K-702	Compressor d'aire	-	Capacitat	2,66 m³/min	19.619,59 €
TR-701	Torre de refrigeració d'aigua	-	Potència	559 kW	230.222,96 €

2.4.7 A-1400

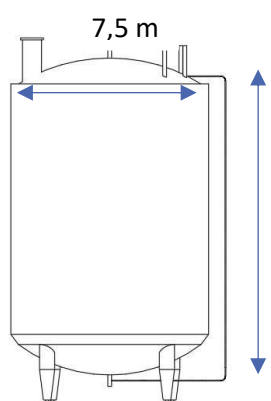
		LLISTAT D'EQUIPS		FULL 1 DE 1	
		Planta de producció de formol 37%			
Àrea 1400: Tractament d'efluents gasosos		Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
		Data		19/05/26	
		Revisió		10/06/26	
Ítem	Equip	Material	Paràmetres de disseny		Cost
CATOX-1401	Oxidador Catalític	-	Eficiència de destrucció	> 99,0 %	1.000.000 €

2.4.8 A-1600

		LLISTAT D'EQUIPS		FULL 1 DE 1	
		Planta de producció de formol 37%			
Àrea 1600: Protecció i prevenció contra incendis		Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
		Data		19/05/26	
		Revisió		10/06/26	
Ítem	Equip	Material	Paràmetres de disseny		Cost
TA-1601	Tanc aigua incendis	Formigó	Capacitat total	450 m³	184.000 €

2.5 Full d'especificacions dels equips

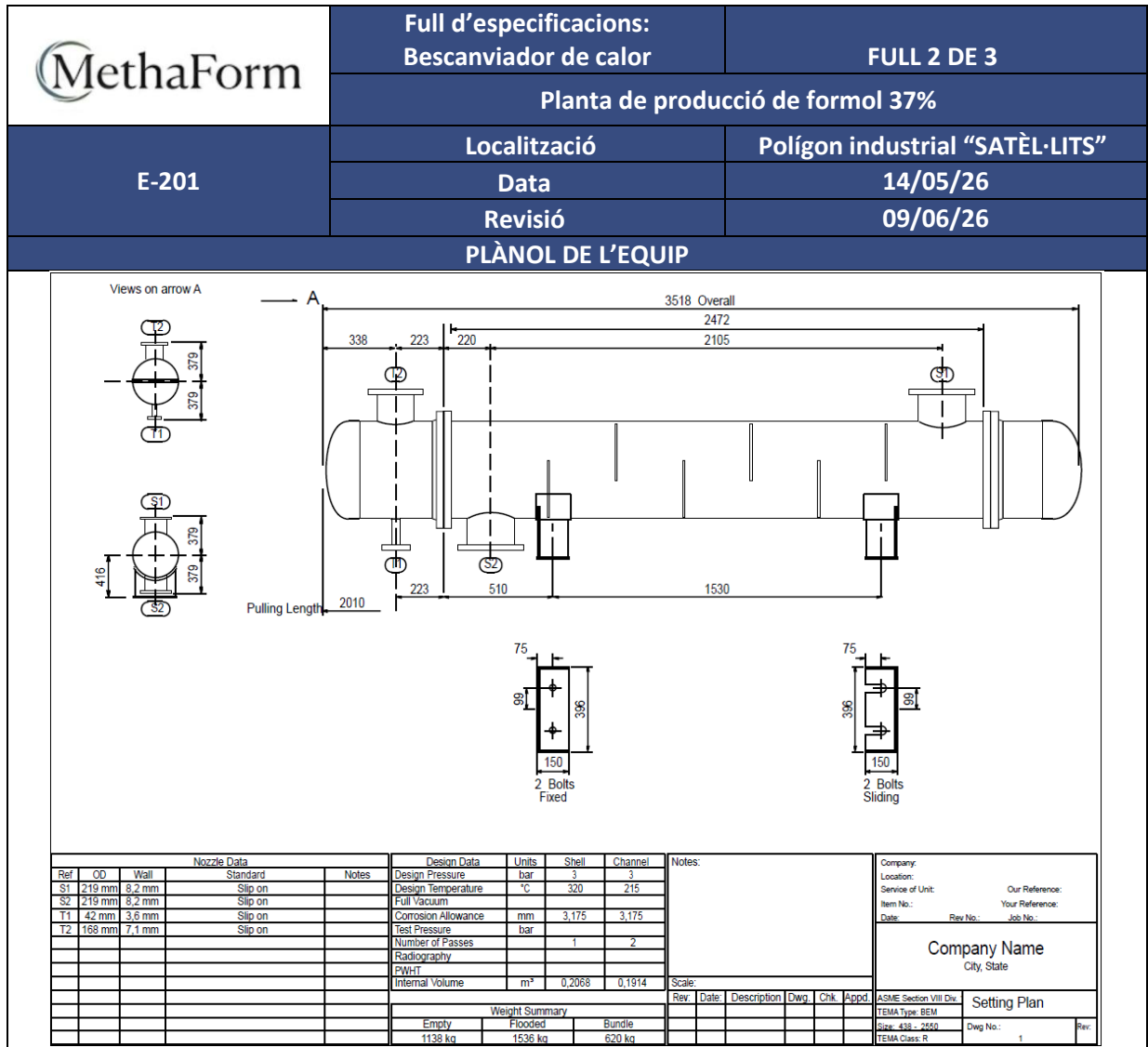
2.5.1 A-100

	Full d'especificacions: Tancs d'emmagatzematge de metanol		FULL 1 DE 1	
	Planta de producció de formol 37%			
TE-101 a TE-104	Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
	Data		18/05/26	
	Revisió		09/06/26	
DADES GENERALS I D'OPERACIÓ				
Ítem		Tanc d'emmagatzematge		
Funció		Emmagatzemar el metanol		
Component		Metanol		
Fase		Líquid		
Temps de residència		7 dies		
Temperatura		25 °C		
Pressió		1,1 bar		
Volum de la mescla		361,6 m³		
MATERIAL DE FABRICACIÓ				
Tipus		Acer al carboni (ASTM A36)		
Densitat		7850 kg/m³		
Factor de soldadura		1		
Aïllament		Llana de roca i pintura blanca		
DADES DE DISSENY I CONSTRUCTIVES				
Temperatura de disseny		100 Cº		
Pressió de disseny		1,1 bar		
Norma		API 650		
Capacitat total		397,62 m³		
Diàmetre		7,5 m		
Alçada		9 m		
Gruix		6 mm		
Pes del tanc buit		14,93 Tn		
Pes del tanc en operació		301,3 Tn		
Cost		141.287 €		
				

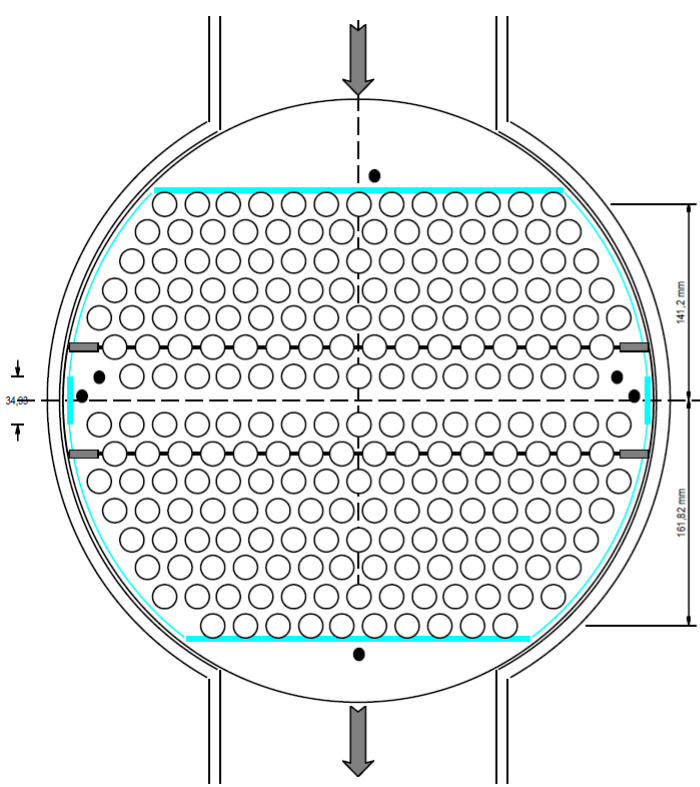
2.5.2 A-200

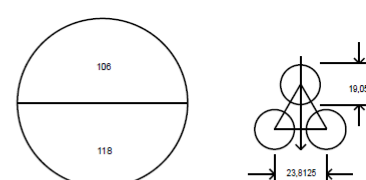
MethaForm	Full d'especificacions: Mesclador		FULL 1 DE 1	
	Planta de producció de formol 37%			
ME-201	Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
	Data		22/05/26	
	Revisió		09/06/26	
DADES GENERALS I D'OPERACIÓ				
Funció		Mescla d'aire de procés i metanol gasós		
Corrents entrada/sortida		Entrades: 5 i 6 / Sortida: 7		
Cabal màssic total		77.228,68 kg/h		
Cabal volumètric operatiu		13,62 m³/s		
Densitat del gas		1,575 kg/m³		
Viscositat del gas		2,4·10 ⁻⁵ Pa·s		
Velocitat real del gas		17,35 m/s		
Temperatura d'operació		226,22°C		
Pressió d'operació		225,0 kPa		
DADES DE DISSENY I CONSTRUCTIVES				
Fabricant		Sulzer		
Model		SMV (Plaques corrugades creuades)		
Material de construcció		Acer Inoxidable AISI 316L		
Diàmetre comercial		DN1000		
Àrea de pas real		0,785m²		
Nombre d'elements interns		6 unitats		
Alçada de cada element		1 m		
Longitud del mesclador		6 m		
Tipus de connexió		Brides ANSI/ASME		
Pèrdua de càrrega		7,1 kPa		
Cost		68.009,49 €		
				

		Full d'especificacions: Bescanviador de calor		FULL 1 DE 3	
		Planta de producció de formol 37%			
E-201		Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
		Data		14/05/26	
		Revisió		09/06/26	
DADES GENERALS I D'OPERACIÓ					
Denominació		Bescanviador de calor			
Funció		Escalfar el metanol del corrent (2) de 26°C a 180°C			
Components principals	Carcassa	Oli tèrmic (DTRM-A)			
	Tubs	Metanol			
Número de carcasses		1			
Àrea (m2)		33,2	Dimensions (mm)		438-2550
Cost (€)		40.685,77	Tipus		BEM
DADES DE DISSENY I CONSTRUCTIVES					
		Carcassa		Tubs	
		Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Cabal (kg/h)		129565		5532	
Líquid (kg/s)		36	36	1,54	0
Vapor (kg/s)		0	0	0	1,54
Temperatura (°C)		283,7	253,15	26	180
Pressió (kPa)		242,25	227,35	240	225
Densitat (kg/m3)		828,88	859,68	785,07	1,91
Viscositat (cp)		0,2251	0,274	0,5371	0,0095
Calor específic (KJ/(Kg*k))		2,052	1,938	3,607	1,747
Conductivitat tèrmica (W/(m*k))		0,0895	0,0932	0,1793	0,0252
Calor latent (KJ/Kg)		-	-	1046,6	1051,1
Velocitat mín/max (m/s)		1,37	1,34	1,49	15,79
Resistència a la incrustació ((m2*K)/W)		0,0001		0,00013	
Calor bescanviat (kW)		2195,1	MTD corregit (°C)		176,99
Coeficient global (W/(m2*K))		Net	409,1		
		Brut	374,1		
DADES DE CONTRSUCCIÓ					
		Carcassa		Tubs	
Material		Acer al carboni			
Temperatura disseny (°C)		320		215	
Pressió de disseny (KPa)		300		300	
N de passos per carcassa		1		2	
Pes equip buit (Kg)		1137,9	Pes amb aigua(Kg)		1535,9
N de tubs		224	OD tubs (mm)	19,05	Pitch (mm) 23,81
Tipus de tubs		Llis	Longitud (mm)		2550
Carcassa ID (mm)		438,15	Carcassa OD (mm)		457,2
N baffle		6	Espaiat C-C baffles (mm)		315
Tipus baffle		Single segmental	Posició		Horitzontal
Codi de disseny		ASME Code Sec VIII Div 1	Tema Class		Classe R



	Full d'especificacions: Bescanviador de calor	FULL 3 DE 3
	Planta de producció de formol 37%	
E-201	Localització	Polígon industrial "SATÈL·LITS"
	Data	14/05/26
	Revisió	09/06/26
PLÀNOL DELS TUBS		





Shell inside diameter	mm	438,15
Front head inside diameter	mm	438,15
Outer tube limit	mm	425,45
Tube number (calcs.)		224
Tube number (layout)		224
Tube length	mm	2550
Tube O.D.	mm	19,05
Tube pitch	mm	23,8125
Tube pattern		30
Tube passes		2
Tie rod number		6
Tie rod diameter	mm	9,55
Sealing strips (pairs)		2
Baffle type		Single segmental
Centre to outer baffle cut	mm	38,0847
Centre to inner baffle cut		
Impingement protection		None
Shell Side Inlet Nozzle Inside Diameter	mm	202,7174
Shell Side Outlet Nozzle Inside Diameter	mm	202,7174

Notes:

Company:
Location:
Service of Unit:
Item No.:
Date:

Our Reference:
Your Reference:
Rev No.:
Job No.:

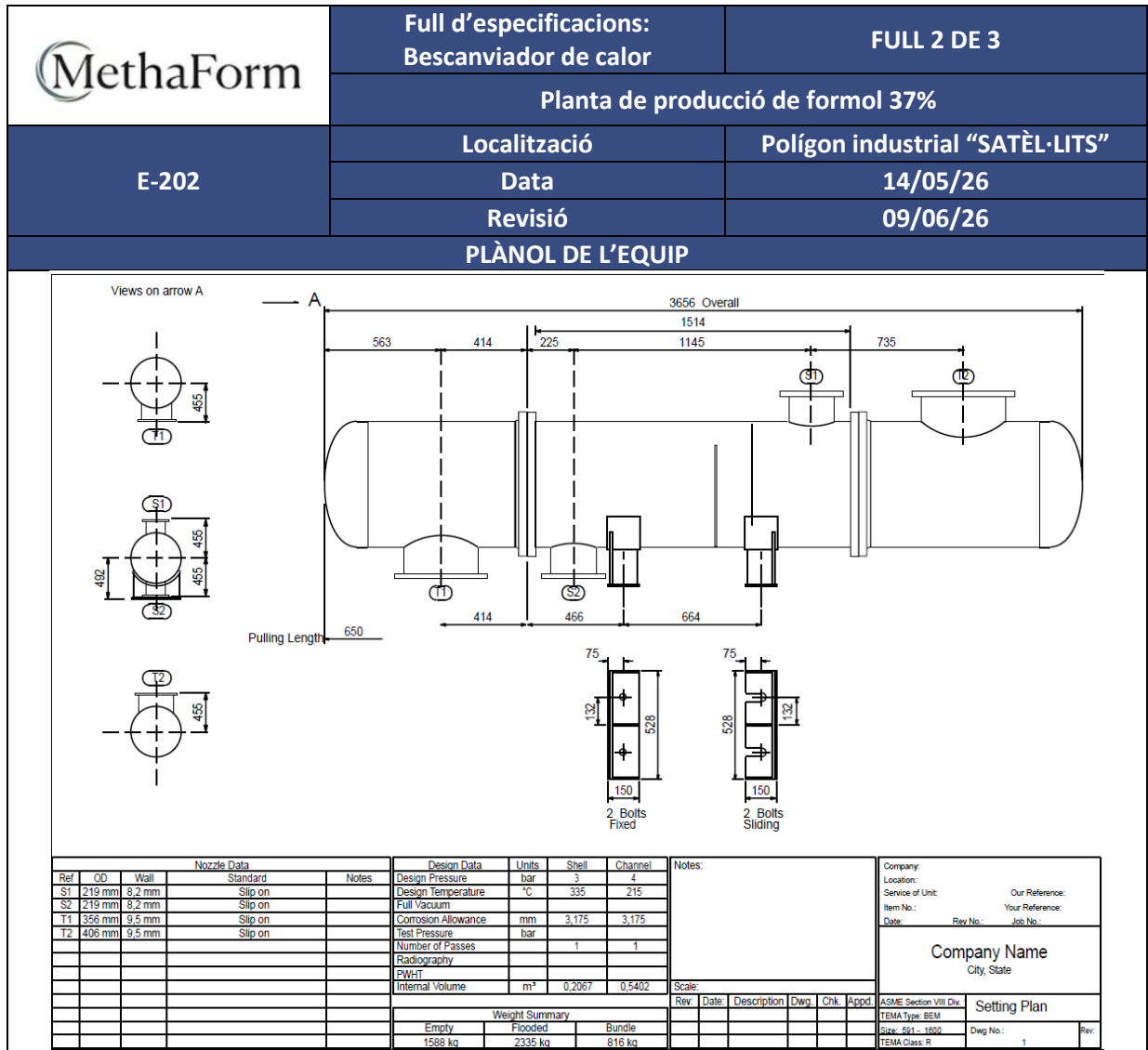
Company Name
City, State

Scale:	Rev.	Date	Description	Desp.	Chk.	Appd.

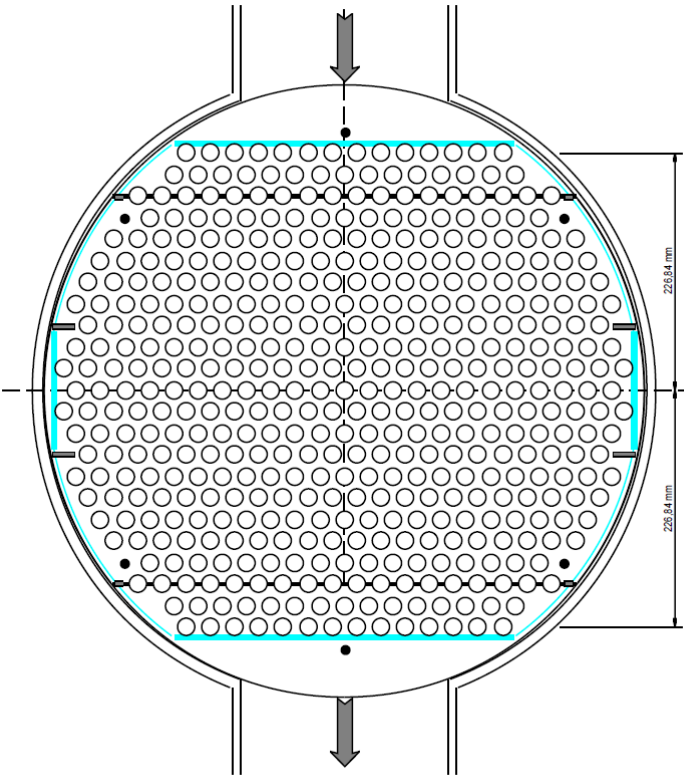
438MM Circle Saw V81 05.11
118MM Type 80M
Size: 438 x 2550
2000 Series 8 - alloy steel

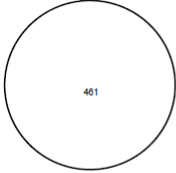
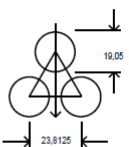
Tube Layout
Diag No.:
2

		Full d'especificacions: Bescanviador de calor		FULL 1 DE 3	
		Planta de producció de formol 37%			
E-202		Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
		Data		14/05/26	
		Revisió		09/06/26	
DADES GENERALS I D'OPERACIÓ					
Denominació		Bescanviador de calor			
Funció		Escalfar l'aire de l'exterior de 174,1°C a 232,5°C			
Components principals	Carcassa	Oli tèrmic (DTRM-A)			
	Tubs	Aire			
Número de carcasses		1			
Àrea (m2)		41,8	Dimensions (mm)		591-1600
Cost (€)		39.265,09	Tipus		BEM
DADES DE DISSENY I CONSTRUCTIVES					
		Carcassa		Tubs	
		Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Cabal (kg/h)		129565		71697	
Líquid (kg/s)		36	36	-	-
Vapor (kg/s)		-	-	19,91	19,91
Temperatura (°C)		327	283,73	174,1	232,5
Pressió (kPa)		250	242,25	300	225,2
Densitat (kg/m3)		811,71	828,91	2,33	1,55
Viscositat (cp)		-	-	0,0252	0,0276
Calor específic (KJ/(Kg*k))		2,1	2,05	1,04	1,05
Conductivitat tèrmica (W/(m*k))		0,09	0,09	0,036	0,037
Calor latent (KJ/Kg)		-	-	-	-
Velocitat mín/max (m/s)		1,34	1,33	22,75	22,99
Resistència a la incrustació ((m2*K)/W)		0,0001		0,00013	
Calor bescanviat (kW)		1219,4	MTD corregit (°C)		86,84
Coeficient global (W/(m2*K))		Net	336		
		Brut	336		
DADES DE CONTRSUCCIÓ					
		Carcassa		Tubs	
Material		Acer al carboni			
Temperatura disseny (°C)		335		215	
Pressió de disseny (KPa)		300		400	
N de passos per carcassa		1		1	
Pes equip buit (Kg)		1588,3	Pes amb aigua(Kg)		2334,8
N de tubs		461	OD tubs (mm)	19,05	Pitch (mm) 23,81
Tipus de tub		Llis	Longitud (mm)		1600
Carcassa ID (mm)		590,55	Carcassa OD (mm)		609,6
N baffle		2	Espaiat C-C baffles (mm)		175
Tipus baffle		Single segmental	Posició		Horitzontal
Codi de disseny		ASME Code Sec VIII Div 1	Tema Class		Classe R



	Full d'especificacions: Bescanviador de calor	FULL 3 DE 3
	Planta de producció de formol 37%	
E-202	Localització	Polígon industrial "SATÈL·LITS"
	Data	14/05/26
	Revisió	09/06/26
PLÀNOL DELS TUBS		



Shell inside diameter	mm	590,55
Front head inside diameter	mm	590,55
Outer tube limit	mm	577,85
Tube number (calcs.)		461
Tube number (layout)		461
Tube length	mm	1600
Tube O.D.	mm	19,05
Tube pitch	mm	23,8125
Tube pattern		30
Tube passes		1
Tie rod number		6
Tie rod diameter	mm	9,55
Sealing strips (pairs)		4
Baffle type		Single segmental
Centre to outer baffle cut	mm	185,6
Centre to inner baffle cut		
Impingement protection		None
Shell Side Inlet Nozzle Inside Diameter	mm	202,7174
Shell Side Outlet Nozzle Inside Diameter	mm	202,7174

Notes:

Scale:

Rev	Date	Description	Des.	Chk.	Appd.

Company:

Location:

Service of Unit:

Item No.:

Date:

Our Reference:

Your Reference:

Rev No.:

Job No.:

Company Name
City, State

Tube Layout

Draw No.:

2

2.5.3 A-300

MethaForm	Full d'especificacions: Bescanviador de calor	FULL 1 DE 2
	EQUIP TAG: R-301	DATA: Juny 2026
R-301	Localització	Polígon industrial "SATÈL·LITS"
	Data	29/05/26
	Revisió	09/06/26
DADES GENERALS I D'OPERACIÓ		
Camp	Especificació	
Cabal màssic del Corrent 7	m = 21,452 kg/s	
Cabal molar total	Ftotal = 2.657,76 kmol/h = 738,27 mol/s	
Pes molecular mitjà calculat	PMmix = 0,02905 kg/mol	
Densitat gas a 226,2 °C i 225 kPa	rho = 1,575 kg/m3	
Cabal volumètric real	Q = m/rho = 13,62 m3/s	
Àrea total de pas als tubs	A = 14.600 x pi x (0,021)^2 / 4 = 5,0569 m2	
Velocitat superficial resultant	v = Q/A = 2,69 m/s	
Flux màssic superficial	G = m/A = 4,24 kg/(m2.s)	
Paràmetre	Costat tubs	Costat carcassa
Servei	Oxidació catalítica de metanol a formaldehid; fase gas; llit fix	Oli tèrmic Dowtherm A
Corrent d'entrada	Corrent 7: metanol + aire	Corrent DTRM-A retorn a reactor: criteri FEED, 274-280 °C
Corrent de sortida	Corrent 8: efluent formaldehid + H2O + inerts	DTRM-A calent cap a recuperació: 300 °C
Temperatura operació	226,2 °C entrada; 340 °C sortida	274,07 -> 300 °C
Pressió operació	225,0 kPa entrada; 207 kPa sortida en taula de corrents	250 kPa nominal al circuit DTRM-A
Cabal màssic	21,45 kg/s = 77.228,68 kg/h	34,5-36,0 kg/s
Composició entrada	yMeOH = 0,0649; yO2 = 0,1964; yN2 = 0,7387	DOWTHERM A
Conversió objectiu	92,00 % metanol	-
Calor de reacció	Delta Hrxn = -158,8 kJ/mol	Servei dissenyat per absorbir l'exotèrmia i estabilitzar el hot spot
Control principal	TIC en cascada sobre temperatura del llit i sortida	Control de cabal/temperatura de DTRM-A a calandra
Característiques físiques i cinètiques del catalitzador		
Camp	Especificació	
Catalitzador	Alder MOC5, òxids mixts de ferro-molibdè [Alder S.p.A]	
Geometria	Anells cilíndrics foradats / tabletted rings	
Diàmetre característic	5,0 mm	
Massa total carregada	7.050 kg	
Densitat aparent del llit	750 kg/m3	
Porositat del llit	0,40	
Volum de llit	9,40 m3	
Model cinètic de càlcul	Llei de potència inhibida per H2O; A = 1,35E7; Ea = 98.000 J/mol	
Llindar tèrmic de protecció	Evitar hot spot > 430 °C per risc de pèrdua de Mo i desactivació	
		

MethaForm	Full d'especificacions: Bescanviador de calor	FULL 2 DE 2
	EQUIP TAG: R-301	DATA: Juny 2026
PROJECTE: MethaForm (Planta de Formalina 37%)	Localització	Polígon industrial "SATÈL·LITS"
	Data	29/05/26
	Revisió	09/06/26
SERVEI: Oxidació Catalítica de Metanol (Procés FORMOX)		
CARACTERÍSTIQUES MECÀNIQUES, GEOMÈTRIQUES I DE CONNEXIÓ		
Camp	Especificació	
Tipus d'equip	Reactor catalític multitubular de llit fix; equivalent mecànic a carcassa i tubs	
Nombre de tubs	14.600 tubs	
Diàmetre intern de tubs	21 mm	
Diàmetre exterior de tubs	25 mm segons criteri de pitch del manual de càlcul	
Pitch i arranament	31,25 mm; triangular pitch	
Àrea total de pas gas	5,0569 m2	
Longitud activa tubs	1,86 m	
Diàmetre exterior carcassa	4,00 m	
Relació L/D	0,465	
Velocitat superficial gas	2,69 m/s	
Flux màssic superficial	4,24 kg/(m2.s)	
Codi de disseny mecànic	ASME Secció VIII Div. 1, PED 2014/68/UE; criteris TEMA per configuració tubular	
Connexions principals	Entrada gas superior, sortida gas inferior; entrades/sortides DTRM-A a carcassa; venteig, drenatge, instruments i PSV	
Protecció de seguretat	PSV-301 i sistema de diluvi 2.200 L/min sobre reactor	
Materials de construcció i aïllament		
Tubs interns	Acer inoxidable AISI 316L	
Plaques tubulars	ASTM A516 Gr. 70 amb clad AISI 316L a la cara de procés; segell TIG	
Carcassa exterior	Acer al carboni ASTM A516 Gr. 70	
Baffles/suports calandra	Acer al carboni	
Junta d'expansió	Manxa metàl·lica AISI 321 o Inconel, a validar per càlcul de dilatació	
Juntes	Espiralades 316L/grafit per brida de procés; materials compatibles amb DTRM-A al costat servei	
Aïllament	Llana de roca alta densitat, 100 mm nominal; xapa d'alumini 1,2 mm	
Cost	630.764,56 €	

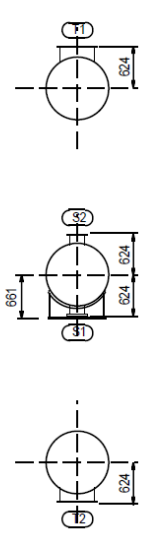


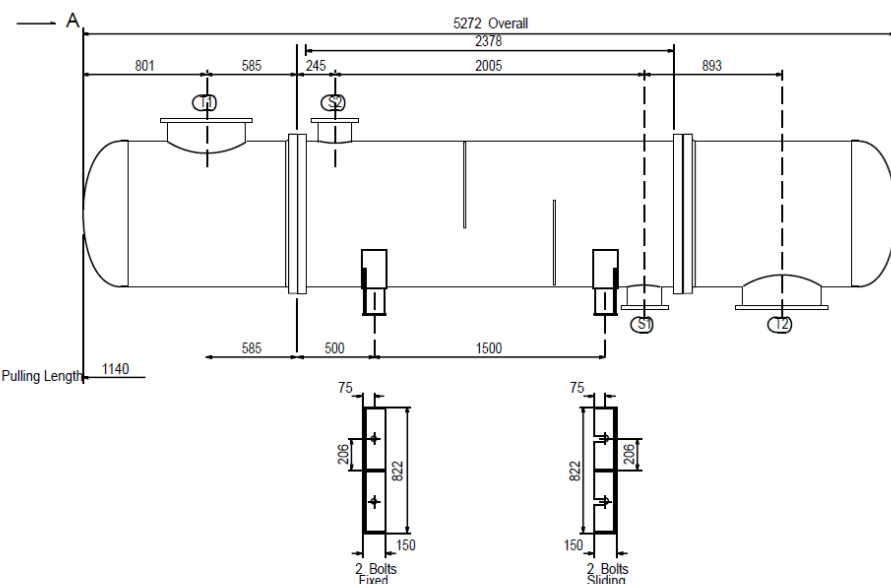
(Imatge creada amb IA)

		Full d'especificacions: Bescanviador de calor		FULL 1 DE 3	
		Planta de producció de formol 37%			
E-301		Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
		Data		29/05/26	
		Revisió		09/06/26	
DADES GENERALS I D'OPERACIÓ					
Denominació		Bescanviador de calor			
Funció		Refredar efluent del reactor (8) de 340°C a 278,8°C			
Components principals	Carcassa	Oli tèrmic (DTRM-A)			
	Tubs	Formaldehid, aigua, nitrogen, oxigen, metanol			
Número de carcasses		1			
Àrea (m2)		177,1	Dimensions (mm)		925-2500
Cost (€)		142.949,25	Tipus		BEM
DADES DE DISSENY I CONSTRUCTIVES					
		Carcassa		Tubs	
		Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Cabal (kg/h)		129565		77229	
Líquid (kg/s)		36	36	-	-
Vapor (kg/s)		-	-	21,45	21,45
Temperatura (°C)		253,15	274,07	340	278,8
Pressió (kPa)		227,35	224,07	207	177,84
Densitat (kg/m3)		859,69	838,80	1,16	1,11
Viscositat (cp)		0,274	0,2393	0,0296	0,0274
Calor específic (KJ/(Kg*k))		1,938	2,016	1,142	1,123
Conductivitat tèrmica (W/(m*k))		0,0932	0,0907	0,0457	0,0419
Calor latent (KJ/Kg)		-	-	-	-
Velocitat mín/max (m/s)		1,33	1,3	23.72	24,85
Resistència a la incrustació ((m2*K)/W)		0,0001		0,00013	
Calor bescanviat (kW)		1488	MTD corregit (°C)		42,67
Coeficient global (W/(m2*K))		Net	196,9		
		Brut	196,9		
DADES DE CONTRSUCCIÓ					
		Carcassa		Tubs	
Material		Acer al carboni			
Temperatura disseny (°C)		305		375	
Pressió de disseny (KPa)		300		300	
N de passos per carcassa		1		1	
Pes equip buit (Kg)		5148,8	Pes amb aigua(Kg)		7758,2
N de tubs		1244	OD tubs (mm)	19,05	Pitch (mm) 23,81
Tipus de tub		Llis	Longitud (mm)		2500
Carcassa ID (mm)		925	Carcassa OD (mm)		949
N baffle		2	Espaiat C-C baffles (mm)		585
Tipus baffle		Single segmental	Posició		Horitzontal
Codi de disseny		ASME Code Sec VIII Div 1	Tema Class		Classe R

	Full d'especificacions: Bescanviador de calor	FULL 2 DE 3
	Planta de producció de formol 37%	
E-301	Localització	Polígon industrial "SATÈL·LITS"
	Data	29/05/26
	Revisió	09/06/26
PLÀNOL DE L'EQUIP		

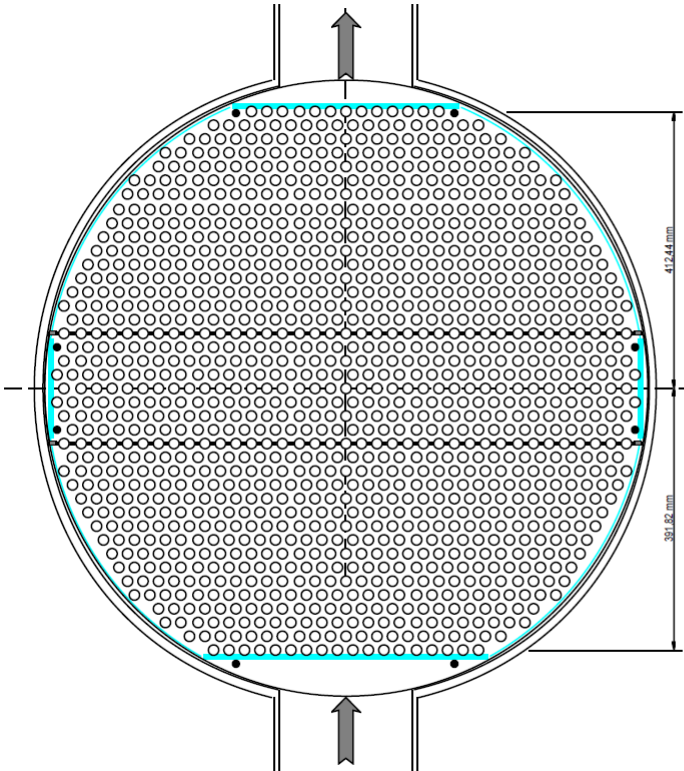
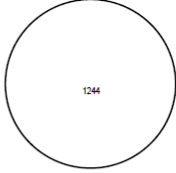
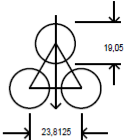
Views on arrow A





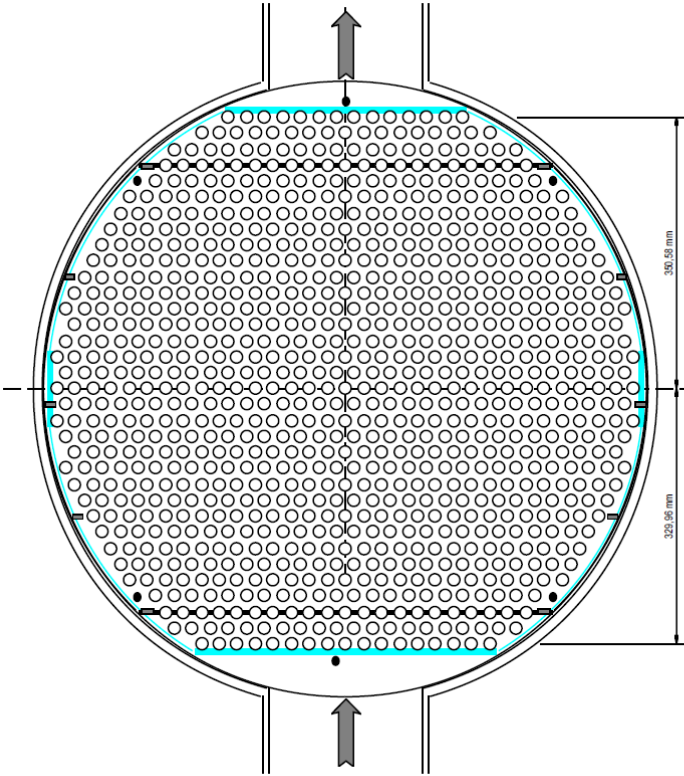
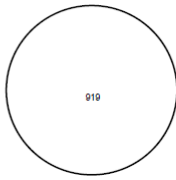
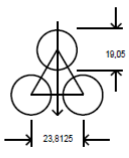
Nozzle Data				Design Data			Units			Shell			Channel			Notes		
Ref	OD	Wall	Standard	Notes	Design Pressure	bar	3	3										
S1	219 mm	8.2 mm	Slip on		Design Temperature	°C	305	375										
S2	219 mm	8.2 mm	Slip on		Full Vacuum													
T1	508 mm	9.5 mm	Slip on		Corrosion Allowance	mm	3.175	3.175										
T2	508 mm	9.5 mm	Slip on		Test Pressure	bar												
					Number of Passes		1	1										
					Radiography													
					PWHT													
					Internal Volume	m³	0.729	1.8815										
Weight Summary																		
					Empty		Flooded		Bundle									
					5149 kg		7758 kg		3243 kg									

Company:		Location:		Service of Unit:		Our Reference:	
Item No.:		Rev No.:		Job No.:			
Company Name City, State							
ASME Section VIII Div.:				Setting Plan			
TEMA Type: BEM							
Size: 924 - 2000				Dwg No.:			
TEMA Class: R				Rev:			

MethaForm	Full d'especificacions: Bescanviador de calor	FULL 3 DE 3																																																																																											
	Planta de producció de formol 37%																																																																																												
E-301	Localització	Polígon industrial "SATÈL·LITS"																																																																																											
	Data	29/05/26																																																																																											
	Revisió	09/06/26																																																																																											
PLÀNOL DELS TUBS																																																																																													
  1244  19.05 23.8125 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Shell inside diameter</td><td>mm</td><td>925</td></tr> <tr><td>Front head inside diameter</td><td>mm</td><td>925</td></tr> <tr><td>Outer tube limit</td><td>mm</td><td>912.3</td></tr> <tr><td>Tube number (calcs.)</td><td></td><td>1244</td></tr> <tr><td>Tube number (layout)</td><td></td><td>1244</td></tr> <tr><td>Tube length</td><td>mm</td><td>2500</td></tr> <tr><td>Tube O.D.</td><td>mm</td><td>19.05</td></tr> <tr><td>Tube pitch</td><td>mm</td><td>23.8125</td></tr> <tr><td>Tube pattern</td><td></td><td>30</td></tr> <tr><td>Tube passes</td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>Tie rod number</td><td></td><td>8</td></tr> <tr><td>Tie rod diameter</td><td>mm</td><td>12.7</td></tr> <tr><td>Sealing strips (pairs)</td><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>Baffle type</td><td></td><td>Single segmental</td></tr> <tr><td>Centre to outer baffle cut</td><td>mm</td><td>82.4889</td></tr> <tr><td>Centre to inner baffle cut</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Impingement protection</td><td></td><td>None</td></tr> <tr><td>Shell Side Inlet Nozzle Inside Diameter</td><td>mm</td><td>202.7174</td></tr> <tr><td>Shell Side Outlet Nozzle Inside Diameter</td><td>mm</td><td>202.7174</td></tr> </table> Notes: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Scale:</td><td></td></tr> <tr><td>Rev.</td><td>Date</td><td>Description</td><td>Desp.</td><td>Chk.</td><td>Appd.</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> Company: _____ Location: _____ Service of Unit: _____ Item No.: _____ Date: _____ Our Reference: _____ Your Reference: _____ Rev No.: _____ Job No.: _____ Company Name City, State <table border="1" style="width: 60%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Tube Layout</td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table> <table border="1" style="width: 35%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Drawn: _____</td></tr> <tr><td>Check: _____</td></tr> <tr><td>Rev: _____</td></tr> </table>			Shell inside diameter	mm	925	Front head inside diameter	mm	925	Outer tube limit	mm	912.3	Tube number (calcs.)		1244	Tube number (layout)		1244	Tube length	mm	2500	Tube O.D.	mm	19.05	Tube pitch	mm	23.8125	Tube pattern		30	Tube passes		1	Tie rod number		8	Tie rod diameter	mm	12.7	Sealing strips (pairs)		2	Baffle type		Single segmental	Centre to outer baffle cut	mm	82.4889	Centre to inner baffle cut			Impingement protection		None	Shell Side Inlet Nozzle Inside Diameter	mm	202.7174	Shell Side Outlet Nozzle Inside Diameter	mm	202.7174	Scale:		Rev.	Date	Description	Desp.	Chk.	Appd.																			Tube Layout					Drawn: _____	Check: _____	Rev: _____
Shell inside diameter	mm	925																																																																																											
Front head inside diameter	mm	925																																																																																											
Outer tube limit	mm	912.3																																																																																											
Tube number (calcs.)		1244																																																																																											
Tube number (layout)		1244																																																																																											
Tube length	mm	2500																																																																																											
Tube O.D.	mm	19.05																																																																																											
Tube pitch	mm	23.8125																																																																																											
Tube pattern		30																																																																																											
Tube passes		1																																																																																											
Tie rod number		8																																																																																											
Tie rod diameter	mm	12.7																																																																																											
Sealing strips (pairs)		2																																																																																											
Baffle type		Single segmental																																																																																											
Centre to outer baffle cut	mm	82.4889																																																																																											
Centre to inner baffle cut																																																																																													
Impingement protection		None																																																																																											
Shell Side Inlet Nozzle Inside Diameter	mm	202.7174																																																																																											
Shell Side Outlet Nozzle Inside Diameter	mm	202.7174																																																																																											
Scale:																																																																																													
Rev.	Date	Description	Desp.	Chk.	Appd.																																																																																								
Tube Layout																																																																																													
Drawn: _____																																																																																													
Check: _____																																																																																													
Rev: _____																																																																																													

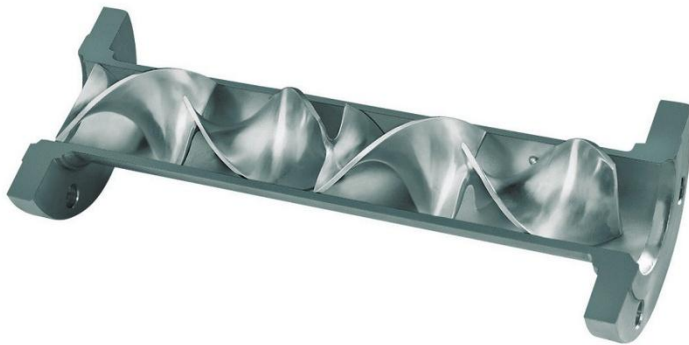
		Full d'especificacions: Bescanviador de calor		FULL 1 DE 3	
		Planta de producció de formol 37%			
E-302		Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
		Data		29/05/26	
		Revisió		09/06/26	
DADES GENERALS I D'OPERACIÓ					
Denominació		Bescanviador de calor			
Funció		Refredar l'efluent del reactor (9) de 278,8°C a 119,5°C			
Components principals	Carcassa	Aigua			
	Tubs	Formaldehid, aigua, nitrogen, oxigen, metanol			
Número de carcasses		1			
Àrea (m2)		148,7	Dimensions (mm)		800-2500
Cost (€)		129.730,84	Tipus		BEM
DADES DE DISSENY I CONSTRUCTIVES					
		Carcassa		Tubs	
		Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Cabal (kg/h)		20000		77229	
Líquid (kg/s)		5,56	4,86	-	-
Vapor (kg/s)		-	0,7	21,45	21,45
Temperatura (°C)		25	119,71	278,8	119,5
Pressió (kPa)		200	196,65	177,84	141,2
Densitat (kg/m3)		1007,37	931,37	1,11	1,23
Viscositat (cp)		0,9	0,2314	0,0274	0,0215
Calor específic (KJ/(Kg*k))		4,402	4,429	1,123	1,073
Conductivitat tèrmica (W/(m*k))		0,611	0,7	0,042	0,0315
Calor latent (KJ/Kg)		-	-	-	-
Velocitat mín/max (m/s)		1,16	20,07	24,85	22,34
Resistència a la incrustació ((m2*K)/W)		0,0001		0,00013	
Calor bescanviat (kW)		3750,2	MTD corregit (°C)		105,05
Coeficient global (W/(m2*K))		Net	240,1		
		Brut	240,1		
DADES DE CONTRSUCCIÓ					
		Carcassa		Tubs	
Material		Acer al carboni			
Temperatura disseny (°C)		155		315	
Pressió de disseny (KPa)		300		300	
N de passos per carcassa		1		1	
Pes equip buit (Kg)		4222,2	Pes amb aigua(Kg)		6098,3
N de tubs		1034	OD tubs (mm)	19,05	Pitch (mm) 23,81
Tipus de tub		Llis	Longitud (mm)		2500
Carcassa ID (mm)		800	Carcassa OD (mm)		824
N baffle		6	Espaiat C-C baffles (mm)		160
Tipus baffle		Single segmental	Posició		Horitzontal
Codi de disseny		ASME Code Sec VIII Div 1	Tema Class		Classe R

[illegible]

MethaForm	Full d'especificacions: Bescanviador de calor	FULL 3 DE 3																																																																																	
	Planta de producció de formol 37%																																																																																		
E-302	Localització	Polígon industrial "SATÈL·LITS"																																																																																	
	Data	29/05/26																																																																																	
	Revisió	09/06/26																																																																																	
PLÀNOL DELS TUBS																																																																																			
   <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Shell inside diameter</td><td>mm</td><td>800</td></tr> <tr><td>Front head inside diameter</td><td>mm</td><td>800</td></tr> <tr><td>Outer tube limit</td><td>mm</td><td>787,3</td></tr> <tr><td>Tube number (calcs.)</td><td></td><td>1034</td></tr> <tr><td>Tube number (layout)</td><td></td><td>919</td></tr> <tr><td>Tube length</td><td>mm</td><td>2500</td></tr> <tr><td>Tube O.D.</td><td>mm</td><td>19,05</td></tr> <tr><td>Tube pitch</td><td>mm</td><td>23,8125</td></tr> <tr><td>Tube pattern</td><td></td><td>30</td></tr> <tr><td>Tube passes</td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>Tie rod number</td><td></td><td>6</td></tr> <tr><td>Tie rod diameter</td><td>mm</td><td>12,7</td></tr> <tr><td>Sealing strips (pairs)</td><td></td><td>5</td></tr> <tr><td>Baffle type</td><td></td><td>Single segmental</td></tr> <tr><td>Centre to outer baffle cut</td><td>mm</td><td>288,7111</td></tr> <tr><td>Centre to inner baffle cut</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Impingement protection</td><td></td><td>None</td></tr> <tr><td>Shell Side Inlet Nozzle Inside Diameter</td><td>mm</td><td>202,7174</td></tr> <tr><td>Shell Side Outlet Nozzle Inside Diameter</td><td>mm</td><td>202,7174</td></tr> </table> Notes: Scale: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Rev.</th> <th>Date</th> <th>Description</th> <th>Desp.</th> <th>Chk.</th> <th>Appd.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> Company: Location: Service of Unit: Item No.: Date: Rev No.: Job No.: Our Reference: Your Reference: Company Name City, State Tube Layout Dwg No.: 2			Shell inside diameter	mm	800	Front head inside diameter	mm	800	Outer tube limit	mm	787,3	Tube number (calcs.)		1034	Tube number (layout)		919	Tube length	mm	2500	Tube O.D.	mm	19,05	Tube pitch	mm	23,8125	Tube pattern		30	Tube passes		1	Tie rod number		6	Tie rod diameter	mm	12,7	Sealing strips (pairs)		5	Baffle type		Single segmental	Centre to outer baffle cut	mm	288,7111	Centre to inner baffle cut			Impingement protection		None	Shell Side Inlet Nozzle Inside Diameter	mm	202,7174	Shell Side Outlet Nozzle Inside Diameter	mm	202,7174	Rev.	Date	Description	Desp.	Chk.	Appd.																		
Shell inside diameter	mm	800																																																																																	
Front head inside diameter	mm	800																																																																																	
Outer tube limit	mm	787,3																																																																																	
Tube number (calcs.)		1034																																																																																	
Tube number (layout)		919																																																																																	
Tube length	mm	2500																																																																																	
Tube O.D.	mm	19,05																																																																																	
Tube pitch	mm	23,8125																																																																																	
Tube pattern		30																																																																																	
Tube passes		1																																																																																	
Tie rod number		6																																																																																	
Tie rod diameter	mm	12,7																																																																																	
Sealing strips (pairs)		5																																																																																	
Baffle type		Single segmental																																																																																	
Centre to outer baffle cut	mm	288,7111																																																																																	
Centre to inner baffle cut																																																																																			
Impingement protection		None																																																																																	
Shell Side Inlet Nozzle Inside Diameter	mm	202,7174																																																																																	
Shell Side Outlet Nozzle Inside Diameter	mm	202,7174																																																																																	
Rev.	Date	Description	Desp.	Chk.	Appd.																																																																														

2.5.4 A-400

	Full d'especificacions: Mesclador		FULL 1 DE 1
	Planta de producció de formol 37%		
ME-401	Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"
	Data		19/05/26
	Revisió		09/06/26
DADES GENERALS I D'OPERACIÓ			
Funció		Homogeneïtzació de producte líquid (Formalina 37%)	
Corrents entrada/sortida		Entrades: 11, 12, 16 / Sortida: 17	
Cabal màssic total		39.591 kg/h	
Cabal volumètric operatiu		37,81 m³/h	
Densitat de la mescla		1.047 kg/m³	
Viscositat		0,8 cP	
Velocitat superficial		2,09 m/s	
Temperatura d'operació		51,52°C	
Pressió d'operació		150 kPa	
DADES DE DISSENY I CONSTRUCTIVES			
Fabricant		NOV	
Model		Helicoïdal/Kenics	
Material de construcció		Acer Inoxidable 316L	
Diàmetre comercial		DN80	
Àrea de pas real		0,00503 m²	
Nombre d'elements interns		6	
Alçada de cada element		0,120 m	
Longitud del mesclador		0,720 m	
Tipus de connexió		Brides ANSI/ASME	
Pèrdua de càrrega		13,7 kPa	
Cost		10.788,79 €	



	Full d'especificacions: Mesclador		FULL 1 DE 1
	Planta de producció de formol 37%		
	Localització	Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
	Data	28/05/26	
CA-401	Revisió	09/06/26	
	DADES GENERALS I D'OPERACIÓ		
Corrents d'entrada	Gas del reactor (Corrent 10) i Aigua absorbent (Corrent 19)		
Corrents de sortida	Gas d'escapament (Corrent 13) i Formalina (Corrent 11)		
Cabal màssic gas entrada	77.228,68 kg/h		
Cabal màssic líquid sortida	5.494,33 kg/h		
Densitat del gas (Entrada)	1,25 kg/m³		
Densitat del líquid (Sortida)	1.047 kg/m³		
Temperatura d'operació (Gas / Líq)	120,1 °C / 57,2 °C		
Pressió d'operació (Fons)	131,0 kPa		
DADES DE DISSENY I CONSTRUCTIVES			
Fabricant	Sulzer (rebliment)		
Tipus de columna	Columna d'absorció de rebliment estructurat		
Material de construcció	Acer al carboni (ASTM A36)		
Tipus de rebliment	Mellapak 250Y		
Etapes teòriques (HYSYS)	20 etapes		
HETP estimat	0,5 m / etapa		
Diàmetre comercial	DN3400		
Diàmetre intern	3,40 m		
Àrea transversal de pas	9,08 m²		
Alçada del rebliment actiu	10,0 m (Dividit en 2 llits de 5,0 m)		
Alçada total de la carcassa	14,0 m		
Tipus de capçals (Fons)	Torriesfèrics		
Cost	147.785,60 €		



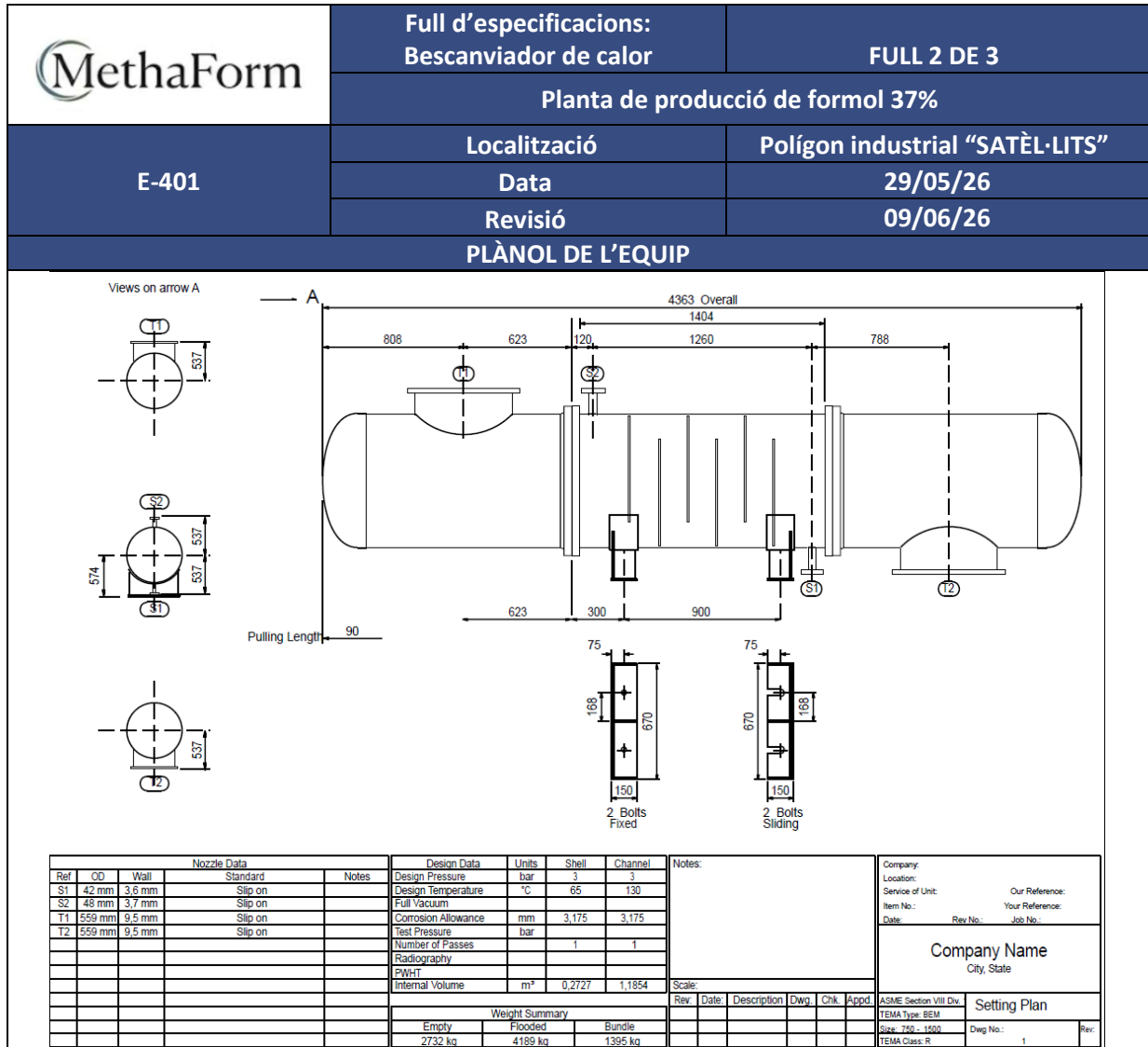


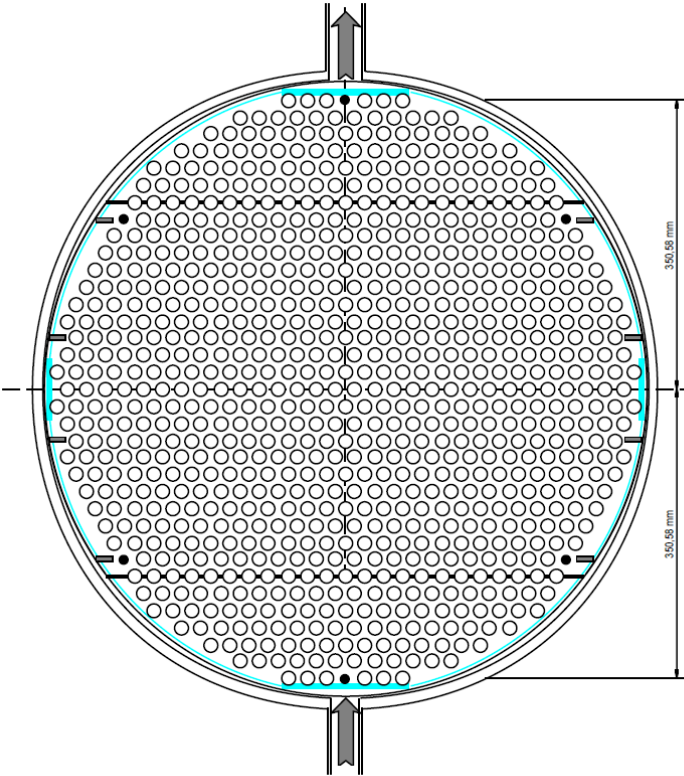
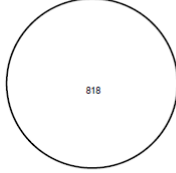
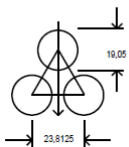
MethaForm	Full d'especificacions: Absorber		FULL 1 DE 1	
	Planta de producció de formol 37%			
CA-402	Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
	Data		28/05/26	
	Revisió		09/06/26	
DADES DE PROCÉS				
Corrents d'entrada		Gas de CA-401 (Corrent 15) i Aigua absorbent (Corrent 20)		
Corrents de sortida		Gas d'escapament net (Corrent 18) i Aigua de rentat (Corrent 16)		
Cabal màssic gas entrada		76.734,35 kg/h		
Cabal màssic líquid sortida		5.895,28 kg/h		
Densitat del gas (Entrada)		1,36 kg/m³		
Densitat del líquid (Sortida)		931,32 kg/m³		
Temperatura d'operació (Gas / Líq)		67,7 °C / 54,8 °C		
Pressió d'operació (Fons)		138,9 kPa		
DADES CONSTRUCTIVES I INTERNES				
Fabricant		Chemxin (rebliments)		
Tipus de columna		Columna d'absorció de rebliment a l'atzar		
Material de construcció		Acer al carboni		
Tipus de rebliment		Anell Pall metàl·lic (76 mm)		
Etapes teòriques (HYSYS)		20 etapes		
HETP estimat		0,55 m / etapa		
Diàmetre comercial		DN2800		
Diàmetre intern		2,80 m		
Àrea transversal de pas		6,15 m²		
Alçada del rebliment actiu		11,0 m (Dividit en 2 llits de 5,5 m)		
Alçada total de la carcassa		14,0 m		
Tipus de capçals (Fons)		Torriesfèrics		
Accessoris interns inclosos		Distribuïdor de líquid tipus abeurador, Redistribuïdor i Suports		
Cost		108.067,85 €		

<

		Full d'especificacions: Bescanviador de calor		FULL 1 DE 3		
		Planta de producció de formol 37%				
E-401		Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"		
		Data		29/05/26		
		Revisió		09/06/26		
DADES GENERALS I D'OPERACIÓ						
Denominació		Bescanviador de calor				
Funció		Refredar el corrent (14) de 94,58°C a 67,69°C				
Components principals	Carcassa	Aigua				
	Tubs	Formaldehid, nitrogen, oxigen, metanol				
Número de carcasses		2				
Àrea (m2)		137,6 (68,8 m2 per carcassa)	Dimensions (mm)		750-1500	
Cost (€)		87.760,30	Tipus		BEM	
DADES DE DISSENY I CONSTRUCTIVES						
		Carcassa		Tubs		
		Entrada	Sortida	Entrada	Sortida	
Cabal (kg/h)		10000		76734		
Líquid (kg/s)		2,78	2,78	-	-	
Vapor (kg/s)		-	-	21,31	21,31	
Temperatura (°C)		25	78,14	94,58	67,69	
Pressió (kPa)		200	198,09	147	138,86	
Densitat (kg/m3)		1007,37	965,97	1,34	1,36	
Viscositat (cp)		0,8904	0,3595	0,0203	0,019	
Calor específic (KJ/(Kg*k))		4,202	4,194	1,089	1,083	
Conductivitat tèrmica (W/(m*k))		0,611	0,6684	0,0299	0,028	
Calor latent (KJ/Kg)		-	-	-	-	
Velocitat mín/max (m/s)		1,33	1,27	22,7	24,88	
Resistència a la incrustació ((m2*K)/W)		0,0001		0,00013		
Calor bescanviat (kW)		622,4		MTD corregit (°C)		Calor bescanviat (kW)
Coeficient global (W/(m2*K))		Net	163,9			
		Brut	170,3			
DADES DE CONTRSUCCIÓ						
		Carcassa		Tubs		
Material		Acer al carboni				
Temperatura disseny (°C)		80		130		
Pressió de disseny (KPa)		300		300		
N de passos per carcassa		1		1		
Pes equip buit (Kg)		2731,8	Pes amb aigua(Kg)		4189,3	
N de tubs		818	OD tubs (mm)	19,05	Pitch (mm) 23,81	
Tipus de tub		Llis	Longitud (mm)	1500		
Carcassa ID (mm)		750	Carcassa OD (mm)	774		
N baffle		6	Espaiat C-C baffles (mm)	165		

Tipus baffle	Single segmental	Posició	Horitzontal
Codi de disseny	ASME Code Sec VIII Div 1	Tema Class	Classe R



	Full d'especificacions: Bescanviador de calor	FULL 3 DE 3																																																																																	
	Planta de producció de formol 37%																																																																																		
E-401	Localització	Polígon industrial "SATÈL·LITS"																																																																																	
	Data	29/05/26																																																																																	
	Revisió	09/06/26																																																																																	
PLÀNOL DELS TUBS																																																																																			
   <table border="1"> <tr><td>Shell inside diameter</td><td>mm</td><td>750</td></tr> <tr><td>Front head inside diameter</td><td>mm</td><td>750</td></tr> <tr><td>Outer tube limit</td><td>mm</td><td>737,3</td></tr> <tr><td>Tube number (calcs.)</td><td></td><td>818</td></tr> <tr><td>Tube number (layout)</td><td></td><td>818</td></tr> <tr><td>Tube length</td><td>mm</td><td>1500</td></tr> <tr><td>Tube O.D.</td><td>mm</td><td>19,05</td></tr> <tr><td>Tube pitch</td><td>mm</td><td>23,8125</td></tr> <tr><td>Tube pattern</td><td></td><td>30</td></tr> <tr><td>Tube passes</td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>Tie rod number</td><td></td><td>6</td></tr> <tr><td>Tie rod diameter</td><td>mm</td><td>12,7</td></tr> <tr><td>Sealing strips (pairs)</td><td></td><td>4</td></tr> <tr><td>Baffle type</td><td></td><td>Single segmental</td></tr> <tr><td>Centre to outer baffle cut</td><td>mm</td><td>226,8444</td></tr> <tr><td>Centre to inner baffle cut</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Impingement protection</td><td></td><td>None</td></tr> <tr><td>Shell Side Inlet Nozzle Inside Diameter</td><td>mm</td><td>35,052</td></tr> <tr><td>Shell Side Outlet Nozzle Inside Diameter</td><td>mm</td><td>40,894</td></tr> </table> Notes: Company: Location: Service of Unit: Item No.: Date: Our Reference: Your Reference: Rev No.: Job No.: Company Name City, State <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev.</th> <th>Date</th> <th>Description</th> <th>Des.</th> <th>Chk.</th> <th>Appd.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> Scale: Tube Layout			Shell inside diameter	mm	750	Front head inside diameter	mm	750	Outer tube limit	mm	737,3	Tube number (calcs.)		818	Tube number (layout)		818	Tube length	mm	1500	Tube O.D.	mm	19,05	Tube pitch	mm	23,8125	Tube pattern		30	Tube passes		1	Tie rod number		6	Tie rod diameter	mm	12,7	Sealing strips (pairs)		4	Baffle type		Single segmental	Centre to outer baffle cut	mm	226,8444	Centre to inner baffle cut			Impingement protection		None	Shell Side Inlet Nozzle Inside Diameter	mm	35,052	Shell Side Outlet Nozzle Inside Diameter	mm	40,894	Rev.	Date	Description	Des.	Chk.	Appd.																		
Shell inside diameter	mm	750																																																																																	
Front head inside diameter	mm	750																																																																																	
Outer tube limit	mm	737,3																																																																																	
Tube number (calcs.)		818																																																																																	
Tube number (layout)		818																																																																																	
Tube length	mm	1500																																																																																	
Tube O.D.	mm	19,05																																																																																	
Tube pitch	mm	23,8125																																																																																	
Tube pattern		30																																																																																	
Tube passes		1																																																																																	
Tie rod number		6																																																																																	
Tie rod diameter	mm	12,7																																																																																	
Sealing strips (pairs)		4																																																																																	
Baffle type		Single segmental																																																																																	
Centre to outer baffle cut	mm	226,8444																																																																																	
Centre to inner baffle cut																																																																																			
Impingement protection		None																																																																																	
Shell Side Inlet Nozzle Inside Diameter	mm	35,052																																																																																	
Shell Side Outlet Nozzle Inside Diameter	mm	40,894																																																																																	
Rev.	Date	Description	Des.	Chk.	Appd.																																																																														

2.5.5 A-500

	Full d'especificacions: Tancs d'emmagatzematge de formol		FULL 1 DE 1	
	Planta de producció de formol 37%			
TE-501/ TE-502	Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
	Data		19/05/26	
	Revisió		09/06/26	
DADES GENERALS I D'OPERACIÓ				
Ítem		Tanc d'emmagatzematge		
Funció		Emmagatzemar el producte final (formol)		
Component		Formol		
Fase		Líquid		
Temps de residència		5 dies		
Temperatura		35 °C		
Pressió		1,1 bar		
Volum de la mescla		898,2 m³		
MATERIAL DE FABRICACIÓ				
Tipus		Acer al carboni (ASTM A36) amb recobriment intern de vinilèster		
Densitat		7850 kg/m³		
Factor de soldadura		0,85		
Aïllament		Llana de roca i pintura blanca		
DADES DE DISSENY I CONSTRUCTIVES				
Temperatura de disseny		100 Cº		
Pressió de disseny		1,1 bar		
Norma		API 650		
Capacitat total		1021,02 m³		
Diàmetre		10 m		
Alçada		13 m		
Gruix		6 mm		
Pes del tanc buit		39,1 Tn		
Pes del tanc en operació		1027,12 Tn		
Cost		373.217,67 €		
</				

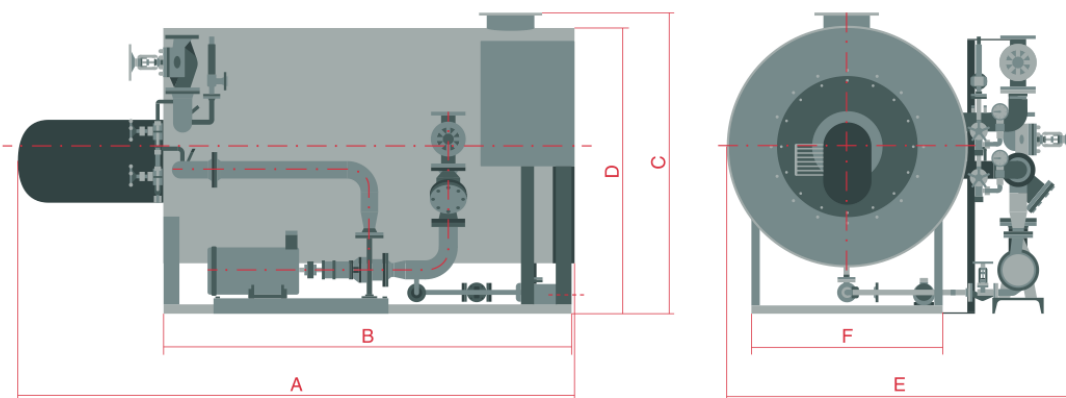
2.5.6 A-700

	Full d'especificacions: Tancs d'emmagatzematge de nitrogen	FULL 1 DE 1
	Planta de producció de formol 37%	
LN2	Localització	Polígon industrial "SATÈL·LITS"
	Data	05/06/26
	Revisió	09/06/26
DADES GENERALS I D'OPERACIÓ		
Ítem	Tanc d'emmagatzematge	
Funció	Emmagatzemar nitrogen	
Component	Nitrogen	
Fase	Líquid	
Temperatura	-196 °C	
Pressió	8 bar	
Volum de la mescla	6,79 m³	
MATERIAL DE FABRICACIÓ		
Tipus	Acer inoxidable (AISI 304)	
Densitat	808 kg/m³	
Factor de soldadura	0,7	
DADES DE DISSENY I CONSTRUCTIVES		
Temperatura de disseny	-196 Cº	
Pressió de disseny	8 bar	
Norma	ASME	
Capacitat total	10 m³	
Diàmetre	2,1 m	
Alçada	7,17 m	
Gruix	6 mm	
Pes	5378 kg	
Cost	167.950,47 €	

	Full d'especificacions: Transformador elèctric	FULL 1 DE 1
	Planta de producció de formol 37%	
GE-701	Localització	Polígon industrial "SATÈL·LITS"
	Data	06/06/26
	Revisió	09/06/26
DADES D'OPERACIÓ		
Tensió de la línia elèctrica (kV)	20	
Tensió del secundari (V)	400	
Potència requerida (kW)	800	
DADES EQUIP		
Proveïdor	Schneider Electric	
Model	Minera EcoDesign Oil Distribution Transformer	
Nivell d'aïllament (kV)	24	
Capacitat nominal (kVA)	1000	
Pèrdues en buit (W)	693	
Pèrdues en càrrega a 75°C (W)	7600	
Impedància de curtcircuit (%)	6	
Pes total (kg)	3810	
Longitud (m)	1,55	
Amplada (m)	1,11	
Alçada fins als aïlladors (m)	1,78	
Cost	39.956€	



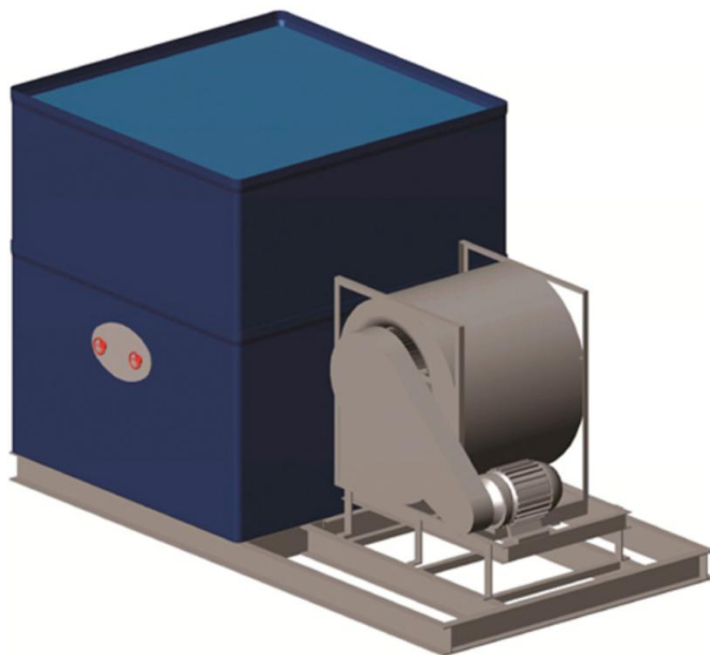
	Full d'especificacions: Caldera de suport	FULL 1 DE 1
	Planta de producció de formol 37%	
CL-701	Localització	Polígon industrial "SATÈL·LITS"
	Data	06/06/26
	Revisió	09/06/26
DADES DE PROCÉS		
Denominació	Caldera de fluid tèrmic	
Funció	Escalfar l'oli tèrmic a la posada en marxa	
Massa a escalfar	3757 kg	
Temperatura d'entrada	25 °C	
Temperatura de sortida	274 °C	
Potència necessària	458,2 kW	
DADES EQUIP		
Proveïdor	Pirobloc	
Model	GTF-040	
Rang de potència	465-640 kW	
Llargada	2965 mm	
Amplada	1865 mm	
Alçada	1810 mm	
Cost	53.728,51 €	



	Full d'especificacions: Compressor d'aire	FULL 1 DE 1
	Planta de producció de formol 37%	
K-701/K-702	Localització	Polígon industrial "SATÈL·LITS"
	Data	06/06/26
	Revisió	09/06/26
DADES DE PROCÉS		
Funció	Subministrament d'aire d'instruments i control (Vàlvules)	
Demanda contínua de planta	1,80 m³/min (108 m³/h)	
Configuració d'operació	Paral·lel (1 en servei + 1 en reserva de seguretat)	
Capacitat subministrada per unitat	2,66 m³/min (159,6 m³/h) a 7,5 bar	
Pressió nominal de treball	7,0 bar	
Qualitat de l'aire d'instruments	Classe 1.2.1 segons ISO 8573-1 (Lliure d'oli)	
DADES CONSTRUCTIVES I MECÀNIQUES		
Fabricant	Atlas Copco	
Model del Compressor	ZT 18	
Tipus de tecnologia	Rotatiu de dents / ungles (<i>Oil-free rotary tooth</i>)	
Potència del motor principal	18 kW (25 HP)	
Nivell sonor	66 dB(A)	
Material de la carcassa/ungles	Acer / Fosa d'acer (Tractament anticorrosió)	
Lubricació	Lliure d'oli (<i>Oil-free</i>)	
Cost	19.619,59 €	



	Full d'especificacions: Torre de refrigeració	FULL 1 DE 1
	Planta de producció de formol 37%	
TR-701	Localització	Polígon industrial "SATÈL·LITS"
	Data	06/06/26
	Revisió	09/06/26
DADES DE PROCÉS		
Descripció	Torre de refrigeració de circuit tancat	
Funció	Refredar l'aigua que prové de les sortides dels bescanviadors de calor E-302/E401	
Cabal màssic d'operació	30000 kg/h	
Temperatura d'entrada	105,9 °C	
Temperatura de sortida	25 °C	
Potència	555,6 kW	
DADES EQUIP		
Fabricant	EWK	
Model	EWK-DC-900/5	
Potencia de dissipació	559 kW	
Llargada	6762 mm	
Amplada	2092 mm	
Alçada	2670 mm	
Pes buit	4560 kg	
Pes en funcionament	8010 kg	
Cost	230.222,96 €	



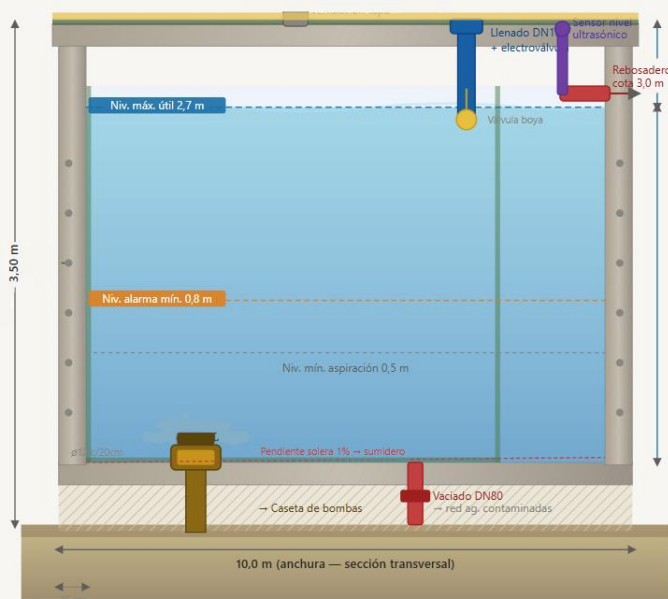
2.5.6 A-1400

	Full d'especificacions: Tractament de gasos CATOX		FULL 1 DE 1	
	Planta de producció de formol 37%			
CATOX-1401	Localització		Polígon industrial "SATÈL·LITS"	
	Data		06/06/26	
	Revisió		09/06/26	
	DADES DE PROCÉS			
Corrent d'entrada / sortida		Corrent 18 (CA-402) / Efluent net cap a xemeneia		
Cabal màssic / volumètric		76.442,53 kg/h / 73.090 m³/h (62.000N m³/h)		
Temperatura entrada / reacció		48,9 °C / 350 °C – 400 °C		
Pressió d'operació		101,3 kPa (Atmosfèrica)		
Contaminants a tractar		CO, Metanol, Formaldehid, Dimetilèter, Àcid Fòrmic		
Eficiència de destrucció		> 99,0 %		
DADES DE L'EQUIP				
Proveïdor de referència		Anguil Environmental Systems		
Tipus de tecnologia		Oxidador Catalític Recuperatiu (<i>Custom-engineered skid</i>)		
Volum de catalitzador / Llit		4,13 m³ / Monòlit ceràmic de pas recte		
Metall actiu		Platí (Pt)		
Eficiència bescanviador		70 % (Recuperatiu de calor integrat)		
Sistema de suport		Cremador auxiliar de Gas Natural i Ventilador d'impulsió		
Petjada en planta		60 – 80 m² (Instal·lació exterior)		
Evacuació i Control		Xemeneia d'acer (15 – 30 m) amb analitzador CEMS integrat		
Cost		1.000.000 €		



2.5.7 A-1600

	Full d'especificacions: Tanc d'aigua d'incendis	FULL 1 DE 1
	Planta de producció de formol 37%	
TA-1601	Localització	Polígon industrial "SATÈL·LITS"
	Data	06/06/26
	Revisió	09/06/26
DADES DE PROCÉS		
Volum total (m3)	450	
Cabal de disseny (l/min)	3520	
Autonomia (min)	120	
Pressió de la xara (bar)	5,5	
Tipologia	Semienterrada	
DADES CONSTRUCTIVES I INTERNES		
Longitud (m)	15	
Amplada (m)	10	
Alçada útil (m)	3	
Alçada total (m)	3,5	
Superfície en planta (m2)	150	
Gruix parets (cm)	≥ 25	
Gruix de la solera (cm)	≥ 30	
Pendent de la solera (%)	1	
Revestiment interior	Pintura epoxi bicomponent	
NIVELLS OPERATIUS		
Altura del sobreexidor (m)	3	
Nivell màxim útil (m)	2,7	
Nivell d'alarma mínima (m)	0,8	
Nivell mínim d'aspiració (m)	0,3	
Material	Formigó armat HA-25/B/20/IIa	
Cost (€)	184.000	



2.6 Bibliografia

- [1] R. K. Sinnott i G. Towler, *Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*, 6a ed. Butterworth-Heinemann, 2020. Disponible a: <https://www.sciencedirect.com/book/9780081025994/chemical-engineering-design>
- [2] R. H. Perry i D. W. Green, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 9a ed. McGraw-Hill Education, 2018. Disponible a: <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071834087>
- [3] D. A. Crowl i J. F. Louvar, *Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications*, 3a ed. Prentice Hall, 2011.
- [4] R. K. Thakur, C. Vial, K. D. P. Nigam, E. B. Nauman, i G. Djelveh, "Static mixers in the chemical process industries: a review," *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 81, núm. 7, pp. 787-826, 2003. Disponible a: <https://doi.org/10.1205/026387603322302968>
- [5] Sulzer Chemtech Ltd., *Static Mixers for the Chemical and Process Industry*. Catàleg tècnic, 2022. Disponible a: <https://www.sulzer.com/en/products/static-mixers>
- [6] PRIMIX B.V., *Static Mixers and Heat Exchangers for the Process Industry*. Catàleg tècnic, 2023. Disponible a: <https://www.primix.com/static-mixers>
- [7] American Petroleum Institute (API), *API Standard 650: Welded Tanks for Oil Storage*, 13a ed. Washington, D.C., 2020. Disponible a: <https://www.api.org/products-and-services/standards>
- [8] Aspen Technology, Inc., *Aspen HYSYS V14 User Guide*. Bedford, MA, 2023. Disponible a: <https://www.aspentech.com/en/products/engineering/aspen-hysys>
- [9] Atlas Copco. (2015). *Manual del Aire Comprimido* (7a ed.). Atlas Copco Airpower NV. Recuperat de: <https://www.atlascopco.com/es-es/compressors/wiki/compressed-air-manual>
- [10] Carbueros Metálicos (Grup Air Products). (s.d.). *Gases Industriales: Nitrógeno*. Recuperat de: <https://www.carbueros.com/gases/nitrogen>
- [11] Crowl, D. A., & Louvar, J. F. (2011). *Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications* (3a ed.). Prentice Hall.
- [12] Anguil Environmental Systems, Inc. (s.d.). *Catalytic Oxidizer (CATOX) Technology for VOC Abatement*. Recuperat de: <https://anguil.com/oxidizers/catalytic-oxidizers-catox/>
- [13] U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2003). *Air Pollution Control Technology Fact Sheet: Catalytic Incinerator* (EPA-452/F-03-018). Recuperat de: <https://www3.epa.gov/ttnecat1/dir1/fcataly.pdf>
- [14] Schneider Electric. (s.d.). *Minera: Transformadores de distribución sumergidos en aceite hasta 3150 kVA*. Recuperat del lloc web de Schneider Electric.
- [15] Pirobloc. (s.d.). *Ingeniería y fabricación de calderas de fluido térmico e intercambiadores*. Recuperat de: <https://www.pirobloc.com/>

[16] Baltimore Aircoil Company. (s.d.). *Torres de enfriamiento para procesos industriales*. Recuperat de: <https://www.baltimoreaircoil.eu/es/productos/torres-de-enfriamiento>

[17] **Atlas Copco.** (s.d.). *Oil-free rotary tooth compressors: ZT 15-22 / ZR 15-22*. [Catàleg tècnic]. Atlas Copco Airpower NV.

[18] **Schneider Electric.** (2021). *Minera: Oil Distribution Transformer up to 3150 kVA*. [Catàleg tècnic]. Schneider Electric Industries SAS.

[19] EWK. (s.d.). EWK-DC: Torres de refrigeración de circuito cerrado. [Catàleg tècnic]. EWK Equipos de Refrigeración S.A. <https://www.ewk.eu/producto/ewk-dc/>

[20] Pirobloc. (2024, febrer). *Calderas de fluido térmico PIROBLOC*. [Fitxa tècnica en PDF]. Pirobloc S.A. <https://www.pirobloc.com/wp-content/uploads/2024/02/Calderas-de-fluido-termico-PIROBLOC-Ficha-tecnica.pdf>