PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÒXID D'ETILÈ

Treball de fi de grau d'Enginyeria Química

Tommy Cassanello Andrea Grande Braven Pitargue
Ariadna Ramos Alexandre Ros Mònica Vidal

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

Curs 2019-2020
Tutor: Josep A. Torà

CAPÍTOL II
EQUIPS

Treball de fi de grau d'Enginyeria Química

Tommy Cassanello Andrea Grande Braven Pitargue
Ariadna Ramos Alexandre Ros Mònica Vidal

Universitat Autònoma de Barcelona

Curs 2019-2020
Tutor: Josep A. Torà

Índex

1 Introducció **1**

2 Nomenclatura **1**

3 Descripció dels equips **2**

3.1 Reactor 2

3.2 Absorbidors 3

3.2.1 Absorbidor d'òxid d'etilè 5

3.2.2 Absorbidor de diòxid de carboni 5

3.3 Columna de destil·lació 6

3.3.1 DC-201-3 7

3.3.2 DC-202-3 8

3.3.3 DC-201-4 8

3.4 Columna *flash* 8

3.5 Bescanviadors de calor 9

3.6 Tancs d'emmagatzematge d'òxid d'etilè 11

4 Equips de servei **13**

4.1 Bassa contra incendis 13

4.2 Descalcificador d'aigua 14

4.3 Sistema de membrana d'osmosi inversa 14

4.4 Torre de refrigeració 15

4.5 Caldera 16

4.6 Sistema d'aire comprimit 17

5 Llistat d'equips per àrees **18**

6 Fulls d'especificacions **23**

6.1 Reactor 23

6.2 Columnes d'absorció 26

6.3 Columnes de destil·lació 30

6.4 Columna *flash* 36

6.5 Bescanviadors 38

6.6 Tanc d'emmagatzematge 58

Bibliografia **60**

1 Introducció

En aquest capítol, es recull un llistat de tots els equips que formen la planta d'òxid d'etilè. S'inclou la descripció de cadascun d'ells, seguit amb la distribució per àrees i finalment es troben els fulls d'especificacions. En aquests últims estan detallades les característiques de cada equip, com el material i dimensions així com els seus components i connexions.

2 Nomenclatura

Per poder identificar els diferents equips s'ha establert una nomenclatura amb la forma **A-B** on:

- **A**, fa referència al tipus d'equip. La **Taula 1** mostra l'abreviació de cadascun dels equips de la planta.

Taula 1: Equips de la planta.

Abreviació	**Descripció**
R	Reactor
AC	Columna d'absorció
DC	Columna de destil·lació
FC	Columna *flash*
E	Bescanviador de calor
C	Condensador
RB	*Reboiler*
RT	Tanc de reflux
P	Bomba de buit
K	Compressor
T	Tanc d'emmagatzematge

- **B**, indica l'àrea o subàrea a la qual es troba l'equip i el número d'equip corresponent. El primer número indica l'àrea, els dos següents el número d'equip i l'últim la subàrea si en pertany a alguna.

Per exemple, en el cas de l'equip R-201-2, aquesta nomenclatura indica que és un reactor que es troba a l'àrea 200, més concretament, que és el primer reactor de la subàrea 200-2.

3 Descripció dels equips

3.1 Reactor

La reacció d'òxid d'etilè es produeix en dos reactors que treballen paral·lelament per obtenir una major àrea de transferència amb el líquid refrigerant. Es tracta de dos reactors de flux pistó multitubulars que disposen d'un sistema de refrigeració amb aigua. L'aigua circula per la carcassa entrant a aproximadament 25°C i 1 atm, produint-se un augment de temperatura i de pressió fins obtenir vapor a 150°C i a 4 atm.

A l'interior del reactor es produeixen tres reaccions de forma paral·lela, la primera reacció és la formació de l'òxid d'etilè que es mostra a continuació.

$$C_2H_4 + 0.5O_2 \xrightarrow{\text{Ag}} C_2H_4O \tag{1}$$

Les altres reaccions secundaries són la reacció de combustió de l'etilè (2) i la reacció de combustió de l'òxid d'etilè (3). Aquesta última es produeix a temperatures superiors a 300°C, per la qual cosa és menyspreable dins del rang de treball del reactor.

$$C_2H_4 + 3O_2 \xrightarrow{\text{Ag}} 2CO_2 + 2H_2O \tag{2}$$

$$C_2H_4O + 2.5O_2 \xrightarrow{\text{Ag}} 2CO_2 + 2H_2O \tag{3}$$

Les condicions de temperatura i pressió de treball dels reactors són de 19 atm i 240°C respectivament. El reactor opera de manera isoterma, però la temperatura de treball pot canviar depenent de la selectivitat de la reacció, ja que, aquesta pot baixar a causa de l'envelliment del catalitzador. Conseqüentment, per mantenir la producció és necessari augmentar la temperatura.

El catalitzador serà de planta dipositada sobre un material de suport, obtenint concentracions pròximes a 7-20%. El material de suport és important perquè no doni problemes d'oxidació, a més ha de ser inert amb tots els components de la reacció. Per això es tria òxid d'alumini al 99% que ha rebut un tractament tèrmic d'alta temperatura, definint una estructura que permet obtenir una àrea superficial no major a 2 m^2/g.

El catalitzador escollit té un diàmetre de 5 mm i la porositat del llit serà del 50%. La densitat del catalitzador és de 800 kg/m^3, i ocupa la meitat de volum proporcionat pels tubs del reactor, donant lloc a un volum aproximat de catalitzador necessari per cada reactor de 10 m^3 amb una massa de 7800 kg. Tenint en compte que no hi ha molta informació sobre el material de construcció i disseny per a dur a terme aquest tipus de reaccions, s'ha triat un material generalment inert i resistent a la corrosió com és l'acer inoxidable 316, tenint en compte el codi ASME Sec VII Div 1 [1], el qual tracta sobre el disseny d'aparells a pressió.

Per calcular la superfície d'intercanvi i el coeficient global de transferència de calor s'ha utilitzat el reactor ja dissenyat amb el simulador Aspen HYSYS. Paral·lelament s'ha comprovat mitjançant el mètode de Kern que l'àrea d'intercanvi resultant és suficient per a garantir el control de la reacció. Tots aquest càlculs es troben a l'apartat de manual de càlculs d'aquest mateix treball.

3.2 Absorbidors

L'absorció es basa en la transferència de massa de dos corrents: el corrent absorbent es troba en fase líquida i absorbeix el compost desitjat del corrent d'aliment, en fase gas. L'efectivitat de l'equip estarà determinada en gran mesura per l'èxit amb què es fomenta el contacte entre les dues fases (gas-líquid).

El corrent d'aliment s'introdueix a la part inferior de la columna i conté una concentració determinada del component que es vol absorbir. El corrent d'absorbidor, en fase líquida, s'alimenta a la part superior de la columna. El dissolvent amb el gas absorbit surten per la part inferior com a líquid i els components no absorbits surten com a gas per la part superior. A la **Figura 1**, es troba representat el funcionament de la columna d'absorció.

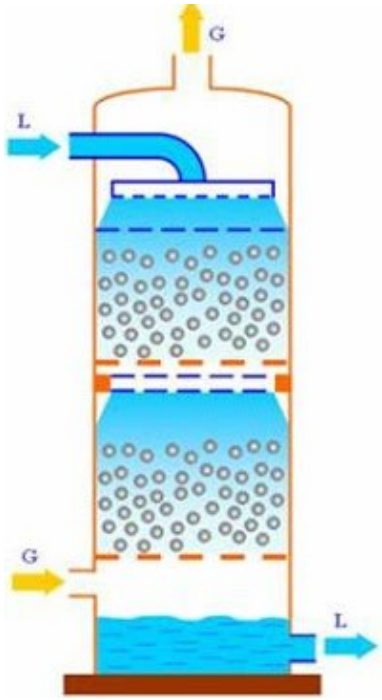


Figura 1: Esquema del funcionament d'una columna d'absorció [2].

Per la producció d'òxid d'etilè s'han utilitzat dues columnes d'absorció, amb rebliment a l'interior per augmentar la superfície de contacte entre el líquid adsorbent i el gas amb el component que es vol absorbir. Al afegir el rebliment, s'augmenta la turbulència i a l'hora l'eficàcia de la columna.

En aquest cas, el rebliment de la columna AC-201-2 i de la columna AC-201-4 tenen les mateixes característiques. Per escollir el tipus de rebliment s'ha de determinar el material i l'organització d'aquest dintre de la columna. Per escollir el material s'han de tenir en compte les següents característiques:

- Ha de ser químicament inert.
- Ha de tenir una elevada resistència mecànica.
- Ha de permetre el pas adequat dels dos corrents.
- Ha de permetre un bon contacte entre les dues fases.
- Ha de ser econòmic.

Per tant, el material escollit és acer inoxidable, ja que a part de ser inert també és resistent a la corrosió.

A partir del programa Aspen HYSYS, s'ha determinat que el tipus de rebliment més òptim és el del tipus *Raul-Ring* d'acer inoxidable. Aquests es troben representats a la **Figura 2**.

Figura 2: Rebliment *Raul-Ring*, Metal [3].

Per poder determinar la grandària del rebliment, s'ha de tindre en compte que a mesura que aquest augmenta, l'eficàcia de la transferència de matèria disminueix i augmenten les pèrdues de càrrega.

Taula 2: Característiques del rebliment *Raul-Ring*, Metal [3].

Grandària [mm]	25 x 0.4
Pes [kg/m^3]	310
Àrea de superfície [m^2/m^3]	215
Fracció de buit [%]	96

A partir d'aquests valors, es pot calcular la massa de rebliment per poder fer el disseny mecànic de la columna.

3.2.1 Absorbidor d'òxid d'etilè

L'objectiu de la columna d'absorció de l'òxid d'etilè, és separar l'òxid d'etilè del corrent gasós a partir d'aigua líquida que actua com a absorbent. El corrent gasós està compost pels reactius que no han reaccionat (oxigen i etilè), els productes (diòxid de carboni, aigua i òxid d'etilè) i el gas inert (nitrogen). D'aquesta manera s'obtindrà el producte desitjat, de manera diluïda. A partir de la simulació en el programa Aspen HYSYS, s'ha determinat que la columna AC-201-2 disposi de 10 plats. En aquesta columna, a més d'una entrada de líquid absorbent, hi ha una entrada de l'aigua que es recircula del procés. D'aquesta manera s'incrementa el cabal de líquid absorbent i es disminueix el consum d'aigua.

Les condicions d'operació d'aquesta columna d'absorció es poden trobar a la **Taula 3**.

Taula 3: Condicions d'operació de la columna AC-201-2.

Pressió d'operació [kPa]	1500
Temperatura màxima d'operació [°C]	43

Les dimensions obtingudes a partir del disseny mecànic es troben recollides a la **Taula 4**.

Taula 4: Dimensions de la columna AC-201-2.

Diàmetre de la columna [m]	4
Alçada de la part cilíndrica de la columna [m]	11
Alçada dels capçals [m]	0.8
Alçada total de la columna [m]	12.6

3.2.2 Absorbidor de diòxid de carboni

L'objectiu de la columna d'absorció de diòxid de carboni és separar del corrent gasós, que ha sortit de la columna AC-201-2, diòxid de carboni a partir d'amina líquida amb un 10% de puresa com absorbent. Aquesta absorció es produeix gràcies a la reacció química entre el diòxid de carboni i l'amina. El corrent gasós està compost pels reactius que no han reaccionat (oxigen i etilè), els productes (diòxid de carboni i aigua) i el gas inert (nitrogen). D'aquesta manera, se separa el diòxid de carboni per a poder realitzar el seu posterior tractament.

A partir de la simulació en el programa Aspen HYSYS, s'ha determinat que la columna AC-201-4 disposi de 20 plats. A més a més, s'ha afegit un *loop* d'aigua en el cap de la columna per a realitzar la reposició de l'aigua perduda durant el procés. La sortida d'aigua del *loop* es troba en el mateix plat que l'entrada d'aquest, perquè l'equilibri de la columna no es vegi afectat. Les condicions d'operació d'aquesta columna d'absorció es poden trobar a la **Taula 5**.

Taula 5: Condicions d'operació de la columna AC-201-4.

Pressió d'operació [kPa]	5000
Temperatura màxima d'operació [°C]	53

Les dimensions obtingudes a partir del disseny mecànic es troben recollides a la **Taula 6**.

Taula 6: Dimensions de la columna AC-201-4.

Diàmetre de la columna [m]	3
Alçada de la part cilíndrica de la columna [m]	10
Alçada dels capçals [m]	0.7
Alçada total de la columna [m]	11.3

3.3 Columna de destil·lació

Una columna de destil·lació és un element de fraccionament utilitzat per separar els diferents components o fraccions d'una mescla líquida mitjançant la diferència de volatilitats. Aquest tipus d'equip és àmpliament utilitzat en indústries de processos químics on s'ha de destil·lar grans quantitats de líquids. La destil·lació és un dels processos de separació més comuns i amb un cost elevat d'energia. L'efectivitat de la separació depèn sobretot de l'altura i el diàmetre de la columna, la relació entre elles i el material de revestiment. Les torres de destil·lació solen operar en estat estacionari continu, és a dir, la quantitat d'aliment que s'introdueix és igual a la quantitat de producte que surt. També hi ha un equilibri pel que fa a la quantitat de calor, tota l'energia tèrmica introduït mitjançant el *reboiler* i el corrent d'aliment ha de ser igual a la quantitat de calor eliminada per al condensador i els cabals de sortida.

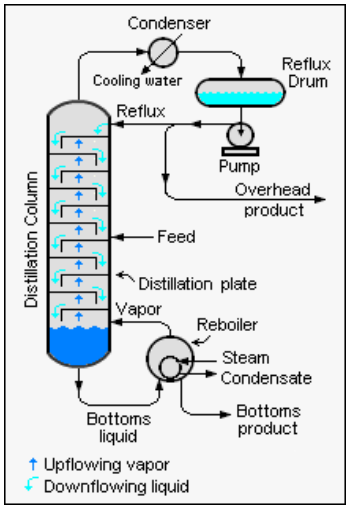


Figura 3: Esquema del funcionament d'una columna de destil·lació [4].

El funcionament es basa en que els productes més lleugers (punts d'ebullició més baixos) surten per la part superior de les columnes i els més pesats (punts d'ebullició més alts) per la part inferior. El cabal de líquid és escalfat al *reboiler*, i ja que el producte d'interès és més volàtil, la major part serà recirculada en forma de vapor a l'interior de la columna. Aquest vapor anirà perdent energia a l'estar en contacte amb el líquid.

Els composts pesats que hagin pogut quedar amb poca concentració en forma de vapor, seran condensats i retornats a la columna mitjançant el tanc de reflux, això aportarà una millor separació i per tant una major concentració del producte d'interès.

El rebliment que s'escull amb Aspen HYSYS és del tipus *Raul-Ring* d'acer inoxidable, que és el mateix tipus de rebliment que s'utilitza a les columnes d'absorció (**Figura 2**). Per poder determinar la grandària del rebliment, s'ha de tindre en compte que a mesura que aquest augmenta, l'eficàcia de la transferència de matèria disminueix i augmenten les pèrdues de càrrega. Aquest rebliment tindrá una configuració segons la **Taula 7**.

Taula 7: Característiques del rebliment *Raul-Ring* , Metal .

Grandària [mm]	25 x 0.4
Pes [kg/m^3]	310
Àrea de superfície [m^2/m^3]	215
Fracció de buit [%]	96

3.3.1 DC-201-3

L'objectiu d'aquesta columna és separar el corrent líquid provinent de la columna d'absorció d'òxid d'etilè. Aquest corrent s'ha de concentrar, ja que la majoria d'aquest és aigua. Al ser l'òxid d'etilè més volàtil que l'aigua, aquest es separat per caps i el corrent amb composició major d'aigua per cues. El corrent de cues és recirculat a la subàrea anterior, en concret a la columna d'absorció ja mencionada. D'aquesta forma es recupera l'aigua amb una petita concentració de producte que hagi pogut quedar. Les condicions d'operació d'aquesta columna d'absorció són les mostrades a la **Taula 8**.

Taula 8: Condicions d'operació de la columna DC-201-3.

Pressió d'operació [kPa]	101.3
Temperatura màxima d'operació [°C]	100

3.3.2 DC-202-3

L'objectiu d'aquesta columna és concentrar al màxim l'òxid d'etilè. El cabal d'aliment d'aquesta és el destil·lat de l'anterior amb una concentració molar del 0.980 i es treballa fins assolir una concentració de 0.995, és a dir, un producte quasi cent per cent pur. L'aliment que no es destil·la és recirculat al procés, en concret es porta a la columna d'absorció d'òxid d'etilè. Les condicions d'operació d'aquesta columna d'absorció són les mostrades a la **Taula 9**.

Taula 9: Condicions d'operació de la columna DC-202-3.

Pressió d'operació [kPa]	101.3
Temperatura màxima d'operació [°C]	10.5

3.3.3 DC-201-4

L'objectiu d'aquesta columna és separar el corrent líquid provinent de la columna *flash* anterior (FC-201-4). Principalment es vol separar el diòxid de carboni de l'amina (MEA) de forma que es recircula aquesta MEA per a utilitzar-la a la columna d'absorció adient. Així es genera un cicle tancat amb l'aprofitament d'aquest compost dissolt en aigua. D'altra banda s'obté el diòxid de carboni dissolt en aigua el qual s'haurà d'enviar a gestió externa.

Les condicions d'operació de d'aquesta columna d'absorció són les mostrades a la **Taula 10**.

Taula 10: Condicions d'operació de la columna DC-201-4.

Pressió d'operació [kPa]	110
Temperatura màxima d'operació [°C]	104

3.4 Columna *flash*

A la planta es necessita una columna *flash* a la part de tractament del diòxid de carboni, per separar l'oxigen, etilè i nitrogen (que surten per caps) de la MEA i diòxid de carboni (que surten per cues). Els que surten per cues es recirculen per barrejar-los amb els reactius i introduir-los un altre cop als reactors. Els que surten per caps, passen pel bescanviador E-203-4 i s'utilitzen per refredar un altre corrent de procés. Després de passar pels bescanviadors, aquest corrent és introduït a la columna DC-201-4.

L'objectiu d'una columna flash és separar líquid i vapor. Es basa en què un fluid que es troba a la temperatura de saturació entra en un tanc que es troba a menor pressió, fent que una part d'aquest fluid es converteixi en vapor (*flash*) degut a la diferència de pressió.

A les **Figures 4 i 5** es mostren dos esquemes d'una columna *flash*, un en vertical i l'altre en horitzontal.

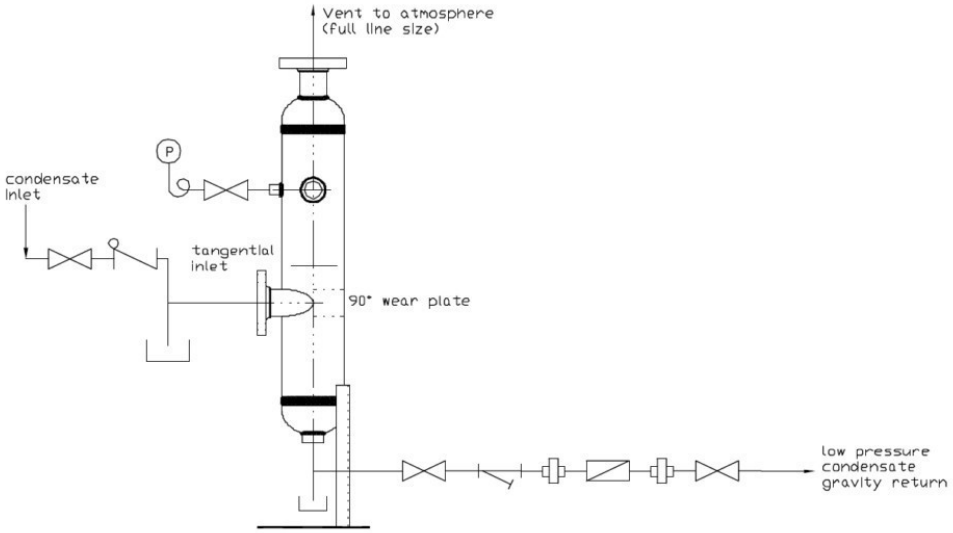


Figura 4: Columna *flash* en posició vertical [5].

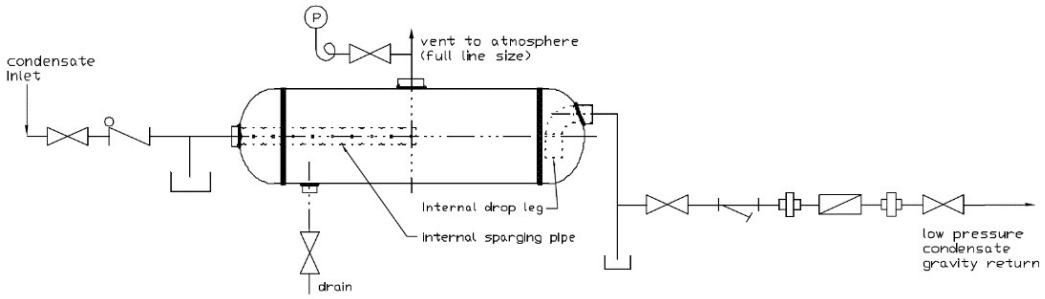


Figura 5: Columna *flash* en posició horitzontal [5].

3.5 Bescanviadors de calor

Els bescanviadors de calor són equips essencials per mantenir els corrents d'entrada dels diferents equips a la temperatura desitjada. En aquest procés són necessaris deu bescanviadors de calor, sense tenir en compte el número de carcasses ni les configuracions de cada unitat. S'ha seguit el mateix criteri a la representació dels bescanviadors en els PID, és a dir, s'ha representat una unitat de bescanvi per cada conjunt d'aquests equips. La configuració de cadascuna de les unitats es troba especificada al llistat d'equips per àrees inclòs en aquest mateix capítol.

Els bescanviadors que s'utilitzen a la planta són de carcassa i tubs, els quals són els més utilitzats a la indústria. Es classifiquen pel nombre de vegades que passa el fluid per la carcassa i pel nombre de vegades que passa el fluid pels tubs. En els bescanviadors de calor de pas múltiple s'utilitza un nombre parell de passos en el costat del tub i un pas o més pel costat de carcassa [6].

A la **Figura 6** es mostra un bescanviador de calor de carcassa i tubs 1-2, és a dir, el fluid circula un cop per la carcassa i el que es troba a l'interior dels tubs hi passa dos cops.

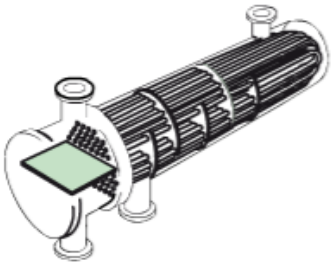


Figura 6: Bescanviador de carcassa i tubs 1-2 [6].

A la **Figura 7** es mostra el bescanviador, que segons les normes i estàndards TEMA, és de tipus BEM, que són els bescanviadors que s'utilitzen a la planta. A la mateixa figura s'observa per parts el bescanviador d'aquest tipus. És el disseny més simple i és construït sense juntes a la part de la carcassa. El feix de tubs és soldat a la carcassa, i els caps són collats al feix de tubs [7].

Aquest tipus té avantatges i limitacions:

- Avantatges:
  - Menys costós que dissenys de feix desmuntable.
  - Amb moltes opcions de disseny amb passos múltiples.
- Limitacions:
  - Només es pot netejar la carcassa amb una solució química.
  - Sense capacitat d'absorbir l'expansió tèrmica entre la closca exterior i el feix de tubs.

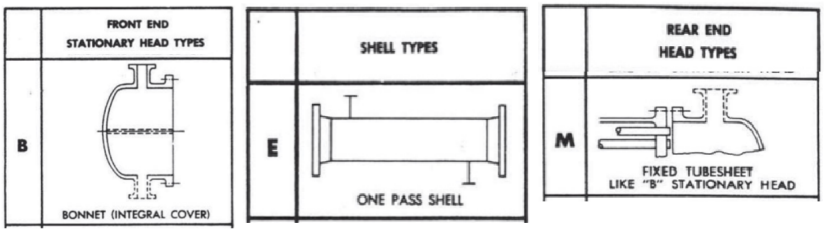


Figura 7: Bescanviador de tipus BEM [8].

3.6 Tancs d'emmagatzematge d'òxid d'etilè

L'òxid d'etilè és una substància extremadament perillosa perquè és explosiva, altament reactiva i summament inflamable (solucions aquoses que continguin més del 4% en pes d'òxid d'etilè són inflamables). A part, és tòxic i suposa un perill per a la salut i pel medi ambient. En estat pur o barrejat amb aire o gasos inerts pot descompondre's de forma explosiva. L'explosivitat depèn de la pressió, temperatura, concentració i del recipient en el qual s'emmagatzema, i del tipus, forma i energia de la font d'ignició.

En el cas d'una explosió, la pressió teòrica màxima és 10 cops la pressió inicial, però pot augmentar fins a 20 cops la pressió inicial si hi ha present òxid d'etilè en estat líquid. Això és degut al fet que l'òxid d'etilè líquid s'evapora i participa en la reacció de descomposició que té lloc a la fase gas. La reacció es manté degut a la constant evaporació del compost. La descomposició explosiva d'òxid d'etilè en tancs d'emmagatzematge pot ser suprimida si s'afegeix un gas inert. Aquest manté el tanc d'emmagatzematge a una pressió no explosiva. Aquest fenomen és conegut com a *blanketing* [9].

En conseqüència, el primer factor a tenir en compte a l'hora de dissenyar els tancs d'emmagatzematge d'òxid d'etilè són les condicions en les quals s'emmagatzemarà. En aquest cas el gas inert escollit per a dur a terme el procés de *blanketing* és el nitrogen. La **Figura 8** mostra la pressió total recomanada per a un emmagatzematge segur d'òxid d'etilè en funció de la temperatura després d'haver dut a terme el procés de *blanketing* amb nitrogen.

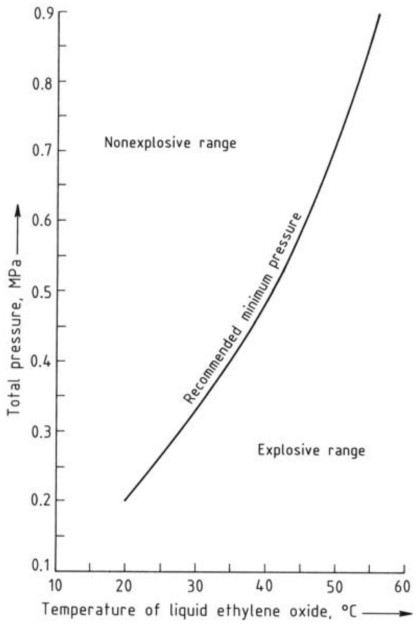


Figura 8: Pressió total recomanada per a un emmagatzematge segur d'òxid d'etilè en funció de la temperatura desprès d'haver fet *blanketing* amb nitrogen [9].

Tal com es pot observar a la **Figura 8**, la zona no explosiva és la situada a sobre de la corba. Per tant, per a parelles de valors de pressió i temperatura per sobre de la corba, l'òxid d'etilè es trobarà en condicions no explosives. Cal tenir en compte, que la normativa ITC MIE APQ-2, la qual fa especial referència a l'emmagatzematge d'òxid d'etilè, indica que els recipients d'emmagatzematge s'han de calcular per a una pressió de disseny no inferior a 4 bars. Per aquest motiu, les condicions d'operació triades són 4 bars i 20°C, de pressió i temperatura, respectivament.

Pel que fa al tipus de tanc, s'ha optat per un tanc cilíndric vertical sobre el nivell del terra degut a que presenta diversos avantatges respecte els tipus de tanc cilíndric horitzontal o l'esfèric. El tanc cilíndric vertical té menys potencial d'acumulació de polímer, l'impacte de flama és mínim i proporciona facilitat de supervisió de l'inventari.

La capacitat dels tancs també és un factor de disseny important a tenir en compte. És altament recomanable que un tanc d'emmagatzematge contingui el volum suficient com per poder omplir cisternes completes en una operació continua. D'aquesta manera es minimitzen les operacions de connexió i desconnexió amb els camions cisterna i es redueix l'exposició d'òxid d'etilè als treballadors i a l'atmosfera. S'ha dissenyat la capacitat dels tancs tenint en compte que habitualment les cisternes són de 32 tones.

A més a més, els tancs hauran de disposar de dues vàlvules de seguretat de manera que la capacitat de descàrrega, quedant una vàlvula en reserva, sigui suficient per a evacuar la descàrrega màxima previsible. Estaran connectades mitjançant un dispositiu que pugui deixar fora de servei a qualsevol de les vàlvules, acoblant simultàniament l'altra.

Per evitar fugues o vessaments, s'ha optat per construir un sistema de drenatge sota la zona d'emmagatzematge d'òxid d'etilè, el qual, dirigeix el líquid cap a una zona de contenció secundària situada lluny dels tancs. Aquest sistema es pot utilitzar per contenir abocaments d'òxid d'etilè o aigua de dilució.

Per una altre banda, cal tenir en compte, que l'òxid d'etilè té un alt risc de polimerització. La contaminació d'un tanc d'òxid d'etilè pot donar lloc a una reacció *Runaway*, la qual, és una reacció exotèrmica incontrolable que pot causar un possible esclat del recipient. Per evitar-ho, s'han d'implantar les mesures adequades per prevenir o mitigar aquest possible incident. A l'apartat corresponent del control dels tancs s'han definit totes les mesures de control emprades per evitar que es produeixi i per aturar-la en el cas de que es produís.

Per últim, s'ha decidit instal·lar un sistema de refrigeració als tancs d'òxid d'etilè, ja que presenta considerables avantatges. En primer lloc, si l'òxid d'etilè es contamina, el sistema de refrigeració pot retirar tota o part de la calor generada degut a la reacció, conseqüentment, és capaç d'alentir-la o ajudar a controlar-la. En segon lloc, permet que la pressió del gas inert sigui inferior. Per últim, el potencial de polimerització disminueix i la fracció d'òxid d'etilè evaporada en el cas d'una fuita és inferior. De totes maneres, cal tenir en compte que presenta un parell d'inconvenients. A temperatures baixes existeix la possibilitat de que l'òxid

d'etilè precipiti, i pot ser que pel fet de disposar d'un sistema de refrigeració no es detecti que s'està produint una reacció de tipus *Runaway*. De totes maneres, a l'apartat de control dels tancs s'expliquen amb detall les mesures que s'han tingut en compte per evitar tots dos inconvenients.

Els passos seguits per realitzar el disseny dels tancs d'emmagatzematge es mostren al manual de càlculs.

4 Equips de servei

En aquest apartat es recullen els equips de serveis, els quals, complementen els equips principals i són essencials per a garantir el bon funcionament de la planta de producció d'òxid d'etilè.

4.1 Bassa contra incendis

Per poder subministrar l'aigua necessària en cas d'incendi, es necessita una estació de bombeig. A la **Figura 9** es pot observar el model escollit. Aquest model anomenat Jockey, està dissenyat pel Col·legi d'Enginyers de Barcelona. Aquest sistema estarà connectat a un tanc d'emmagatzematge d'aigua d'acer galvanitzat i serà capaç de bombejar fins a 1000 m^3/h.

Figura 9: Sistema contra incendis elèctrica-dièsel-JOCKEY (EDJ) [10].

4.2 Descalcificador d'aigua

Per descalcificar l'aigua de xarxa, s'utilitzarà un descalcificador industrial de línia. A la **Figura 10** es pot observar aquest tipus descalcificador. Aquest està format per dos components interconnectats:

- **L'emissor:** és la part hidràulica i està formada per un conjunt de bobines que envolten la canonada d'acer de l'equip. Aquesta part és la que emet els polsos de radi electromagnètics de baixa freqüència.
- **El transformador:** és la part elèctrica i consisteix en un transformador de corrent especial que canvia la freqüència segons les condicions a l'aigua. Com per exemple la temperatura, la duresa, la pressió i el cabal de l'aigua.

Aquests dispositius tenen uns camps electromagnètics de baixa intensitat que, a partir de l'efecte de la ressonància, indueixen l'electricitat. D'aquesta manera, alteren la polaritat dels parells iònics de les sals de calci dissoltes a l'aigua fent que les partícules de calç quedin suspeses a l'aigua. En augmentar la temperatura es forma l'aragonita, que és escassament adherent, soluble en aigua i es desfà amb el simple arrossegament mecànic que es produeix en el transport de l'aigua per les canonades.

Figura 10: Descalcificador industrial de línia [11].

4.3 Sistema de membrana d'osmosi inversa

L'aigua desionitzada és l'aigua utilitzada en el procés. Per produir la quantitat que necessitem són necessaris dos equips:

- **Filtres:** Primerament, és necessari la utilització de filtres per eliminar part de les impureses de l'aigua, d'aquesta manera s'allarga la vida útil de les membranes d'osmosi inversa.
- **Membranes d'osmosi inversa:** gràcies a les membranes d'osmosi inversa, s'eliminen la major part de les sals i impureses de l'aigua.

Els equips presentats anteriorment, s'agrupen formant un de sol. A la **Figura 11** es pot observar el sistema de filtres i de la membrana d'osmosi inversa pel tractament de l'aigua.

Figura 11: Sistema de membrana d'osmosi inversa [12].

4.4 Torre de refrigeració

La torre de refrigeració és l'equip encarregat de refredar l'aigua necessària per a mantenir els equips en les condicions òptimes d'operació.

A la **Figura 12** s'observa un esquema del funcionament d'aquest tipus d'equip. L'avantatge d'aquesta mena de torres és que en ser modular, es pot ampliar la capacitat en cas de ser necessari, a més de ser molt econòmic el procés. El desavantatge és que en ser oberta, és necessari tenir en compte el possible creixement bacterià que es pugui donar.

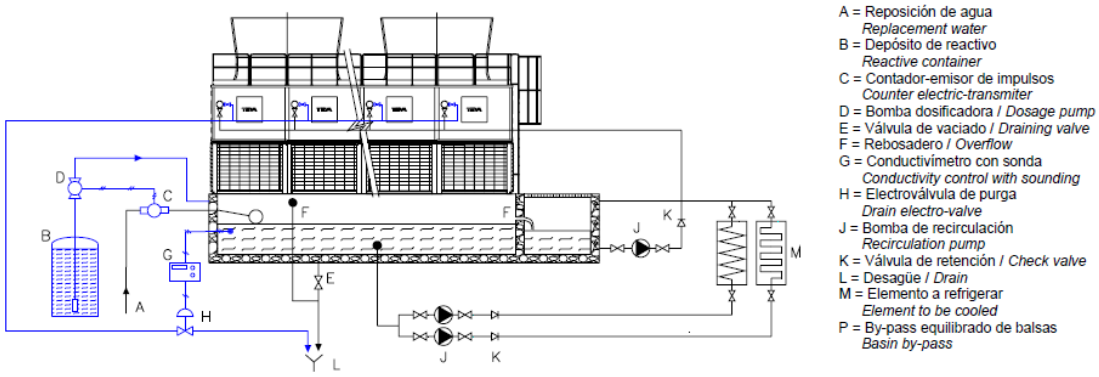


Figura 12: Instal·lació de torres de refrigeració situades sobre piscina de formigó [13].

El segon tipus d'equips que s'usa per a reduir la temperatura per sota dels 20 °C són els *chillers* com s'observa a la **Figura 13**.

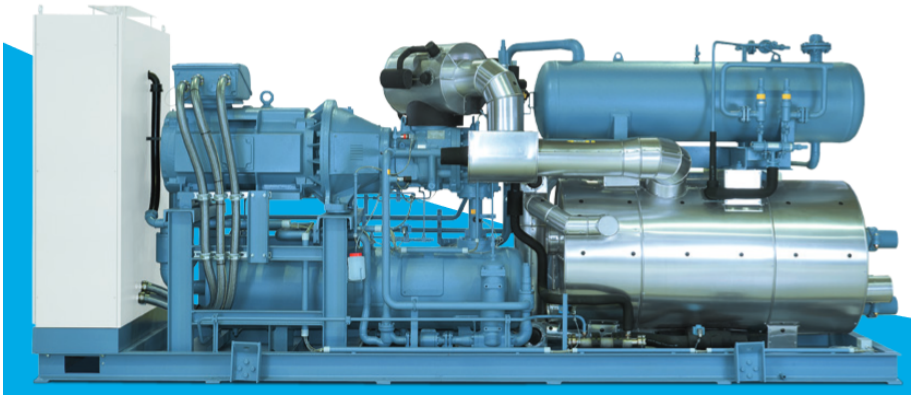


Figura 13: *Chiller* per la refrigeració a menys de 20 °C [14].

4.5 Caldera

La caldera s'utilitza principalment per a escalfar els diferents fluids tèrmics els quals requereixin una temperatura major a 150°C. Per a temperatures inferiors a 150°C s'utilitzarà el vapor d'aigua produït al reactor. En total, per a subministrar calor a tots els bescanviadors s'utilitza una configuració de 4 calderes en paral·lel de 20 MW cadascuna, veure la **Figura 14**.

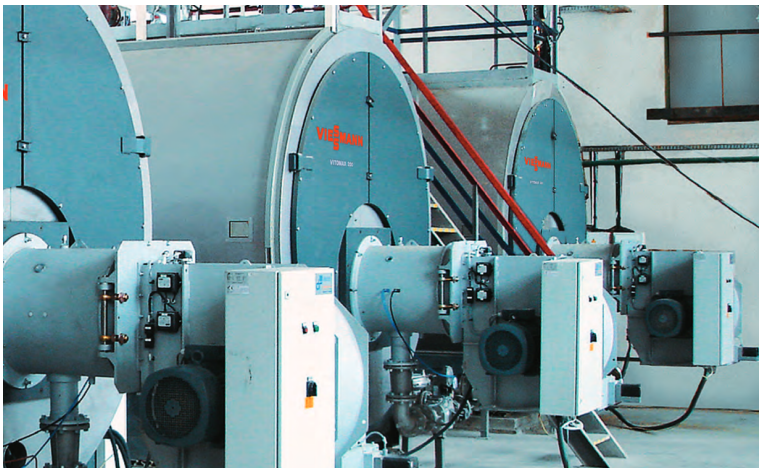


Figura 14: Caldera escalfar els fluids tèrmics [15].

4.6 Sistema d'aire comprimit

El sistema d'aire comprimit és necessari per al bon funcionament de les vàlvules de control i ha d'estar format per:

- Un compressor, on s'augmenta la pressió de l'aire mentre es redueix el seu volum.
- Un tanc pulmó, on emmagatzemar part de l'aire comprimit.
- Un assecador, per eliminar la humitat de l'aire.
- Una sèrie de filtres de línia, on s'eliminaran les partícules sòlides de l'aire.

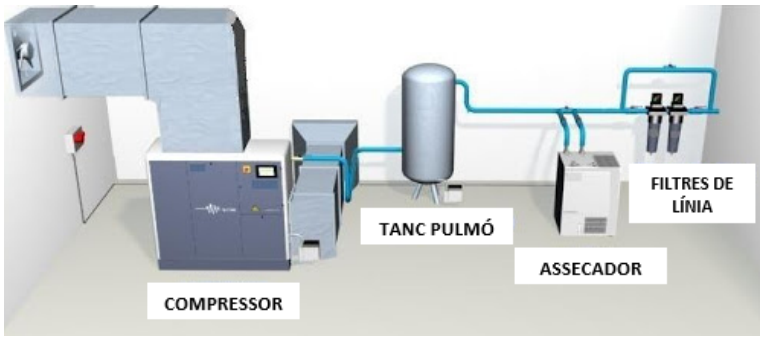


Figura 15: Sistema d'aire comprimit [16].

5 Llistat d'equips per àrees

	LLISTAT D'EQUIPS ÀREA 100				Full 1/1
	Planta de producció d'òxid d'etilè				Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Ítem	**Descripció**	**Paràmetres**		**Material**	**Observacions**
T-101 T-102 T-103 T-104 T-105 T-106	Tanc d'emmagatzematge	Volum [m^3]	255	SS 316	-
P-101A P-101B	Bomba	Potència [kW]	2.49	SS 316	-
P-102A P-102B	Bomba	Potència [kW]	1.07	SS 316	-
P-103A P-103B	Bomba	Potència [kW]	2.49	SS 316	-
P-104A P-104B	Bomba	Potència [kW]	1.07	SS 316	-
P-105A P-105B	Bomba	Potència [kW]	2.49	SS 316	-
P-106A P-106B	Bomba	Potència [kW]	1.07	SS 316	-
P-107A P-107B	Bomba	Potència [kW]	2.49	SS 316	-
P-108A P-108B	Bomba	Potència [kW]	1.07	SS 316	-
P-109A P-109B	Bomba	Potència [kW]	2.49	SS 316	-
P-110A P-110B	Bomba	Potència [kW]	1.07	SS 316	-
P-111A P-111B	Bomba	Potència [kW]	2.49	SS 316	-
P-112A P-112B	Bomba	Potència [kW]	1.07	SS 316	-

	LLISTAT D'EQUIPS SUBÀREA 200-1				Full 1/1
	Planta de producció d'òxid d'etilè				Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Ítem	**Descripció**	**Paràmetres**		**Material**	**Observacions**
E-201-1	Bescanviador	Àrea bescanvi [m^2]	13.1	SS 316	Una carcassa
		Calor bescanviat [kW]	1817		
K-201A-1 K-201B-1	Compressor	Potència [kW]	6813	SS 316	-
P-201A-1 P-201B-1	Bomba	Potència [kW]	1	SS 316	-

	LLISTAT D'EQUIPS SUBÀREA 200-2				Full 1/1
	Planta de producció d'òxid d'etilè				Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Ítem	**Descripció**	**Paràmetres**		**Material**	**Observacions**
R-201-2 R-202-2	Reactor	Volum [m^3]	97.02	SS 316	Multitubular, catalitzador α-alúmina
AC-201-2	Columna d'absorció	Alçada [m]	12.6	SS 316	Empacada amb rebliment (PALL)
		Pes [Tn]	17		
E-201-2	Bescanviador	Àrea bescanvi [m^2]	16.9	SS 316	Una carcassa
		Calor bescanviat [kW]	2223		
P-201A-2 P-201B-2	Bomba	Potència [kW]	1.2	SS 316	-
P-202A-2 P-202B-2	Bomba	Potència [kW]	1.2	SS 316	-
P-203A-2 P-203B-2	Bomba	Potència [kW]	22.4	SS 316	-
P-204A-2 P-204B-2	Bomba	Potència [kW]	34.2	SS 316	-

	LLISTAT D'EQUIPS SUBÀREA 200-3				Full 1/1
	Planta de producció d'òxid d'etilè				Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Ítem	**Descripció**	**Paràmetres**		**Material**	**Observacions**
DC-201-3	Columna de destil·lació	Alçada [m]	10.2	SS 316	Empacada amb rebliment (PALL)
		Pes [Kg]	2770		
DC-202-3	Columna de destil·lació	Alçada [m]	5.1	SS 316	Empacada amb rebliment (PALL)
		Pes [Kg]	558		
E-201-3	Bescanviador	Àrea bescanvi [m^2]	581	SS 316	Tres carcasses en paral·lel
		Calor bescanviat [kW]	25874		
E-202-3	Bescanviador	Àrea bescanvi [m^2]	2.00	SS 316	Una carcassa
		Calor bescanviat [kW]	12.6		
K-201A-3 K-201B-3	Compressor	Potència [kW]	17	SS 316	-
P-201A-3 P-201B-3	Bomba	Potència [kW]	6.4	SS 316	-
P-202A-3 P-202B-3	Bomba	Potència [kW]	0.40	SS 316	-
P-203A-3 P-203B-3	Bomba	Potència [W]	63	SS 316	-
P-204A-3 P-204B-3	Bomba	Potència [kW]	49	SS 316	-
P-205A-3 P-205B-3	Bomba	Potència [kW]	6.2	SS 316	-
P-206A-3 P-206B-3	Bomba	Potència [kW]	47.3	SS 316	-
P-207A-3 P-207B-3	Bomba	Potència [kW]	17.3	SS 316	-

	LLISTAT D'EQUIPS SUBÀREA 200-4				Full 1/2
	Planta de producció d'òxid d'etilè				Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Ítem	**Descripció**	**Paràmetres**		**Material**	**Observacions**
AC-201-4	Columna d'absorció	Alçada [m]	11.3	SS 316	Empacada amb rebliment (PALL)
		Pes [Tn]	28		
DC-201-4	Columna de destil·lació	Alçada [m]	6.3	SS 316	Empacada amb rebliment (PALL)
		Pes [Tn]	1		
FC-201-4	Columna flash	Alçada [m]	12	SS 316	-
		Pes [kg]	12351		
E-201-4	Bescanviador	Àrea bescanvi [m^2]	494	SS 316	Dues carcasses en paral·lel
		Calor bescanviat [kW]	11393		
E-202-4	Bescanviador	Àrea bescanvi [m^2]	1115	SS 316	Sis carcasses Tres paral·lel, dues sèrie
		Calor bescanviat [kW]	6709		
E-203-4	Bescanviador	Àrea bescanvi [m^2]	367	SS 316	Dues carcasses en paral·lel
		Calor bescanviat [kW]	7000		
E-204-4	Bescanviador	Àrea bescanvi [m^2]	886	SS 316	Dues carcasses en paral·lel
		Calor bescanviat [kW]	38706		
E-205-4	Bescanviador	Àrea bescanvi [m^2]	2.4	SS 316	Una carcassa
		Calor bescanviat [kW]	41.2		
E-206-4	Bescanviador	Àrea bescanvi [m^2]	60.8	SS 316	Una carcassa
		Calor bescanviat [kW]	4217		
K-201A-4 K-201B-4	Compressor	Potència [kW]	13883	SS 316	-
K-202A-4 K-202B-4	Compressor	Potència [kW]	7943	SS 316	-
K-203A-4 K-203B-4	Compressor	Potència [kW]	54	SS 316	-
P-201A-4 P-201B-4	Bomba	Potència [kW]	18.6	SS 316	-
P-202A-4 P-202B-4	Bomba	Potència [kW]	1.8	SS 316	-
P-203A-4 P-203B-4	Bomba	Potència [kW]	15.9	SS 316	-
P-204A-4 P-204B-4	Bomba	Potència [W]	5.46	SS 316	-

	LLISTAT D'EQUIPS SUBÀREA 200-4				Full 2/2
	Planta de producció d'òxid d'etilè				Ubicació: Polígon Industrial Gasos Nobles, Tarragona
Ítem	**Descripció**	**Paràmetres**		**Material**	**Observacions**
P-205A-4 P-205B-4	Bomba	Potència [W]	0.34	SS 316	-
P-206A-4 P-206B-4	Bomba	Potència [kW]	15.9	SS 316	-
P-207A-4 P-207B-4	Bomba	Potència [kW]	4.07	SS 316	-
P-208A-4 P-208B-4	Bomba	Potència [W]	27.5	SS 316	-
P-209A-4 P-209B-4	Bomba	Potència [kW]	30934	SS 316	-
P-210A-4 P-210B-4	Bomba	Potència [kW]	24	SS 316	-

6 Fulls d'especificacions

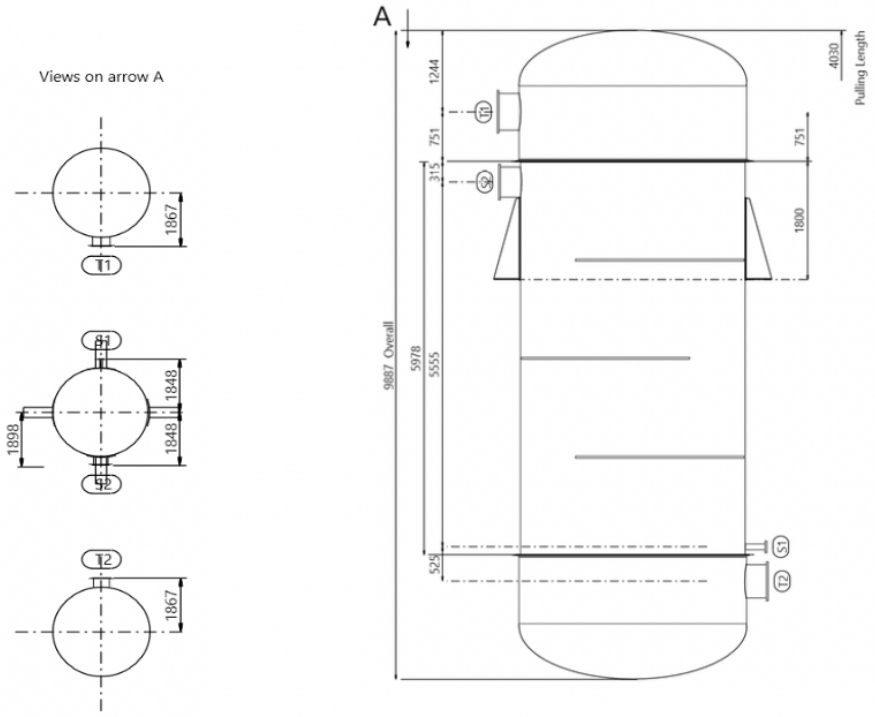
6.1 Reactor

FULL 1 DE 3					
				Reactor	
REVISAT PER: Departament d'enginyeria				ÀREA: 200-2	
DATA: 24/05/2020				PLANTA: Ranoxi	
APROVAT PER: Direcció General				UBICACIÓ: Tarragona	
DADES GENERALS					
ITEM	R-201-2, R-202-2				
OBJECTIU	Portar a terme la reacció per produir òxid d'etilè				
DIMENSIONS [mm]	3070-6000				
ÀREA DE BESCANVI [m²]	2800			**CONFIGURACIÓ**	2 en paral·lel
DADES D'OPERACIÓ					
				CARCASSA	**TUBS**
				ENTRADA / **SORTIDA**	**ENTRADA** / **SORTIDA**
FLUID				W / W	M2 / M3
VAPOR [kg/h]				0 / 163453	163453 / 163453
LIQUID [kg/h]				163453 / 0	0 / 0
TEMPERATURA D'OPERACIÓ [ºC]				25 / 150	240 / 240
PRESSIÓ D'OPERACIÓ [kPa]				110 / 476	1950 / 1950
DENSITAT VAPOR / LÍQUID [kg/m³]				- / 998.27 / 2.54 / -	12.43 / - / 12.43 / -
CALOR ESPECÍFIC DEL VAPOR / LÍQUID [kJ/kg·K]				- /4.18 / 2.39 / -	39.25 / - / 39.87 / -
CONDUCTIVITAT TÈRMICA VAPOR / LÍQUID [W/m·K]				- / 0.611 / 0.028/ -	0.0423 / - / 0.0417 / -
FACTOR D'EMBRUTAMENT [m²·K/W]				0.00018	0.00053
VELOCITAT [m/s]				20.39 / 24.19	39.51 / 41.78
CALOR INTERCAMBIADA [kW]				12500	
COEFICIENT GLOBAL D'INTERCANVI (W/m²·K)				35	
DADES DE DISSENY					
		CARCASSA	**TUBS**	**ESBÓS**	
PRESSIÓ DE DISSENY [kPa]		350	2300		
TEMPERATURA DE DISSENY [ºC]		200	350		
NÚMERO DE PASSOS		1	1		
CORROSIÓ ADMITIDA [mm]		3.18	3.18		
CONNEXIONS D'ENTRADA [mm]		63.5	508		
CONNEXIONS DE SORTIDA [mm]		406.4	508		
TUBS					
NÚMERO DE TUBS	4100	**OD [mm]**	35.75		
LONGITUD [mm]	6000	**GRUIX [mm]**	2		
PITCH [mm]	44.69	**PITCH**	TRIANGULAR		
MATERIAL	SS 316	Acer inoxidable			
CARCASSA					
ID [mm]	3070	**AÏLLAMENT**	Llana de roca	**BAFFLE CUT %**	25
OD [mm]	3096	**PES BUIT [kg]**	66483	**MATERIAL**	SS 316
NÚM DE BAFFLES	3	**PES AMB AIGUA [kg]**	121000	**CODI DE DISSENY**	ASME Code Sec VII Div 1

FULL 2 DE 3	Reactor
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	ÀREA: 200-2
DATA: 24/05/2020	PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	UBICACIÓ: Tarragona

DADES GENERALS			
ITEM	R-201-2, R-202-2		
OBJECTIU	Portar a terme la reacció per produir òxid d'etilè		
DIMENSIONS [mm]	3070-6000		
ÀREA DE BESCANVI [m²]	2800	**CONFIGURACIÓ**	2 en paral·lel
CATALITZADOR			
MATERIAL	Plata suportat amb α-alúmina	**POROSITAT LLIT**	0.5
ESTAT	Sòlid	**DENSITAT SÒLID [kg/m³]**	800
DIÀMETRE PARTÍCULA [mm]	5	**PES CATALITZADOR [kg]**	7800

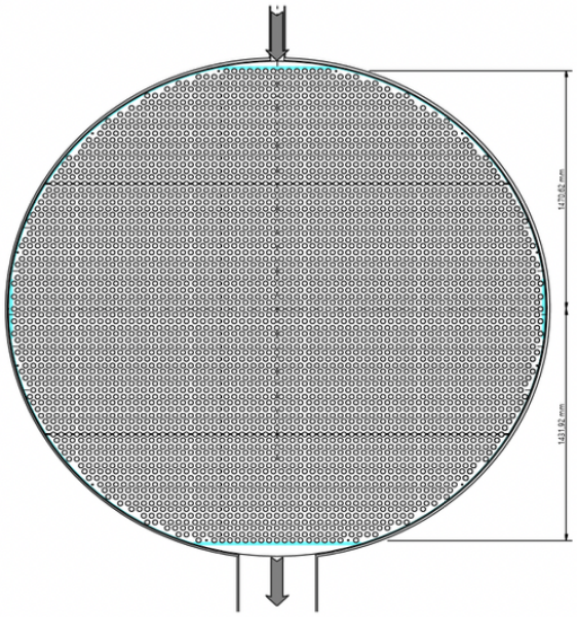
CONNEXIONS			
NOM	**DESCRIPCIÓ**	**NOM**	**DESCRIPCIÓ**
T1	20-SS-M2-205	S1	2 1/2-SS-W-219
T2	20-SS-M2-206	S2	16-SS-W-220

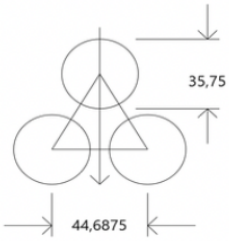


FULL 3 DE 3	Reactor
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	ÀREA: 200-2
DATA: 24/05/2020	PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	UBICACIÓ: Tarragona

DADES GENERALS			
ITEM	R-201-2, R-202-2		
OBJECTIU	Portar a terme la reacció per produir òxid d'etilè		
DIMENSIONS [mm]	3070-6000		
ÀREA DE BESCANVI [m2]	2800	CONFIGURACIÓ	2 en paral·lel

CONNEXIONS			
NOM	DESCRIPCIÓ	NOM	DESCRIPCIÓ
S1	2 1/2-SS-W-219	S2	16-SS-W-220



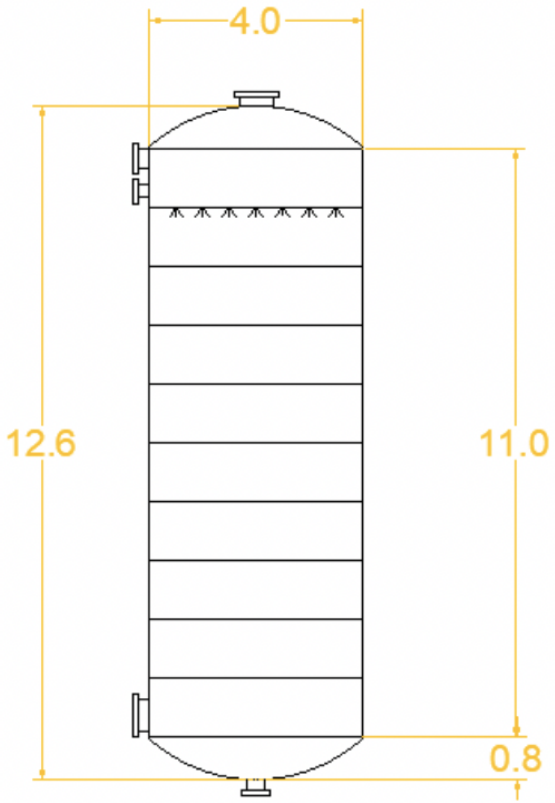


6.2 Columnes d'absorció

FULL 1 DE 2					Columna d'absorció
REVISAT PER: Departament d'enginyeria					ÀREA: 200-2
DATA: 24/05/2020					PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General					UBICACIÓ: Tarragona
REFERÈNCIA EQUIP					AC-201-2
DADES D'OPERACIÓ					
	ENTRADA		**SORTIDA**		
	(SUPERIOR)	**(INFERIOR)**	**(SUPERIOR)**	**(INFERIOR)**	
FLUID	Líquid	Gas	Líquid	Gas	
CABAL VOLUMÈTRIC (m^3/h)	542	498	562	478	
CABAL MÁSIC (Kg/h)	$5.4 \cdot 10^5$	$3.2 \cdot 10^5$	$5.6 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	
TEMPERATURA D'OPERACIÓ (ºC)	43				
PRESSIÓ D'OPERACIÓ (KPa)	1500				
DADES DE DISSENY					
NORMA DE DISSENY	ASME				
TIPUS DE COLUMNES	Empacada				
MATERIAL	Acer inoxidable (316 L)				
VOLUM COLUMNA (m^3)	154				
ETAPES D'EQUILIBRI	10				
TEMPERATURA DE DISSENY (ºC)	58				
PRESSIÓ DE DISSENY (KPa)	1696				
DIAMETRE INTERN (m)	4				
GEOMETRIA DELS CAPÇALS	Toriesfèrics				
ESPESOR MÍNIM CAP / CILINDRE / FONS (mm)	12.73 / 10.28 / 12.73				
ALÇADA CAP / CILINDRE / FONS (m)	0.8 / 11 / 0.8				
ALÇADA TOTAL (m)	12.6				
PES BUIT-PES SEC (Tn)	17				
PES AMB AIGUA (Tn)	186				
TIPUS DE REBLIMENT	Pall, metall				
MATERIAL DEL REBLIMENT	Acer inoxidable (316 L)				
DENSITAT DEL REBLIMENT (Kg/m^3)	310				
FRACCIÓ DE BUIT COLUMNA (%)	0.96				
PES DEL REBLIMENT (Kg)	1907				
MATERIAL AÏLLANT	Llana mineral				
ESPESOR MÍNIM DEL AÏLLANT (mm)	62.69				
EFICÀCIA SOLDADURA AÏLLANT	0.85				
CONNEXIONS	**DIAMETRE (in)**	Descripció			
C.1	24	Entrada de gas [línia 11]			
C.2	14	Entrada de líquid [línia 14]			
C.3	14	Sortida de líquid [línia 12]			
C.4	24	Sortida de gas [línia 13]			
C.5	10	Entrada recirculació líquid [línia 28]			

FULL 2 DE 2	Columna d'absorció
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	ÀREA: 200-2
DATA: 24/05/2020	PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	UBICACIÓ: Tarragona
REFERÈNCIA EQUIP	AC-201-2

ESQUEMA EQUIP

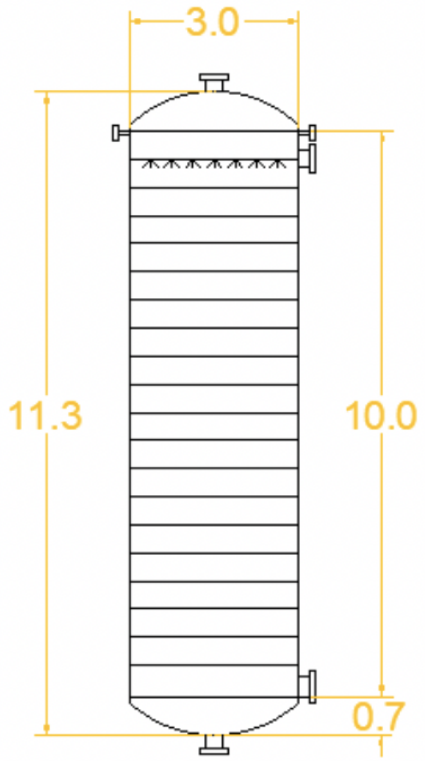


(*)Unitats de les cotes [m].

FULL 1 DE 2					Columna d'absorció CO_2
REVISAT PER: Departament d'enginyeria					ÀREA: 200-4
DATA: 24/05/2020					PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General					UBICACIÓ: Tarragona
REFERÈNCIA EQUIP					AC-201-4
DADES D'OPERACIÓ					
	ENTRADA		**SORTIDA**		
	(SUPERIOR)	**(INFERIOR)**	**(SUPERIOR)**	**(INFERIOR)**	
FLUID	Líquid	Gas	Líquid	Gas	
CABAL VOLUMÈTRIC (m^3/h)	378	665	385	659	
CABAL MÁSIC (Kg/h)	$3.7 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$3.8 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	
TEMPERATURA D'OPERACIÓ (ºC)	53				
PRESSIÓ D'OPERACIÓ (KPa)	5000				
DADES DE DISSENY					
NORMA DE DISSENY	ASME				
TIPUS DE COLUMNES	Empacada				
MATERIAL	Acer inoxidable (316 L)				
VOLUM (m^3)	80				
ETAPES D'EQUILIBRI	20				
TEMPERATURA DE DISSENY (ºC)	68				
PRESSIÓ DE DISSENY (KPa)	5500				
DIAMETRE INTERN (m)	3				
GEOMETRIA DELS CAPÇALS	Toriesfèrics				
ESPESOR MÍNIM CAP / CILINDRE / FONS (mm)	30.99 / 25.63 / 30.99				
ALÇADA CAP / CILINDRE / FONS (m)	0.7 / 10 / 0.7				
ALÇADA TOTAL (m)	11.3				
PES BUIT-PES SEC (Tn)	28				
PES AMB AIGUA (Tn)	117				
TIPUS DE REBLIMENT	Pall, metall				
MATERIAL DEL REBLIMENT	Acer inoxidable (316 L)				
DENSITAT DEL REBLIMENT (Kg/m^3)	310				
FRACCIÓ DE BUIT COLUMNA (%)	0.96				
PES DEL REBLIMENT (Kg)	997				
MATERIAL AÏLLANT	Llana mineral				
ESPESOR MÍNIM DEL AÏLLANT (mm)	62.75				
EFICÀCIA SOLDADURA AÏLLANT	0.85				
CONNEXIONS	**DIAMETRE (in)**	Descripció			
C.1	14	Entrada de gas [línia 55]			
C.2	12	Entrada de líquid [línia 92]			
C.3	12	Sortida de líquid [línia 56]			
C.4	12	Sortida de gas [línia 57]			
C.5	3	Entrada líquid (Loop) [línia 61]			
C.6	3	Sortida líquid (Loop) [línia 59]			

FULL 2 DE 2	Columna d'absorció CO_2
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	ÀREA: 200-4
DATA: 24/05/2020	PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	UBICACIÓ: Tarragona
REFERÈNCIA EQUIP	AC-201-4

ESQUEMA EQUIP



(*) Unitats de les cotes [m]

6.3 Columnes de destil·lació

FULL 1 DE 2	Columna de destil·lació
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	ÀREA: 200-3
DATA: 24/05/2020	PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	UBICACIÓ: Tarragona

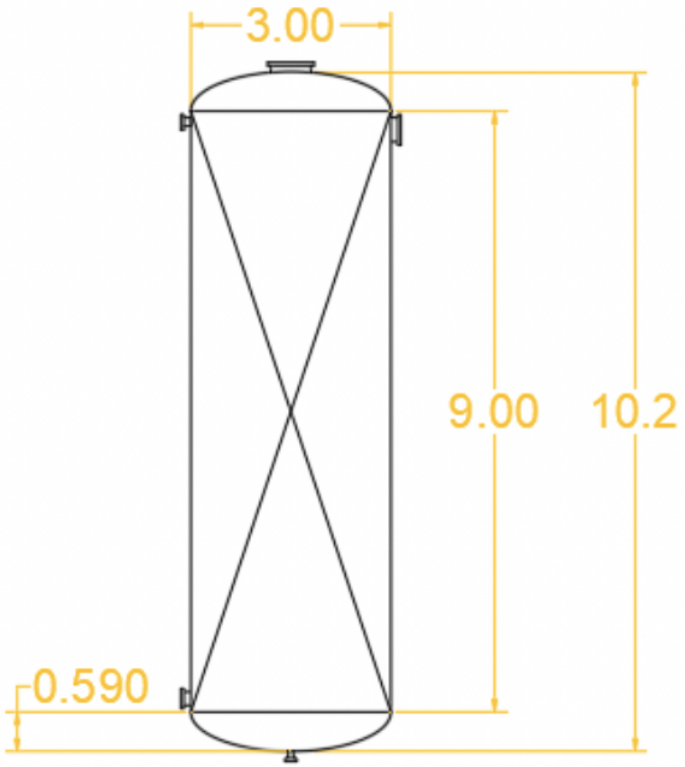
DADES GENERALS	
ITEM	DC-201-3
OBJECTIU	Purificar el producte d'interès.

DADES D'OPERACIÓ			
	ENTRADA	CAPS	CUES
NOM FLUID	M3	M3	W
CABAL TOTAL [kg/h]	558308	16270	542030
TEMPERATURA D'OPERACIÓ [ºC]	43.2	46.6	100
PRESSIÓ D'OPERACIÓ [kPa]	1500	101.3	101.3
RELACIÓ REFLUX	2		

DADES DE DISSENY	
NORMATIVA DISSENY	ASME
MATERIAL	Acer inoxidable (316 L)
CAPACITAT [m³]	64
PRESSIÓ DE DISSENY [kPa]	297
TEMPERATURA DE DISSENY [ºC]	115
DIÀMETRE EXTERN [m]	3.1
ALÇADA CAPÇAL SUPERIOR/ COS / INFERIOR [m]	0.6 / 9 / 0.6
GRUIX CAPÇAL SUPERIOR / COS / INFERIOR [mm]	1.67 / 3.09 / 1.67
ALÇADA TOTAL [m]	10.2
PES COLUMNA BUIDA [Kg]	2770
PES COLUMNA EN OPERACIÓ [Tn]	80
ETAPES D'EQUILIBRI	12
ETAPA D'ENTRADA D'ALIMENT	3
INTERNAL TYPE	Empacat (pall)
ALÇADA EMPACADA [m]	9
HETP (m)	0.9
MATERIAL EMPACAMENT	Metall (25-MM)
MASSA DE REBLIMENT [Kg]	789
AÏLLAMENT	Llana mineral
GRUIX AILLAMENT [mm]	64
VOLUM TOTAL D'AILLANT [m³]	3

DETALLS DE CONSTRUCCIÓ	
ORIENTACIÓ	Vertical
EFICÀCIA SOLDADURA	0.85
GEOMÈTRIA CAPÇALS	Toriesfèric
SUPORT	4 potes

FULL 2 DE 2	Columna de destil·lació
REVISAT PER: Departament d'Enginyeria	ÀREA: 200-3
DATA: 24/05/2020	PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	UBICACIÓ: TARRAGONA
ITEM	DC-201-3



(*)Unitats cotes [m].

FULL 1 DE 2	Columna de destil·lació
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	ÀREA: 200-3
DATA: 24/05/2020	PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	UBICACIÓ: Tarragona

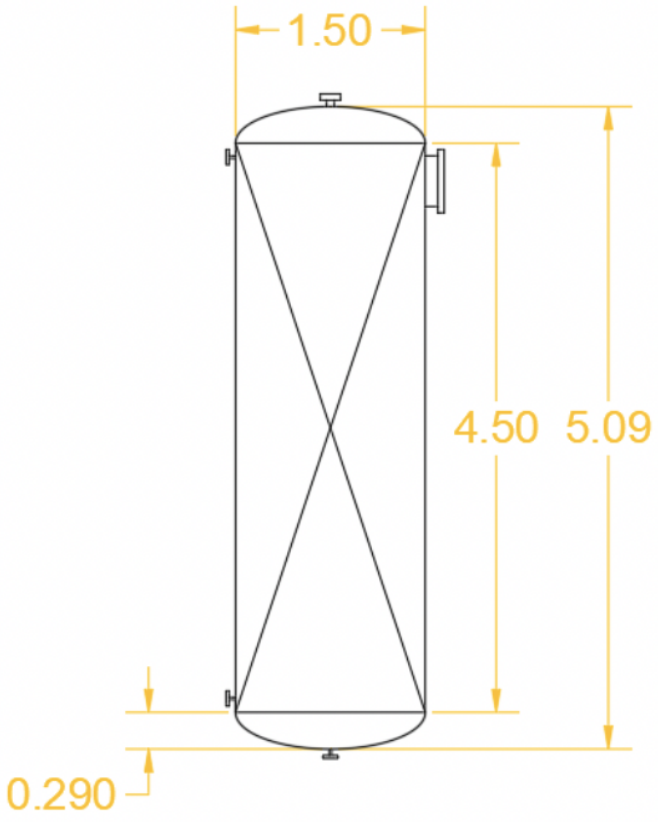
DADES GENERALS	
ITEM	DC-202-3
OBJECTIU	Purificar el producte d'interès.

DADES D'OPERACIÓ	ENTRADA	CAPS	CUES
NOM FLUID	M3	M6	M4
CABAL TOTAL [kg/h]	16270	192	16078
TEMPERATURA D'OPERACIÓ [ºC]	10.39	9.80	10.49
PRESSIÓ D'OPERACIÓ [kPa]	101.3	101.3	101.3
RELACIÓ REFLUX	55.00		

DADES DE DISSENY	
NORMATIVA DISSENY	ASME
MATERIAL	Acer inoxidable (316 L)
CAPACITAT [m³]	9
PRESSIÓ DE DISSENY [kPa]	297
TEMPERATURA DE DISSENY [ºC]	26
DIÀMETRE EXTERN [m]	1.5
ALÇADA CAPÇAL SUPERIOR/ COS / INFERIOR [m]	0.29 / 4.5 / 0.29
GRUIX CAPÇAL SUPERIOR / COS / INFERIOR [mm]	0.84 / 2.54 / 0.84
ALÇADA TOTAL [m]	5.1
PES COLUMNA BUIDA [Kg]	558
PES COLUMNA EN OPERACIÓ [Tn]	10
ETAPES D'EQUILIBRI	9
ETAPA D'ENTRADA D'ALIMENT	3
INTERNAL TYPE	Empacat (pall)
HETP (m)	0.6
ALÇADA EMPACADA [m]	4.5
MATERIAL EMPACAMENT	Metall (25-MM)
MASSA DE REBLIMENT [Kg]	99
AÏLLAMENT	Llana mineral
GRUIX AILLAMENT [mm]	64
VOLUM TOTAL D'AILLANT [m³]	0.79

DETALLS DE CONSTRUCCIÓ	
ORIENTACIÓ	Vertical
EFICÀCIA SOLDADURA	0.85
GEOMÈTRIA CAPÇALS	Toriesfèric
SUPORT	4 potes

FULL 2 DE 2	Columna de destil·lació
REVISAT PER: Departament d'Enginyeria	ÀREA: 200-3
DATA: 24/05/2020	PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	UBICACIÓ: TARRAGONA
ITEM	DC-202-3



(*)Unitats cotes [m].

FULL 1 DE 2	Columna de destil·lació
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	ÀREA: 200-4
DATA: 24/05/2020	PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	UBICACIÓ: Tarragona

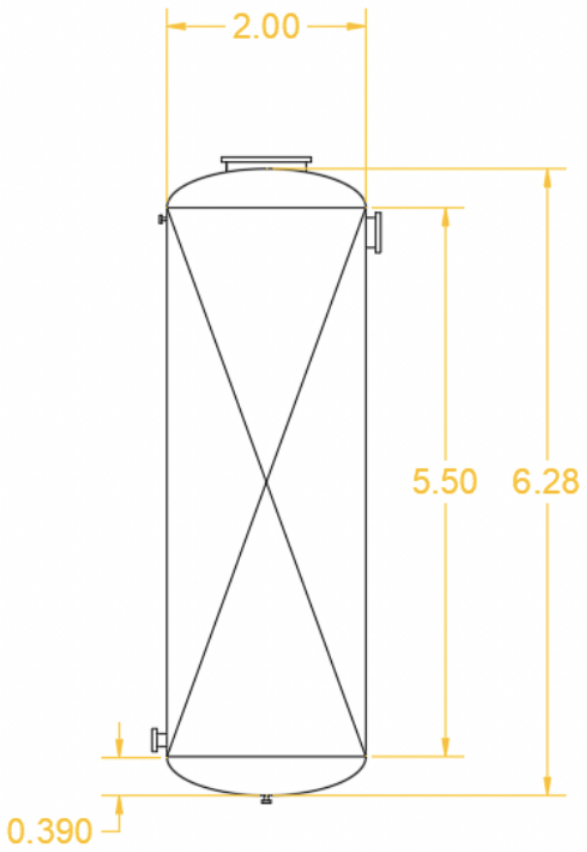
DADES GENERALS	
ITEM	DC-201-4
OBJECTIU	Separació del CO2 dels altres compostos d'interès.

DADES D'OPERACIÓ	ENTRADA	CAPS	CUES
NOM FLUID	M11	M9	M7
CABAL TOTAL [kg/h]	381403	13273	368131
TEMPERATURA D'OPERACIÓ [ºC]	110	110	110
PRESSIÓ D'OPERACIÓ [kPa]	102	101	104
RELACIÓ REFLUX	3		

DADES DE DISSENY	
NORMATIVA DISSENY	ASME
MATERIAL	Acer inoxidable (316 L)
CAPACITAT [m³]	19
PRESSIÓ DE DISSENY [kPa]	306
TEMPERATURA DE DISSENY [ºC]	119
DIÀMETRE EXTERN [m]	2
ALÇADA CAPÇAL SUPERIOR/ COS / INFERIOR [m]	0.4 / 5.5 / 0.4
GRUIX CAPÇAL SUPERIOR / COS / INFERIOR [mm]	1.15 / 2.75 / 1.15
ALÇADA TOTAL [m]	6.3
PES COLUMNA BUIDA [Tn]	1
PES COLUMNA EN OPERACIÓ [Tn]	22
ETAPES D'EQUILIBRI	21
ETAPA D'ENTRADA D'ALIMENT	6
INTERNAL TYPE	Empacat (pall)
ALÇADA EMPACADA [m]	5.5
HETP (m)	0.3
MATERIAL EMPACAMENT	Metall (25-MM)
MASSA DE REBLIMENT [Kg]	214
AÏLLAMENT	Llana mineral
GRUIX AILLAMENT [mm]	64
VOLUM TOTAL D'AILLANT [m³]	1.3

DETALLS DE CONSTRUCCIÓ	
ORIENTACIÓ	Vertical
EFICÀCIA SOLDADURA	0.85
GEOMÈTRIA CAPÇALS	Toriesfèric
SUPORT	4 potes

FULL 2 DE 2	Columna de destil·lació
REVISAT PER: Departament d'Enginyeria	ÀREA: 200-4
DATA: 4/05/2020	PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	UBICACIÓ: TARRAGONA
ITEM	DC-201-4

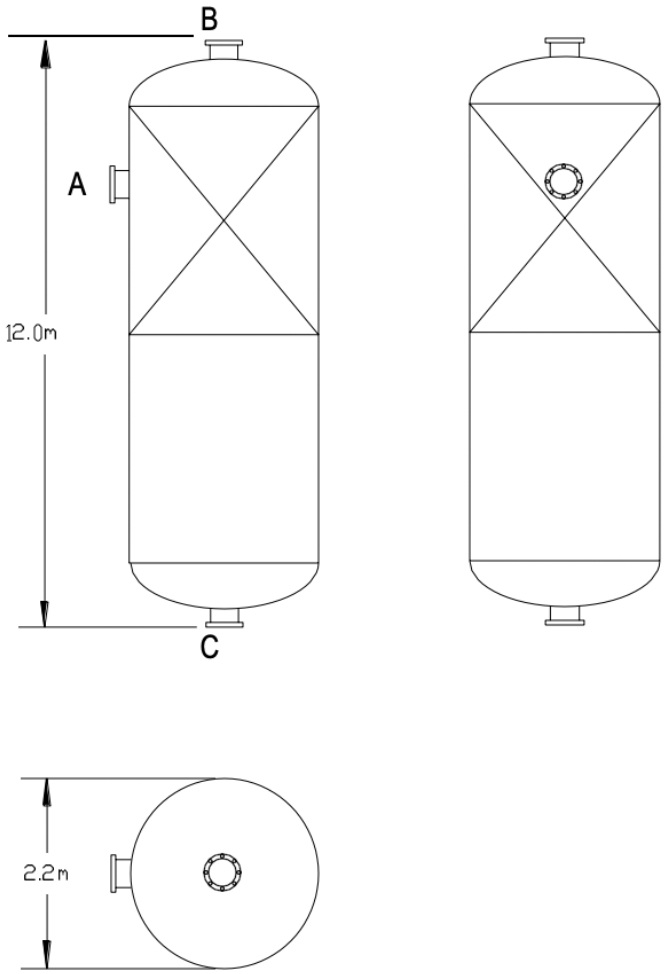


(*) Unitats cotes [m].

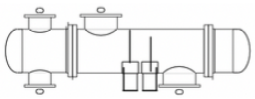
6.4 Columna *flash*

FULL 1 DE 2		Columna Flash	
REVISAT PER: Departament d'enginyeria		ÀREA: 200-4	
DATA: 24/05/2020		PLANTA: Ranoxi	
APROVAT PER: Direcció General		UBICACIÓ: Tarragona	
ITEM	FC-201-4	**QUANTITAT**	1
DESCRIPCIÓ	Serveix per separar l'oxigen en el tractament de CO2.		
DADES GENERALS			
	ENTRADA	**SORTIDA**	
		CAPS	**CUES**
NOM DEL FLUID	M10	M2	M11
CABAL VOLUMÈTRIC [m³/h]	385	344	384
TEMPERATURA D'OPERACIÓ [ºC]	53	54	54
PRESSIÓ D'OPERACIÓ [kPa]	5000	110	110
DENSITAT [kg/m³]	1037	1.096	1038
DADES GENERALS			
CODI DE DISSENY	ASME Code Sec VII Div 1		
ORIENTACIÓ TANC	Vertical		
TEMPS DE RESIDÈNCIA DEL LIQUID [h]	0.14		
TEMPERAUTRA DE DISSENY [ºC]	59		
PRESSIÓ DE DISSENY [kPa]	5087		
MATERIAL	SS 316		
SOBREESPESSOR PER CORROSSIÓ [mm]	2		
VOLUM [m³]	50		
PES [kg]	12351		
PLE D'AIGUA [kg]	61041		
DIAMETRE INTERN [m]	2.16		
DIAMETRE EXTERN [m]	2.20		
ESPESSOR MÍNIM CAP / CILINDRE / FONS [mm]	20.63 / 15.48 / 20.63		
ALÇADA [m]	12		
GEOMETRÍA CAPS	Toriesfèrics		
SUPPORTS	Fadón		
REVESTIMENT INTERIOR	PTFE		
AÏLLANT INTERIOR	PTFE		
AÏLLANT EXTERIOR	Llana de roca		
ESPESSOR AÏLLANT [mm]	2.75		
REALCIÓ CONNEXIÓ			
ID	**FINALITAT**		
A	Entrada		
B	Sortida del gas		
C	Sortida del líquid		
OBSERVACIONS			

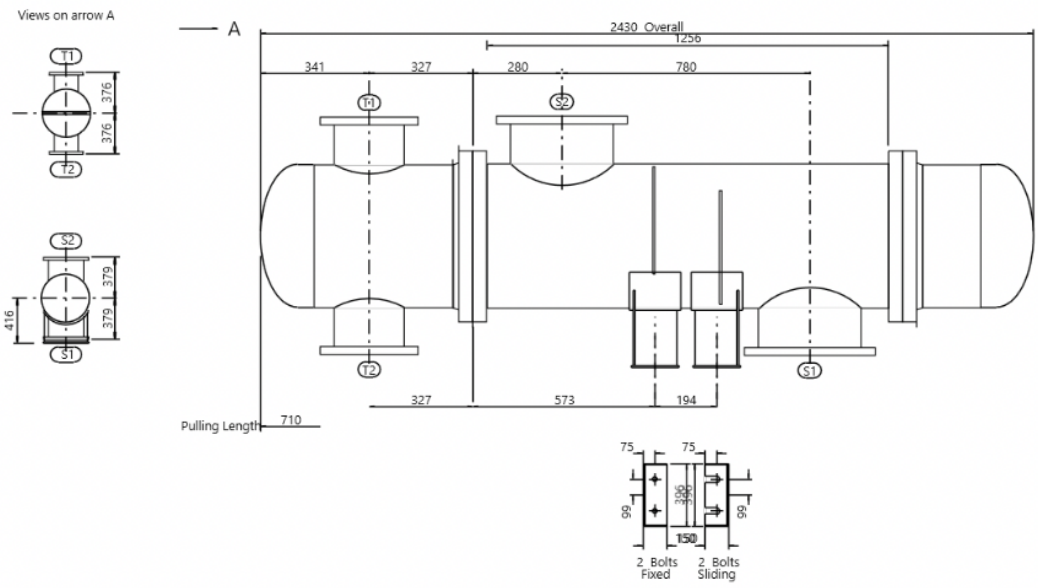
FULL 2 DE 2	Columna Flash
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	ÀREA: 200-4
DATA: 24/05/2020	PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	UBICACIÓ: Tarragona
ITEM: FC-201-4	QUANTITAT:1

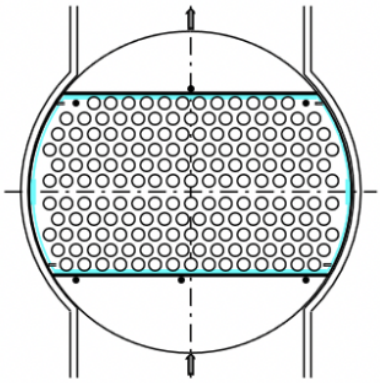


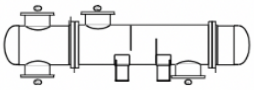
6.5 Bescanviadors

FULL 1 DE 2					
ranoxi		**Bescanviador de calor**			
REVISAT PER: Departament d'enginyeria		**ÀREA:** 200-1			
DATA: 24/05/2020		**PLANTA:** Ranoxi			
APROVAT PER: Direcció General		**UBICACIÓ:** Tarragona			
DADES GENERALS					
ITEM	E-201-1	**QUANTITAT**		1	
OBJECTIU	Serveix per escalfar els reactius abans d'entrar en el mesclador				
DIMENSIONS [mm]	438 – 1350	**TIPUS**	BEM	Horitzontal	
ÀREA DE BESCANVI [m²]	13.1	1 Carcassa		CONNECTAT: 1 paral·lel 1 sèrie	
DADES D'OPERACIÓ					
		CARCASSA		**TUBS**	
		ENTRADA	**SORTIDA**	**ENTRADA**	**SORTIDA**
NOM FLUID		Aigua		Solució orgànica	
CABAL TOTAL [kg/h]		15036		49684	
VAPOR [kg/h]		0	0	49684	49684
LIQUID [kg/h]		15036	15036	0	0
TEMPERATURA D'OPERACIÓ [ºC]		25	130	363	240
PRESSIÓ D'OPERACIÓ [kPa]		500	500	1950	1950
DENSITAT VAPOR / DENSITAT LÍQUID [kg/m³]		/ 1007.61	/ 923.09	11.24 /	12.04 /
CALOR ESPECÍFIC DEL VAPOR /CALOR ESPECÍFIC DEL LÍQUID [kJ/kg·K]		/ 4.2	/ 4.249	1.655 /	1.559 /
CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL VAPOR / CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL LÍQUID [W/m·K]		/ 0.611	/ 0.6874	0.0556 /	0.0482 /
FACTOR D'EMBRUTAMENT [m²·K/W]		0.00018		0.00053	
VELOCITAT [m/s]		0.11 / 0.13		70.29 / 75.14	
CALOR INTERCAMBIADA [kW]		1817.4	**DTML [ºC]**	255.84	
COEFICIENT GLOBAL D'INTERCANVI [W/m²·K]		1023.8			
DADES DE DISSENY					
		CARCASSA	**TUBS**	**ESBÓS**	
PRESSIÓ DE DISSENY [kPa]		600	2400		
TEMPERATURA DE DISSENY [ºC]		410	410		
NÚMERO DE PASSOS		1	2		
CORROSIÓ ADMITIDA [mm]		0	0		
CONNEXIONS D'ENTRADA [mm]		304.8	202.72		
CONNEXIONS DE SORTIDA [mm]		304.8	202.72		
MATERIAL		SS 316		Acer inoxidable	
NÚMERO DE TUBS	174	**OD [mm]**	19.05	**GRUIX [mm]**	1.65
LONGITUD [mm]	1350	**PITCH**	Triangular	**TIPUS DE TUB**	Pla
PATRÓ DEL TUB		30			
CARCASSA		**ID [mm]**	438.15	**OD [mm]**	457.2
NÚM DE BAFFLES	2	**BAFFLE CUT (%d)**	22.03	**ESPAIAT [mm]**	210
BAFFLE CROSS	SS 304	**TIPUS**		Single segmental	
CODI DE DISSENY	ASME Code Sec VII Div 1	**CLASSE TEMA**		R - servei de refineria	
PES CARCASSA [kg]	842.4	**PLE D'AIGUA [kg]**	1137.8	**FEIX [kg]**	308
AÏLLAMENT	Llana de roca	**GRUIX [mm]**		19.05	

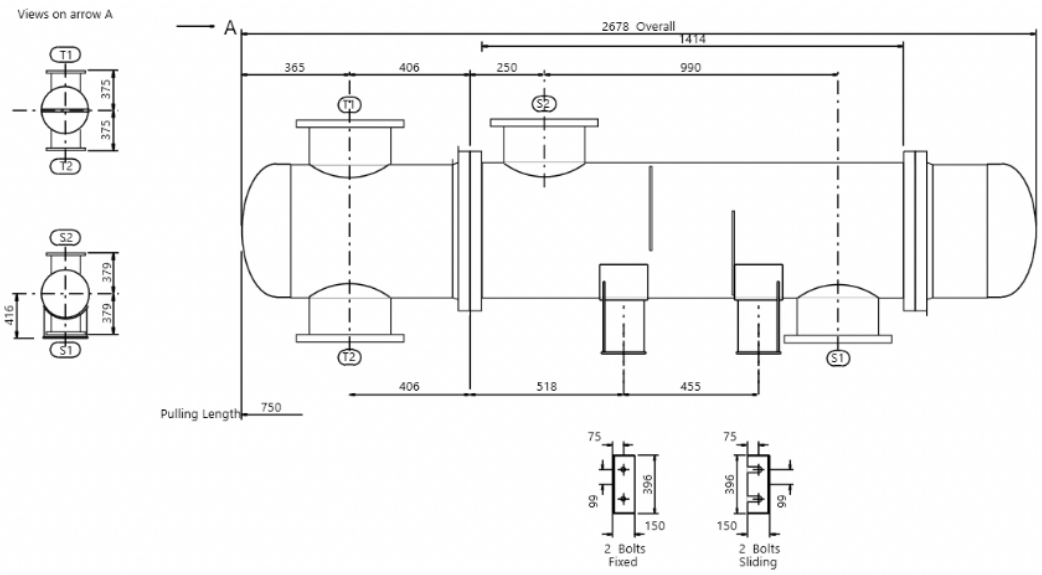
FULL 2 DE 2	Bescanviador de calor
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	ÀREA: 200-1
DATA: 24/05/2020	PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	UBICACIÓ: Tarragona
ITEM: E-201-1	QUANTITAT: 1

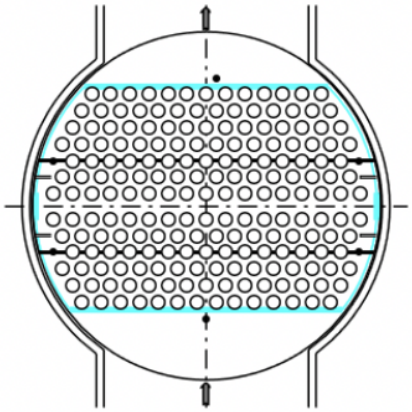




FULL 1 DE 2					
ranoxi		**Bescanviador de calor**			
REVISAT PER: Departament d'enginyeria		**ÀREA:** 200-2			
DATA: 24/05/2020		**PLANTA:** Ranoxi			
APROVAT PER: Direcció General		**UBICACIÓ:** Tarragona			
DADES GENERALS					
ITEM	E-201-2	**QUANTITAT**		1	
OBJECTIU	Serveix per refredar el corrent que surt de productes, reactius i subproductes dels reactors de 240 ºC a 100 ºC.				
DIMENSIONS [mm]	438 - 1500	**TIPUS**	BEM	Horitzontal	
ÀREA DE BESCANVI [m²]	16.9	1 Carcassa		CONNECTAT: 1 paral·lel 1 sèrie	
DADES D'OPERACIÓ					
		CARCASSA		**TUBS**	
		ENTRADA	**SORTIDA**	**ENTRADA**	**SORTIDA**
NOM FLUID		Aigua		Solució orgànica	
CABAL TOTAL [kg/h]		353750		327098	
VAPOR [kg/h]		0	0	327098	327098
LIQUID [kg/h]		353750	353750	0	0
TEMPERATURA D'OPERACIÓ [ºC]		25	80	240	100
PRESSIÓ D'OPERACIÓ [kPa]		500	500	1818	1850
DENSITAT VAPOR / DENSITAT LÍQUID [kg/m³]		/ 998.27	/ 973.44	12.12 /	5.9 /
CALOR ESPECÍFIC DEL VAPOR /CALOR ESPECÍFIC DEL LÍQUID [kJ/kg·K]		/ 4.192	/ 4.188	1.397 /	1.384 /
CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL VAPOR / CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL LÍQUID [W/m·K]		/ 0.6004	/ 0.6626	0.0415 /	0.0400 /
FACTOR D'EMBRUTAMENT [m²·K/W]		0.00018		0.00053	
VELOCITAT [m/s]		0.21 / 0.23		511.88 / 798.96	
CALOR INTERCAMBIADA [kW]		2223	**DTML [ºC]**	113	
COEFICIENT GLOBAL D'INTERCANVI [W/m²·K]		1912.7			
DADES DE DISSENY					
		CARCASSA	**TUBS**	**ESBÓS**	
PRESSIÓ DE DISSENY [bar]		600	2000		
TEMPERATURA DE DISSENY [ºC]		275	275		
NÚMERO DE PASSOS		1	2		
CORROSIÓ ADMITIDA [mm]		0	0		
CONNEXIONS D'ENTRADA [mm]		254.51	254.51		
CONNEXIONS DE SORTIDA [mm]		254.51	254.51		
MATERIAL		SS 316		Acer inoxidable	
NÚMERO DE TUBS	199	**OD [mm]**	19.05	**GRUIX [mm]**	1.65
LONGITUD [mm]	1500 **PITCH**	Triangular	**TIPUS DE TUB**	Pla	
PATRÓ DEL TUB		30			
CARCASSA		**ID [mm]**	438.15	**OD [mm]**	457.2
NÚM DE BAFFLES	2 **BAFFLE CUT [%d]**	36.96	**ESPAIAT [mm]**	280	
BAFFLE CROSS	SS 316	**TIPUS**		Single segmental	
CODI DE DISSENY	ASME Code Sec VII Div 1	**CLASSE TEMA**		R - servei de refineria	
PES CARCASSA [kg]	854.2 **PLE D'AIGUA [kg)]**	1178.8	**FEIX [kg]**	330	
AÏLLAMENT	Llana de roca	**GRUIX [mm]**		19.06	

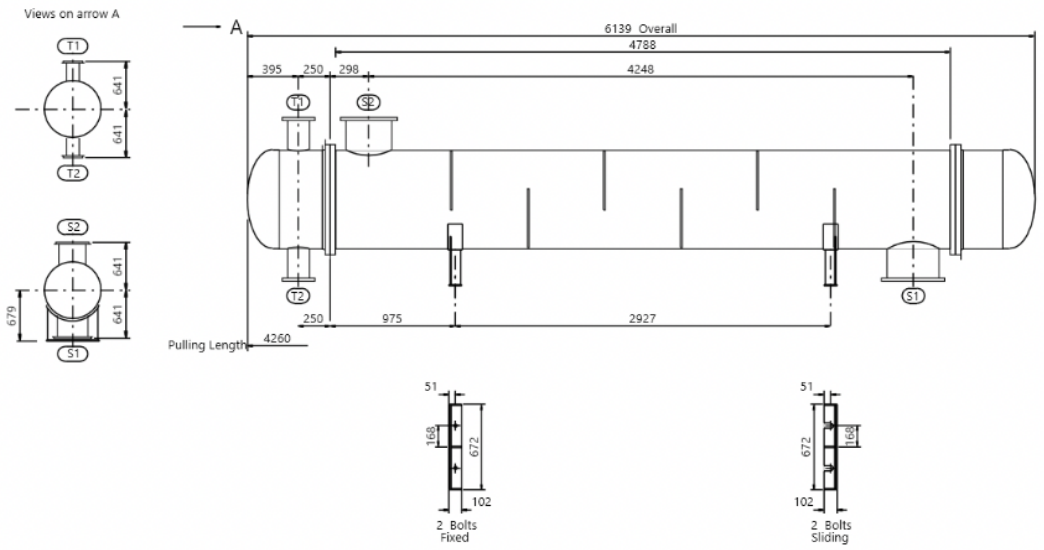
FULL 2 DE 2	Bescanviador de calor
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	**ÀREA:** 200-2
DATA: 24/05/2020	**PLANTA:** Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	**UBICACIÓ:** Tarragona
ITEM: E-201-2	**QUANTITAT:** 1

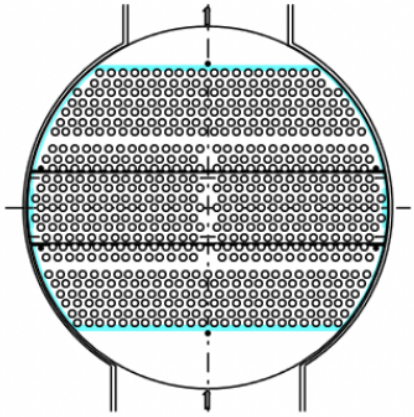


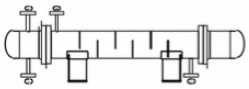


FULL 1 DE 2					
ranoxi		**Bescanviador de calor**			
REVISAT PER: Departament d'enginyeria		**ÀREA:** 200-3			
DATA: 24/05/2020		**PLANTA:** Ranoxi			
APROVAT PER: Direcció General		**UBICACIÓ:** Tarragona			
DADES GENERALS					
ITEM	E-201-3	**QUANTITAT**		1	
OBJECTIU	Serveix per refredar l'aigua que surt de la primera columna de destil·lació per recircular-ho a l'absorbidor.				
DIMENSIONS [mm]	762 – 4876.8	**TIPUS**	BEM	Horitzontal	
ÀREA DE BESCANVI [m²]	581.1	3 Carcassa		CONNECTAT: 3 paral·lel 1 sèrie	
DADES D'OPERACIÓ					
		CARCASSA		**TUBS**	
		ENTRADA	**SORTIDA**	**ENTRADA**	**SORTIDA**
NOM FLUID		DRTM-J		Solució orgànica	
CABAL TOTAL [kg/h]		1620000		271015	
VAPOR [kg/h]		0	0	0	0
LIQUID [kg/h]		1620000	1620000	271015	271015
TEMPERATURA D'OPERACIÓ [ºC]		-20	15	100	25
PRESSIÓ D'OPERACIÓ [kPa]		507	457	101	101
DENSITAT VAPOR / DENSITAT LÍQUID [kg/m³]		/ 893.32	/ 867.99	/ 958.96	/ 998.27
CALOR ESPECÍFIC DEL VAPOR /CALOR ESPECÍFIC DEL LÍQUID [kJ/kg·K]		/ 1.712	/ 1.809	/ 4.195	/ 4.192
CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL VAPOR / CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL LÍQUID [W/m·K]		/ 0.1352	/ 0.1327	/ 0.6774	/ 0.6004
FACTOR D'EMBRUTAMENT [m²·K/W]		0.00018		0.00018	
VELOCITAT [m/s]		1.25 / 1.33		0.78 / 0.83	
CALOR INTERCAMBIADA [kW]		25874.3	**DTML [ºC]**	63	
COEFICIENT GLOBAL D'INTERCANVI [W/m²·K]		1277.5			
DADES DE DISSENY					
		CARCASSA	**TUBS**	**ESBÓS**	
PRESSIÓ DE DISSENY [kPa]		621	345		
TEMPERATURA DE DISSENY [ºC]		55	138		
NÚMERO DE PASSOS		1	4		
CORROSIÓ ADMITIDA [mm]		0	0		
CONNEXIONS D'ENTRADA [mm]		406.4	152.4		
CONNEXIONS DE SORTIDA [mm]		355.6	152.4		
MATERIAL		SS 316		Acer inoxidable	
NÚMERO DE TUBS	676	**OD [mm]**	19.05	**GRUIX [mm]**	1.65
LONGITUD [mm]	4876.8	**PITCH**	Triangular	**TIPUS DE TUB**	Pla
PATRÓ DEL TUB		30			
CARCASSA		**ID [mm]**	762	**OD [mm]**	774.7
NÚM DE BAFFLES	3	**BAFFLE CUT [%d]**	40	**ESPAIAT [mm]**	596.9
BAFFLE CROSS	SS 316	**TIPUS**		Single segmental	
CODI DE DISSENY	ASME Code Sec VII Div 1	**CLASSE TEMA**		R - servei de refineria	
PES CARCASSA [kg]	3887.5	**PLE D'AIGUA [kg]**	6143.2	**FEIX [kg]**	2744.1
AÏLLAMENT	Llana de roca	**GRUIX [mm]**		12.70	

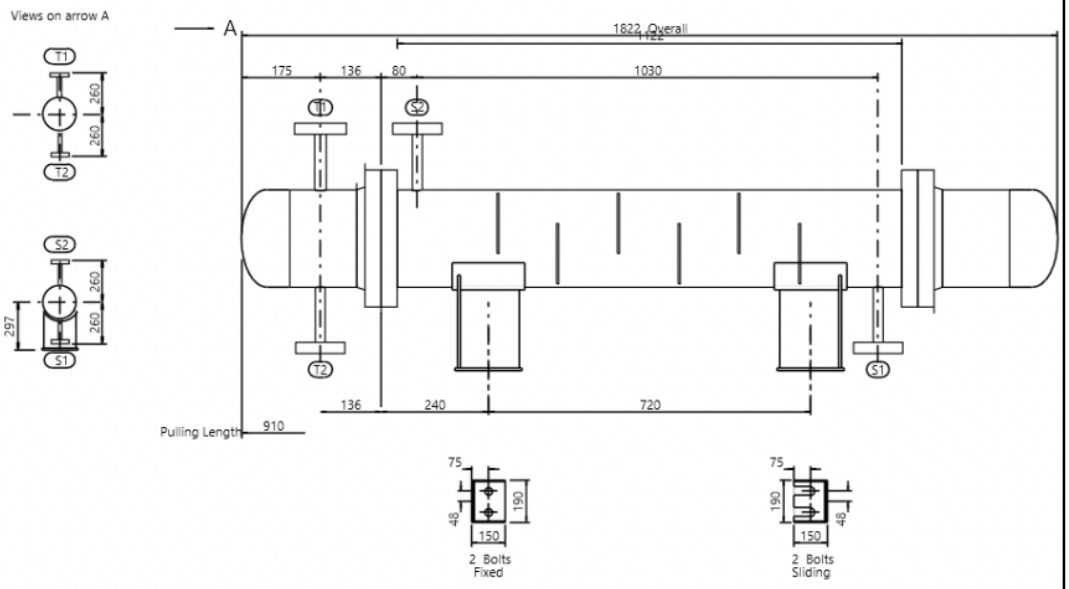
FULL 2 DE 2	Bescanviador de calor
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	**ÀREA:** 200-3
DATA: 24/05/2020	**PLANTA:** Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	**UBICACIÓ:** Tarragona
ITEM: E-201-3	**QUANTITAT:** 1

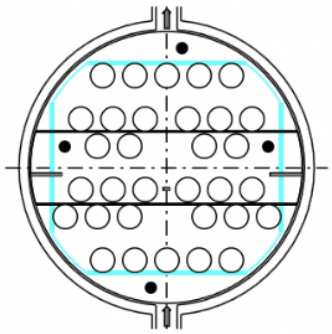




FULL 1 DE 2						
		Bescanviador de calor				
REVISAT PER: Departament d'enginyeria		**ÀREA:** 200-3				
DATA: 24/05/2020		**PLANTA:** Ranoxi				
APROVAT PER: Direcció General		**UBICACIÓ:** Tarragona				
DADES GENERALS						
ITEM	E-202-3	**QUANTITAT**		1		
OBJECTIU	Serveix per refredar els gasos que surten de la segona columna de destil·lació.					
DIMENSIONS [mm]	205 - 1200	**TIPUS**	BEM	Horitzontal		
ÀREA DE BESCANVI [m²]	2	1 Carcassa		CONNECTAT: 1 paral·lel 1 sèrie		
DADES D'OPERACIÓ						
		CARCASSA		**TUBS**		
		ENTRADA	**SORTIDA**	**ENTRADA**	**SORTIDA**	
NOM FLUID		Aigua		Solució orgànica		
CABAL TOTAL [kg/h]		450		192		
VAPOR [kg/h]		0	0	192	192	
LIQUID [kg/h]		450	450	0	0	
TEMPERATURA D'OPERACIÓ [ºC]		25	49	247	100	
PRESSIÓ D'OPERACIÓ [kPa]		507	507	1900	1842	
DENSITAT VAPOR / DENSITAT LÍQUID [kg/m³]		/ 1000.46	/ 989.29	14.55 /	24.71 /	
CALOR ESPECÍFIC DEL VAPOR /CALOR ESPECÍFIC DEL LÍQUID [kJ/kg·K]		/ 4.201	/ 4.22	1.229 /	1.110 /	
CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL VAPOR / CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL LÍQUID [W/m·K]		/ 0.611	/ 0.6418	0.0399 /	0.0249 /	
FACTOR D'EMBRUTAMENT [m²·K/W]		0.00018		0.00053		
VELOCITAT [m/s]		0.01 / 0.01		2.81 / 4.01		
CALOR INTERCAMBIADA [kW]		12.6	**DTML [ºC]**	128		
COEFICIENT GLOBAL D'INTERCANVI [W/m²·K]		666.3				
DADES DE DISSENY						
		CARCASSA	**TUBS**	**ESBÓS**		
PRESSIÓ DE DISSENY [kPa]		600	2100			
TEMPERATURA DE DISSENY [ºC]		80	285			
NÚMERO DE PASSOS		1	6			
CORROSIÓ ADMITIDA [mm]		0	0			
CONNEXIONS D'ENTRADA [mm]		15.8	20.93			
CONNEXIONS DE SORTIDA [mm]		15.8	15.8			
MATERIAL		SS 316		Acer inoxidable		
NÚMERO DE TUBS	30	**OD [mm]**	19.05	**GRUIX [mm]**	1.65	
LONGITUD [mm]	1200	**PITCH**	Triangular	**TIPUS DE TUB**	Pla	
PATRÓ DEL TUB		30				
CARCASSA		**ID [mm]**	205	**OD [mm]**	219.08	
NÚM DE BAFFLES	6	**BAFFLE CUT [%d]**	36.83	**ESPAIAT [mm]**	135	
BAFFLE CROSS	SS 316	**TIPUS**		Single segmental		
CODI DE DISSENY	ASME Code Sec VII Div 1	**CLASSE TEMA**		R - servei de refineria		
PES CARCASSA [kg]	197.3	**PLE D'AIGUA [kg]**	235.5	**FEIX [kg]**	62.8	
AÏLLAMENT	Llana de roca	**GRUIX [mm]**		14.08		

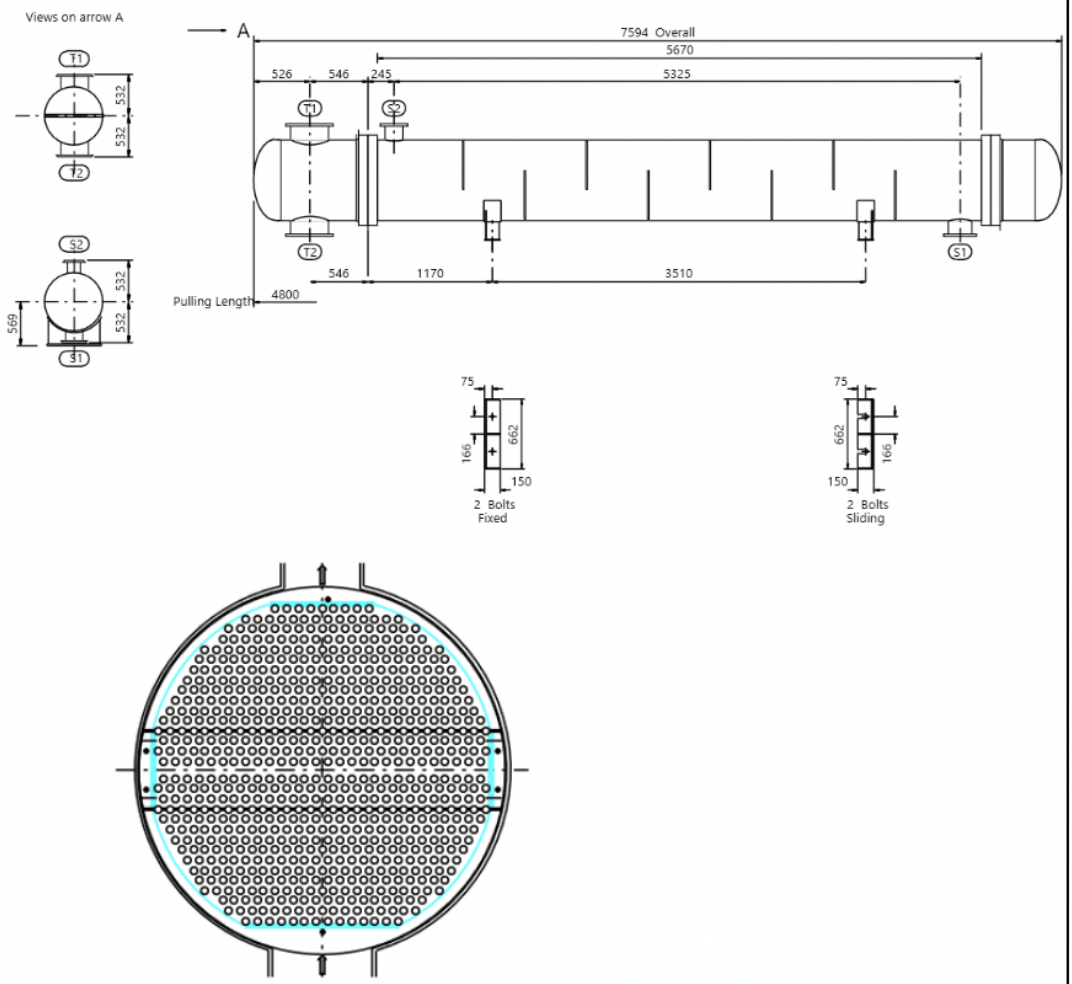
FULL 2 DE 2	Bescanviador de calor
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	**ÀREA:** 200-3
DATA: 24/05/2020	**PLANTA:** Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	**UBICACIÓ:** Tarragona
ITEM: E-202-3	**QUANTITAT:** 1





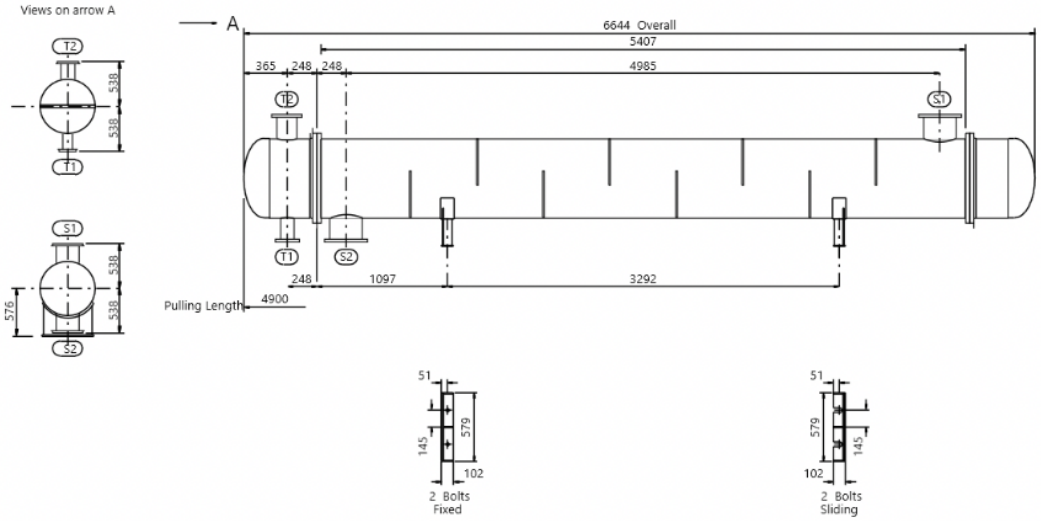
FULL 1 DE 2					
ranoxi		**Bescanviador de calor**			
REVISAT PER: Departament d'enginyeria		**ÀREA:** 200-4			
DATA: 24/05/2020		**PLANTA:** Ranoxi			
APROVAT PER: Direcció General		**UBICACIÓ:** Tarragona			
DADES GENERALS					
ITEM	E-201-4	**QUANTITAT**		1	
OBJECTIU	Serveix per refredar el corrent de recirculació de 161 ºC a 60 ºC pel tractament de CO2.				
DIMENSIONS [mm]	750 -5850	TIPUS	BEM	Horitzontal	
ÀREA DE BESCANVI [m²]	493.5	2 Carcassa		CONNECTAT: 2 paral·lel 1 sèrie	
DADES D'OPERACIÓ					
		CARCASSA		**TUBS**	
		ENTRADA	**SORTIDA**	**ENTRADA**	**SORTIDA**
NOM FLUID		Aigua		Solució orgànica	
CABAL TOTAL [kg/h]		250000		309243	
VAPOR [kg/h]		0	0	309243	309243
LIQUID [kg/h]		250000	250000	0	0
TEMPERATURA D'OPERACIÓ [ºC]		25	65	161	60
PRESSIÓ D'OPERACIÓ [kPa]		500	500	5000	5000
DENSITAT VAPOR / DENSITAT LÍQUID [kg/m³]		/ 998.27	/ 983.33	39.42 /	52.44 /
CALOR ESPECÍFIC DEL VAPOR /CALOR ESPECÍFIC DEL LÍQUID [kJ/kg·K]		/ 4.192	/ 4.186	1.340 /	1.295 /
CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL VAPOR / CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL LÍQUID [W/m·K]		/ 0.6004	/ 0.6476	0.0379 /	0.0317 /
FACTOR D'EMBRUTAMENT [m²·K/W]		0.00018		0.00053	
VELOCITAT [m/s]		0.26 / 0.31		13.21 / 15.20	
CALOR INTERCAMBIADA [kW]		11392.8	**DTML [ºC]**	62	
COEFICIENT GLOBAL D'INTERCANVI [W/m²·K]		828.4			
DADES DE DISSENY					
		CARCASSA	**TUBS**	**ESBÓS**	
PRESSIÓ DE DISSENY [bar]		6	55		
TEMPERATURA DE DISSENY [ºC]		200	200		
NÚMERO DE PASSOS		1	2		
CORROSIÓ ADMITIDA [mm]		0	0		
CONNEXIONS D'ENTRADA [mm]		203.2	355.6		
CONNEXIONS DE SORTIDA [mm]		152.4	355.6		
MATERIAL		SS 316		Acer inoxidable	
NÚMERO DE TUBS	727	**OD [mm]**	19.05	**GRUIX [mm]**	1.65
LONGITUD [mm]	5850	**PITCH**	Triangular	**TIPUS DE TUB**	Pla
PATRÓ DEL TUB		30			
CARCASSA		**ID [mm]**	750	**OD [mm]**	764
NÚM DE BAFFLES	8	**BAFFLE CUT [%d]**	30.96	**ESPAIAT [mm]**	310
BAFFLE CROSS	SS 316	**TIPUS**		Single segmental	
CODI DE DISSENY	ASME Code Sec VII Div 1	**CLASSE TEMA**		R - servei de refineria	
PES CARCASSA [kg]	6713.4	**PLE D'AIGUA [kg]**	9477.5	**FEIX [kg]**	3819.2
AÏLLAMENT	Llana de roca	**GRUIX [mm]**		14	

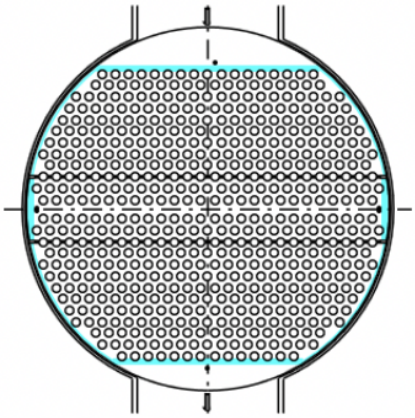
FULL 2 DE 2	**Bescanviador de calor**
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	**ÀREA:** 200-4
DATA: 24/05/2020	**PLANTA:** Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	**UBICACIÓ:** Tarragona
ITEM: E-201-4	**QUANTITAT:** 1



FULL 1 DE 2							
		Bescanviador de calor					
REVISAT PER: Departament d'enginyeria		**ÀREA:** 200-4					
DATA: 24/05/2020		**PLANTA:** Ranoxi					
APROVAT PER: Direcció General		**UBICACIÓ:** Tarragona					
DADES GENERALS							
ITEM	E-202-4	**QUANTITAT**		1			
OBJECTIU	Serveix per refredar el corrent de recirculació de 56 ºC a 40 ºC.						
DIMENSIONS [mm]	660 – 5486.4	**TIPUS**	BEM	Horitzontal			
ÀREA DE BESCANVI [m²]	1114.5	6 Carcassa	CONNECTAT: 3 paral·lel 2 sèrie				
DADES D'OPERACIÓ							
		CARCASSA		**TUBS**			
		ENTRADA	**SORTIDA**	**ENTRADA**	**SORTIDA**		
NOM FLUID		Solució orgànica		Aigua			
CABAL TOTAL [kg/h]		368131		250000			
VAPOR [kg/h]		0	0	0	0		
LIQUID [kg/h]		368131	368131	250000	250000		
TEMPERATURA D'OPERACIÓ [ºC]		56	40	25	49		
PRESSIÓ D'OPERACIÓ [kPa]		110	110	500	485		
DENSITAT VAPOR / DENSITAT LÍQUID [kg/m³]		/ 975.09	/ 982.03	/ 998.27	/ 991.42		
CALOR ESPECÍFIC DEL VAPOR /CALOR ESPECÍFIC DEL LÍQUID [kJ/kg·K]		/ 4.104	/ 4.097	/ 4.192	/ 4.186		
CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL VAPOR / CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL LÍQUID [W/m·K]		/ 0.5986	/ 0.5806	/ 0.6004	/ 0.6296		
FACTOR D'EMBRUTAMENT [m²·K/W]		0.00053		0.00018			
VELOCITAT [m/s]		0.35 / 0.37		0.42 / 0.43			
CALOR INTERCAMBIADA [kW]		6708.5	**DTML [ºC]**	11			
COEFICIENT GLOBAL D'INTERCANVI [W/m²·K]		1267.1					
DADES DE DISSENY							
		CARCASSA	**TUBS**	**ESBÓS**			
PRESSIÓ DE DISSENY [kPa]		345	94				
TEMPERATURA DE DISSENY [ºC]		94	94				
NÚMERO DE PASSOS		1	2				
CORROSIÓ ADMITIDA [mm]		0	0				
CONNEXIONS D'ENTRADA [mm]		254.51	387.35				
CONNEXIONS DE SORTIDA [mm]		254.51	336.55				
MATERIAL		SS 316		Acer inoxidable			
NÚMERO DE TUBS	574	**OD [mm]**	19.05	**GRUIX [mm]**	1.65		
LONGITUD [mm]	5486.4	**PITCH**	Triangular	**TIPUS DE TUB**	Pla		
PATRÓ DEL TUB		30					
CARCASSA		**ID [mm]**	660.4	**OD [mm]**	669.92		
NÚM DE BAFFLES	8	**BAFFLE CUT [%d]**	41.11	**ESPAIAT [mm]**	558.8		
BAFFLE CROSS	SS 316	**TIPUS**	Single segmental				
CODI DE DISSENY	ASME Code Sec VII Div 1	**CLASSE TEMA**	R - servei de refineria				
PES CARCASSA [kg]	3385.5	**PLE D'AIGUA [kg]**	5211	**FEIX [kg]**	2539.5		
AÏLLAMENT	Llana de roca	**GRUIX [mm]**	9.52				

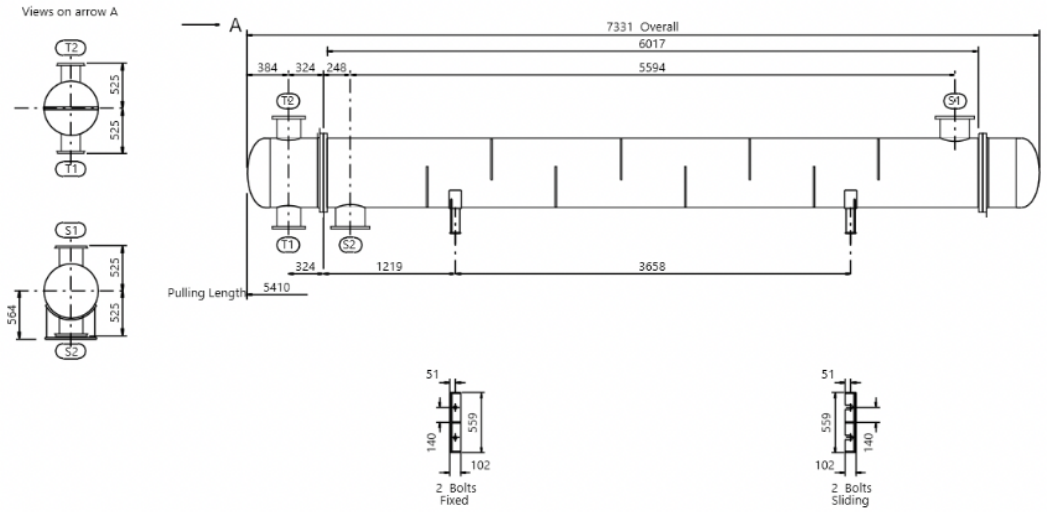
FULL 2 DE 2	Bescanviador de calor
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	**ÀREA:** 200-4
DATA: 24/05/2020	**PLANTA:** Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	**UBICACIÓ:** Tarragona
ITEM: E-202-4	**QUANTITAT:** 1

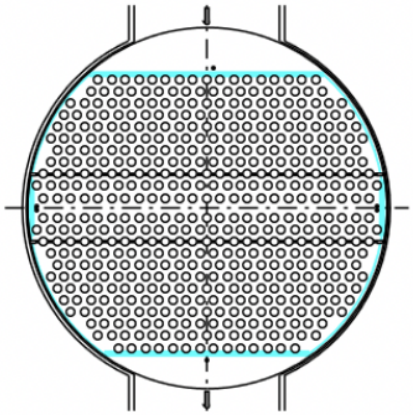




FULL 1 DE 2							
ranoxi							**Bescanviador de calor**
REVISAT PER: Departament d'enginyeria					**ÀREA:** 200-4		
DATA: 24/05/2020					**PLANTA:** Ranoxi		
APROVAT PER: Direcció General					**UBICACIÓ:** Tarragona		
DADES GENERALS							
ITEM	E-203-4			**QUANTITAT**		1	
OBJECTIU	Serveix per escalfar i refredar dos corrents a la vegada a la part de tractament de CO_2.						
DIMENSIONS [mm]	635 - 6096			**TIPUS**	BEM		Horitzontal
ÀREA DE BESCANVI [m²]	367.3			2 Carcassa		CONNECTAT: 2 paral·lel 1 sèrie	
DADES D'OPERACIÓ							
				CARCASSA		**TUBS**	
				ENTRADA	**SORTIDA**	**ENTRADA**	**SORTIDA**
NOM FLUID				Solució orgànica		Solució orgànica	
CABAL TOTAL [kg/h]				368131		381403	
VAPOR [kg/h]				368131	368131	381403	381403
LIQUID [kg/h]				0	0	0	0
TEMPERATURA D'OPERACIÓ [ºC]				105	56	54	102
PRESSIÓ D'OPERACIÓ [kPa]				110	110	110	110
DENSITAT VAPOR / DENSITAT LÍQUID [kg/m³]				/ 945.42	/ 955.58	/ 825.78	/ 820.04
CALOR ESPECÍFIC DEL VAPOR /CALOR ESPECÍFIC DEL LÍQUID [kJ/kg·K]				/ 4.142	/ 4.131	/ 4.123	/ 4.133
CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL VAPOR / CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL LÍQUID [W/m·K]				/ 0.6372	/ 0.6276	/ 0.5484	/ 0.563
FACTOR D'EMBRUTAMENT [m²·K/W]				0.00053		0.00053	
VELOCITAT [m/s]				0.49 / 0.59		1.3 / 1.34	
CALOR INTERCAMBIADA [kW]				6999.7	**DTML [ºC]**		33.45
COEFICIENT GLOBAL D'INTERCANVI [W/m²·K]				2243.8			
DADES DE DISSENY							
				CARCASSA	**TUBS**	**ESBÓS**	
PRESSIÓ DE DISSENY [kPa]				345	345		
TEMPERATURA DE DISSENY [ºC]				144	110		
NÚMERO DE PASSOS				1	2		
CORROSIÓ ADMITIDA [mm]				0	0		
CONNEXIONS D'ENTRADA [mm]				254	203.2		
CONNEXIONS DE SORTIDA [mm]				254	203.2		
MATERIAL				SS 316		Acer inoxidable	
NÚMERO DE TUBS	510			**OD [mm]**	19.05	**GRUIX [mm]**	1.65
LONGITUD [mm]	1550	**PITCH**		Triangular	**TIPUS DE TUB**		Pla
PATRÓ DEL TUB				30			
CARCASSA				**ID [mm]**	635	**OD [mm]**	644.52
NÚM DE BAFFLES	8	**BAFFLE CUT [%d]**		40.75	**ESPAIAT [mm]**		596.9
BAFFLE CROSS	SS 316			**TIPUS**		Single segmental	
CODI DE DISSENY	ASME Code Sec VII Div 1			**CLASSE TEMA**		R - servei de refineria	
PES CARCASSA [kg]	3316.3	**PLE D'AIGUA [kg]**		5199.2	**FEIX [kg]**		2495.8
AÏLLAMENT	Llana de roca			**GRUIX [mm]**		9.52	

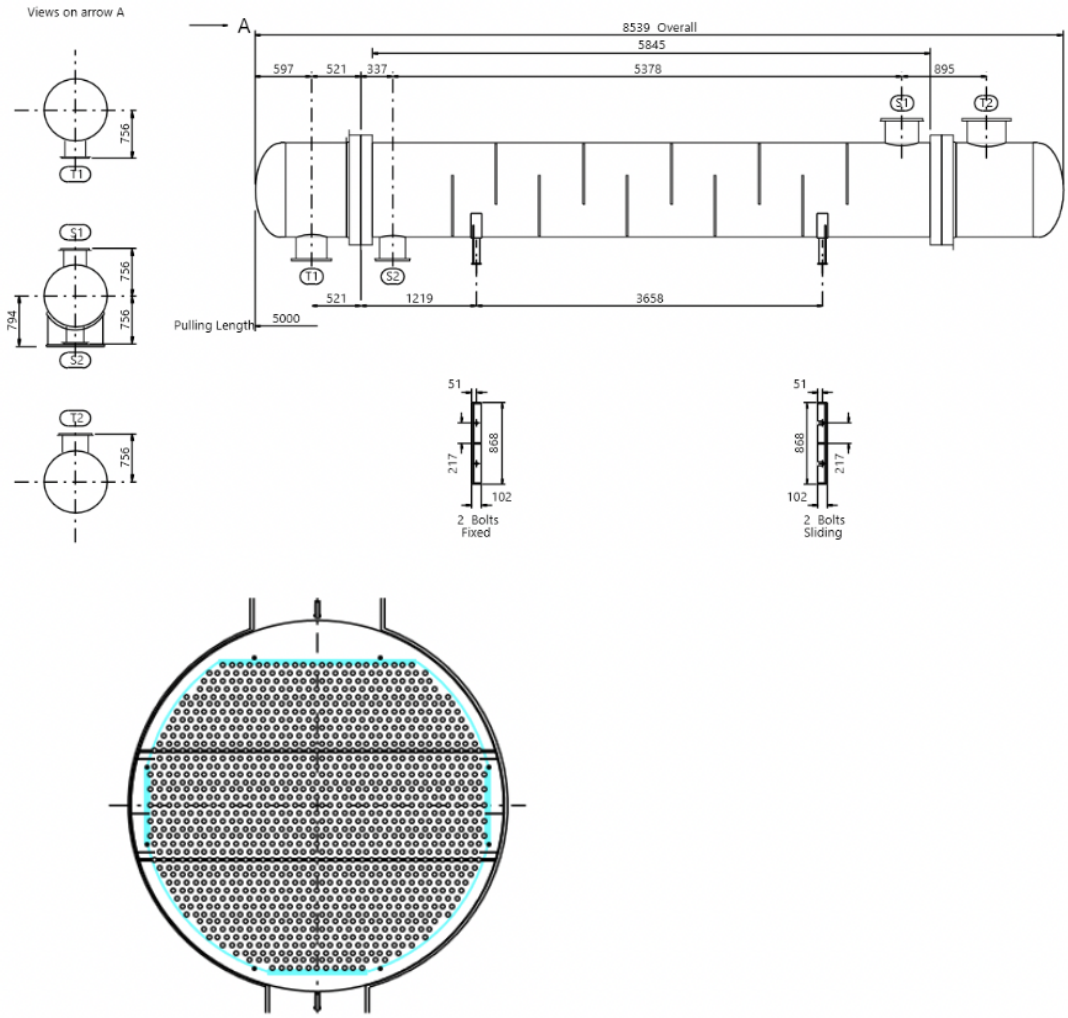
FULL 2 DE 2	Bescanviador de calor
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	**ÀREA:** 200-4
DATA: 24/05/2020	**PLANTA:** Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	**UBICACIÓ:** Tarragona
ITEM: E-203-4	**QUANTITAT:** 1

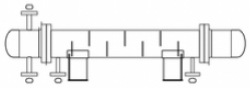




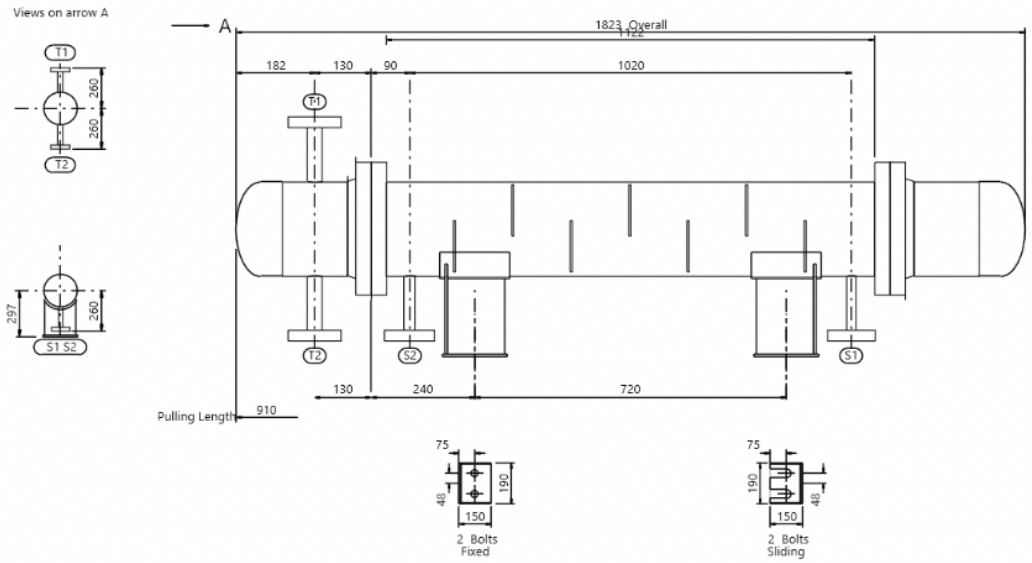
FULL 1 DE 2						
		Bescanviador de calor				
REVISAT PER: Departament d'enginyeria		**ÀREA:** 200-4				
DATA: 24/05/2020		**PLANTA:** Ranoxi				
APROVAT PER: Direcció General		**UBICACIÓ:** Tarragona				
DADES GENERALS						
ITEM	E-204-4	**QUANTITAT**		1		
OBJECTIU	Serveix per escalfar el corrent de recirculació de 41 ºC a 250 ºC.					
DIMENSIONS [mm]	991 – 6096	**TIPUS**	BEM	Horitzontal		
ÀREA DE BESCANVI [m²]	885.7	2 Carcassa		CONNECTAT: 2 paral·lel 1 sèrie		
DADES D'OPERACIÓ						
		CARCASSA		**TUBS**		
		ENTRADA	**SORTIDA**	**ENTRADA**	**SORTIDA**	
NOM FLUID		DTRM-A		Solució orgànica		
CABAL TOTAL [kg/h]		450000		304645		
VAPOR [kg/h]		0	0	304645	304645	
LIQUID [kg/h]		450000	450000	0	0	
TEMPERATURA D'OPERACIÓ [ºC]		350	221	41	250	
PRESSIÓ D'OPERACIÓ [kPa]		500	488	5000	5000	
DENSITAT VAPOR / DENSITAT LÍQUID [kg/m³]		/ 752.27	/ 887.73	75.17 /	33.52 /	
CALOR ESPECÍFIC DEL VAPOR /CALOR ESPECÍFIC DEL LÍQUID [kJ/kg·K]		/ 2.497	/ 2.146	2.028 /	2.426 /	
CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL VAPOR / CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL LÍQUID [W/m·K]		/ 0.1006	/ 0.1165	0.0363 /	0.0174 /	
FACTOR D'EMBRUTAMENT [m²·K/W]		0.00018		0.00053		
VELOCITAT [m/s]		0.42 / 0.49		3.16 / 5.12		
CALOR INTERCAMBIADA [kW]		38706.1	**DTML [ºC]**	339		
COEFICIENT GLOBAL D'INTERCANVI [W/m²·K]		450				
DADES DE DISSENY						
		CARCASSA	**TUBS**	**ESBÓS**		
PRESSIÓ DE DISSENY [kPa]		552	5516			
TEMPERATURA DE DISSENY [ºC]		388	288			
NÚMERO DE PASSOS		1	1			
CORROSIÓ ADMITIDA [mm]		0	0			
CONNEXIONS D'ENTRADA [mm]		355.6	304.8			
CONNEXIONS DE SORTIDA [mm]		254.0	406.4			
MATERIAL		SS 316		Acer inoxidable		
NÚMERO DE TUBS	1266	**OD [mm]**	19.05	**GRUIX [mm]**	1.65	
LONGITUD [mm]	6096	**PITCH**	Triangular	**TIPUS DE TUB**	Pla	
PATRÓ DEL TUB		30				
CARCASSA		**ID [mm]**	990.6	**OD [mm]**	1003.3	
NÚM DE BAFFLES	2	**BAFFLE CUT [%d]**	40.58	**ESPAIAT [mm]**	170	
BAFFLE CROSS	SS 316	**TIPUS**		Single segmental		
CODI DE DISSENY	ASME Code Sec VII Div 1	**CLASSE TEMA**		R - servei de refineria		
PES CARCASSA [kg]	12789.2	**PLE D'AIGUA [kg]**	18143.4	**FEIX [kg]**	7369.1	
AÏLLAMENT	Llana de roca	**GRUIX [mm]**		12.7		

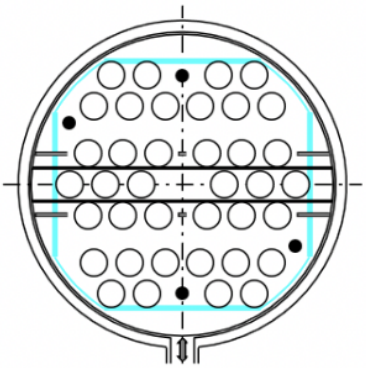
FULL 2 DE 2	Bescanviador de calor
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	**ÀREA:** 200-4
DATA: 24/05/2020	**PLANTA:** Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	**UBICACIÓ:** Tarragona
ITEM: E-204-4	**QUANTITAT:** 1

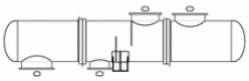


FULL 1 DE 2							
REVISAT PER: Departament d'enginyeria				**ÀREA:** 200-4			
DATA: 24/05/2020				**PLANTA:** Ranoxi			
APROVAT PER: Direcció General				**UBICACIÓ:** Tarragona			
DADES GENERALS							
ITEM	E-205-4			**QUANTITAT**		1	
OBJECTIU	Serveix per refredar el corrent de recirculació de 361 ºC a 132 ºC.						
DIMENSIONS [mm]	205-1200			**TIPUS**	BEM	Horitzontal	
ÀREA DE BESCANVI [m²]	2.4			1 Carcassa		CONNECTAT: 1 paral·lel 1 sèrie	
DADES D'OPERACIÓ							
				CARCASSA		**TUBS**	
				ENTRADA	**SORTIDA**	**ENTRADA**	**SORTIDA**
NOM FLUID				Aigua		Solució orgànica	
CABAL TOTAL [kg/h]				198		376	
VAPOR [kg/h]				0	20	376	376
LIQUID [kg/h]				198	178	0	0
TEMPERATURA D'OPERACIÓ [ºC]				25	152	361	132
PRESSIÓ D'OPERACIÓ [kPa]				500	500	1960	1955
DENSITAT VAPOR / DENSITAT LÍQUID [kg/m³]				/ 1007.46	2.63 / 902.05	10.08 /	15.67 /
CALOR ESPECÍFIC DEL VAPOR /CALOR ESPECÍFIC DEL LÍQUID [kJ/kg·K]				/ 4.201	1.976/ 4.323	2.011 /	1.657 /
CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL VAPOR / CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL LÍQUID [W/m·K]				/ 0.0611	0.0288 / 0.6863	0.0238 /	0.0170 /
FACTOR D'EMBRUTAMENT [m²·K/W]				0.00018		0.00053	
VELOCITAT [m/s]				0.13 / 0.29		4.77 / 5.78	
CALOR INTERCAMBIADA [kW]				41.2	**DTML [ºC]**	159.38	
COEFICIENT GLOBAL D'INTERCANVI [W/m²·K]				207.8			
DADES DE DISSENY							
				CARCASSA	**TUBS**	**ESBÓS**	
PRESSIÓ DE DISSENY [kPa]				600	2200		
TEMPERATURA DE DISSENY [ºC]				160	395		
NÚMERO DE PASSOS				1	4		
CORROSIÓ ADMITIDA [mm]				0	0		
CONNEXIONS D'ENTRADA [mm]				15.8	26.64		
CONNEXIONS DE SORTIDA [mm]				20.93	26.64		
MATERIAL				SS 316		Acer inoxidable	
NÚMERO DE TUBS	35			**OD [mm]**	19.05	**GRUIX [mm]**	1.65
LONGITUD (mm)	1200	**PITCH**		Triangular	**TIPUS DE TUB**	Pla	
PATRÓ DEL TUB				30			
CARCASSA				**ID [mm]**	205	**OD [mm]**	219.08
NÚM DE BAFFLES	7	**BAFFLE CUT [%d]**		44.57	**ESPAIAT [mm]**	135	
BAFFLE CROSS	SS 316			**TIPUS**		Single segmental	
CODI DE DISSENY	ASME Code Sec VII Div 1			**CLASSE TEMA**		R - servei de refineria	
PES CARCASSA [kg]	202.4	**PLE D'AIGUA [kg]**		240.7	**FEIX [kg]**	66.7	
AÏLLAMENT	Llana de roca			**GRUIX [mm]**		14.08	

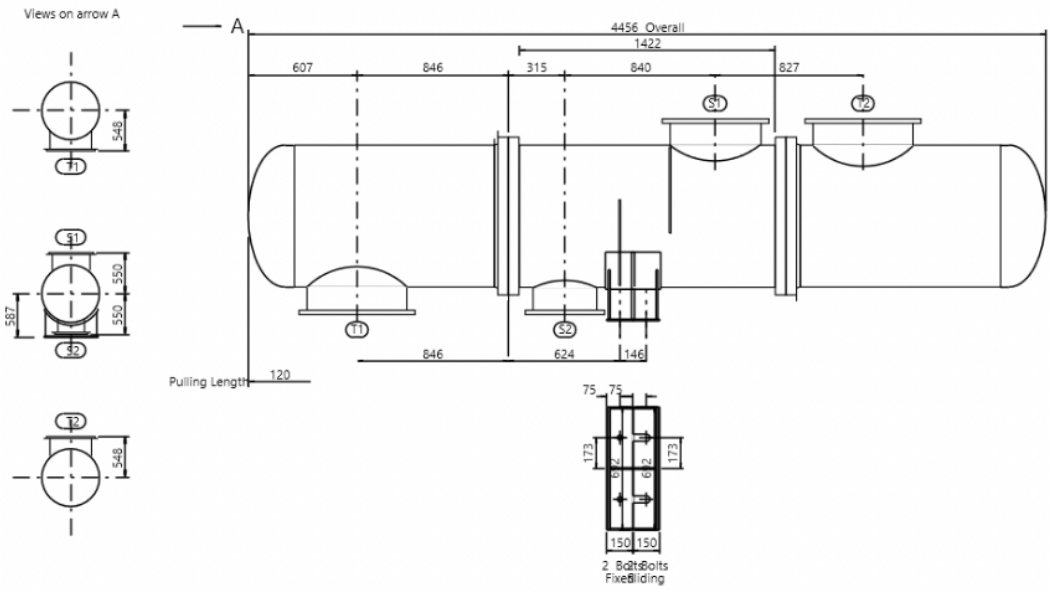
FULL 2 DE 2	Bescanviador de calor
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	**ÀREA:** 200-4
DATA: 24/05/2020	**PLANTA:** Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	**UBICACIÓ:** Tarragona
ITEM: E-205-4	**QUANTITAT:** 1

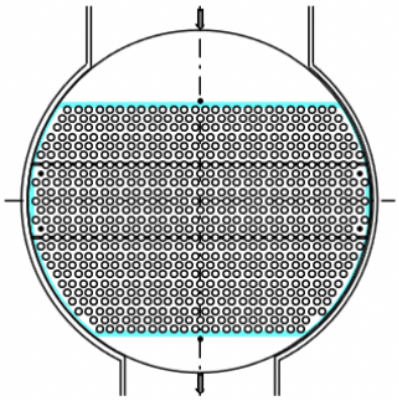




FULL 1 DE 2					
ranoxi		**Bescanviador de calor**			
REVISAT PER: Departament d'enginyeria		**ÀREA:** 200-4			
DATA: 24/05/2020		**PLANTA:** Ranoxi			
APROVAT PER: Direcció General		**UBICACIÓ:** Tarragona			
DADES GENERALS					
ITEM	E-206-4	**QUANTITAT**		1	
OBJECTIU	Serveix per escalfar el corrent de recirculació de 175 ºC a 240 ºC.				
DIMENSIONS [mm]	775-1550	**TIPUS**	BEM	Horitzontal	
ÀREA DE BESCANVI [m²]	60.8	1 Carcassa		CONNECTAT: 1 paral·lel 1 sèrie	
DADES D'OPERACIÓ					
		CARCASSA		**TUBS**	
		ENTRADA	**SORTIDA**	**ENTRADA**	**SORTIDA**
NOM FLUID		DTRM-A		Solució orgànica	
CABAL TOTAL [kg/h]		137073		277222	
VAPOR [kg/h]		137073	85738	277222	277222
LIQUID [kg/h]		0	51335	0	0
TEMPERATURA D'OPERACIÓ [ºC]		350	337	175	240
PRESSIÓ D'OPERACIÓ [kPa]		500	438	1950	1950
DENSITAT VAPOR / DENSITAT LÍQUID [kg/m³]		17.96 /	16.13 / 771.42	14.78 /	13.25 /
CALOR ESPECÍFIC DEL VAPOR /CALOR ESPECÍFIC DEL LÍQUID [kJ/kg·K]		1.949 /	1.908 / 2.254	1.31118 /	1.344 /
CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL VAPOR / CONDUCTIVITAT TÈRMICA DEL LÍQUID [W/m·K]		0.0295 /	0.0282 / 0.083	0.0371 /	0.0403 /
FACTOR D'EMBRUTAMENT [m²·K/W]		0.00018		0.00053	
VELOCITAT [m/s]		20.39 / 24.19		39.51 / 41.78	
CALOR INTERCAMBIADA [kW]		4217.1	**DTML [ºC]**	148	
COEFICIENT GLOBAL D'INTERCANVI [W/m²·K]		790.5			
DADES DE DISSENY					
		CARCASSA	**TUBS**	**ESBÓS**	
PRESSIÓ DE DISSENY [kPa]		600	2200		
TEMPERATURA DE DISSENY [ºC]		385	275		
NÚMERO DE PASSOS		1	1		
CORROSIÓ ADMITIDA [mm]		0	0		
CONNEXIONS D'ENTRADA [mm]		488.95	539.75		
CONNEXIONS DE SORTIDA [mm]		336.55	539.75		
MATERIAL		SS 316		Acer inoxidable	
NÚMERO DE TUBS	714	**OD [mm]**	19.05	**GRUIX [mm]**	1.65
LONGITUD [mm]	1550 **PITCH**	Triangular	**TIPUS DE TUB**	Pla	
PATRÓ DEL TUB		30			
CARCASSA		**ID [mm]**	775	**OD [mm]**	799
NÚM DE BAFFLES	2 **BAFFLE CUT [%d]**	39.36	**ESPAIAT [mm]**	280	
BAFFLE CROSS	SS 316	**TIPUS**		Single segmental	
CODI DE DISSENY	ASME Code Sec VII Div 1	**CLASSE TEMA**		R - servei de refineria	
PES CARCASSA [kg]	3077.4 **PLE D'AIGUA [kg]**	4822.4	**FEIX [kg]**	1246.4	
AÏLLAMENT	Llana de roca	**GRUIX [mm]**		24	

FULL 2 DE 2	Bescanviador de calor
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	**ÀREA:** 200-4
DATA: 24/05/2020	**PLANTA:** Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	**UBICACIÓ:** Tarragona
ITEM: E-206-4	**QUANTITAT:** 1

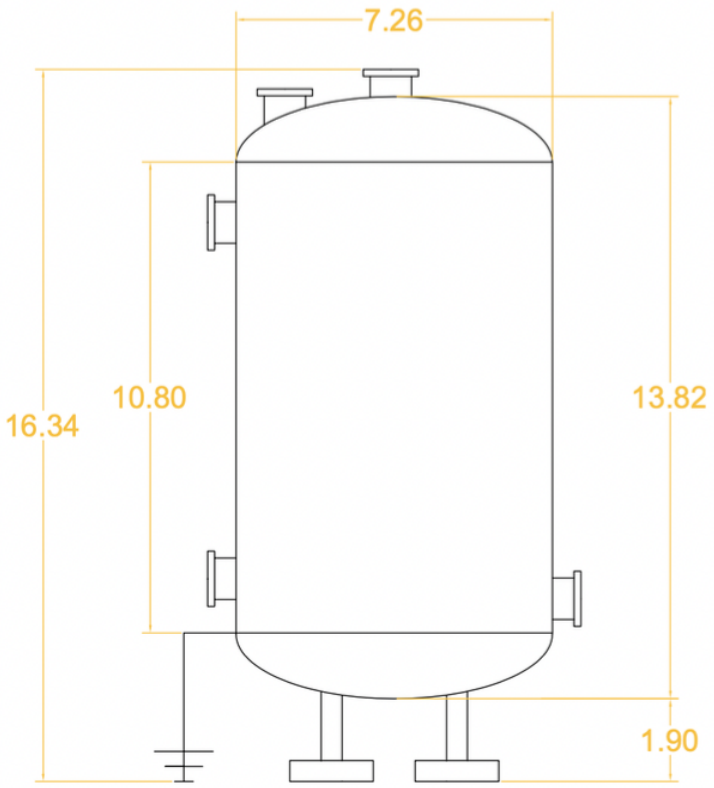




6.6 Tanc d'emmagatzematge

FULL 1 DE 2	Tanc d'emmagatzematge
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	ÀREA: 100
DATA: 24/05/2020	PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	UBICACIÓ: Tarragona
DADES GENERALS	
ITEM	T-101, T-102, T-103, T-104, T-105, T-106
OBJECTIU	Serveix per emmagatzemar l'òxid d'etilè produït.
DADES D'OPERACIÓ	
NOM DEL FLUID	Òxid d'etilè
TEMPERATURA D'OPERACIÓ [ºC]	20
PRESSIÓ D'OPERACIÓ [bar]	4
DENSITAT DEL FLUID [kg/m^3]	871.4
PES DEL RECIPIENT EN OPERACIÓ [kg]	23 4000
VOLUM OCUPAT [%]	85
OMPLIMENT MÀXIM [kg OE/dm^3 recipient]	0.76
DADES DE DISSENY	
CAPACITAT [m^3]	255
DIÀMETRE m]	6.05
ALÇADA [m]	11.52
POSICIÓ	Vertical
TIPUS DE CAPÇAL	Klopper
TIPUS DE FONS	Klopper
GRUIX [mm]	24
PRESSIÓ DE DISSENY [bar]	5.5
ALÇADA DEL CAPÇAL [m]	1.26
PES DEL RECIPIENT BUIT [kg]	41 063
TEMPERATURA DE DISSENY [ºC]	40
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓ	Acer Inoxidable 316
DENSITAT DEL MATERIAL [kg/m^3]	8000
CODI DE DISSENY	ASME Code Sec VIII

FULL 2 DE 2	Tanc d'emmagatzematge
REVISAT PER: Departament d'enginyeria	ÀREA: 100
DATA: 24/05/2020	PLANTA: Ranoxi
APROVAT PER: Direcció General	UBICACIÓ: Tarragona
ITEM: T-101, T-102, T-103, T-104, T-105, T-106	QUANTITAT: 6



(*) Unitats de les cotes [m]

Bibliografia

[1] ASME. *BPVC Section VIII-Rules for Construction of Pressure Vessels Division 1*. 2019.

[2] *Planta piloto de absorción de gases (UPC)*. http://lacova.upc.es/~plantapilot/castella/model%20matematic_2.4.html. Visitat 22-05-2020. 2020.

[3] *Empresa Rasching (Random Packings)*. https://www.raschig.de/-Random-Packings. Visitat 22-05-2020. 2020.

[4] *Columna de fraccionamiento*. https://es.wikipedia.org/wiki/Columna_de_fraccionamiento. Visitat 29-05-2020. 2020.

[5] *Steam Basics Part 19: Medium and High Pressure Steam Vented Flash Tank Trim*. http://jmpcoblog.com/hvac-blog/steam-basics-part-19-medium-and-high-pressure-steam-vented-flash-tank-trim. Visitat 30-05-2020. 2017.

[6] *Intercanviadors de calor*. http://epsem.upc.edu/intercanviadorsdecalor/intercanviadors_calor_industrials.html. Visitat 13-04-2020. 2020.

[7] *Selecting TEMA Type Heat Exchangers*. https://www.process-heating.com/articles/84522-selecting-tema-type-heat-exchangers. Visitat 30-05-2020. 2020.

[8] *Selecting the proper TEMA Type Heat Exchanger*. https://www.thermalproducts.com/information-and-resources/item/1995-selecting-the-proper-tema-type-heat-exchanger. Visitat 30-05-2020. 2016.

[9] *Ethylene Oxide, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. https://www.ugr.es/~tep028/pqi/descargas/Industria%20quimica%20organica/tema_5/oxido_etileno_a10_117.pdf. Visitat 11-04-2020. 2012.

[10] *Abastecimiento de agua contra incendios*. https://www.enginyersbcn.cat/media/upload/fitxes_manuals/Fitxa_2.5_Abastecimiento_de_agua_Jose_Casquet.pdf. Visitat 28-03-2020. 2020.

[11] *Descalcificador industrial de línia (Descalcificador 10)*. https://descalcificador10.com/industrial/. Visitat 28-03-2020. 2020.

[12] *Sistema de membrana d'osmosi inversa (Lozdr)*. http://www.lozartratamientodeaguas.com/ver/es/ficha/SELVS/plantas-de-osmosis-inversa-industrial-de-800-a-20000-l-h. Visitat 29-03-2020. 2020.

[13] *TEVA - Técnicas Evaporativas, S.L.* http://www.teva.es/Productos/Torres-de-refrigeracion-abiertas/TPA/Documentacion/Catalogo-TPA. Visitat 01-06-2020. 2020.

[14] *GEA - engineering for a better world*. https://www.gea.com/es/products/refrigeration-heating/chillers/gea-blugenium-compact-piston-chiller.jsp. Visitat 01-06-2020. 2020.

[15] *Viessmann*. https://www.viessmann.es/es/industrial.html. Visitat 04-06-2020. 2020.

[16] *Sistema d'aire comprimit (Grupo IBERmaq).* http://www.ibermaq.es/producto/diseno-de-salas/. Visitat 29-03-2020. 2020.