

**Projecte final de carrera
Enginyeria Química
2006 - 2007**

Planta de producció d'àcid acètic

Impact

Volum I



**Universitat Autònoma
de Barcelona**

**Noé Agudo Cantero
Sergi Fernández Vegas
David Guillén Suarez
Gerard Carles Montlleó Fanés
Mireia Moretones Caballero**

The background is an abstract composition of warm, organic shapes in shades of orange, yellow, and red. The colors transition from a bright yellow in the upper left to a deep orange and red in the lower right. There are several large, overlapping, rounded shapes that resemble liquid or flowing forms. The overall effect is a vibrant, textured, and somewhat ethereal visual field.

1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

ÍNDEX

- 1.1. DEFINICIÓ DEL PROJECTE
 - 1.1.1. OBJECTIU
 - 1.1.2. BASES DEL PROJECTE
 - 1.1.3. ABAST DEL PROJECTE
 - 1.1.4. LOCALITZACIÓ DE LA PLANTA
 - 1.1.4.1. CARACTERÍSTIQUES DEL POLÍGON INDUSTRIAL
 - 1.1.4.2. CARACTERÍSTIQUES DE LA ZONA D'UBICACIÓ
 - 1.1.4.2.1. ESTUDI DE LES XARXES DE COMUNICACIÓ
 - 1.1.4.2.1.1. XARXA DE CARRETERES
 - 1.1.4.2.1.2. AEROPORT
 - 1.1.4.2.1.3. XARXA FERROVIÀRIA
 - 1.1.4.2.1.4. PORT
 - 1.1.4.2.2. CARACTERÍSTIQUES CLIMATOLÒGIQUES
 - 1.1.4.2.3. CARACTERÍSTIQUES GEOLÒGIQUES
 - 1.1.5. ABREVIATURES
 - 1.1.5.1. ABREVIATURES D'EQUIPS
 - 1.1.5.2. ABREVIATURES DE SUBSTÀNCIES
- 1.2. DESCRIPCIÓ DEL PROCÈS DE PRODUCCIÓ
 - 1.2.1. MÈTODES D'OBTENCIÓ DE L'ÀCID ACÈTIC
 - 1.2.1.1. OXIDACIÓ D'ACETALDEHIDS
 - 1.2.1.2. CARBONILACIÓ DEL METANOL
 - 1.2.1.2.1. PROCÉS BASF
 - 1.2.1.2.2. PROCÉS MONSANTO
 - 1.2.1.2.3. PROCÉS CATIVA
 - 1.2.1.3. OXIDACIÓ CATALÍTICA DE NAFTA-BUTÀ EN FASE LÍQUIDA
 - 1.2.1.4. PROCESSOS EN VIES D'INVESTIGACIÓ
 - 1.2.1.5. SELECCIÓ DEL MÈTODE
 - 1.2.2. DESCRIPCIÓ GENERAL DEL PROCÉS

1.3. CONSTITUCIÓ DE LA PLANTA

1.3.1. CLASSIFICACIÓ PER ZONES

1.3.2. DESCRIPCIÓ PER ÀREES

1.3.3. PLANTILLA DE TREBALLADORS

1.4. ESPECIFICACIONS I NECESSITATS DE SERVEIS

1.4.1. AIGUA POTABLE

1.4.2. AIGUA CONTRA INCENDIS

1.4.3. AIGUA DE REFRIGERACIÓ

1.4.4. AIGUA DESCALCIFICADA

1.4.5. VAPOR D'AIGUA

1.4.6. TORRES DE REFRIGERACIÓ

1.4.7. AIGUA GLICOLADA

1.4.8. AIRE COMPRIMIT

1.4.9. NITROGEN

1.4.10. ELECTRICITAT

1.1. DEFINICIÓ DEL PROJECTE

1.1.1. OBJECTIU

L'objectiu de treball a assolir en aquest projecte és el disseny en continu d'una planta química de producció d'àcid acètic a partir de la carbonilació del metanol amb monòxid de carboni.

Es procedirà, alhora, a l'estudi de la viabilitat econòmica de la construcció i operació d'aquesta planta, tenint en compte les normatives urbanístiques i sectorials vigents.

La planta tindrà una producció de 75.000 Tn/any d'àcid acètic.

1.1.2. BASES DEL PROJECTE

CAPACITAT	75.000 Tn/any d'àcid acètic.
QUALITATS	60% Glacial 40% restant àcid acètic al 70% en aigua.
FUNCIONAMENT	330 dies/any de producció (incloent els períodes de parada de planta / manteniment)
PRESENTACIÓ	A granel en camions de 23 T

1.1.3. ABAST DEL PROJECTE

Dins el projecte s'inclouen els següents apartats:

- Disseny i especificacions de les unitats de procés i reacció.
- Disseny i especificacions de les unitats necessàries per a serveis no disponibles en els battery-limits.
- Disseny i especificacions dels sistemes de control i seguretat necessaris pel correcte funcionament de la planta.

- Estudi de la posta en marxa de la planta, així com la parada i operació d'aquesta.
- Estudi del impacte ambiental de la planta, en conseqüència amb la legislació vigent de la zona.
- Estudi de la rendibilitat econòmica de la planta.
- Oficines, laboratoris i vestuaris.
- Àrees auxiliars tals com aparcament, zona contra incendis, control d'accessos...

1.1.4. LOCALITZACIÓ DE LA PLANTA

1.1.4.1. CARACTERÍSTIQUES DEL POLÍGON INDUSTRIAL

La planta estarà ubicada en un terreny fictici pertanyent al polígon industrial "Sistema Solar", al terme municipal de Barcelona (Zona Franca). La parcel·la disposa d'una superfície de 53235 m².



El polígon industrial té definits una sèrie de paràmetres d'edificació a complir. Ja que la nostra empresa hi forma part, ens haurem de cenyir als paràmetres establerts que indiquem tot seguit:

PARÀMETRES D'EDIFICACIÓ EN EL POLÍGON INDUSTRIAL 'SISTEMA SOLAR'

EDIFICABILITAT	1,5 m ² sostre/m ² sòl
OCUPACIÓ MÀXIMA DE PARCEL·LA	75%
OCUPACIÓ MÍNIMA DE PARCEL·LA	20% de la superfície d'ocupació màxima.
RECU LADES	5 m a vials i veïns.
ALTURA MÀXIMA	16 m i 3 plantes excepte en producció justificant la necessitat pel procés.
ALTURA MÍNIMA	4 m i 1 planta
APARCAMENTS	1 plaça /150 m ² construïts
DISTÀNCIA ENTRE EDIFICIS	1/3 de l'edifici més alt amb un mínim de 5 m.

1.1.4.2. CARACTERÍSTIQUES DE LA ZONA D'UBICACIÓ

La situació geogràfica de la planta dins el Polígon Industrial de la Zona Franca (Barcelona) li aporta una sèrie de característiques avantatjoses que citem a continuació:

- Disposició d'excel·lents xarxes d'infraestructures i comunicació tant per carretera com per ferrocarril.
- Proximitat al Port de Barcelona i a l'Aeroport del Prat.
- Proximitat de possibles compradors del producte acabat.
- Possibilitat de compartir serveis amb d'altres empreses del sector ubicades en el polígon.
- Avantatges a nivell social, ja que la planta no provocarà un impacte ambiental destacable i generarà llocs de treball.

- Disposició de mà d'obra qualificada, degut a la proximitat a la gran urbe de Barcelona.

1.1.4.2.1. ESTUDI DE LES XARXES DE COMUNICACIÓ

1.1.4.2.1.1. XARXA DE CARRETERES

Barcelona comença a patir importants canvis en infraestructures a partir de l'elecció de la ciutat com a seu del Jocs Olímpics de 1992. Això repercutí directament en la millora i ampliació de la xarxa de carreteres de la ciutat i rodalies.

Actualment Barcelona disposa d'una xarxa de comunicacions per carretera àmplia, estructurada i moderna que permet una ràpida i còmode mobilitat cap a i des de qualsevol lloc de la comunitat o el país.



Tal i com s'observa en el mapa anterior, Barcelona disposa tant d'autovies i autopistes a l'entorn urbà com interurbanes. Al mateix temps, també s'inclouen les autopistes de peatge.

Presentem a continuació una relació de la xarxa de carreteres de l'entorn de Barcelona, seguint la classificació esmentada anteriorment:

- **Autovies i Autopistes a l'entorn urbà.**

Denominació	Itinerari
B-10	Ronda Litoral de Barcelona
B-20	Ronda Nord de Barcelona
B-22	Accés a l'Aeroport del Prat
B-23	Accés a Barcelona Centre
B-24	Accés a Barcelona des de Vallirana

- **Autovies i Autopistes interurbanes.**

Denominació	Itinerari
A-2	Fraga- Barcelona
A-7	Barcelona- Algesires

- **Autopistes de peatge.**

Denominació	Itinerari
AP-2	Saragossa-El Vendrell i El Papiol-Molins
AP-7	La Junquera-Puzol

1.1.4.2.1.2. AEROPORT

Barcelona disposa d'una aeroport internacional situat al municipi del Prat de Llobregat, a 25-30 minuts de la Ciutat Comtal, a 3 quilometres del Port de Barcelona i molt proper a la Zona Franca. Tal proximitat suposa un gran avantatge per la planta, ja que permet una fàcil i ràpida mobilitat de persones, maquinària i productes.

L'aeroport de Barcelona-Prat és, junt con el de Madrid-Barajas, la gran proposta d'AENA per el tràfic regular de passatgers i carrega aèria en Espanya.. Per a Catalunya i Barcelona, suposa una gran oportunitat de disposar d'un poderós catalitzador per a

atraure possibles inversions i, alhora, arribar a ser part fonamental de la cadena logística, turística i de negocis.

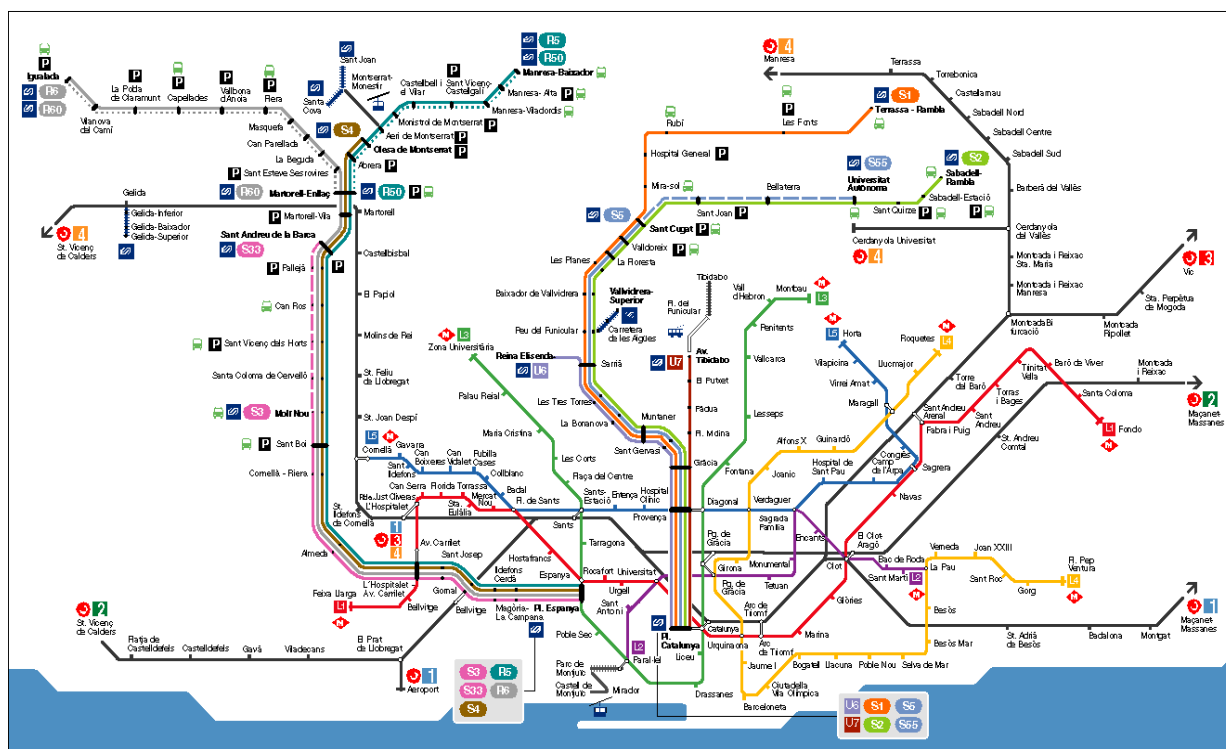


Vista aèria de l'Aeroport del Prat

Hi ha diferents vies de transport per arribar l'aeroport des de Barcelona; es pot fer ús del tren, d'un servei d'autobús o bé arribar-hi per carretera amb cotxe.

1.1.4.2.1.3. XARXA FERROVIÀRIA

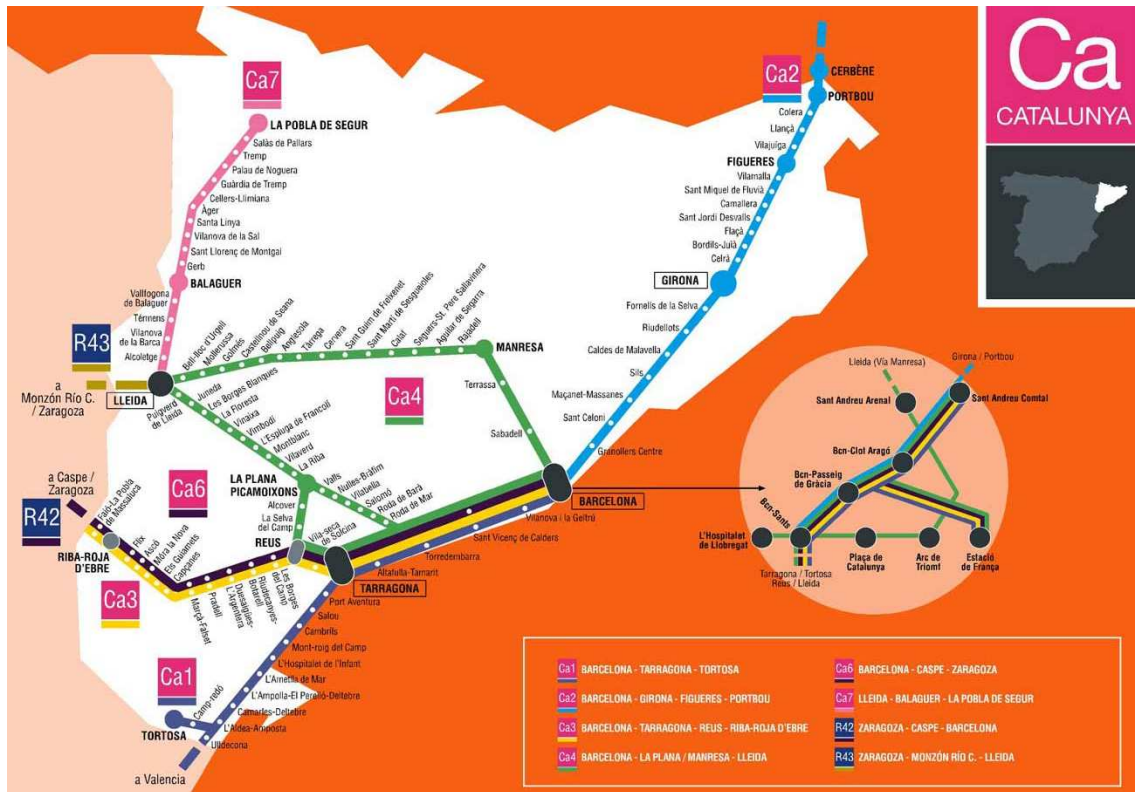
Per altra banda avaluem les possibilitats d'accés via ferrocarril; es disposa, doncs, de la xarxa de comunicacions de RENFE de línies de curt, mig i llarg recorregut (tant de destí nacional com internacional). També trobem a disposició les infraestructures del Ferrocarrils de la Generalitat, que enllacen Barcelona amb altres províncies de Catalunya.



Xarxa de Ferrocarrils de la Generalitat

Cal destacar l'arribada imminent de l'AVE a Barcelona. D'aquesta manera es minimitzarà la durada de trajectes que uneixen Barcelona amb d'altres punts neuràlgics estats com Madrid i Saragossa.

En principi la data d'arribada a la ciutat està fixada pel 2007 però les obres s'estan endarrerint i no es pot indicar un període de temps amb exactitud.



Xarxa de RENFE a Catalunya

1.1.4.2.1.4. PORT

Hem de considerar també la disponibilitat del Port de Barcelona, molt proper a la Zona Franca. El Port de Barcelona facilita l'enllaç de Barcelona amb el sud de França, altres ports de la Península i la resta del món. Considerem que resultarà una via de comunicació molt útil per la nostra planta.



Ubicació del Port de Barcelona

1.1.4.2.2. CARACTERÍSTIQUES CLIMATOLÒGIQUES

Per tal de donar a conèixer la climatologia de la zona on es troba situada la planta es presenten les mitjanes anuals de dades climàtiques de Barcelona de l'any 2005 i 2006.

Les dades han estat proporcionades per Darrera, S.A i corresponen al Observatori del Parc de Collserola.

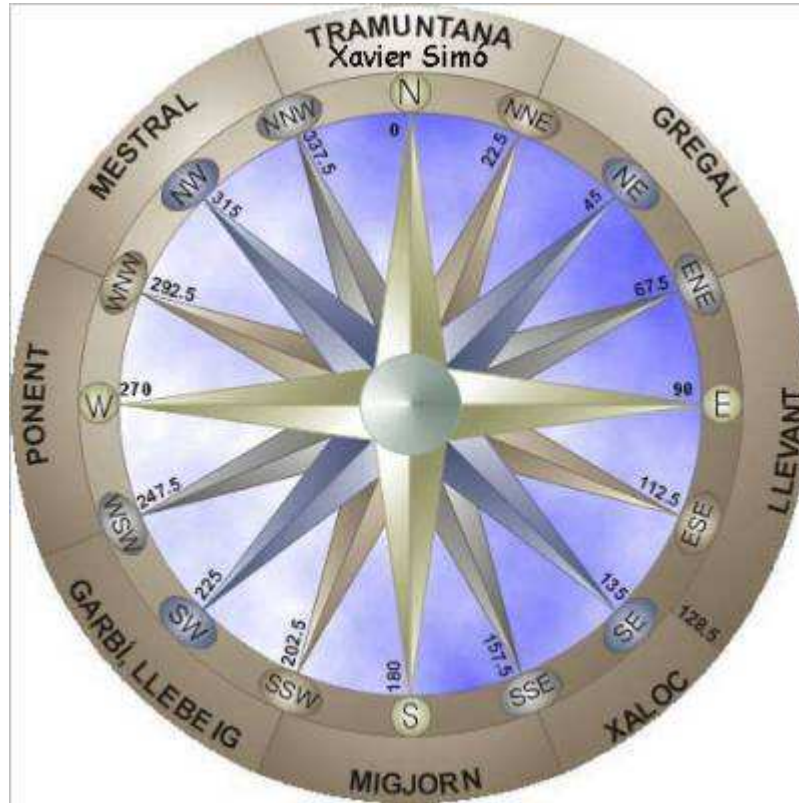
2005

Mes	Temperatura (°C)			Humitat (%)			Pressió (hPa)			Velocitat vent (m/s)		Precipitació(mm)
	Màxima	Mínima	Mitjana	Màxima	Mínima	Mitjana	Màxima	Mínima	Mitjana	Màxima	Mitjana	
Gener	18,9	-5,3	5,7	96	14	66	1035,2	1002,4	1021	17	1,4	1
Febrer	16,7	-4,3	5,2	95	17	68	1033,5	997,6	1013,4	15,2	1,3	38,4
Març	20,2	-3,3	8,6	97	14	75	1029,6	1001	1013,8	13,4	1	18,4
Abril	25,4	1,8	12,2	95	13	68	1025,9	997,2	1011,2	14,7	1,4	9,8
Maig	27,1	8,8	16,6	95	20	67	1020,6	1001,7	1012,7	13	1,2	34,2
Juny	33,5	11,6	21,5	95	17	67	1020,4	1002,8	1012,9	12,1	1,2	4,8
Juliol	31,6	15,1	22,8	94	23	70	1020,9	1003,8	1011,7	13	1,4	8,6
Agost	29,1	12,3	21,2	95	25	73	1018,4	1002,9	1012,4	11,2	1,1	51,4
Setembre	30,3	9,2	18,7	95	27	77	1021,9	1002	1013,2	12,1	0,8	123
Octubre	23,8	8,9	16,4	96	29	84	1019,8	1005,6	1014,4	10,7	0,7	92,2
Novembre	22	1,4	10,4	96	28	77	1026,9	991,6	1012,7	13,4	1	90,6
Desembre	15,2	-2,8	5,3	95	24	73	1028,8	996,8	1014,9	14,7	1,3	4,4

2006

Mes	Temperatura (°C)			Humitat (%)			Pressió (hPa)			Velocitat vent (m/s)		Precipitació(mm)
	Màxima	Mínima	Mitjana	Màxima	Mínima	Mitjana	Màxima	Mínima	Mitjana	Màxima	Mitjana	
Gener	16,7	-0,8	6,2	96	37	83	1027,4	1002	1016,4	12,5	0,8	123
Febrer	17,2	-0,2	7,1	95	30	73	1022,7	996,1	1010,5	20,6	1,3	12,2
Març	23,2	0,6	10,9	96	14	71	1021	990,6	1009,2	19,7	1,6	22,4
Abril	24,1	4,5	13,4	95	25	72	1019,6	999,3	1010,8	11,2	1	11,4
Maig	29,6	8,6	17,1	95	22	67	1022,8	1003	1013,6	12,1	1,3	4,4
Juny	30,3	8,9	20,2	93	26	67	1020,4	1005,7	1013,5	13,9	1,2	2,8
Juliol	33,6	17,7	24,8	93	26	63	1018,1	1005,7	1012,9	13,9	1,3	2,2
Agost	29,8	14,1	21,3	96	29	73	1020,3	999,5	1010	13	1,4	53,6
Setembre	29,9	11,9	19,9	95	35	80	1020,8	999,3	1010,9	16,1	0,9	161,4
Octubre	28,6	10,6	17,7	96	35	80	1024,1	998,1	1011,4	14,3	0,9	38,6
Novembre	20,3	6,6	13,2	96	27	77	1027,5	1001,1	1016,5	13,4	0,8	4
Desembre	19,8	-0,1	8,2	95	25	74	1032,4	999,3	1021	15,2	0,9	32,4

S'ha de tenir en compte la velocitat i direcció del vent, ja que serà un paràmetre a considerar en el disseny d'equips com la columna de rectificació, per tal d'estimar les càrregues laterals que suportarà l'equip.

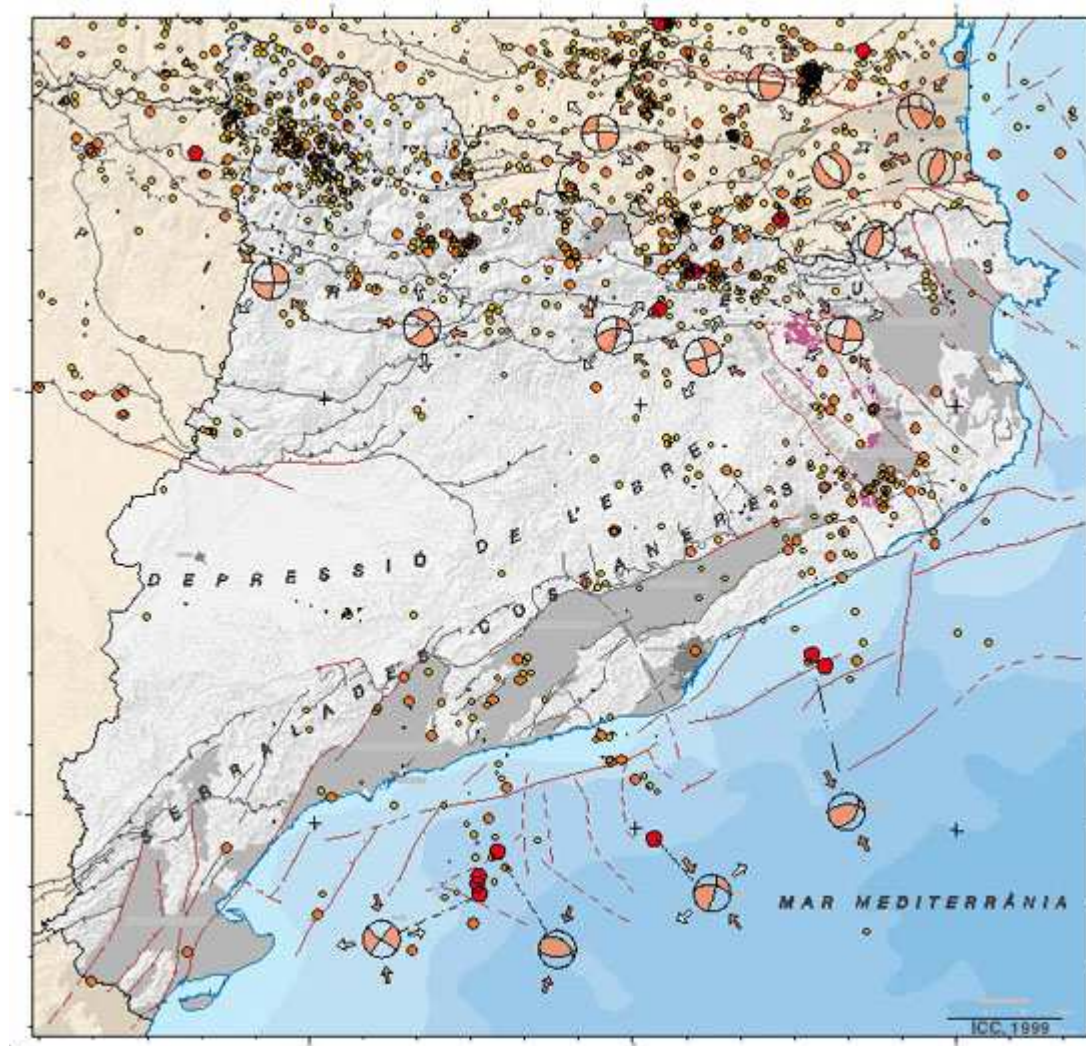


Rosa del vents

1.1.4.2.3. CARACTERÍSTIQUES GEOLÒGIQUES

Per tal d'avaluar el terreny de la parcel·la proposem l'elaboració d'un estudi geotècnic per part d'una empresa externa.

De totes formes, podem comprovar que la zona d'ubicació de la planta no és una zona sísmica activa, tal i com ho mostra el següent mapa sísmic de Catalunya.



Mapa sísmic de Catalunya

Els epicentres d'activitat sísmològica són representats mitjançant cercles; la intensitat d'activitat sísmològica estarà representada per colors.

La equivalència dels colors amb la intensitat sísmica és la següent:

Color groc: intensitat baixa (menor de 2).

Color vermell: intensitat alta (més de 5).

1.1.5. ABREVIATURES

Les abreviatures que s'han utilitzat, tant per equips com per substàncies de procés, són les següents:

1.1.5.1. ABREVIATURES D'EQUIPS

LLISTAT DE COMPOSTOS	
ABREVIATURA	NOM DEL COMPOST
AAG	Àcid acètic glacial
AAD	Àcid acètic al 70%
AM	Acetat de metil
AP	Àcid propiònic
AR	Aigua de red
ARF	Aigua de refrigeració
CO	Monòxid de carboni
IM	Iodur de metil
MEOH	Metanol
WV	Vapor d'aigua
LPR	Líquid de procés
GAS	Gasos a tractar
GNET	Gasos tractats

1.1.5.2. ABREVIATURES DE SUBSTÀNCIES

EQUIPS DE PROCÉS	
ABREVIATURA	NOM DE L'EQUIP
T	Tanc
P	Bomba
CP	Compressor
R	Reactor
C	Columna de rectificació
TD	Tanc de Dilució
CO	Condensador
E	Bescanviador de calor
RE	Kettle reboiler
CA	Caldera
F	Tanc flash
V	Evaporador
TR	Torre de refrigeració
AG	Agitador
TV	Turbina
I	Incineradora
COL	Col·lector

1.2. DESCRIPCIÓ DEL PROCÈS DE PRODUCCIÓ

1.2.1. MÈTODES D'OBTENCIÓ DE L'ÀCID ACÈTIC

L'àcid acètic CH_3COOH , anomenat àcid etanoic segons la IUPAC, pertany al grup d'àcids carboxílics. És un àcid orgànic corrosiu que presenta olor agut picant, gust ardent i propietats perjudicials.

L'àcid acètic és un compost central en gran nombre de les vies biològiques energètiques; el podem trobar present en la natura en aigües oceàniques, salmorres petrolíferes, en aigua de pluja i en plantes i líquids animals, a concentracions traça.

Les aplicacions inicials de l'àcid acètic es remunten a la Grècia Clàssica; també va ésser conegut pels alquimistes del Renaixement, que feren la primera distinció entre les característiques del vinagre i les de l'àcid acètic glacial (obtingut de la destil·lació seca de l'acetat de coure o d'altres acetats de metalls pesats).

En funció de la disponibilitat de matèries primeres, de l'economia i de les possibilitats de venda del producte trobem diversos mètodes de producció industrial d'àcid acètic:

1.2.1.1. OXIDACIÓ D'ACETALDEHIDS

Mitjançant l'obtenció d'acetaldehids, a partir de la l'oxidació d'etanol en presència de catalitzadors de plata, bronze o llautó, es pot procedir a l'oxidació de l'acetaldehid en fase líquida i en presència de sals de cobalt o manganès per a produir àcid acètic.

Es tracta d'un procés industrial estable i estudiat, malgrat presenta problemes derivats de l'excessiu control automatitzat del sistema. La reacció d'oxidació que es duu a terme és la més segura dels processos d'obtenció de l'acètic.

1.2.1.2. CARBONILACIÓ DEL METANOL

És un mètode que es basa en l'addició de monòxid de carboni al metanol, a temperatures de reacció d'entre 150-200°C i a pressions d'operació que oscil·len entre 33-65 atmosferes.

Existeixen diverses configuracions industrials que basen la producció d'àcid acètic en la reacció de carbonilació del metanol. D'entre elles destaquem les següents.

1.2.1.2.1. PROCÉS BASF

La producció d'àcid acètic a partir de la reacció de metanol i monòxid de carboni, a elevades temperatures i pressions va ésser descrita per BASF al 1913. Al 1963 la companyia química alemanya BASF obrí la primera planta de producció d'àcid acètic, utilitzant com a catalitzador iodur de cobalt i operant a 700 bar i 250 °C.

Com a avantatges del procés es citen el cost energètic i la fàcil obtenció i manipulació de primeres matèries; s'ha de tenir en compte, però, que les elevades condicions de reacció suposen problemes d'operació en els equips de procés.

1.2.1.2.2. PROCÉS MONSANTO

Monsanto desenvolupà una variant del procés de producció BASF mitjançant la qual es reduïa significativament la pressió d'operació i introduïa el iodur de rodi com a nou catalitzador, demostrant que el nou mètode presentava major selectivitat i activitat que no pas el basat en el procés BASF. Per altra banda, s'aconseguia reduir la quantitat de metà i àcid propiònic generada.

El procés Monsanto es va implantar l'any 1970 en una planta situada a Texas. La aparició del nou mètode d'obtenció de l'àcid acètic significà la pèrdua de competitivitat del procés BASF.

1.2.1.2.3. PROCÉS CATIVA

Al 1986 la companyia BP Chemicals adquirí els drets de llicència del procés Monsanto. A partir de modificacions significatives del procés, la més important de les quals fou l'ús d'un nou complex catalitzador basat en iridi, s'obtingué un nou mètode d'obtenció d'àcid acètic anomenat procés Cativa. El nou sistema aporta major estabilitat catalítica, disminució de la quantitat d'aigua generada en la reacció i de subproductes líquids.

El procés Cativa comença a aplicar-se l'any 1990.

1.2.1.3. OXIDACIÓ CATALÍTICA DE NAFTA-BUTÀ EN FASE LÍQUIDA

La oxidació directa de butà en fase líquida es basa en la oxidació simple del butà en presència d'ions metàl·lics com el cobalt, el crom o el manganès. Com a subproductes s'obtenen acetat d'etil, butanona, àcid fòrmic, àcid propiònic i, en menor quantitat, l'àcid butíric. El procés pot ésser modificat per a produir majors quantitats dels subproductes que interessin.

La teoria d'oxidació de la nafta presenta més complicacions ja que es dona una reacció de back-biting, que condueix a l'obtenció de productes cíclics que dificulten el procés.

1.2.1.4. PROCESSOS EN VIES D'INVESTIGACIÓ

En l'actualitat hi ha grans capitals d'inversió destinats a la investigació de nous mètodes d'obtenció d'àcid acètic a partir de la oxidació d'olefines i d'etilè, butà o acetat de butil. Malgrat els intents, no s'ha trobat cap producte vàlid per al mercat mundial, a banda del cost gairebé prohibitiu de les matèries primeres.

Pel que fa a la producció de l'àcid a partir de gas de síntesi comentar que és un procés que es troba en vies d'investigació en quant a ús de matèries primeres alternatives més barates, conseqüència de l'encariment de les matèries primeres comuns en els últims anys.

La producció industrial del acètic va patir una revolució entre 1978 i 1988; l'oxidació de nafta-butà en fase líquida va créixer mentre que la carbonilació de metanol o acetat de metil va esdevenir el procés més utilitzat a escala mundial. Alhora, el procés d'obtenció d'àcid acètic a partir de la recuperació d'aquest en processos d'oxidació d'altres d'hidrocarburs es va veure incrementat.

En l'actualitat, la major part de la producció de l'àcid acètic comercial s'obté a partir de la carbonilació de metanol o de l'acetat de metil seguit, en volum de producció, de l'oxidació d'acetaldehids o d'hidrocarburs lleugers en fase líquida. A menor escala

trobem producció d'acètic a partir de la oxidació de butà en fase líquida, de la oxidació directa d'etanol o bé a partir de gas de síntesi.

1.2.1.5. SELECCIÓ DEL MÈTODE

El mètode d'obtenció a seguir serà la carbonilació de metanol amb monòxid de carboni, tal i com ens ha estat indicat. D'entre les possibles variants de la carbonilació Impact ha optat per escollir el procés Cativa.

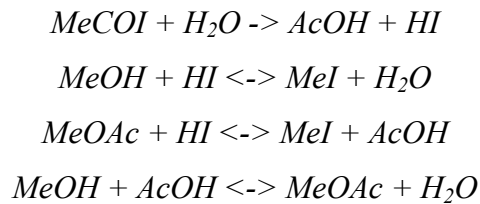
1.2.2. DESCRIPCIÓ GENERAL DEL PROCÉS

Les matèries primeres utilitzades per a l'obtenció d'àcid acètic són metanol i monòxid de carboni. L'entrada de metanol es fa en fase líquida a temperatura ambient i l'entrada de monòxid de carboni es fa en fase gas, mitjançant un bombolleig des de la base del reactor. Abans d'introduir els corrents al reactor, hi ha un tanc amb la missió de preparar la mescla reactant abans de la seva entrada al reactor.

El cabal molar de CO és un 50% més gran que el de metanol, per tant entra en excés respecte la relació estequiomètrica, que és 1:1.

El tipus de reactor emprat és un tanc agitat que opera a 192,5 °C i 27 bar. Hi ha una fase gasosa compresa pel CO que no ha reaccionat, i subproductes tals com el CO₂ i el metà. A la fase líquida hi ha àcid acètic (el producte d'interès), i els subproductes: H₂O, MeI, MeOAc, àcid propiònic i considerem que gairebé no hi ha metanol perquè reacciona totalment tant per donar àcid acètic com els subproductes esmentats.

Les reaccions que es produeixen dins del reactor són les següents:



La reacció principal és la següent:



El catalitzador que s'utilitza es distribueix entre una forma activa $[\text{Ir}(\text{CO})_2\text{I}_3\text{Me}]^-$ i una inactiva: $[\text{Ir}(\text{CO})_2\text{I}_4]^-$. El MeI i el MeOAc actuen com a cocatalitzadors i la seva elevada concentració fa augmentar la velocitat de reacció.

La configuració emprada per als reactors on es duu a terme la reacció és de dos tancs agitats en paral·lel. Cadascun d'aquests dos tancs està dissenyat perquè un de sol al 75% del volum total sigui capaç de produir la demanda d'acètic. Si tots dos tancs operen alhora, només caldrà que operin al 50% del 75% del volum total.

El reactor es refrigera utilitzant una mitja canya utilitzant aigua de refrigeració com a fluid refrigerant.

L'únic corrent de sortida del reactor és conduït a un sistema de destil·lació flash amb la corresponent vàlvula d'expansió que descomprimeix des dels 27 bar (que hi ha dins dels reactors) fins a 3 bar.

Per cues del flash recuperem la totalitat del catalitzador, aquest corrent també conté la resta de components i és recirculat al reactor. Per caps obtenim el producte que és conduït cap a la primera columna de destil·lació. El corrent de caps d'aquesta primera columna es recircula cap al reactor. L'objectiu és concentrar l'acètic fins al nivell d'acètic glacial. A la sortida (per cues) de la primera columna tenim una puresa superior al 99%.

El corrent d'interès és el de cues de la columna, a partir del qual treurem el corrent d'acètic glacial i el d'acètic al 70%. El corrent de cues de la segona columna es divideix mitjançant un tanc pulmó en dos corrents de sortida. Un dels dos corrents ja és el cabal d'acètic glacial demandat. L'altre corrent és introduït a un tanc de mescla junt amb el cabal d'aigua corresponent per assolir la concentració del 70%.

L'àcid acètic a vendre s'emmagatzema en tancs d'emmagatzematge d'àcid acètic glacial i àcid acètic al 70%. La producció a l'any serà de 75.000 tones.

1.3. CONSTITUCIÓ DE LA PLANTA

La planta de producció d'àcid acètic s'ha dividit en onze zones, ocupant una part de la parcel·la, s'ha optat per separar les zones unes respecte les altres, ja que es disposaven de metres suficients, i si alguna vegada es vol ampliar la planta amb l'addició de més equips, o es vol augmentar la producció, es pugui fer sense problemes.

1.3.1. CLASSIFICACIÓ PER ZONES

Les àrees en que està dividida la planta són les següents:

- Zona 100: Zona d'emmagatzematge de matèries primeres
- Zona 200: Zona de reacció
- Zona 300: Zona flash
- Zona 400: Zona de purificació
- Zona 500: Zona de dilució
- Zona 600: Zona de productes acabats
- Zona 700: Zona de refrigeració
- Zona 800: Zona de tractament de residus
- Zona 900: Zona d'oficines, vestuaris, menjador, laboratoris i sala de control
- Zona 1000: Zona de magatzem i taller
- Zona 1100: Zona de pàrking

Als layouts estan delimitades totes les zones.

1.3.2. DESCRIPCIÓ PER ÀREES

Zona d'emmagatzematge de matèries primeres:

Dins aquesta zona tenim quatre tancs de metanol, els quals són atmosfèrics de carcassa cilíndrica, fons superior cònic i la part inferior plana, permeten l'abastiment de metanol per un període de 48 hores (2 dies, temps de residència dels tancs).

El metanol ens arriba a la planta per camions cisterna de 23 tones, i es preveu que vinguin amb freqüència de cinc camions cada dos dies. El metanol ens arriba líquid a la planta a una temperatura de 20 °C, que és la temperatura d'emmagatzematge fixada. Cada tanc de metanol és sota una atmosfera inert de nitrogen, perquè és una substància explosiva.

Les característiques del metanol d'entrada són les següents:

Massa molecular: 32.0

Punt d'ebullició: 65 °C

Punto de fusió: -94 °C

Densitat relativa (aigua = 1): 0.79 Kg/m³

Solubilitat en aigua. Miscible

Pressió de vapor a 20 °C = 2.3 kPa

Densitat relativa de vapor (aire=1) = 1

Densitat relativa de la mescla vapor-aire a 20 °C (aire=1) = 1.01

Densitat a 20°C i 1atm = 791.8 Kg/m³

Punt d' inflamació = 12 °C (c.c)

Temperatura de autoignició = 385 °C

Límits d'explosivitat, % en volum a l' aire = 6-35.6

Coefficient de repartiment octanol-aigua com log Pow = -0.82/-0.6

Respecte els tancs de monòxid de carboni, direm que són de fons superior i inferior toriesfèric. El monòxid de carboni el comprem a l'empresa Praxair que ens aprovisionen en camions cisterna de 23 Tn, venen cinc camions al dia. Les condicions

del monòxid de carboni subministrat, ens el venen a 10 bar i -185 °C, que són les condicions del tanc d'emmagatzematge, s'ha de tenir en compte que el monòxid de carboni és inflamable i tòxic.

Zona de reacció:

A la zona de reacció tenim el reactor que es troba doblat, per si algun dia no disposem d'un d'ells ja sigui per manteniment o bé per modificacions, i Així garantim que la producció sigui la mateixa. Si treballem amb un únic reactor, treballarà a un 75 %, si treballem amb els dos ho fem a un 50 %.

També disposem d'un tanc pulmó que homogeneïtza la mescla de reacció abans d'introduir-la al reactor pertinent.

Tots els equips s'hauran d'internitzar amb nitrogen perquè tenim substàncies inflamables, i així evitariem riscos innecessaris. El reactor disposa d'una mitja canya com a sistema de refrigeració, utilitzant aigua descalcificada com a fluid refrigerant provinent de la zona 700, que és on estan les torres de refrigeració.

Cal destacar que els reactors treballen a 192.5 °C de temperatura i 27 bar de pressió. Del reactor surten varis corrents, un serà de gasos a tractar a l'incineradora, un altre serà el de líquid de procés que anirà al flash, l'entrada serà una mescla resultant d'unir els corrents de recirculació que venen de la columna i del flash, el del flash serà de recirculació de catalitzador, el de la columna serà d'enriquiment de la mescla per augmentar el rendiment del procés. Els altres dos corrents que arriben al tanc pulmó són els d'aliment de monòxid de carboni i el de metanol que venen dels seus respectius tancs d'emmagatzematge.

Zona flash:

En aquesta zona tenim el flash encarregat de separar del líquid de procés el catalitzador que recircularem al reactor per no perdre rendiment de reacció, obtindrem també el nostre corrent de procés que anirà a la columna de destil·lació per obtenir el

nostre producte. El flash treballa a 134.5 °C de temperatura i 300 KPa de pressió, per tal de d'adequar el corrent de recirculació de catalitzador al tanc previ al reactor instal·lem un bescanviador de calor.

Zona de purificació:

A la zona de purificació tenim una columna de rectificació on obtindrem l'àcid acètic glacial amb les característiques que ens demana el mercat. Obtindrem un corrent d'àcid acètic a 118 °C de temperatura i 101.32 KPa de pressió que el conduïm a la zona 500 (zona de dilució).

El corrent de recirculació a la zona 200 servirà per enriquir la reacció dins el reactor, aquí estaran subproductes de la reacció i altres components que no ens interessin dins el producte acabat. Posem un col·lector COL-401 al costat del condensador CO-401 que s'encarrega de regular el cabal, i el bescanviador E-401 següent té la funció de disminuir la temperatura del corrent de recirculació i adequar les condicions seves a les del tanc previ al reactor T-201.

Zona de dilució:

El corrent de procés provinent de la zona de purificació és introduït en un tanc d'espera T-501 on obtenim dos corrents de sortida, abans del tanc tenim un bescanviador E-501 que utilitza aigua glicolada com a fluid refrigerant subministrada per l'empresa encarregada. Un corrent anirà ja directament a la zona d'emmagatzematge de producte acabat, aquest producte serà l'àcid acètic glacial. L'altre corrent de sortida serà d'àcid acètic glacial, però aquest serà introduït a un tanc de dilució TD-501, on diluïrem aquest corrent amb aigua descalcificada per tal d'obtenir un àcid acètic diluït al 70 % que emmagatzemarem com a producte també per vendre.

Zona de productes acabats:

En aquesta zona trobem els nostres productes de procés, l'àcid acètic glacial i el diluït al 70%.

Per l'emmagatzematge de l'AAG tenim quatre tancs atmosfèrics de carcassa cilíndrica, fons superior cònic, i part inferior plana. Permeten l'abastiment per necessitats de metanol per un període de 48 hores (2 dies, temps de residència dels tancs). Aquest AAG serà recollit per camions cisterna cada dos dies, amb una freqüència prevista de sis cada dos dies. Serà recollit líquid a 25 °C que és la temperatura d'emmagatzematge fixada.

Els tancs d'AAG i AAD són sota una atmosfera inert de nitrogen per evitar riscos de contaminació.

Per l'emmagatzematge d'AAD tenim tres tancs atmosfèrics de carcassa cilíndrica, fons superior cònic i part inferior plana. Permeten l'abastiment durant 48 hores (2 dies, temps de residència dels tancs). Per tal de diluir l'AAG fins obtenir AAD al 70%, es dissenya un tanc de dilució torisfèric, atmosfèric i agitat, es dobla l'equip per evitar problemes i la parada de la planta.

L'AAD serà recollit líquid a 25 °C, que és la temperatura d'emmagatzematge fixada, es preveu una freqüència de quatre camions cisterna cada dos dies per recollir aquest producte.

Les característiques de l'àcid acètic glacial són les següents :

Fórmula molecular: CH_3COOH

Massa molecular: 60.6

Punt d'ebullició: 118 °C

Punto de fusió: 16,635 °C

Densitat relativa (aigua = 1) = 1.05

Solubilitat en aigua. Miscible

Pressió de vapor a 20 °C = 1.6 kPa

Densitat relativa de vapor (aire = 1) = 2.07

Densitat a 25 °C i 1 atm = 1038.25 Kg/m³

Punt de inflamació: 39 °C

Temperatura de autoignició: 427 °C

Límits d'explosivitat, % en volum a l'aire de 4.0-17

Coefficient de repartiment octanol-aigua com log Pow = -0.31/0.17

Les característiques de l'àcid acètic diluït són les següents :

Fórmula molecular: CH_3COOH

Massa molecular: 60.6

Punt d'ebullició: 118 °C

Punto de fusió: inferior a -7 °C

Densitat relativa (aigua = 1) = 1.05

Solubilitat en aigua. Miscible

Pressió de vapor a 20 °C = 1.6 kPa

Densitat relativa de vapor (aire = 1) = 2.07

Densitat a 25 °C i 1 atm = 1038.25 Kg/m³

Punt de inflamació: 39 °C

Temperatura de autoignició: 427 °C

Límits d'explosivitat, % en volum a l'aire de 4.0-17

Coefficient de repartiment octanol-aigua com log Pow = -0.31/0.17

Zona de refrigeració:

Aquesta zona conté cinc torres de refrigeració TR-701, TR-702, TR-703, TR-704, TR-705 que abastiran tota la planta en quant aigua de refrigeració, les torres disposaran d'uns tancs d'aigua T-701, T-702, i unes necessitats d'aigua descalcificada que es detallen en l'apartat de serveis.

Zona de tractament de residus:

En el nostre procés no hi ha generació de corrent líquida continua a tractar. Així doncs, es dissenya un sistema de recollida d'aigües i tanc T-702 per a possibles aigües derivades de rentats, fuites, problemes d'operació, etc...

El tractament de totes les possibles aigües queda derivat a empreses externes especialitzades en el sector.

Hi ha generació de cabal de gas continu en els reactors. Per tal de eliminar el CO₂ i per a reduir les emissions gasoses que conté l'esmentat corrent es dissenya una incineradora tèrmica I-801 que operarà a planta.

Zona d'oficines, vestuaris, menjador, laboratoris i sala de control:

Es disposarà d'una zona d'uns 1000 m² a on hi haurà un edifici de dues plantes que tindrà laboratoris, sala de control i menjador-cafeteria a la planta baixa. A la segona planta tindrem les oficines, sales de reunions, vestuaris. Aquest edifici tindrà diverses finestres que estaran orientades a un jardí per tal de disminuir l'impacte visual als treballadors de l'empresa. Els vestuaris estaran dividits en dues zones segons el sexe amb taquilles, dutxes i serveis. Es disposarà d'un ascensor amb capacitat per 12 persones o 900 kg de càrrega màxima, i els serveis estaran en les dues plantes per homes i dones amb una capacitat adequada a la quantitat de treballadors que treballi en aquest edifici. El menjador tindrà una capacitat pel màxim nombre empleats en un torn més un suplement per les possible visites.

La sala de control s'ubicarà de cara al procés, estarà prevista de finestres amb la visibilitat necessària frontal i lateral amb una bona il·luminació sense enlluernament. Es procurarà orientar correctament les finestres per tal 'evitar la incidència directa dels raigs del sol sobre el panell de control.

Degut a que en el polígon on tenim la nostra planta hi ha centre mèdic, simplement posarem un botiquí amb la funció de poder atendre allí als operaris en cas de que tinguin un accident menor. En cas de que hi hagi algun accident greu, a l'operari ferit se li traslladaria a l'hospital més pròxim que és el l'Hospital de Bellvitge. A la zona de pàrking disposem de lloc per tal que hi hagin de venir ambulàncies.

Zona de magatzem i taller:

Aquesta zona s'orienta cap al procés, de cara a tenir un accés ràpid a les eines des del procés. Tindrà tres portes, una serà d'emergència, una altra donarà al procés, i l'altra a la part de darrera.

Zona de pàrquing:

Les seves dimensions es basen en el nombre màxim d'empleats en un sol torn, però també en la possibilitat de coincidència d'empleats en el canvi de torn i tenint en compte les possibles visites ocasionals.

Els cotxes aparcaran en bateria de forma perpendicular a la carretera del polígon. La fila d'aparcaments tindrà un forat per permetre la entrada dels operaris. Es farà una zona d'aparcaments per a camions a cada zona d'emmagatzematge, tant de matèries primeres com de producte acabat. El nombre d'aparcaments per a camions serà de 8 per la zona de matèries primeres, i de 6 a la zona de producte acabat.

Disposarem de places per a minusvàlids, motos i bicicletes.

1.3.3. PLANTILLA DE TREBALLADORS

El funcionament de la planta de producció d'àcid acètic glacial és de 330 dies a l'any, que equivalen a 7920 hores. La planta treballa en continu 24 hores al dia durant 330 dies l'any. La plantilla de treballadors té tres torns de treball, més un addicional pels caps de setmana, en el cas dels operaris de producció, pel personal d'oficines només un torn.

Es proposen unes dates d'aturada:

Del 31 de març al 6 d'abril (7 dies), i del 5 a l'11 d desembre (7 dies): parada per manteniment.

Del 1 al 31 d'agost: vacances.

Les oficines es consideren de densitat mitjana de persones, i segons l'Art. 6.2 de la NBE-CPI/96 s'estableix una ocupació d'una persona cada 10 m².

Les dimensions dels edificis es basen en el nombre màxim d'empleats en un sol torn, que vagin a treballar a la planta, és necessari determinar-ho abans de fer la implantació.

Per fer aquesta determinació hem considerat el següent nombre d'empleats:

Tècnics:

- Director general
- Enginyer de procés
- Químic
- Responsable de seguretat, qualitat i medi ambient

Especialistes:

- Tècnic de laboratori
- Electricistes (un per torn)
- Fontaners (un per torn)
- Soldadors (un per torn)
- Tècnics de control i instrumentació (un per torn)
- Personal de subministrament (quatre per torn)

Personal administratiu:

- Administratiu encarregat de gestionar la compravenda
- Contable
- Secretari/a

Operaris:

Es calculen segons el nombre d'operacions del procés. Es requereix un operari per cadascuna d'elles, excepte per la zona de reacció que necessitarem més d'un operari per torn.

Es considera que tenim cinc operacions principals que les citem a continuació:

- Mescla dels corrents de recirculació i dels corrents d'alimentació abans del reactor mitjançant un tanc de mescla (un per torn).
- Reacció dins el reactor (un per torn).
- Destil·lació flash a on obtenim un corrent majoritari de catalitzador per recircular-ho al reactor (un per torn).
- Destil·lació a la columna per obtenir l'àcid acètic glacial (un per torn).
- Dilució d'una part del producte principal en àcid acètic al 70% (un per torn).

També tenim operacions secundàries que també poden necessitar personal:

- Sistema de refrigeració de la planta (tres per torn).

Es necessitarà la presència d'un supervisor de totes aquestes operacions, que serà un per torn.

Personal dedicat a serveis:

- Personal de neteja (dos en el torn de tarda).
- Cuiner (un per torn).
- Cambrers (dos per torn).

Personal dedicat a altres activitats de l'empresa:

- Responsable del departament de personal, que tindrà la responsabilitat de contractar als empleats de l'empresa, és a dir seleccionar els més adequats.
- Responsable de la gestió econòmica de l'empresa.
- Responsable del departament de manteniment, que tindrà a càrrec seu dos operaris qualificats per aquestes tasques.
- Responsable de logística.

Fent un recompte de personal, trobem que el nombre màxim d'empleats per torn serà de 35. si tenim quatre torns, tindriem com a màxim 95 treballadors a planta, els treballadors contractats en cap de setmana tindran un sou més gran, ja que seran dos torns de 12 hores, i per tant treballaran per setmana 24 hores, s'haurà de compensar aquest número d'hores que no treballen, i així ens assegurem tenir personal en aquest període de la setmana.

Contractem a 106 treballadors en total pel desenvolupament correcte de la planta. La seva remuneració serà la següent:

- Tècnics: 3500 €/mes
- Especialistes : 2200 €/mes
- Personal administratiu: 2000 €/mes
- Operaris: 1000 €/mes
- Personal dedicat a serveis: 1300 €/mes
- Personal dedicat a altres activitats de l'empresa: 2200 €/mes
- Supervisors de procés de la planta: 1800 €/mes

Aquests sous són aproximats, però ja dona una idea del que pot costar contractar el personal de la nostra planta. Els treballadors tindran 15 pagues durant tot l'any.

Respecte als torns de treball, dependran de la tasca desenvolupada a l'empresa. Al personal d'oficines, on inclourem al director general, enginyer de procés, responsable de seguretat, qualitat i medi ambient, el personal administratiu, el comptable i el secretari/a. El torn per aquests empleats serà el següent, comptant de dilluns a divendres:

Horari:

- Matins. De 9:00 a 13:00
- Tardes. De 16:00 a 20:00

El director ha d'estar sempre localitzable.

Dintre del grup dels operaris que inclouen els treballadors de la sala de control, supervisors, guàrdies de seguretat (contractem una empresa de seguretat que s'encarrega de la seguretat del recinte) , electricistes, fontaners, soldadors, tècnics de control, tenen quatre torns que són els següents:

- Torn de matí: De 8:00 a 16:00
- Torn de tarda: De 16:00 a 24:00
- Torn de nit: De 24:00 a 8:00
- Torn de cap de setmana: 24 hores cada dia, que es reparteixen entre la gent que ve de dilluns a divendres, fent el mateix torn que entre setmana, cada dues setmanes.

El personal de laboratori a on incloem el químic, tècnic de laboratori i personal de subministrament. Es disposarà d'un sol torn per aquest grup d'empleats amb el següent horari: De 9:00 a 17:00 de dilluns a divendres.

El personal del menjador-cafeteria, a on s'inclouen els cambrers i el cuiner. Hi haurà dos torns:

- De 11:00 a 15:00, i de 17:00 a 23:00
- De 3:00 a 7:00

El personal de neteja tindrà un horari de tarda com el següent:

De 20:00 a 23:00.

Respecte a la zona de producció, requereix un espai exterior segur, és a dir, un espai a l'aire lliure que permeti als ocupants de l'edifici arribar a una via pública, o possibilitar l'accés a l'edifici als mitjans d'ajuda exterior.

Les zones de producció es consideren zones d'alta densitat de persones, segons l'Art. NBE-CPI/96 s'estableix una ocupació d'una persona cada 40 m².

1.4. ESPECIFICACIONS I NECESSITATS DE SERVEIS

1.4.1. AIGUA POTABLE

És aigua potable per ús personal (vestuaris, oficines, lavabos i laboratoris). És subministrada a peu de parcel·la a 4 kg/cm^2 en una canonada amb un diàmetre de 200 mm, a una temperatura de $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

1.4.2. AIGUA CONTRA INCENDIS

En tota instal·lació química hi ha un sistema de lluita contra incendis. El sistema consta de dos tancs d'emmagatzematge d'aigua per incendis, una xarxa de distribució, una estació on per seguretat, s'instal·len a part de les bombes principals, una bomba que funciona amb combustible per si en cas d'incendi hi hagués un tall elèctric. La màxima pressió a la que pot operar és 4 kg/cm^2 .

Cada tanc d'emmagatzematge té un volum de 350 m^3 , d'aquesta manera s'assegura la distribució d'aigua en la planta durant hores segons unes condicions normals d'operació. Les vàlvules es trobaran ofertes.

1.4.3. AIGUA DE REFRIGERACIÓ

L'aigua de refrigeració es necessita pel condensador de la columna, per la mitja canya del reactor, pel serpentí de cadascun dels tancs d'emmagatzematge d'AAG. A continuació es citen les necessitats en cada equip:

R-201, R-202: la mitja canya del reactor R-201 necessita 7974.5 kg/h , la del reactor R-202 és el mateix.

C-401: el condensador de la columna C-401 necessita $8 \text{ m}^3/\text{h}$.

E-401: el bescanviador necessita $8 \text{ m}^3/\text{h}$.

E-301: el bescanviador necessita $8 \text{ m}^3/\text{h}$.

T-501, T-502, T-503: tancs d'emmagatzematge de 100 m^3 d'AAG $\rightarrow 0.754 \text{ m}^3/\text{h}$ per tanc.

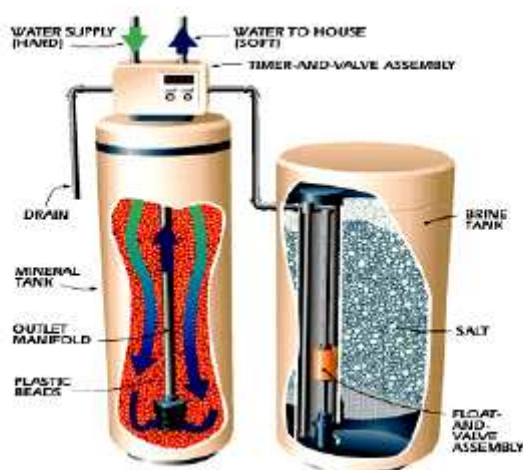
T-504 : tanc d'emmagatzematge de 50 m^3 d'AAG $\rightarrow 0.5 \text{ m}^3/\text{h}$.

CO-401 : el condensador requerirà $8 \text{ m}^3/\text{h}$.

1.4.4. AIGUA DESCALCIFICADA

És important garantir que l'aigua que es trobi dins el circuit estigui lliure d'ions, ja que en ell es produeix un procés d'evaporació. Si a l'aigua hi ha presència d'ions dissolts, aquests es dipositen i formen incrustacions afectant al funcionament de la instal·lació.

A continuació es mostra l'esquema d'un descalcificador d'aigua:



El procés consisteix en passar l'aigua a través d'una resina que bescanvia els ions de calci i magnesi que volem eliminar de l'aigua, per altres que són solubles en aigua.

En el moment que la resina es saturi, no captarà més ions, llavors s'haurà de regenerar.

La planta disposa de tres equips descalcificadors, un pel circuit de vapor, un altre pel circuit de refrigeració, i un altre pel procés.

Aquesta aigua s'utilitza per tenir aigua de refrigeració, a la zona 700 tenim una necessitat de $0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ per mantenir el nivell del tanc T-702, d'on obtenim l'aigua per les torres de refrigeració.

A la zona 500, serà important l'aigua descalcificada, ja que necessitarem diluir part de l'àcid acètic glacial al tanc de dilució TD-501, amb una necessitat de $1.8 \text{ m}^3/\text{h}$.

Necessitarem aigua descalcificada pel bescanviador E-801, per tal de disminuir la temperatura dels gasos de sortida de la incineradora I-801. Aquest vapor anirà a parar a una turbina de vapor, d'on produïrem electricitat. Necessitarem $30 \text{ m}^3/\text{h}$.

1.4.5. VAPOR D'AIGUA

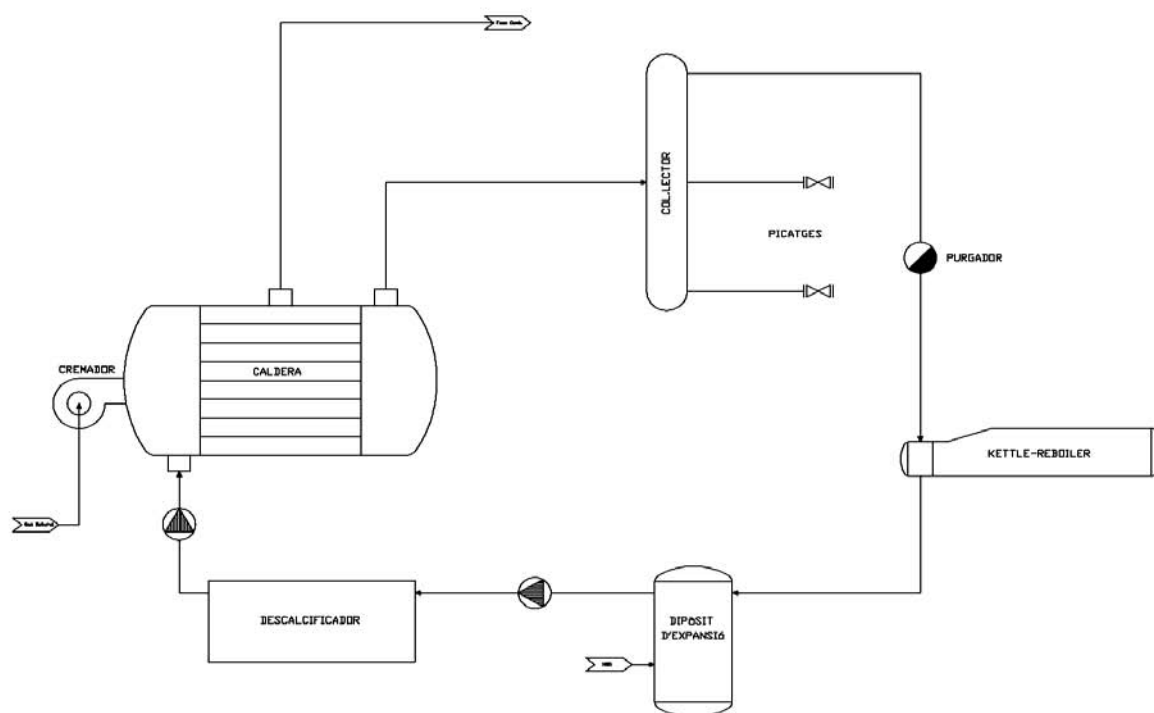
El vapor produït a una caldera que comprem es condueix fins el lloc d'utilització (reboiler de la columna RE-401), a on es condensa aquest vapor i s'allibera el seu calor latent, el qual és transmès a la matèria a escalfar. Les aigües condensades es retornen de nou a la caldera per ser allí vaporitzades novament.

S'agafa vapor d'aigua per les següents raons:

- Es pot conduir molt fàcilment per canonades a diferents llocs d'utilització.
- L'aigua és abundant, de fàcil adquisició, de preu baix, no corrosiva ni verinosa.
- El vapor d'aigua saturat cedeix a major part del seu calor latent, a una temperatura fixa que serà la seva temperatura de condensació.
- Cada kg d'aigua condensada cedeix una quantitat major de calor que la que pugui cedir una altra substància.

El vapor d'aigua saturat que produeix la caldera són 10000 Kg/h. Treballa a 12 bars, però a l'equip arriba a 5 bars gràcies a un col·lector.

L'empresa que ens subministra la caldera és H.G. Servitec, S.A., el model és GTP 10000.



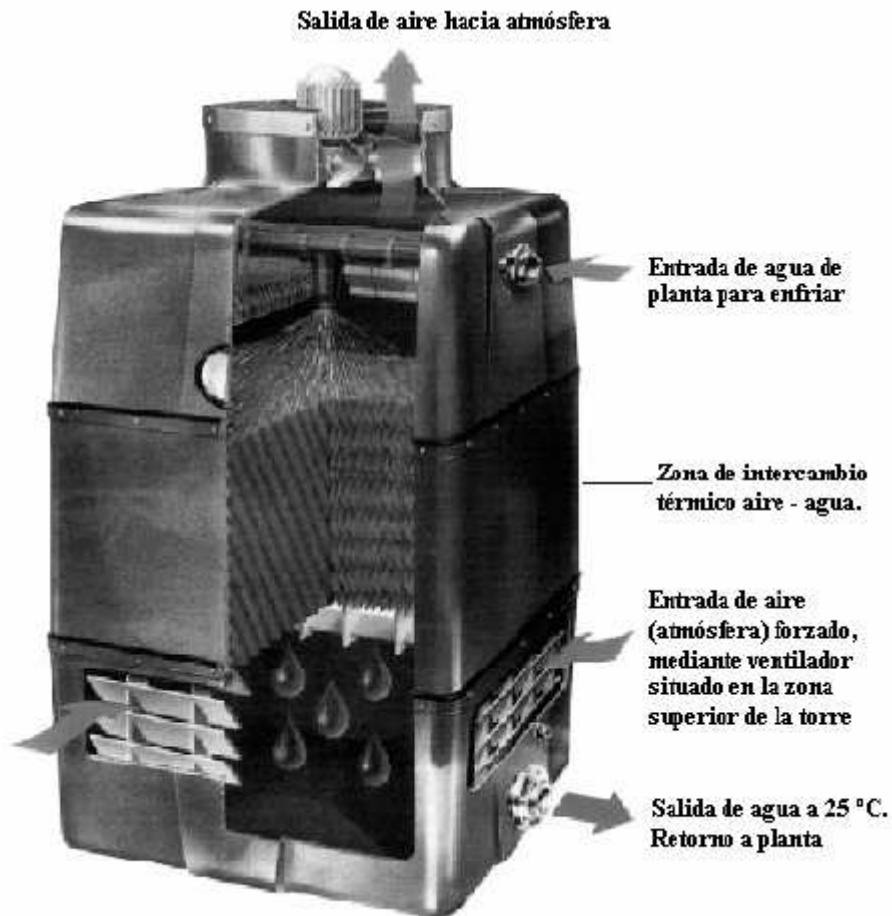
1.4.6. TORRES DE REFRIGERACIÓ

Principi de funcionament d'una torre de refrigeració:

L'aigua i l'aire es posen en contacte mitjançant un ventilador que aspira l'aire a contracorrent de l'aigua, una part de l'aigua s'evapora.

El calor que necessitem per refredar ve dels 597 Kcal aproximadament que té cada litre d'aigua, més de la caiguda de temperatura entre l'aigua calenta i la temperatura exterior de l'aire. El rendiment d'una torre de refrigeració de la seva superfície de bescanvi de calor, de la bona distribució de l'aigua, de la quantitat d'aire aspirat i de l'estat de l'aire exterior. El límit teòric de refredament és la temperatura del

termòmetre humit. A continuació presentem un esquema de funcionament de la torre de refrigeració:



Si coneixem la temperatura de l'aire i la humitat relativa es pot determinar la temperatura del termòmetre humit. La diferència entre la temperatura de l'aigua freda i la temperatura del termòmetre humit és molt important per l'alçada que tingui la torre.

Com més petita sigui aquesta diferència de temperatures, l'alçada de la torre serà més petita, i per tant més econòmica, la diferència serà com a mínim de 3-4 °C.

Normativa aplicable referent al control de la legionel·la:

Des de fa anys el Reial Decret 909/2001 obliga a fer una desinfecció cada any dels circuits d'aigua calenta sanitària i aigua freda d'ús humà en tots aquells llocs d'ús col·lectiu (hotels, hospitals, càmpings, gimnasos, instal·lacions esportives, presons, empreses en general, etc). Amb el Decret de la Generalitat 152/2002 s'estableix que certes empreses autoritzades per la Generalitat facin revisions de les instal·lacions cada quatre anys.

Dades generals de les torres de refrigeració:

A la zona 700 disposem de cinc torres de refrigeració, necessita cadascuna 800 m³/s d'aire exterior que és agafat mitjançant un ventilador de 22 KW de potència. Cada torre té una alçada de 4 metres, de gruix 4.1 metres i longitud de 4.1 metres. Les torres són subministrades per l'empresa SULZER Cooling Towers, i corresponen al model EWQ-1800. Les torres aconseguen una diferència de temperatures d'entrada i sortida de l'aigua de 15 °C, de 40 a 25.

1.4.7. AIGUA GLICOLADA

Les necessitats de l'aigua glicolada a la planta provenen de la zona 500, al bescanviador E-501 necessitem 21.6 m³/h amb una diferència de temperatures de -10 °C a 10 °C.

A la planta disposem d'un equip de fred per l'aigua glicolada. Aquest equip es basa en la combinació de compressió tèrmica i expansió adiabàtica d'un gas en un circuit tancat, utilitzem un equip de la casa comercial Coolmation Ltd., i el model és el TCAP-4600. L'equip necessita una potència de 616.8 KW.



Les característiques tècniques del model són les següents:

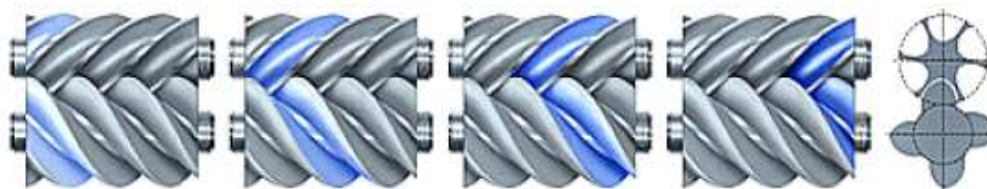
MODEL TCAP		4420	4450	4560	4600
Technical data					
Nominal cooling capacity (*)	kW	405,4	458,0	567,4	618,8
Sound pressure (**)	dB(A)	71	71	73	73
Reciprocating compressor/type	n.	4/4	4/4	4/4	4/4
Circuits	n.	4	4	4	4
Fans	n. x kW	8x2,1	8x2,1	12x2,1	12x2,1
Nominal air flow rate of fans	m ³ /h	148600	143800	228800	213600
Nominal evaporator flow rate	l/h	69730	76950	97590	108080
Rated evaporator flow resistance	kPa	68	73	91	109
Evaporator water content	l	142,9	142,9	121,4	121,4
R407C coolant charge	kg	180	200	220	230
Polyester oil charge	l	0,5x4	0,5x4	0,5x4	0,5x4
Electrical data					
Total power input (**)	kW	171,3	177,7	224,8	262,0
Power supply	V-ph-Hz	400-3-50	400-3-50	400-3-50	400-3-50
Auxiliary power supply	V-ph-Hz	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50
Control power supply	V-ph-Hz	24-1-50	24-1-50	24-1-50	24-1-50
Nominal current	A	288	352	418	439
Maximum current	A	324	408	498	528
Nominal current	A	528	725	772	844
Dimensions					
Length	L mm	4550	4550	6550	6550
Height	H mm	2360	2350	2350	2360
Depth	P mm	2250	2250	2250	2250

1.4.8. AIRE COMPRIMIT

El principi de compressió es basa en que dos rotors helicoïdals giren entre si, el primer amb quatre lòbuls i el segon amb sis estries. El primer rotor gira un 50 % més ràpid que el segon, l'aire es comprimeix entre els rotors i la seva carcassa.

Els rotors mai arriben a tocar-se gràcies a la precisió dels engranatges de sincronisme que mantenen una separació suficient entre la superfície dels rotors. No hi ha desgast i no es requereix lubricació a l'espai de compressió.

Es subministra aire sense pulsacions ni oli.



Els extrems dels rotors deixen al descobert l'entrada, l'aire penetra a la càmera de compressió. Queda atrapat al compartiment format per un lòbul mascle i una estria femella. Quan els rotors giren el compartiment s'estreta comprimint l'aire atrapat, finalment l'aire surt per la sortida.

Utilitzem aire comprimit a una pressió de 8 Kg/cm² per accionar tota la instrumentació de tota la planta com les vàlvules pneumàtiques de control del procés.

1.4.9. NITROGEN

Les avantatges d'utilitzar nitrogen degut a les seves propietats són les següents :

- Gas incolor, inodor, insípid i no tòxic.
- No produeix combustió ni és cap combustible.

- Format per molècules diatòmiques, amb una elevada energia d'enllaç, la qual cosa provoca una gran estabilitat i es justifica el seu ús com a inert.
- Té una densitat inferior semblant a la de l'aire, per la qual cosa és fàcil desplaçar-lo.
- La seva solubilitat en els líquids és molt petita e inferior a la d'altres gasos.
- Al ser obtingut amb gran puresa, el seu ús quan les exigències en el contingut d'oxigen i/o humitat són estrictes.
- En el pas de nitrogen líquid a nitrogen gas absorbeix gran quantitat de calor, per això s'utilitza com a fluid refrigerant.
- S'elimina a l'atmosfera sense cap problema.

La necessitat de l'ús d'atmosferes inerts, fonamentalment de nitrogen prové de quatre aspectes principals :

- Seguretat
- Qualitat
- Producció
- Protecció d'equips

Seguretat:

En aquest camp es pretén eliminar el risc d'inflamacions i explosions en l'emmagatzematge i manipulació de certs productes químics com en la nostra planta.

Qualitat:

Moltes productes químics necessiten una atmosfera inert per motius de qualitat, la presència d'oxigen i/o humitat poden causar segons quin sigui el producte molts problemes.

Aquests problemes poden venir per reaccions secundàries que poden provocar una pèrdua de característiques del producte desitjat, per tant poden influir en la qualitat final del producte, a més, poden aparèixer productes inestables.

El nitrogen és un gas molt pur i sec, cosa que evita problemes derivats de la presència de l'oxigen i la humitat.

Producció:

En diferents etapes de la fabricació d'un producte és imprescindible la presència d'una atmosfera de nitrogen, ja sigui per motius de seguretat o per motius de necessitats del producte. A la nostra planta necessitem nitrogen en els reactors R-201 i R-202; també necessitem al tanc previ al reactor T-201. Als tancs d'emmagatzematge de metanol T-101, T-102, T-103 i T-104; també als tancs de producte acabat d'àcid acètic glacial T-601, T-602, T-603 i T-604, al igual que els tancs d'àcid acètic diluït al 70 % T-605, T-606 i T-607. A la columna C-401, al flash F-301, i als tancs T-501 i TD-501 també en necessitarem servei de nitrogen.

Protecció dels equips:

Gràcies a les atmosferes inerts no es formen productes corrosius deguts a l'acció de l'oxigen i/o aigua sobre un producte determinat. Aquest fet fa augmentar la duració dels equips en contacte amb el producte, i allarga el temps de vida de les instal·lacions i un estalvi en els costos de manteniment.

Dipòsit de nitrogen:

Amb el tanc de nitrogen líquid es disposa d'una gran quantitat de gas en un espai molt reduït, ja que un litre de líquid al evaporar-se es transforma en 800 litres de gas.

Les capacitats dels tancs varien entre 2000 i 58000 litres. Els tancs estan formats per dos recipients, l'interior d'acer inoxidable austenític i l'exterior d'acer al carboni.

L'espai entre els dos recipients està ple de perlita i es manté en condicions de buit, proporcionant un aïllament quasi perfecte. A la planta necessitarem dos dipòsits de 350 m³ per abastir tota la planta diàriament segons les nostres necessitats de nitrogen.

1.4.10. ELECTRICITAT

La energia elèctrica s'utilitza per alimentar els equips, les bombes, la instrumentació i el sistema de il·luminació de la planta. Es disposa d'una connexió de 20 KV a peu de parcel·la i s'ha de col·locar una estació transformadora a 380 volts entre fases.

Necessitem una estació transformadora perquè la electricitat a alta tensió és més barata que la de baixa tensió, i com que en una planta tenim un gran consum d'electricitat surt més rentable tenir un transformador que converteixi la electricitat d'alta tensió en baixa tensió. Des de l'estació transformadora es distribueixen diferents línies trifàsiques a tensió baixa per tota la planta.

Disposem d'un equip capacitat per generar una electricitat mínima en cas de tallada del subministrament elèctric per part de la companyia elèctrica per alguna errada seva. Aquest equip és la turbina de vapor TV-801 que tenim a la sortida de la incineradora que genera electricitat aprofitant el corrent d'aigua que surt del bescanviador E-801, per tant tanquem d'alguna manera el sistema, aprofitant tot el que produeix la nostra planta. La turbina la subministra una empresa del sector.

Característiques de la planta:

Les línies de baixa tensió es distribueixen des de la estació transformadora fins les diferents zones, cadascuna amb la tensió necessària. Són línies trifàsiques amb una toma de terra i quatre conductors, les tres fases i el neutre. Aquestes línies aniran a xarxes soterrades fins als armaris de protecció mitjançant fusibles repartits a cada zona. El material dels cables és coure, i aniran recoberts amb PVC per tal d'aïllar-los.

Dimensionat de les línies:

Per establir la tensió de cada línia, calculem la demanda d'electricitat de cada edifici de la planta, tenint en compte la simultaneïtat dels equips de la zona, de forma que calculem la electricitat necessària quan coincideixin el mateix nombre d'equips funcionant al mateix temps.

Per calcular la intensitat de cada línia utilitzem la següent expressió:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot V}$$

on:

I és la intensitat de cada línia en A

P és la potència requerida en cada zona

V és el voltatge que és 380 V

$\cos(\varphi) = 0.85$

Per calcular la secció del cable utilitzem la següent expressió, en la qual considerem una pèrdua de tensió del 5 %:

$$\text{secció} = \frac{\sqrt{3} \cdot \text{longitud} \cdot I \cdot \cos \varphi}{K \cdot 0.05 \cdot V}$$

on:

la secció s'expressa en mm^2

I és la intensitat en cada línia en A

V és el voltatge que són 380 V

K és el coeficient de conductivitat del coure que és 56

la longitud de cada línia va des de la estació transformadora fins cada zona en m

Càlcul de la electricitat necessària en cada zona:

La secció i la intensitat que passarà per cada línia estarà en funció dels requeriments d'electricitat de cada zona. A continuació calculem la electricitat de cada zona tenint en compte la simultaneïtat dels equips.

Els valors normalitzats per les seccions de cables elèctrics estan en mm^2 :

1.5 ;2.5 ;4 ;6 ;10 ;16 ;25 ;35 ;50 ;70 ;95,120 ;150 ;185 ;240.

- Línia de la caseta de vigilància:

Aquesta línia té una simultaneïtat del 100 %, perquè tots els elements poden funcionar al mateix temps, excepte el sistema de enllumenat d'emergència.

Elements que requereixen electricitat	KW requerits
Llums generals i ordinadors	5
Llums d'emergència	2
Total	7
Total amb simultaneïtat	5

Longitud de línia (m)	150
Intensitat (A)	11
Secció (mm^2)	2.3
Secció normalitzada (mm^2)	2.5

- Línia de l'edifici d'oficines, vestuaris i cafeteria:

Aquesta línia té una simultaneïtat del 95 %.

Elements que requereixen electricitat	KW requerits
Llums generals	15
Llums d'emergència	2
Equips electrònics	20
Total	37
Total amb simultaneïtat	33

Longitud de la línia (m)	150
Intensitat (A)	62.5
Secció (mm²)	13
Secció normalitzada (mm²)	16

- Línia de la sala de control:

Tenim una simultaneïtat del 100 %, perquè tots els equips poden funcionar a la vegada, excepte els llums d'emergència.

Elements que requereixen electricitat	KW requerits
Llums generals	7
Llums d'emergència	2
Equips electrònics	20
Total	29
Total amb simultaneïtat	27

Longitud de la línia (m)	120
Intensitat (A)	50
Secció (mm²)	8.3
Secció normalitzada (mm²)	10

- Línia del laboratori:

Aquesta línia té una simultaneïtat del 90 %.

Elements que requereixen electricitat	KW requerits
Llums generals	10
Llums d'emergència	2
Equips electrònics	10
Total	22
Total amb simultaneïtat	18

Longitud de la línia (m)	120
Intensitat (A)	35.7
Secció (mm²)	5.9
Secció normalitzada (mm²)	6

- Línia de l'edifici de magatzem i taller:

La línia té una simultaneïtat del 90 %.

Elements que requereixen electricitat	KW requerits
Llums generals	15
Llums d'emergència	4
Equips electrònics	40
Total	59
Total amb simultaneïtat	53

Longitud de la línia (m)	135
Intensitat (A)	100
Secció (mm²)	18.7
Secció normalitzada (mm²)	25

- Línia de la zona 100:

Aquesta línia té una simultaneïtat del 100 %, excepte els llums d'emergència.

Elements que requereixen electricitat	KW requerits
Llums generals	30
Llums d'emergència	4
P-101	0.06
P-102	0.06
P-103	0.12
P-104	0.12
P-105	0.08
P-106	0.08
P-107	0.13
P-108	0.13
Total	35
Total amb simultaneïtat	31

Longitud de la línia (m)	200
Intensitat (A)	59
Secció (mm²)	16.3
Secció normalitzada (mm²)	25

- Línia de la zona 200:

Aquesta línia té una simultaneïtat del 100 %, excepte els llums d'emergència.

Elements que requereixen electricitat	KW requerits
Llums generals	40
Llums d'emergència	4
P-201	5
P-202	5
P-203	5
P-204	5
P-205	5
P-206	5
CP-201	93
CP-202	93
Total	260
Total amb simultaneïtat	256

Longitud de la línia (m)	180
Intensitat (A)	461
Secció (mm²)	114.8
Secció normalitzada (mm²)	120

- Línia de la zona 300:

Aquesta línia té una simultaneïtat del 100 %, excepte els llums d'emergència.

Elements que requereixen electricitat	KW requerits
Llums generals	25
Llums d'emergència	4
P-301	21
P-302	21
CP-301	4.5
CP-302	4.5
Total	80
Total amb simultaneïtat	76

Longitud de la línia (m)	140
Intensitat (A)	139
Secció (mm²)	27
Secció normalitzada (mm²)	35

- Línia de la zona 400:

Aquesta línia té una simultaneïtat del 100 %, excepte els llums d'emergència.

Elements que requereixen electricitat	KW requerits
Llums generals	40
Llums d'emergència	5
P-401	0.4
P-402	0.4
P-403	0.33
P-404	0.33
P-405	0.7
P-406	0.7
P-407	0.35
P-408	0.35
Total	49
Total amb simultaneïtat	44

Longitud de la línia (m)	180
Intensitat (A)	83
Secció (mm²)	20.7
Secció normalitzada (mm²)	25

- Línia de la zona 500:

Aquesta línia té una simultaneïtat del 100 %, excepte els llums d'emergència.

Elements que requereixen electricitat	KW requerits
Llums generals	40
Llums d'emergència	4
P-501	0.35
P-502	0.35
P-503	0.35
P-504	0.35
P-505	3.5
P-506	3.5
P-507	3.5
P-508	3.5
P-509	0.35
P-510	0.35
Total	60
Total amb simultaneïtat	56

Longitud de la línia (m)	170
Intensitat (A)	104
Secció (mm²)	24.5
Secció normalitzada (mm²)	25

- Línia de la zona 600:

Aquesta línia té una simultaneïtat del 100 %, excepte els llums d'emergència.

Elements que requereixen electricitat	KW requerits
Llums generals	30
Llums d'emergència	4
P-601	2
P-602	2
P-603	2
P-604	2
P-605	2
P-606	2
P-607	0.35
P-608	0.35
Total	47
Total amb simultaneïtat	43

Longitud de la línia (m)	200
Intensitat (A)	80
Secció (mm²)	22.1
Secció normalitzada (mm²)	25

- Línia de la zona 700:

Aquesta línia té una simultaneïtat del 100 %, excepte els llums d'emergència.

Elements que requereixen electricitat	KW requerits
Llums generals	35
Llums d'emergència	4
P-701	3.5
P-702	3.5
P-703	1.5
P-704	1.5
P-705	3.5
P-706	3.5
P-707	8.5
P-708	8.5
Total	73
Total amb simultaneïtat	69

Longitud de la línia (m)	150
Intensitat (A)	254
Secció (mm²)	53
Secció normalitzada (mm²)	70

- Línia de la zona 800:

Aquesta línia té una simultaneïtat del 100 %, excepte els llums d'emergència.

Elements que requereixen electricitat	KW requerits
Llums generals	25
Llums d'emergència	4
CP-801	4
CP-802	4
CP-803	5.5
CP-804	5.5
Total	48
Total amb simultaneïtat	44

Longitud de la línia (m)	100
Intensitat (A)	82
Secció (mm²)	11.3
Secció normalitzada (mm²)	16

- Línia de la zona contra incendis:

Aquesta línia té una simultaneïtat del 50 %, degut a que la bomba principal no té consum constant, ja que només s'activa en cas d'incendi.

Elements que requereixen electricitat	KW requerits
Llums generals	20
Llums d'emergència	2
Bomba elèctrica principal	60
Total	82
Total amb simultaneïtat	40

Longitud de la línia (m)	50
Intensitat (A)	109
Secció (mm²)	7.5
Secció normalitzada (mm²)	10

- Línia de la zona de pàrking:

La zona de pàrking no estarà il·luminada.

Consum elèctric total:

Sumem el consum elèctric de totes les zones i tindrem el consum elèctric total que és de 795 KW.