

PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC



Universitat Autònoma de Barcelona
ESCOLA D'ENGINYERIA

Treball de Fi de Grau

GRAU EN ENGINYERIA QUÍMICA

Tutor: Josep Anton Torà



CREUS BOSCH, JÚLIA
JOVELL HIDALGO, DANIEL
MIRANDA SALES, JOSELINE
TOSCA PRÍNCIP, ALBERT
TRIQUELL ROSADO, JOAN



CAPÍTOL 1

ESPECIFICACIONS DEL PROJECTE

PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC



CAPÍTOL 1. ESPECIFICACIONS DEL PROJECTE

1.1. DEFINICIÓ DEL PROJECTE	5
1.1.1. BASES DEL PROJECTE	5
1.1.2. ABAST DEL PROJECTE.....	5
1.1.3. LOCALITZACIÓ DE LA PLANTA	6
1.1.4. ABREVIACIONS	11
1.2. CARACTERÍSTIQUES I PROPIETATS DELS COMPOSTOS.....	13
1.2.1. ÀCID FÒRMIC	13
1.2.2. MATÈRIES PRIMES	15
1.2.3. ALTRES MATÈRIES PRIMERES	16
1.2.4. PRODUCTES I SUBPRODUCTES	17
1.2.5. CORROSIÓ I MATERIALS.....	18
1.3. VIES D'OBTENCIÓ DE L'ÀCID FÒRMIC	22
1.3.1. SÍNTESI DIRECTA D'ÀCID FÒRMIC A PARTIR DE MONÒXID DE CARBONI I AIGUA.....	22
1.3.2. OXIDACIÓ D'HIDROCARBURS.....	22
1.3.3. LA HIDRÒLISI DE FORMAMIDA	23
1.3.4. LA HIDRÒLISI DE FORMIAT DE METIL	23
1.4. DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS DE FABRICACIÓ	25
1.5. CONSTITUCIÓ DE LA PLANTA	29
1.5.1. DISTRIBUCIÓ QUALITATIVA DE LA PLANTA	29
1.5.2. DISTRIBUÓ PER ÀREES	30
1.5.3. PLANIFICACIÓ TEMPORAL Y PLANTILLA DE TRABALLADORS.....	33

1.6.	BALANÇ DE MATÈRIA	34
1.7.	ESPECIFICACIONS I NECESSITATS DE SERVEIS A LÍMIT DE PLANTA	40
1.7.1.	SERVEIS REQUERITS PER PLANTA	40
1.8.	PROGRAMACIÓ TEMPORAL I CONSTRUCCIÓ DE LA PLANTA.....	53
1.9.	BIBLIOGRAFIA	56

1.1. DEFINICIÓ DEL PROJECTE

1.1.1. BASES DEL PROJECTE

L'objectiu principal del projecte és el disseny, l'estudi i la viabilitat de la construcció d'una planta de producció d'àcid fòrmic a partir de metanol (CH_3OH) i monòxid de carboni (CO) amb metòxid de potassi (CH_3KO) com a catalitzador.

La planta de producció es situa al municipi d'Igualada i el seu disseny i construcció passa per l'aplicació dels límits que estableix la normativa sectorial i urbanística, incidint de forma crítica en les àrees de medi ambient i seguretat, claus per al bon funcionament i la bona gestió de recursos que permet minimitzar l'impacte mediambiental.

Es presenten, a continuació, les especificacions del projecte:

- Capacitat : 75.000 Tn/any d'àcid fòrmic amb una puresa mínima del 90% en pes.
- Funcionament: 300 dies/any de producció amb tres parades per realitzar tasques de manteniment d'equips coincidint amb les èpoques festives.
- Presentació del producte: a granel en cisternes de 23 Tn amb una puresa mínima del 90% en pes.

El projecte haurà de contemplar, com a mínim, les següents àrees:

- Unitats de procés i reacció per la producció i purificació de l'àcid fòrmic.
- Unitats d'emmagatzematge de matèries primeres i estació de càrrega i descàrrega.
- Emmagatzematge de producte acabat.
- Àrees de serveis.
- Oficines, laboratoris i vestuaris.
- Àrees auxiliars (aparcaments, control d'accessos, zones contra incendis, depuració d'aigües i gasos).

1.1.2. ABAST DEL PROJECTE

El present projecte inclou:

- Disseny i especificacions de tots els equips que intervenen en el procés de producció de l'àcid fòrmic així com de totes les unitats d'emmagatzemament de matèries primeres, producte final i subproductes generats.
- Disseny i especificació de les unitats de control.
- Disseny i especificació de les unitats de servei necessàries.
- Disseny d'un sistema de seguretat i higiene d'acord amb la normativa relativa vigent.
- Estudi de l'impacte ambiental i tractament dels contaminants generats.
- Avaluació econòmica i estudi de viabilitat de la planta.
- Estudi de la posada en marxa i l'operació de la planta.

- Elaboració dels diagrames de procés i d'enginyeria així com els plànols d'implementació de la planta.

1.1.3. LOCALITZACIÓ DE LA PLANTA

La planta de producció d'àcid fòrmic es troba situada al terme municipal d'Igualada, ubicat a la comarca de l'Anoia, concretament al Polígon Industrial «El Clot del Bruixot». Aquesta comarca es troba a la província de Barcelona, aproximadament a la Catalunya Central, tal i com s'indica a la **Figura 1-1**.



Figura 1-1 Situació d'Igualada dins d'Espanya

A l'Anoia hi ha 145 empreses de gènere de punt, que donen feina a 2700 professionals i que suposen una facturació de 349 milions d'euros anuals (any 2009). Tot i que el sector ha perdut pes en els darrers anys, fruit de la crisi provocada per la liberalització del tèxtil de l'any 2005, segueix sent un sector crucial per l'Anoia; amb una capacitat productiva anual de 6 milions d'unitats fabricades, representa el 27% del PIB industrial i el 35% de l'ocupació a l'Anoia en el sector industrial (1).

El Clúster Tèxtil de l'Anoia és un dels grups d'empreses fabricants de gènere de punt exterior més important de tot l'Estat Espanyol i un referent a nivell europeu. Agrupa, principalment, dos tipus d'empreses:

- Empreses marques: Representen el 80% de la facturació i creen col·leccions de moda. Algunes d'aquestes empreses són Punto Blanco, Sita Murt o Boxley.
- Empreses industrials: Són el 70% del total d'empreses tèxtils. Venen minuts de tissatge o confecció a empreses marques i distribuïdors i disposen de gran capacitat per cooperar i assumir grans projectes de forma conjunta gràcies a la incorporació de noves tecnologies.

Igualada reuneix una sèrie de característiques que fan d'ella l'emplaçament ideal per acollir centres productius, logístics i industrials de grans marques tèxtils, degut a l'oferta de sòl industrial, la disponibilitat de mà d'obra especialitzada i amb experiència, l'excel·lent posició geogràfica en un nus de comunicacions i la capacitat logística, a més del suport empresarial de clústers i institucions.

Donades les aplicacions de l'àcid fòrmic en els processos relacionats amb la indústria tèxtil com ara el pretractament del cotó, l'emblanquiment, el merceritzatge o el tintatge (vegeu apartat **1.2.1 – CARACTERÍSTIQUES I PROPIETATS DELS COMPOSTOS – ÀCID FÒRMIC**) i el gran nombre d'indústries tèxtils ubicades a l'entorn d'Igualada fan del municipi l'entorn òptim per a la ubicació d'una planta química dedicada a la fabricació del mencionat producte.

L'emplaçament esdevé, a més a més, un punt estratègic en un nus de comunicacions com s'exposa a l'apartat **1.1.3.2 - Avaluació de les comunicacions i accessibilitats**.

La parcel·la de la planta té una superfície total de 16.600 m² amb una resistència del terreny de 2kg/cm² i a 1,5m de profunditat sobre grava. Els serveis disponibles que té l'emplaçament es presenten a la **Taula 1-1**.

Taula 1-1 Taula dels serveis disponibles a la planta

SERVEI DISPONIBLE	TIPUS DE CONNEXIÓ
Energia elèctrica	Línia de 20kV a peu de parcel·la
Gas natural	Connexió a peu des de la parcel·la a mitja pressió (1,5kg/cm ²)
Aigua de xarxa i incendis	Connexió a peu de parcel·la a 4kg/cm ² . Amb un diàmetre de 200mm.
Clavegueram	La xarxa de clavegueram unitària al centre del carrer. Amb una profunditat de 3,5m i un diàmetre col·lector de 800mm.

1.1.3.1. Paràmetres d'edificació i plànol de la parcel·la

Els paràmetres d'edificació segons la normativa urbanística del municipi d'Igualada per al polígon industrial d'El Clot del Bruixot estan recollits a la **Taula 1-2**.

Taula 1-2 Condicions del terreny

PARÀMETRE	CONDICIONS
Edificabilitat	Línia de 20kV a peu de parcel·la
Ocupació màxima de la parcel·la	Connexió a peu des de la parcel·la a mitja pressió (1,5kg/cm ²)
Ocupació mínima de la parcel·la	Connexió a peu de parcel·la a 4kg/cm ² . Amb un diàmetre de 200mm.
Reculades	5m a vials i veïns.
Altura màxima	16m i 3 plantes. Excepte en producció justificant la necessitat del procés.
Altura mínima	4m i 1 planta.
Aparcaments	1 plaça/150m ² construïts.
Distància entre edificis	1/3 de l'edifici més alt amb un mínim de 5 metres.

El plànol de la parcel·la on s'ubicarà la planta de producció es presenta a la **Figura 1-2**.

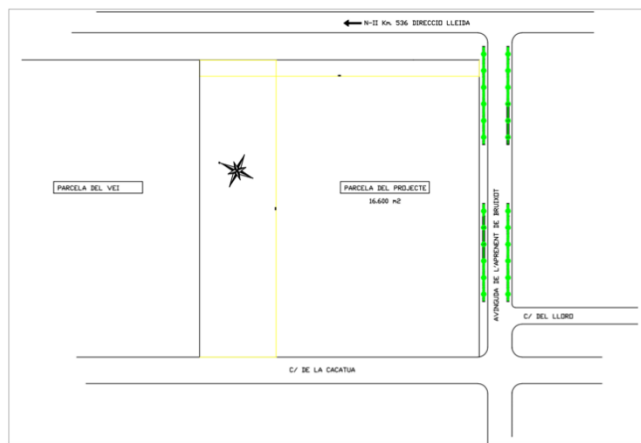


Figura 1-2 Plànol de la parcel·la de la planta

1.1.3.2. Avaluació de les comunicacions i accessibilitats

Les comunicacions i accessos a la planta són importants per escollir el transport de les matèries primeres i per el comerç i distribució del producte.

Igualada està situada en un nus de comunicacions al centre de Catalunya. A només 60 quilòmetres de Barcelona, té una connexió viària immillorable amb el pas de l'Autovia A-2 i l'Eix Diagonal C-15 entre d'altres.

A continuació es detallen les infraestructures de transport de primer nivell situades a les proximitats d'Igualada.

VIES TERRESTRES:

- L'autovia A-2. És una de les sis autovies radials d'Espanya i l'única de Catalunya. Comunica Madrid (a 550Km d'Igualada) amb Barcelona passant per Guadalajara, Saragossa (a 240Km d'Igualada) i Lleida.
- L'eix Diagonal C-15. És una carretera de la xarxa bàsica primària de Catalunya i esdevé l'itinerari principal de comunicació de les comarques de l'interior de Catalunya amb la zona central de la Mediterrània
- La carretera nacional N-II. És una carretera Radial que enllaça Madrid i el municipi de La Jonquera passant per localitats com Guadalajara, Saragossa, Lleida, Barcelona o Girona.
- Carreteres secundaries. Des del municipi d'Igualada surten comarcals com la C-37, que comunica amb Manresa, la C-241, que comunica amb Montblanc i la C-1412, que comunica amb Tremp passant per Calaf i Ponts.

VIES MARÍTIMES:

- Port de Barcelona: a 65 km del municipi d'Igualada.
- Port de Tarragona: a 90 km del municipi d'Igualada.

VIES AÈRIES:

- Aeroport del Prat: a 50 km del municipi d'Igualada.

1.1.3.3. Característiques físiques de l'entorn

CLIMA I TEMPERATURES:

En aquest apartat es realitza l'anàlisi de les condicions climatològiques de la zona d'Igualada, capital de la comarca d'Anoia a partir de les dades extretes del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, sent la seva font el servei meteorològic de Catalunya (meteo.cat). Segons l'estudi previ i síntesi de les dades obtingudes en la font anterior, es defineix el clima d'Igualada de l'Anoia com a clima Mediterrani Continental subhumit, i de tipus Prelitoral Central al sector Prelitoral.

A la **Figura 1-3** es representen les precipitacions mitjanes mensuals acumulades (PPT) i les temperatures màxima (TX) i mínima (TN) mitjanes mensuals que comprenen el període de 1950-2014 en la zona d'Igualada:

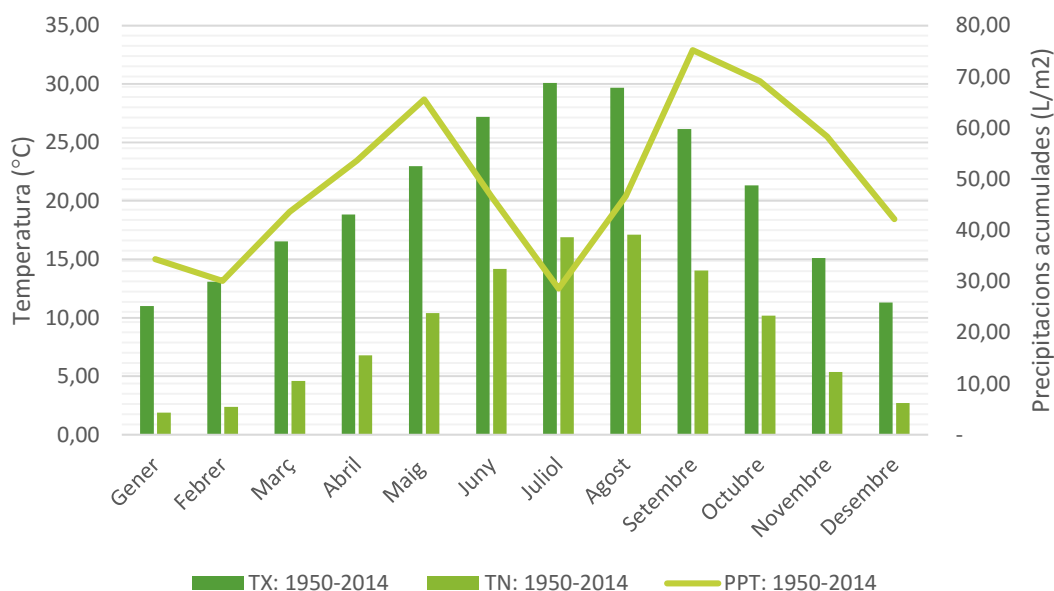


Figura 1-3 Dades de PPT, TX i TN de Igualada. Font: Servei Meteorològic de Catalunya

Com es pot observar, les precipitacions es concentren en la primavera i la tardor sobretot en els mesos de maig i setembre en cada estació arribant al voltant de 70L/m² en aquests mesos. En aquest estudi s'ha trobat que el volum de precipitacions que es recullen en la població es 600L/m² a

l'any. Pel que respecta a les temperatures, les mínimes enregistrades no baixen dels graus positius mentre que les temperatures màximes s'enlairen fins els 30°C.

A la **Figura 1-4** es fa referència a la població d'Òdena on es troba l'Estació meteorològica més propera, situat a 3,8 km de Igualada, en un període de 8 anys (1 de Gener de 2007 - 31 de Desembre del 2014).

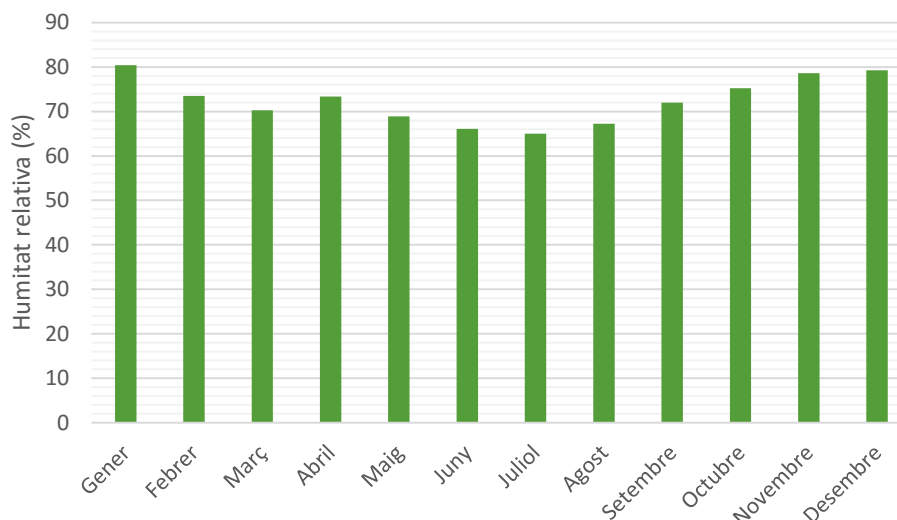


Figura 1-4 Dades de la humitat relativa mitjana de la població d'Òdena

El territori es podria classificar com a humit degut a que la humitat relativa que presenta l'ambient al llarg de l'any es troba entre 60-80%. Això s'ha de considerar a l'hora de seleccionar els materials amb els quals es construïran els equips degut a la corrosió que pot provocar aquesta casuística.

La velocitat mitjana del vent a 10 m es troba en un interval de 7,5 i 9,5 km/h i a més els mesos on hi ha més dies de glaçada (temperatura mínima inferior a 0°C) corresponen als mesos d'hivern: Gener, Febrer, Març, Novembre i Desembre.

ENTORN GEOLÒGIC I GEOMORFOLOGIA:

La ciutat d'Igualada es troba situada a l'Oest de l'Anoia a 315,8 metres sobre el nivell del mar, el relleu del terme és poc accidentat i només està trencat per lleugeres alineacions.

Tot i això, l'entorn de la planta química es troba emmarcada dins de tres unitats morfo-estructurals:

- Depressió del Penedès.
- Serralada Prelitoral.
- Depressió de l'Ebre.

Aquestes unitats formen a la vegada, una fosa tectònica, on la depressió del Penedès hi té molta importància. Hi ha un elevat contrast de densitat entre els materials que constitueixen els límits de la fosa tectònica, cosa que fa possible la interpretació estructural del terreny.

Aquesta zona té un terreny predominantment calcari de l'edat mesozoica i reblida per sediments continentals i marins. Al sector més septentrional (entre Sant Sadurní d'Anoia i el riu Llobregat) està constituït per pissarres paleozoiques. La zona té una estructura típica en blocs.

Al llarg de tota la zona de la comarca de l'Anoia hi ha una falta alta de permeabilitat al terreny i per tant, es descarta l'existència d'aqüífers amplis explotables. La ciutat d'Igualada té ubicada un riu a la banda esquerra, el riu Anoia.

SISMOLOGIA:

Tal i com s'ha especificat anteriorment, el terme d'Igualada es troba envoltat per una fossa tectònica format per tres estructures diferenciades. Tot i això, l'activitat sísmica es pot considerar baixa.

Segons dades del Servei de Sismologia de Catalunya, en el territori català es registra un terratrèmol al dia inferior a 2 graus. Només es registra un terratrèmol de màxim 3 graus a l'any a l'escala de Richter.

1.1.4. ABREVIACIONS

De cara a facilitar i simplificar la comprensió i lectura del present projecte, s'ha descrit una nomenclatura i abreviacions que es faran servir de forma recurrent durant el present projecte.

Tal i com descriu l'apartat **1.5 - CONSTITUCIÓ DE LA PLANTA**, aquesta es constitueix en diferents àrees segons la tasca que s'hi dugui a terme. La **Taula 1-3** recull les abreviacions de cadascuna d'aquestes àrees, així com la descripció de les mateixes.

Taula 1-3 Abreviació de les diferents àrees que conformen la planta

ÀREA	DESCRIPCIÓ
A-100	Emmagatzematge matèria prima
A-200	Reacció carbonilació
A-300	Purificació format de metil
A-400	Reacció hidròlisi
A-500	Purificació àcid fòrmic
A-600	Emmagatzematge producte àcid fòrmic
A-700	Tractament de residus
A-800	Serveis de planta/transformador elèctric
A-900	Oficines/menjadors/pàrquing
A-1000	Laboratoris/sala de control
A-1100	Ampliacions

La codificació dels diferents equips dels que consta la planta es recullen a la **Taula 1-4**.

Taula 1-4 Abreviació dels equips de planta

CODI	EQUIP
R	Reactor
EM	Mescladors estàtics
PS	Separador
DC	Columna de destil·lació
EDC	Columna de destil·lació extractiva
E	Bescanviador de calor
C	Compressor
P	Bombes
BT	Tancs pulmó
CD	Condensador total
RB	Termosifó
TR	Torre de refrigeració
CH	Chiller
CV	Caldera de vapor
DSC	Descalcificador
TC	Tanc criogènic
TRE	Transformador elèctric
GE	Generador elèctric

Per tal de facilitar la interpretació de diagrames d'enginyeria, s'estableix una codificació dels fluids de procés emprats per a l'elaboració dels mateixos. S'especifiquen a la **Taula 1-5** els corrents de procés caracteritzats per les sigles FP així com les mescles d'aquests a la **Taula 1-6** identificats amb la lletra M:

Taula 1-5 Abreviacions dels fluids de procés

CODI	FLUID
FP1	CO, monòxid de carboni
FP2	CH ₃ OH, metanol
FP3	HCOOCH ₃ , formiat de metil
FP4	H ₂ O, aigua
FP5	HCOOH, àcid fòrmic
FP6	CH ₃ OK, metòxid de potassi
FP7	C ₂ H ₆ O, dimetil èter
FP8	HCOOK, formiat de potassi
FP9	C ₇ H ₈ O, alcohol benzílic

Taula 1-6 Abreviació de les mescles de fluids del sistema

CODI	FLUID
M1	Monòxid de carboni i Formiat de metil
M2	Metanol i Formiat de metil
M3	Monòxid de carboni, Metanol i Formiat de metil
M4	Metanol, Aigua, Àcid fòrmic i Alcohol benzílic
M5	Metanol, Aigua, Formiat de metil i Àcid fòrmic
M6	Aigua, Àcid fòrmic i Alcohol benzílic
M7	Metanol, Aigua i Àcid fòrmic
M8	Aigua i Àcid fòrmic
M9	Metanol, Formiat de metil, Aigua, Àcid fòrmic i Alcohol benzílic
M10	Metanol, Metòxid de Potassi (30%)
M11	Metanol, Metòxid de Potassi, Formiat de metil

Finalment, la codificació dels fluids de servei dels que disposa la planta d'àcid fòrmic es recullen a la **Taula 1-7**:

Taula 1-7 Abreviacions dels fluids de servei

CODI	SERVEI
FS1	Aigua de torre
FS2	Aigua glicolada
FS3	Vapor
FS4	Nitrogen
FS5	Aire comprimit
FS6	Aigua de xarxa

1.2. CARACTERÍSTIQUES I PROPIETATS DELS COMPOSTOS

1.2.1. ÀCID FÒRMIC

L'àcid fòrmic és un àcid orgànic respectuós amb el medi ambient amb diverses aplicacions, sobretot en l'àrea industrial i agrícola.

Industrialment, un dels usos més comuns és la producció de cuir gracies a la seva acidesa, ja que permet l'adobat i el tint de fixació d'aquest. També s'utilitza en el mateix sector com a agent de neutralització i ajustador de pH en moltes etapes (2) de tractament de tèxtils.

Tot i que l'àcid fòrmic s'utilitzi amb més freqüència en la producció de cuir, altres indústries tèxtils també l'utilitzen en el procés de tenyit i acabat de tèxtils. També s'usa comunament com a un coagulant per a la producció de processos de fabricació de cautxú.

Per l'àrea relacionada amb l'agricultura l'àcid fòrmic representa un percentatge molt alt en el seu ús mundialment. Gràcies a les seves propietats antibacterianes naturals l'àcid fòrmic ha aconseguit ser un alt conservant antibacterià i de pesticides. Tot això, majoritàriament s'utilitza com

additiu alimentari i s'afegeix amb freqüència per a l'alimentació d'animals, ja que a part de ser antibacterià, proporciona un alt valor nutricional del producte acabat.

HISTÒRIA:

Per més de 600 anys, els naturalistes coneixien que les formigues alliberaven vapor àcid. Al 1671, el naturalista John Ray va descriure l'aïllament de l'ingredient actiu. Per tal d'aïllar-lo, va recol·lectar i destil·lar un gran nombre de formigues mortes i conseqüentment, va descobrir l'àcid fòrmic, el qual prové del llatí *Formica*, és a dir, formiga. Actualment la IUPAC l'anomena àcid metanoic.

La primera síntesi de d'àcid fòrmic la va dur a terme el químic Joseph Gay-Lussac, utilitzant àcid hidrociànic com a material iniciador. Més tard al 1855, un altre químic francès, Marcellin Berthelot, va desenvolupar la síntesi de l'àcid fòrmic a partir de monòxid de carboni. Aquest últim procés modificat industrialment és el que s'utilitza a l'actualitat.

ESTRUCTURA QUÍMICA I PROPIETATS:

L'àcid fòrmic és un líquid incolor i miscible en aigua, en la majoria de solvents orgànics polars i en alguns hidrocarburs solubles. Quan es dissol amb hidrocarburs, en la fase vapor, l'àcid fòrmic es descompon en dímers amb enllaços d'hidrogen (parells de molècules) en comptes de molècules individuals. L'àcid fòrmic té una estructura planar.

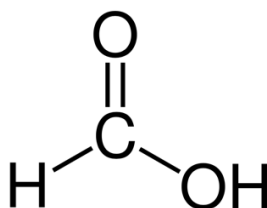


Figura 1-5 Estructura de l'àcid fòrmic

Taula 1-8 Propietats físiques de l'àcid fòrmic

PROPIETAT	
Pes molecular (kg/kmol)	46,03
Punt d'ebullició (°C)	100,8
Punt de fusió (°C)	8,4
Densitat (kg/m³)	1220
Acidesa (pKa)	3,75
Viscositat (cP) a 25°C	1,57
Densitat relativa (aigua=1)	1,2
Solubilitat en aigua	Miscible
Pressió de vapor a 20°C (kPa)	4,60
Densitat relativa de vapor (aire=1)	1,6
Densitat relativa de la mescla de vapor a 20°C	1,03
Punt d'inflamació (°C)	69
Temperatura d'autoignició (°C)	520
Temperatura crítica (°C)	307
Pressió crítica (kPa)	7386,59

1.2.2. MATÈRIES PRIMES

1.2.2.1. Monòxid de carboni

Està compost per un àtom de carboni i un àtom d'oxigen enllaçats per un triple enllaç com es veu en la **Figura 1-6**, també s'anomena òxid carbonós. És un gas incolor, inodor, insípid i més lleuger que l'aire.

Es produeix en la combustió incompleta de combustible que continguin carboni com el carbó, la fusta o el petroli. També es genera a petita escala en el metabolisme dels animals com a subproducte en diversos passos i s'estudia si té alguna funció biològica.

És un gas altament tòxic per l'ésser humà i en animals en grans quantitats. Amb les propietats inodores i insípides és difícil de detectar fins i tot en nivells letals. A l'any es comptabilitzen 7 morts per monòxid de carboni degut a mala combustió d'estufes i/o una inapropiada ventilació de l'habitació on es troba situada.

Els símptomes degut a la intoxicació inclouen un ampli ventall des de nàusees, falta de respiració, problemes visuals, cansament o pèrdua de consciència.



Figura 1-6 Estructura molecular del monòxid de carboni

1.2.2.2. Metanol

Està compost per un grup metil junt amb un grup hidròxid com es pot veure en la **Figura 1-7**. És un líquid orgànic incolor a pressió i temperatura ambient.

En l'actualitat es produeix a partir d'hidrocarburs gasosos, líquids o carbó. El metanol també es coneix com alcohol de fusta degut a que en la destil·lació destructiva de la fusta es forma com a subproducte metanol entre d'altres productes. També es pot trobar metanol en l'ambient ja que es forma en el cicle metabòlic anaeròbic d'una gran nombre de bactèries.

La composició i les propietats del metanol el converteixen en un producte per a un gran nombre de funcions entre les quals es troba com a combustible o additiu per a combustible, refrigerant, dissolvent o component d'anticongelant. També és una matèria primera en diversos processos com per exemple en la producció d'àcid fòrmic.

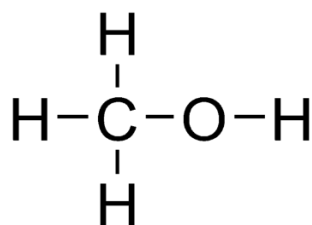


Figura 1-7 Estructura molecular del metanol

1.2.3. ALTRES MATÈRIES PRIMERES

1.2.3.1. Metòxid de potassi

El metòxid de potassi reacciona molt ràpidament amb aigua i dona lloc a una reacció molt exotèrmica descompondre's aquest amb metanol i l'hidròxid d'alcalí corresponent. És capaç d'absorbir el diòxid de carboni de l'aire. Tot i això, és incompatible amb àcids, agents oxidants forts, àcid clorits, àcid anhídrids i metalls alcalins.

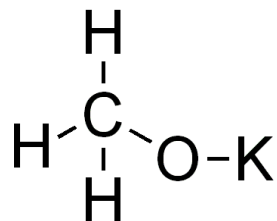


Figura 1-8 Estructura molecular del metòxid de potassi

1.2.3.1. Alcohol benzílic

L'alcohol benzílic és un compost orgànic líquid, incolor i amb un aroma suau agradable. És un solvent útil a causa de la seva polaritat, té una baixa toxicitat i una baixa pressió de vapor. Aquest compost és parcialment soluble en aigua i es completament miscible en alcohols i en èter etílic.

Aquest compost es produït de manera natural per diverses plantes i es troba en nombroses fruites i tes. Forma part de diferents olis essencials, tals com gessamí.

Es produeix mitjançant una hidròlisi del clorur de benzil utilitzant hidròxid de sodi i també pot ser preparat mitjançant la reacció de bromur de fenilmagnesi amb formaldehid, seguit d'una acidificació.

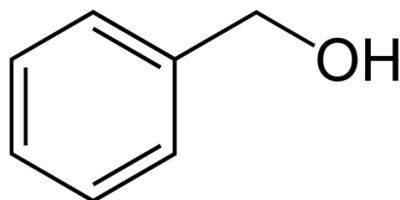


Figura 1-9 Estructura molecular del formiat de benzil

1.2.4. PRODUCTES I SUBPRODUCTES

1.2.4.1. Formiat de metil

El formiat de metil és l'exemple més simple d'un èster, és un líquid incolor i amb un olor agradable. Aquest compost té una pressió de vapor alta i una tensió superficial baixa. També és molt soluble en aigua i miscible en la majoria de solvents orgànics. És un precursor de molts altres compostos d'interès comercial.

Principalment s'obté de la reacció de monòxid de carboni amb metanol en presència d'una base forta com en el nostre projecte. El formiat de metil també és anomenat metanoat de metil.

L'ús principal del formiat de metil és la fabricació de formamida, dimetilformamida i àcid fòrmic. Aquests compostos són precursors de molts derivats útils. Degut a la seva alta pressió de vapor, s'utilitza per a assecatges ràpids i com a un agent d'expansió per a algunes aplicacions com espumes de poliuretà i com a substitut del CFC, HCFC i HFC. També té un bon rendiment com a insecticida. El seu ús històric era com a refrigerant poc tòxic, ja que era una alternativa al diòxid de sofre.

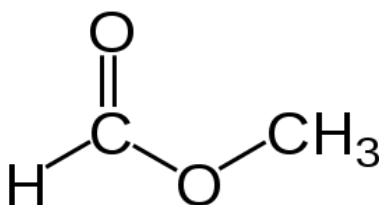


Figura 1-10 Estructura molecular del formiat de metil

1.2.4.2. Formiat de potassi

El format de potassi és la sal de potassi o de l'àcid fòrmic. Aquest sòlid blanc és un compost intermedi al procés de la potassa de formiat per a la producció de potassi. El formiat de potassi també

s'ha estudiat per a la utilització d'aquest com a sal per desgelar les carreteres. Les zones amb més aplicació d'aquest són:

- Utilització com a agents de desgel i anticongelant.
- Utilització com a refrigerant.
- Utilització com a fluids de perforació per a l'extracció de petroli i la mineria.

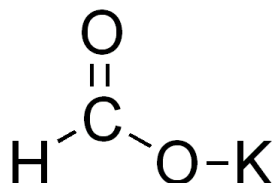


Figura 1-11 Estructura molecular del formiat de potassi

1.2.4.3. Dimetilèter

El dimetilèter és una forma de l'alcohol primari (èter) que és insoluble en aigua, és incolor i altament inflamable, amb un lleu aroma a dolç, similar al dietilèter. Aquest és utilitzat com a refrigerant, es pot produir industrialment a partir de gas natural, carbó i biomassa. Comparteix fórmula molecular amb el etanol, el seu isòmer funcional.

Un altre ús molt comú del dimetilèter és com a propel·lent en polvoritzadors d'aerosol, en substitució als clorofluorocarbonis totalment halogenats.

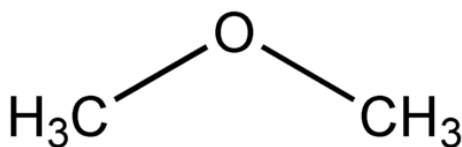


Figura 1-12 Estructura molecular del dimetilèter

1.2.5. CORROSIÓ I MATERIALS

La corrosió es defineix com el deteriorament d'un material com a conseqüència d'un atac electroquímic pel seu entorn. La corrosió és una reacció química, oxidoreducció, en la que intervenen tres factors: l'objecte, l'ambient i l'aigua.

Així doncs, la corrosió es tracta d'un problema industrial important, ja que pot causar accidents importants, tals com la ruptura d'una peça d'un equip. Degut a que pot causar problemes a la indústria, això provoca un cost important a aquesta, ja que els equips sofreixen degradacions i en el pitjor dels casos, els que estiguin malmesos s'han de substituir per nous.

Per tal de prevenir la corrosió dels materials i dels equips, és necessari conèixer les substàncies en les que estarà en contacte el material i les seves condicions d'operació.

Pel cas de la planta de producció d'àcid fòrmic, la majoria de substàncies que intervenen en el procés, són potencialment corrosives a pressions i temperatures alt o mitjanament elevades.

1.2.5.1. Substàncies i mescles corrosives

Al procés de producció d'àcid fòrmic estan presents diverses substàncies corrosives que són incompatibles amb alguns materials que s'utilitzen normalment a la indústria química.

A la taula següent s'especifiquen les substàncies presents de la planta i els materials amb els qual són incompatibles algunes substàncies.

Taula 1-9 Substàncies presents a la planta de producció

NOM	FORMULA MOLECULAR
Monòxid de carboni	CO
Metanol	CH ₃ OH
Metòxid de potassi	CH ₃ OK
Formiat de metil	C ₂ H ₄ O ₂
Alcohol benzílic	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ OH
Àcid fòrmic	CH ₂ O ₂

Taula 1-10 Substàncies presents a la planta de producció

NOM	FORMULA MOLECULAR
Monòxid de carboni	PVDF
Formiat de metil	PVDF
Alcohol benzílic	Acer al carboni
Àcid fòrmic	Acer al carboni i acer inoxidable 304

Cal tenir en compte que moltes vegades aquestes substàncies no es troben pures sinó que poden trobar-se barrejades amb d'altres. En aquests casos es poden donar diverses possibilitats:

- La barreja d'un agent corrosiu amb altres que no ho són: L'agent corrosiu queda diluït i la barreja final resulta menys corrosiva.
- La barreja d'un agent corrosiu amb altres que no ho són: Les substàncies no corrosives ajuden en els mecanismes de corrosió, provocant que la barreja final sigui més corrosiva i fins i tot pugui atacar materials que abans eren resistents.
- La barreja de diversos agents corrosius: La barreja ataca una gamma més àmplia de materials. Fins i tot es pot donar el cas que la barreja atac materials que no són atacats per cap dels components de la mescla per si sols.

Les mescles corrosives presents a la planta són les següents.

- Àcid fòrmic i aigua.
- Monòxid de carboni i formiat de metil.

- Monòxid de carboni, metanol i formiat de metil.
- Metanol, formiat de metil, aigua, àcid fòrmic i alcohol benzílic.
- Metanol, aigua, àcid fòrmic i alcohol benzílic.

Sobretot, cal destacar que la mescla més corrosiva és la d'àcid fòrmic i aigua.

1.2.5.2. Compatibilitats

S'adjunta una taula i gràfic de compatibilitats amb corrosió del principal component del procés, l'àcid fòrmic.

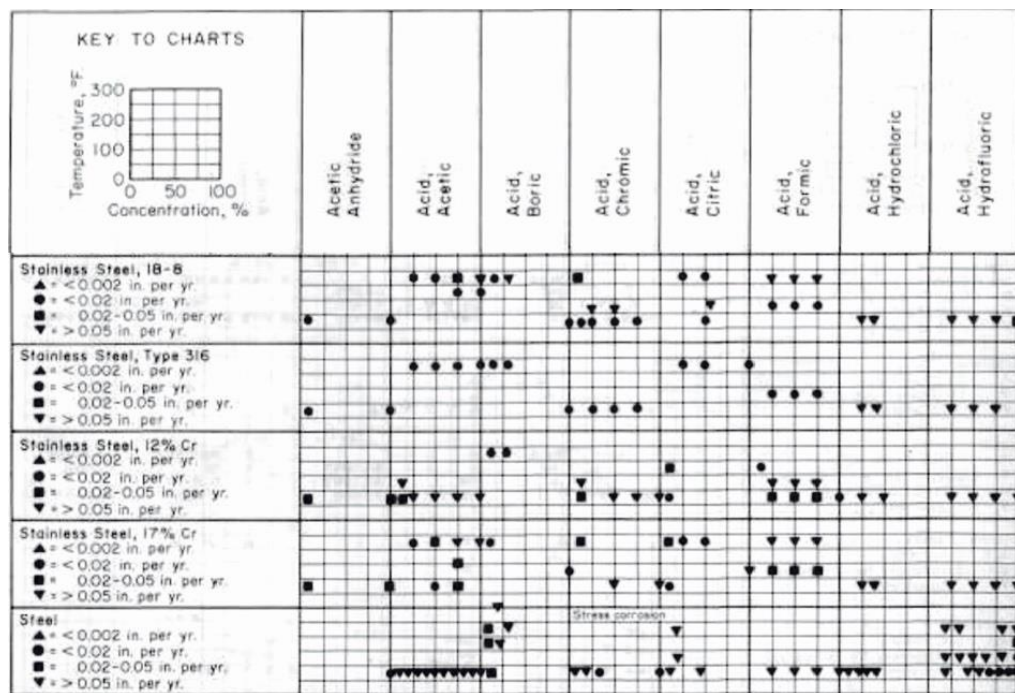


Figura 1-13 Corrosió de l'àcid fòrmic amb diferents materials

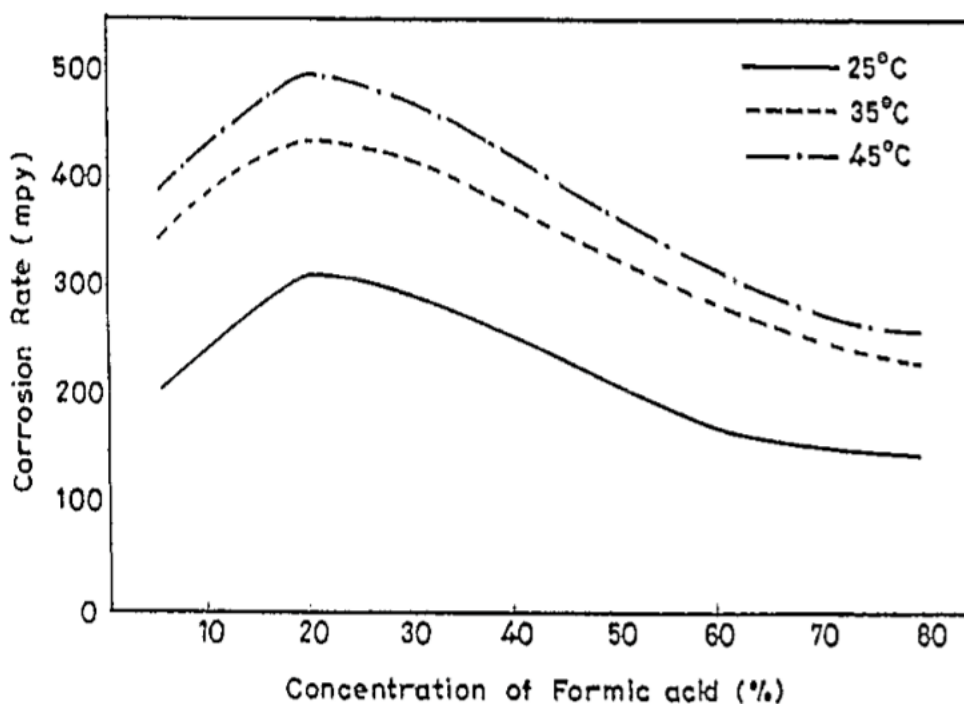


Figura 1-14 Velocitat de corrosió de l'àcid fòrmic a diferents temperatures

També s'adjunta una taula amb la resistència que tenen els materials principals que es troben a la planta de producció d'àcid fòrmic. Aquests components són l'àcid fòrmic, el metanol, el metil format i el monòxid de carboni.

CHEMICAL RESISTANCE GUIDE

CHEMICAL	FORMULAS	APPROX. SP.GRAVITY @ 100% CONC.	% CONCENTRATION	PLASTIC										ELASTOMER				SEAL	METAL							
				PVC	CPVC	POLYVINYLIDENE FLUORIDE (PVDF)	POLYETHYLENE (PE)	POLYETHYLENE-CROSS LINKED (XLPE)	DURAPLUS ABS	RYTON	HALAR	PEEK	TEFLON	EPOXY	POLYSULFONE	VITON	EPDM	NEOPRENE	BUNA N (NITRILE)	CARBON	CERAMIC	304 STAINLESS STEEL	316 STAINLESS STEEL	TITANIUM	HASTELLOY C	
Formic Acid	HCOOH	25	-	100	120	100	210	X	140	X	-	212	-	300	X	100	-	100	200	100	X	-	-	A	-	-
Methyl Alcohol	CH ₃ OH	-	-	140	210	180	250	X	140	X	-	250	-	400	150	-	-	100	100	140	140	A	A	A	-	-
Methyl Formate	HCOOCH ₃	-	0.98	-	-	-	-	-	-	X	-	73	-	-	-	-	X	100	70	X	-	-	-	-	-	
Carbon Monoxide	CO	-	-	140	180	180	250	140	140	140	-	150	-	400	200	200	-	180	-	200	180	A	A	A	A	-

Figura 1-15 Guia de resistència dels principals compostos que intervenen al procés

1.3. VIES D'OBTENCIÓ DE L'ÀCID FÒRMIC

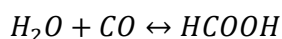
Inicialment és necessari situar la producció d'àcid fòrmic pel sector químic industrial a nivell mundial, on la capacitat de producció ja era de 330.000t/any en el 1988. Els principals processos de producció o vies de síntesi que s'empren es poden classificar en quatre grups:

- Síntesi directa d'àcid fòrmic a partir de monòxid de carboni i aigua
- La oxidació de hidrocarburs
- La hidròlisi de formamida
- La hidròlisi de formiat de metil

És indispensable realitzar una prèvia i breu descripció de cada procés de síntesi d'àcid fòrmic i els procediments d'algunes companyies importants a nivell mundial, els quals s'han tingut en compte alhora d'argumentar posteriorment la selecció del procés que es realitza en el present projecte.

1.3.1. SÍNTESI DIRECTA D'ÀCID FÒRMIC A PARTIR DE MONÒXID DE CARBONI I AIGUA

És la via de síntesi teòricament més simple per produir àcid fòrmic a partir de la reacció de monòxid de carboni amb aigua, seguint la següent estequiometria de reacció:



Segons aquest mètode de producció, a mesura que incrementa la pressió en la reacció, disminueix la temperatura, l'equilibri termodinàmic es troba a favor de la formació d'àcid fòrmic. A prop de 150°C la velocitat de reacció es molt baixa encara que s'assoleix l'equilibri ràpidament amb l'augment de temperatura. La pressió cal que s'augmenti dràsticament per obtenir concentracions acceptables del producte.

1.3.2. OXIDACIÓ D'HIDROCARBURS

L'objectiu d'aquest procés és l'obtenció d'àcid acètic, l'àcid fòrmic s'obté com a un subproducte. Aquest mètode consta d'un reactor on té lloc l'oxidació de l'hidrocarbur seguit de diferents etapes de separació per refinar el producte. El mecanisme de la reacció és molt complicat, es pot resumir com una cadena de reaccions dels radicals. Els hidrocarburs emprats poden ser butà (reactiu preferit als Estats Units) o la nafta (reactiu preferit a Europa). Depenent de l'hidrocarbur utilitzat l'obtenció d'àcid fòrmic varia, per exemple, amb butà s'obté 50kg d'àcid fòrmic per cada tona d'àcid acètic obtingut, en canvi, amb nafta s'obtenen 250 kg d'àcid fòrmic per cada tona d'àcid acètic.

L'àcid fòrmic surt del procés junt amb altres components format en el procés com derivats neutrals volàtils oxigenats (aldehids, cetones, esters i alcohols), aigua, àcids monocarboxílics volàtils (fòrmic, acètic, propiònic i butíric del butà) i materials no volàtils (residus de catalitzador, productes de condensació, etc.). Les substàncies neutrals volàtils es poden recuperar individual o com a mescla, per derivats, vendre o reciclar al reactor. Molts d'aquests components generen àcid acètic amb noves oxidacions. Si l'objectiu es l'àcid fòrmic, es requereixen diverses destil·lacions entre elles una

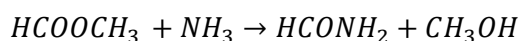
destil·lació azeotròpica per retirar l'aigua amb un agent extractor com pot ser el benzè. S'acaba obtenint àcid fòrmic amb un 2% en pes d'àcid acètic, 5% d'aigua i 3% de benzè.

1.3.3. LA HIDRÒLISI DE FORMAMIDA

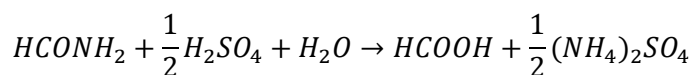
L'any 1972, el 35% de la producció mundial d'àcid fòrmic era a partir del procés d'hidròlisi de formamida desenvolupat per la companyia BASF™. Degut a la nova via de síntesi per hidròlisi de formiat de metil, aquest procés va deixar de ser significatiu a nivell mundial a partir del 1988. En aquesta via, l'àcid fòrmic es produeix a partir de tres etapes:

PRIMERA ETAPA: Carbonilació del metanol per sintetitzar formiat de metil.

SEGONA ETAPA: Síntesi de formamida a partir de l'amonòlisi de formiat de metil que presenta la següent estequiometria de reacció:



TERCER ETAPA: Hidròlisi de la formamida catalitzada per àcid sulfúric per produir sulfat d'amoni i àcid fòrmic, presentant la següent estequiometria:



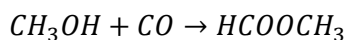
La reacció de carbonilació de la primera etapa del procés es troba descrita en **1.4-DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS DE FABRICACIÓ**. Pel que fa a la conversió de la formamida generalment es porta a terme a una pressió entre 0,4-0,6MPa i temperatures entre 80-100°C on el metanol produït, es reaprofitava en la etapa de carbonilació. Respecte a la hidròlisi de la formamida en la tercera etapa emprava àcid sulfúric de concentració entre 64-74% en pes a temperatures entre 85°C i el punt d'ebullició de l'àcid fòrmic. El rendiment de producció supera el 90% encara que l'eficiència econòmica del procés ve determinat pel valor comercial del sulfat d'amoni.

1.3.4. LA HIDRÒLISI DE FORMIAT DE METIL

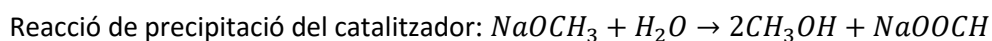
La síntesi emprada per aquesta via es troba basada en un procés de dues etapes: on la primera consisteix en la carbonilació del metanol a partir de monòxid de carboni i la segona, la hidròlisi del formiat de metil format en la primera etapa, per sintetitzar àcid fòrmic i metanol.

PRIMERA ETAPA: Carbonilació del metanol. Pel que fa a la reacció de carbonilació, aquesta és una reacció reversible, encara que no presenta gaires problemes per reproduir-la fàcilment i s'ha dut a terme en la indústria des de fa molt temps. Els principis bàsics d'aquesta reacció es van descriure per primer cop per la empresa BASF l'any 1925 (2) on es descriu la reacció catalitzada per metàxid de sodi, encara que es va proposar un catalitzador alternatiu, metàxid de potassi degut a que aquest és més soluble en formiat de metil, producte de la reacció, i presenta també grans velocitats de reacció. Conforme les dades publicades (2; 2; 3) on a partir de les condicions aproximades de 4,5MPa, 80°C i un 2,5% en pes de metàxid de sodi en solució emprades en la reacció de carbonilació, pròxim a un 95% de conversió del monòxid de carboni en la fase líquida de la reacció, encara que només es s'obté

conversions entre un 30 i 50% de metanol. La reacció es endotèrmica, on la velocitat d'aquest s'incrementa a partir de l'augment de temperatura. La reacció que es duu a terme en la primera etapa presenta la següent estequiometria:



Pel que fa al catalitzador emprat, és capaç de reaccionar amb el producte de la reacció, format de metil, per formar formiat de sodi i dimetil èter, presentant la desactivació d'aquest durant la reacció. No obstant, un altre inconvenient que presenta es la facilitat de precipitació del formiat de sodi, substància anhidre en les condicions de reacció ja que no presenta gaire solubilitat en formiat de metil.



Per aquest fet, s'empra un altre catalitzador, metàxid de potassi, on es mescla amb les mateixes condicions i composició que l'anterior, encara que les condicions on es duu a terme la reacció entre monòxid de carboni i metanol, realitzant-se a 90 °C i 45 bar per obtenir una conversió entre el 47 i 47,5% respecte el metanol (3).

SEGONA ETAPA: Hidròlisi del formiat de metil. Pel que fa a la reacció de hidròlisi, essent una reacció reversible, aquesta presenta l'inconvenient en la vulnerabilitat pel que fa la viabilitat termodinàmica en la producció de fòrmic, degut a que el desplaçament de l'equilibri de la reacció en una direcció favorable depèn de la relació molar que s'empri entre l'aigua i el formiat de metil, és a dir, es necessari emprar un gran excés d'aigua o formiat de metil per obtenir un procés viable pel que fa a les quantitats que s'obtinguin de la producció d'àcid fòrmic. No obstant, cal dir que les relacions molars i l'excés poden ser configurades segons les condicions d'operació de temperatura i pressió que s'emprin. Segons les fonts de diferents companyies químiques, tals com Leonard Process Company (Estats Units) i BASF (República Federal d'Alemanya), per relacions molars d'aigua-formiat de metil, entre 1:1 i 1:6, incrementen la conversió del formiat des de un 30% fins a un 60% sota unes condicions de temperatura i pressió determinades. La reacció que es duu a terme en la segona etapa presenta la següent estequiometria:



La solució aquosa d'àcid fòrmic obtinguda de la reacció, cal que s'elimina gran part de l'excés d'aigua a partir de la deshidratació de la mescla provinent de la hidròlisi per tal de garantir que la producció d'àcid fòrmic presenti una composició que excedeixi del 85% en pes d'aquest es imprescindible que es realitzin operacions de separació posteriors a la reacció, on es poden incloure destil·lacions azeotròpiques i juntament operacions d'extracció o altres operacions més complexes, com la destil·lació extractiva mitjançant un agent extractor per eliminar l'azeòtrop format per l'aigua i l'àcid fòrmic que impossibilita superar la composició mencionada anteriorment.

1.4. DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS DE FABRICACIÓ

El procés de fabricació del present projecte es basa en la hidròlisi del formiat de metil produït en una primera etapa de carbonilació emprant monòxid de carboni i metanol com a reactius, tal i com descriuen Schneider et. al. i Hladiy et. al. (4), (5).

El diagrama de blocs relatiu al procés d'obtenció de l'àcid fòrmic es presenta a la **Figura 1-16**. El procés costa de sis etapes diferenciades, incloent-hi les etapes de recuperació de reactius i productes necessaris per a l'obtenció de l'àcid orgànic.

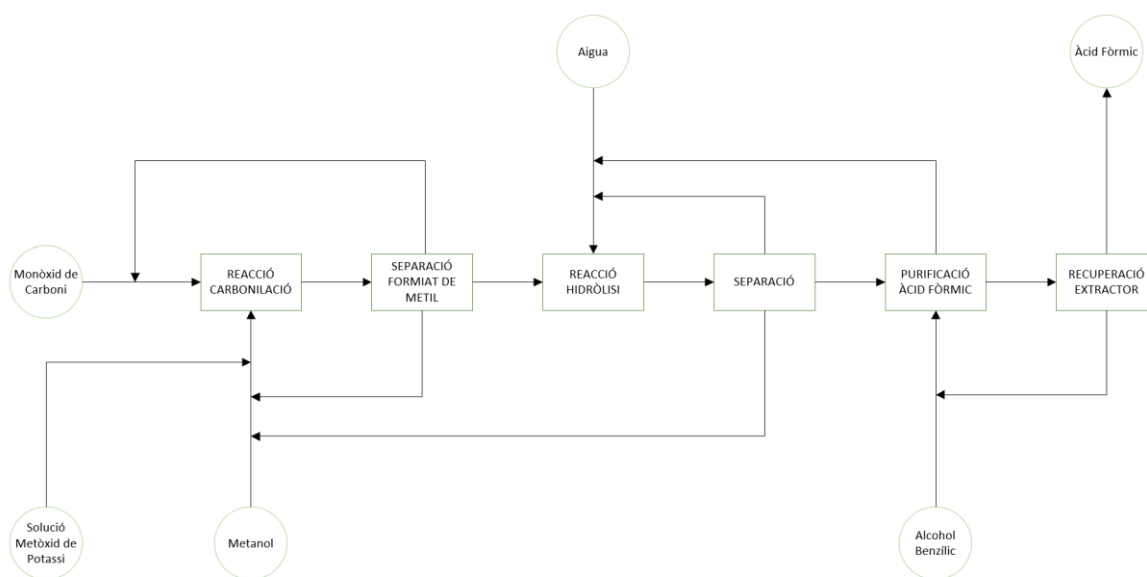


Figura 1-16 Diagrama de blocs del procés de fabricació de l'àcid fòrmic

En una primera etapa, el monòxid de carboni provinent de la zona de tancs criogènics a l'àrea 100 és s'introdueix mitjançant una compressió per etapes i refredament mitjançant el bescanviador (E-101) per no obtenir temperatures superior als 150 °C durant la compressió del gas. En la mateixa etapa, s'introdueix el metanol, en un reactor de carbonilació (R-201), on es durà a terme la reacció descrita anteriorment a l'apartat **1.3.4 - LA HIDRÒLISI DE FORMIAT DE METIL**. El reactor, per tant, esdevindrà un reactor bifàsic on el metanol és la fase líquida i el monòxid de carboni, la fase gas. Com a catalitzador s'ha emprat metòxid de potassi. Tot i que durant molts anys s'ha emprat metòxid de sodi com a catalitzador, aquest darrer resulta ser poc soluble en metanol a les condicions de reacció emprades, requerint d'un excés de metanol per a la seva completa dissolució (6), (7). El metòxid de potassi, a més a més de tenir una solubilitat més elevada en el metanol, presenta l'avantatge d'incrementar la velocitat de reacció del procés de carbonilació a mesura que el potencial de ionització dels metalls alcalins disminueix (3). El catalitzador s'introdueix al reactor de carbonilació en una solució homogènia de metanol al 30% en pes.

El reactor de carbonilació (R-201) esdevé una columna de bombolleig que, a banda de ser un tipus de reactor àmpliament emprat degut als elevats coeficients de transferència de matèria que presenta (de l'ordre de magnitud de les columnes empacades), resulta un procés tècnicament fàcil de

dur a terme, amb una deposició de sals menyspreable. Aquestes sals (format de potassi) es formen deguda a una reacció secundària inevitable del catalitzador amb el format de metil. Tot i així, a diferència d'altres catalitzadors històricament emprats com el metàxid de sodi (2), el metàxid de potassi produeix una menor quantitat de sals en reaccionar (2) que, lligat al corrent ascendent de gas que hi ha en el sí del reactor, resulta en una deposició de sals nul·la o menyspreable.

El còmput de les sals dipositades al reactor resulta, per tant, menyspreable, i no s'ha tingut en compte en els balanços de matèria del projecte: les possibles sals que es puguin formar no representen cap desavantatge operacional degut a la seva escassa presència. Aquest fet, sumat a les periòdiques parades de la planta que suposen la neteja dels equips, incloent-hi el reactor de carbonilació, fa que no sigui necessari cap equip de tractament de dipòsits salins formats en el sí del reactor. El procés esdevé, a més a més, econòmicament viable a nivell energètic i amb un consum de catalitzador baix, que resulta en una rendiment espai-temps elevat (8).

L'equip opera sota unes condicions relativament suaus degut a la selecció idònia del tipus d'equip i el catalitzador: 45 bar i 90°C. La proporció d'entrada dels reactius, monòxid de carboni i metanol, és de 1,75 vegades en massa respecte el primer reactiu. La reacció és esdevé fortament exotèrmica, fet que comporta que el reactor es trobi previst d'una camisa refrigerant per mantenir les condicions d'operació anteriorment esmentades.

La columna R-201 consta de dues sortides per tal de maximitzar la producció de format de metil i una altre que realitza la funció de purga, per retirar part del catalitzador desactivat. Una primera sortida en fase gas composta principalment per monòxid de carboni, format de metil i metanol com a component minoritari es troba ubicada a la part superior del reactor: la temperatura a la que es produeix el format de metil presenta una elevada velocitat d'evaporació. Tanmateix, la reacció de carbonilació es duu a terme de forma simultània, fet que justifica la ubicació de la sortida. Aquest corrent experimenta una caiguda de pressió fins a 10 bar i es refreda emprant un condensador (E-201). La separació del format de metil de la resta de productes es du a terme en un separador de fases (PS-201) on prèviament coexisteixen diferenciadament un corrent gasos i líquida aprofitant la notòria diferència de les temperatures de condensació dels productes esmentats. La formació de productes secundaris com ara el dimetil-èter resulta inevitable, fet que implica disposar d'un dispositiu de purga de gasos residuals en el corrent de recirculació de monòxid de carboni cap a l'entrada del reactor.

La segona sortida del reactor (R-201) esdevé una sortida líquida formada per format de metil i metanol majoritàriament, situada en el límit de l'alçada de líquid en el sí del reactor. Per evitar el pas de les bombolles de monòxid de carboni i els possibles problemes d'operació que aquest fet comporta, la segona sortida consta d'un sifó, encara que el fet de que el monòxid de carboni presenti una certa solubilitat en solució de metanol fa inevitable que el corrent presenti una fracció en pes d'aquest component.

La tercera sortida del reactor R-201, corresponent a la purga de l'equip, es realitza en continu, degut a que la velocitat de desactivació calculada a partir de la font de dades (3) fa inviable realitzar l'alimentació de catalitzador de forma discontinua, tot i el nombre de parades. Posteriorment aquest corrent experimentarà una caiguda de pressió fins 10 bar, un posterior refredament mitjançant un

bescanviador (E-203) fins a 30 °C i novament una caiguda de pressió fins a 1 bar per enviar-lo a l'àrea 700, de tractament de residu, com a efluent residual líquid, encara que no es tracta a la pròpia planta de producció sinó que es gestionarà externament.

Pel que fa al corrent líquid obtingut de la separació amb l'equip (PS-201), es mescla a 10 °C i 10 bar amb el corrent líquid provinent del reactor mitjançant un mesclador estàtic (EM-201), on prèviament, aquest últim, experimenta una gran caiguda de pressió fins a 10 bar per fer possible la mescla dels dos corrents. Seguidament, el corrent obtingut experimenta un refredament (E-301) fins a 12,1 °C i posteriorment experimenta una caiguda de pressió fins a 1 bar i 10 °C, condicions òptimes per realitzar una segona separació de fases mitjançant (PS-301) per assegurar l'eliminació del monòxid de carboni en la següent zona, l'àrea 400. D'aquesta separació, resulten un corrent gas que tindrà com a finalitat anar a tractament d'efluents gasos a l'àrea 700 i el corrent líquid que s'introdueix a 50 °C en la següent unitat de separació, on es realitza una destil·lació mitjançant la columna (DC-301).

D'aquesta operació de separació, s'obté a 36,9 °C, el corrent superior que conforma el destil·lat i que conté un 96% de formiat de metil de la mescla formada i un 4% metanol en pes. Com aquest corrent no pot presentar una concentració superior al 5-6% en pes a l'entrada del reactor d'hidròlisi (R-401), prèviament a la introducció en el reactor mencionat, s'emmagatzema en un tanc pulmó (BT-303) on s'incorpora un altre connexió d'un corrent provinent de la columna (DC-503), amb composició 96% de formiat de metil i 4% de metanol aproximadament, per tant, garantint que a la sortida del tanc (BT-303) el corrent d'aliment al reactor (R-401) no presenti concentracions superiors al 6% en pes de metanol degut als inconvenients que comportaria per a la termodinàmica favorable a la formació de reactius en comptes de la producció de l'àcid fòrmic.

En el cas del corrent inferior obtingut de la columna (DC-301) a 60,4 °C, amb composició de 96% de metanol i 4% de formiat de metil aproximadament i que representa el *residu* d'aquesta columna, es recircula cap a un tanc pulmó (BT-301) que inclou una altre connexió d'entrada, d'un corrent provinent de la columna (DC-504) de l'àrea 500, l'àrea de purificació, que presenta una composició molt similar, pràcticament de metanol, amb un 94% de metanol i la resta amb l'èster de metil, que es re-introdueix com a reactiu en la zona de reacció que comprèn el reactor de carbonilació (R-201), encara que cal dir que es indispensable que la composició de formiat de metil d'entrada en aquest anterior no superi el rang entre el 6-7% en pes ja que podria interferir en la viabilitat termodinàmica de la formació de l'èster, reactiu necessari per la zona de reacció que es troba en l'àrea 400 i que es fonamental per produir l'àcid fòrmic.

Retornant a l'àrea 300, on s'inclou el tanc pulmó (BT-303) mencionat amb anterioritat, es troba instal·lat un altre tanc pulmó (BT-302) que incorpora dues connexions d'entrada que conformen un corrent pur d'aigua desionitzada, reactiu imprescindible per la reacció d'hidròlisi en el reactor (R-401) i un altre connexió d'un corrent recirculat provinent del destil·lat de la columna (EDC-501) amb composició del 96% d'aigua desionitzada i la resta d'impureses on hi ha traces d'àcid fòrmic per afavorir l'autocatàlisi de la reacció. És important mencionar, que en el corrent sortint del tanc (BT-302) que alimenta el reactor d'hidròlisi s'hi troben traces menors al 3% en pes l'agent extractor, l'alcohol benzílic, i que no presenten un problema per la cinètica de la reacció (4) i tampoc presenta una composició que faci augmentar la viscositat del corrent com per poder afectar al sistema d'agitació del reactor. Tanmateix, cal dir que durant les tres parades planificades de la planta es

procedeix al rentat d'equips on s'inclou el reactor (R-401) per eliminar possibles restes de l'agent extractor.

Llavors, a partir del subministrament dels reactius mitjançant els tancs pulmó citats en el paràgraf anterior, les condicions necessàries per la viabilitat cinètica i termodinàmica en el reactor (R-401) per assolir l'objectiu de conversió propera a l'equilibri d'un 37%, són 110 °C i 20 bar, on l'aliment també es important que presenti una relació molar d'1,8 vegades més d'aigua respecte al formiat de metil, per tant, un reacció portada a terme en excés d'aigua encara que la reacció es mol a mol per ambdós reactius. La reacció produïda es reversible, en fase líquida i auto-catalítica, ja que la presència entre 1-2% de composició en pes d'àcid fòrmic a l'entrada del reactor genera resultats més òptims d'acord amb l'article (4). És important i indispensable que les condicions d'operació en el reactor no presentin fluctuacions de temperatura i pressió, ja que d'acord amb l'article (4), la termodinàmica de la reacció es torna desfavorable i en la direcció contrària a la formació del producte d'interès, l'àcid fòrmic. Pel que fa al corrent líquid de sortida del reactor (R-401), experimenta una caiguda de pressió fins a 1 bar i es refreda fins a 50 °C, les condicions adequades que repercuteixen en una separació òptima d'aquest, al introduir-lo a la columna de destil·lació (DC-501). En aquesta unitat de separació, s'obté un corrent de destil·lat, de composició 69% i 27% en pes formiat de metil i metanol respectivament, on la resta d'impureses són d'aigua i d'àcid fòrmic. L'altre corrent, de residu, de composició 57% i 49% d'aigua i fòrmic i la resta d'impureses, on la gran majoria són del propi agent extractor.

La corrent de destil·lat de la columna (DC-501) mencionat en el paràgraf anterior, a 36,9 °C i 1 bar, entra com aliment de la columna (DC-503), on es realitza l'operació de destil·lació i s'obté un altre corrent de destil·lat a 31,6 °C, de composició en formiat de metil gairebé totalment que s'introdueix en el tanc (BT-303) com s'ha dit amb anterioritat. Pel que fa a l'altre corrent, el de residu, a temperatura de 63,1 °C i de composició del 80% i 13% en metanol i aigua respectivament s'introdueixen en una altra columna de separació (DC-504) amb l'objectiu de separar totalment aquests dos per reintroduir-los tant el primer com a reactiu a l'àrea 200 on es realitza la reacció de carbonilació, com el segon on també com a reactiu, a la zona de reacció de l'àrea 400.

La columna de destil·lació (DC-504), mencionada en el paràgraf anterior, on es realitza la separació per destil·lació i s'obtenen els corrents de destil·lat a 58,8 °C i de composició pràcticament de metanol, del 94% en pes, amb l'objectiu de recircular-lo al tanc pulmó (BT-301) per alimentar el reactor (R-201) com ja s'ha comentat i el corrent de residu, a condicions de 94,7 °C, de composició pràcticament d'aigua, i traces al voltant del 6-12% de composició en pes de fòrmic metanol que es dirigeix a l'àrea 700, com efluent líquid residual ja que no es pot retornar a cap de les dues zones de reacció de l'àrea 200 i 400 per la presència d'aigua i fòrmic en els cas de la primera àrea i per la presència de metanol en el cas de la segona àrea.

Retornant a la columna (DC-501), unitat de separació posterior a la de reacció pel reactor (R-401), el corrent de residu obtingut presenta una composició en pes de 41% d'àcid fòrmic, 57% d'aigua i la resta d'impureses, té una temperatura de 103,2 °C i ja que es alimentat a la següent unitat de separació (EDC-501), on la temperatura òptima d'alimentació té que trobar-se en un rang de 100-105 °C, tenint en compte que el temps de residència en aquell tram serà menyspreable, no presenta necessitat de ser escalfat o refredat abans d'entrar a la columna de destil·lació extractiva (EDC-501).

La columna (EDC-501), representa un tipus d'operació de destil·lació azeotròpica necessària per poder trenar l'azeòtrop que conforma la mescla d'aigua i fòrmic i que impossibilita la purificació d'aquest a més d'un 85% en pes com en els requeriments del projecte necessita. Per tant, una altra connexió d'entrada d'alimentació correspon a l'entrada d'agent extractor i en concret, d'alcohol benzílic, seleccionat en base a criteri de formar un punt azeotròpic amb l'àcid fòrmic a partir de l'èster format en la reacció, format de benzil, encara que la mescla d'alcohol benzílic i el corresponent èster es pot tractar com a una única substància degut a que aquests dos últims presenten propietats físiques molts semblants i una cinètica molt ràpida entre les dues substàncies (4), per tant, en aquest projecte només queda comptabilitzat l'alcohol benzílic. L'avantatge d'emprar aquest agent es que un cop s'ha format l'èster corresponent, com s'ha dit, aquest presenta un punt azeotròpic a una composició d'àcid fòrmic del 91% en composició en pes (9), per tant, desplaçant l'azeòtrop de la mescla amb aigua i podent obtenir en la posterior operació de destil·lació duta a terme en la columna (DC-502), el producte de mescla d'àcid fòrmic a més d'un 85% en pes.

En addició, el corrent de destil·lat pertanyent a la columna (EDC-501) es retornat a l'entrada del reactor (R-401), ja que conté traces d'àcid fòrmic que serviran per auto-catalitzar la reacció produïda en aquest equip (4) com s'ha comentat anteriorment. En canvi, el corrent de residu, que presenta una composició del 57% i 41% d'aigua i d'àcid fòrmic respectivament es introduïda en la columna (DC-502) on es realitza una destil·lació al buit, concretament a 0,147 bar(a). Mitjançant aquesta operació de separació s'obté un corrent de residu, que és bombejat i re-introduït al tanc pulmó (BT-501) per realimentar la columna anterior (EDC-501) i una maximització en la separació de l'àcid fòrmic que es presenta a partir d'un corrent de destil·lat i de composició al 91% en pes.

Finalment, el corrent de destil·lat que es refreda mitjançant un bescanviador (E-601) fins a 40°C, entre 15-20 °C per sota del *flashpoint* de la mescla a 1 bar i de composició superior al 90% en pes de fòrmic per evitar vulnerabilitat d'ignició segons la bibliografia (2), posteriorment s'emmagatzema als tancs de l'àrea 600 complint els requeriments de puresa del producte sortint de la columna (DC-502) i la quantitat anual presents en aquest projecte dut a terme per ILANT Engineering.

1.5. CONSTITUCIÓ DE LA PLANTA

1.5.1. DISTRIBUCIÓ QUALITATIVA DE LA PLANTA

La distribució de la planta ha de tenir en compte la col·locació dels equips de forma que es minimitzin danys a persones i a la propietat en cas d'incendi o explosió, els costos de manteniment, el nombre de persones requerides que operen en la planta, costos d'operació, costos de construcció i altres costos de revisions futures planificades.

Aquesta distribució ha de comprendre tots els elements necessaris, tant els industrials com el lloc de treball dels empleats, és a dir, incloent la línia de producció fins els serveis pel personal.

Una bona distribució de la planta permet que els costos de fabricació es redueixin, a més augmenta la seguretat del treballador i la seva satisfacció, això porta a que hi hagi un increment en la productivitat.

1.5.2.DISTRIBUÓ PER ÀREES

La planta ILANT Engineering es troba dividida en deu àrees. Dos on es troben les matèries primes i el producte acabat, altres tres dedicades a la síntesi del producte final, una dedicada al tractament de residus i una altra on es troben els serveis necessaris per a la producció, finalment hi ha altres dues on es gestiona la planta i la zona pels empleats. En la **Taula 1-11** es troba la descripció de les diferents àrees.

Taula 1-11 Abreviació de les diferents àrees que conformen la planta

ÀREA	DESCRIPCIÓ
A-100	Emmagatzematge matèria prima
A-200	Reacció carbonilació
A-300	Purificació format de metil
A-400	Reacció hidròlisi
A-500	Purificació àcid fòrmic
A-600	Emmagatzematge producte àcid fòrmic
A-700	Tractament de residus
A-800	Serveis de planta/transformador elèctric
A-900	Oficines/menjador/pàrquing
A-1000	Laboratori/sala de control
A-1100	Ampliacions

En la següent es pot observar a la **Figura 1-17** com estan col·locades les àrees en la parcel·la permesa per a la seva construcció.

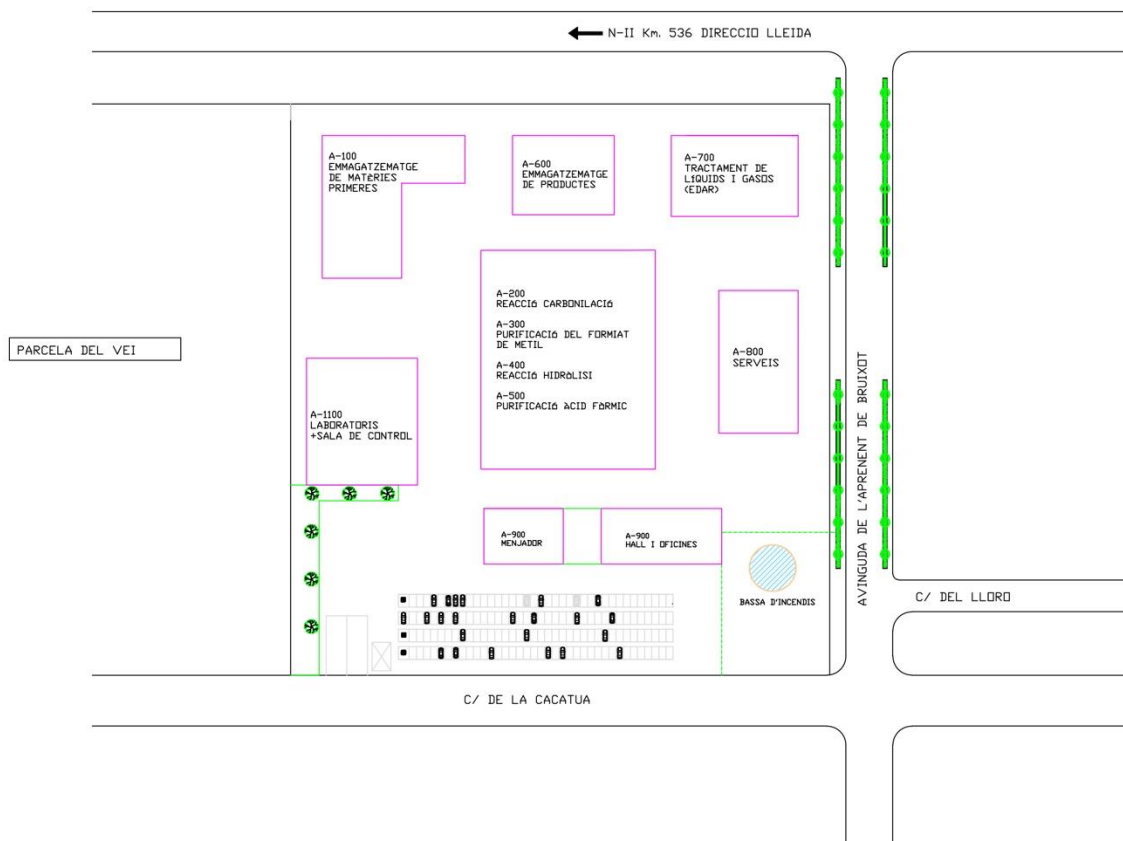


Figura 1-17 Distribució de les àrees al plànol

A-100: Emmagatzematge de matèria prima

En aquesta primera zona es troba l'emmagatzematge dels productes primaris del procés per a la producció de l'àcid fòrmic.

El monòxid de carboni s'emmagatzema en quatre tancs criogènics, el metanol en quatre tancs més a pressió amb fons superior i inferior torresfèric tipus klopper. Els tancs de metàxid de potassi (catalitzador) i el de l'alcohol benzílic (agent extractor) es troben a pressió, per a cada substància hi ha dos tancs amb fons torresfèrics i l'aigua està emmagatzemada en dos tancs amb fons superior cònic

Tota la zona està disposada de tal manera de que els camions puguin fer la descarrega amb bona accessibilitat. S'ha de tenir en compte que els camions no poden venir tots els mateix dia, per tant s'ha d'organitzar de tal manera per a que no i hagi un gran flux de camions en la planta.

A-200: Reacció de Carbonilació

En l'àrea 200 es troba una columna de bombolleg on es realitza la reacció de carbonilació. S'ha de tenir en compte que la reacció que es produeix és molt exotèrmica i a més d'una camisa refrigerant, cal un serpenti.

A més amb un separador de fases s'intenta treure el monòxid de carboni que no hagi reaccionat i d'aquesta manera poder recircular al primer reactor.

A-300: Purificació de Formiat de Metil

En aquesta zona es produeix la purificació del subproducte produït en el primer reactor a partir d'un parell d'equips, com són un separador de fases i una columna de destil·lació. A més en aquesta zona hi ha tres tancs pulmó que permeten que els corrents que s'uneixen pugui tenir la mateixa composició.

A-400: Reacció Hidròlisi

En aquesta àrea de síntesi es troba el segon reactor, on es produeix l'àcid fòrmic a partir del subproducte abans format i l'aigua.

A-500: Purificació Àcid Fòrmic

En aquesta zona el que es pretén és eliminar totes les impureses possibles que pugui tenir el producte final desitjat i recuperar tot allò que es pugui utilitzar com matèria prima.

A-600: Emmagatzematge del producte Àcid Fòrmic

En aquesta zona és on troba l'emmagatzematge del producte final de la planta. Aquest es troba emmagatzemat en sis tancs amb fons superior cònic, el producte final es troba prèviament refredat per tal d'evitar que arribi amb facilitat al punt d'inflamabilitat.

A-700: Tractament de residus

Com el seu propi nombre indica, en aquesta àrea es troba la zona de tractament de residus on es troba separada per diferents zones segons el residu que es vulgui tractar, sòlid, líquid o gas.

A-800: Serveis de planta/transformador elèctric

Els serveis necessaris per a la producció de l'àcid fòrmic es distribueixen des de aquesta àrea. Aquests estan formats per sis torres de refrigeració, dos chillers, tres calderes de vapor, un descalcificador d'aigua, així com un tanc de nitrogen, un sistema d'aire comprimit i un grup electrogen.

A-900: Oficines/menjador/pàrquing

La part administrativa de la planta es troba situada en l'àrea 900 i a més s'inclou la zona de pàrquing i oci pels empleats de la fabrica. A més hi ha una zona de pàrquing en la qual poden entrar els empleats, visites i la zona més propera a l'entrada està reservada per a persones amb mobilitat reduïda.

A-1000: Laboratoris/sala de control

Gran part de gestió de la planta es troba situada en aquesta zona. Des de aquí es faran els anàlisis necessaris per a que hi hagi un bon funcionament dels equips i el producte desitjat i els residus abocats siguin els correctes, a més es farà tot el control operacional des de el mateix edifici.

A-1100: Ampliacions

Aquesta àrea es troba distribuïda per tota la planta, ja que cada zona mencionada anteriorment pot en algun moment necessitar.

1.5.3. PLANIFICACIÓ TEMPORAL Y PLANTILLA DE TRABALLADORS

La planificació de producció de l'àcid fòrmic operarà durant 300 dies a l'any les 24 hores. Les pareades estan previstes per a que coincideixin durant les èpoques festives. Aquestes parades es faran per tal de fer un bon manteniment dels equips de la planta.

Per a realitzar la planificació s'ha tingut en compte els dies continus de producció, la posta en marxa i les tasques de manteniment. Segons el XVII Conveni General de la Industria Química els treballadors tindran una jornada laboral màxima a l'any de 1.752 hores. Per tal de realitzar totes les hores de producció el treball es trobarà distribuït en quatre torns: torn de matí, tarda i nit i caps de setmana.

Els treballadors es troben dividits en diversos grups de professionals i especialistes distribuïts per les diferents àrees de la planta:

- Directius i tècnics: els treballadors d'aquest grup planifiquen, organitzen, dirigeixen, coordinen i controlen les activitats pròpies al desenvolupament de l'empresa. Assumeixen la responsabilitat d'assolir els objectius planificats i són responsables de la presa de decisions.
- Cap de secció o especialistes: un total de 12 persones titulades com enginyers químics, industrials, de procés entre altres. Les funcions d'aquest grup de treballadors consisteix en integrar, coordinar i supervisar les tasques en les diverses seccions de la planta.
- Operaris i obrers: són els encarregats d'estar a peu de planta tant en les seccions de producció com de manteniment. En aquesta grup hi hauran uns 54 treballadors.
- Personal d'oficina: els 19 treballadors d'aquesta secció seran en que s'encarreguin del màrqueting, recursos humans, comptabilitat, publicitat i administració.
- Personal de laboratori: són els personals de control de qualitat i els de I+D. Els de control de qualitat són els que analitzen les mostres que es van prenen contínuament i els de I+D s'encarreguen de que l'empresa estigui actualitzada en l'àmbit científic-tècnic.
- Personal extern: es contractaran de manera externa els serveis de neteja, seguretat i manteniment dels equips especials. Això suposa un cost fix al ser subcontractats.

1.6. BALANÇ DE MATÈRIA

A continuació es presentaren les dades obtingudes a partir de la realització del balanç de matèria en la planta de producció d'àcid fòrmic. Les dades presenten les condicions de temperatura i pressió de cada corrent de procés, presència de vapor i/o líquid, cabals volumètrics i màssics, les composicions en pes de cada component que sigui present i d'altres propietats tals com la densitat de la mescla en qüestió.

Les dades que es presenten en aquest apartat són les que es requereixen per assolir els requeriments de producció i puresa especificats en el present projecte seguint el procediment descrit a l'apartat **1.5 - CONSTITUCIÓ DE LA PLANTA**.

Les taules **Taula 1-12, Taula 1-13, Taula 1-14, Taula 1-15, Taula 1-16, Taula 1-17, Taula 1-18 i Taula 1-19** que es presenten a la **Figura 1-18**. El mateix diagrama es troba també adjunt al **Capítol 10. Diagrames i plànols**.

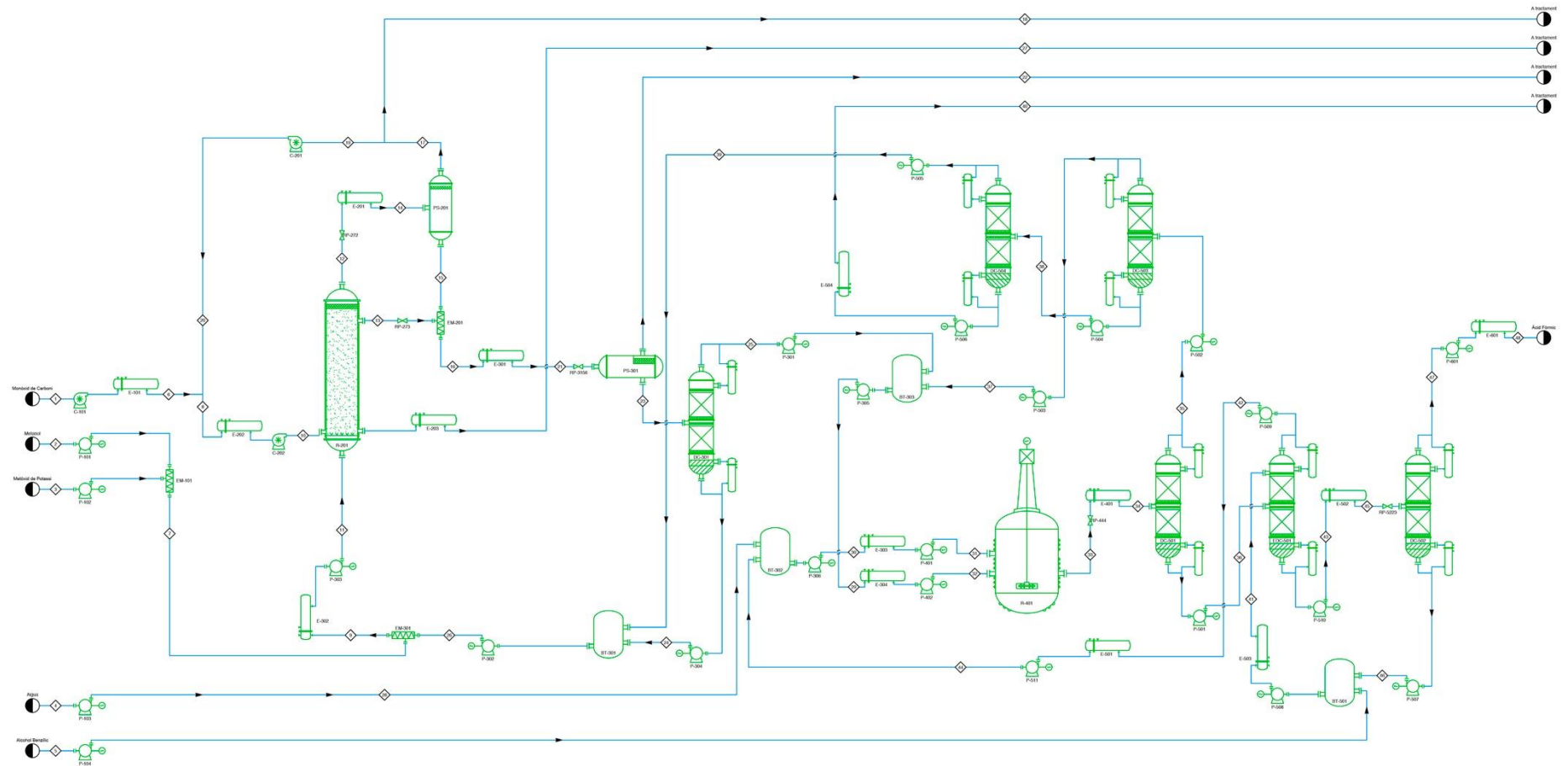


Figura 1-18 Diagrama de procés del procés de producció d'àcid fòrmic

Taula 1-12 Balanç de matèria del procés de producció d'àcid fòrmic

CORRENT	1	2	3	4	5	6
Temperatura (°C)	-170,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Densitat (kg/m³)	3,3	786,0	950,0	1007,3	1071,6	22,7
Pressió (bar)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	20,0
Fracció vapor	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Cabal màssic total (kg/h)	6985	1290	20	6021	1,00E-01	6985
Cabal volumètric (m³/h)	2091,7	1,6	2,05E-02	6,0	9,33E-05	308,2
Fracció màssica						
Monòxid de Carboni	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,0
Metanol	0,00	1,00	0,70	0,00	0,00	0,0
Formiat de Metil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Alcohol Benzílic	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,0
Metòxid de Potassi	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,0
Aigua	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,0
Àcid Fòrmic	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0

Taula 1-13 Balanç de matèria del procés de producció d'àcid fòrmic (continuació)

CORRENT	7	8	9	10	11	12
Temperatura (°C)	25,1	41,8	62,3	90,0	90,0	90,0
Densitat (kg/m³)	786,4	21,6	756,6	41,7	724,9	48,5
Pressió (bar)	10,1	20,0	10,1	45,0	45,0	45,0
Fracció vapor	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0
Cabal màssic total (kg/h)	1310	9471	18103	9471	18103	3217
Cabal volumètric (m³/h)	1,7	438,1	23,9	227,4	25,0	66,4
Fracció màssica						
Monòxid de Carboni	0,00	0,98	0,00	0,98	0,00	0,76
Metanol	1,00	0,00	0,95	0,00	0,95	0,04
Formiat de Metil	0,00	0,02	0,05	0,02	0,05	0,20
Alcohol Benzílic	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metòxid de Potassi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aigua	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Àcid Fòrmic	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Taula 1-14 Balanç de matèria del procés de producció de l'àcid fòrmic (continuació)

CORRENT	13	14	15	16	17	18
Temperatura (°C)	90,0	10,0	10,0	87,6	10,0	10,0
Densitat (kg/m³)	802,6	15,2	943,9	319,9	12,4	12,4
Pressió (bar)	45,0	10,1	10,1	10,0	10,1	10,1
Fracció vapor	0,0	0,9	0,0	0,0	1,0	1,0
Cabal màssic total (kg/h)	23142	3217	600	23742	2617	131
Cabal volumètric (m³/h)	28,8	211,4	0,6	74,2	210,7	10,5
Fracció màssica						
Monòxid de Carboni	0,01	0,76	0,01	0,01	0,93	0,93
Metanol	0,37	0,04	0,36	0,36	0,00	0,00
Formiat de Metil	0,62	0,20	0,63	0,63	0,07	0,07
Alcohol Benzílic	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metòxid de Potassi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aigua	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Àcid Fòrmic	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Taula 1-15 Balanç de matèria del procés de producció d'àcid fòrmic (continuació)

CORRENT	19	20	21	22	23	24
Temperatura (°C)	10,0	88,6	12,1	10,0	10,0	60,4
Densitat (kg/m³)	12,4	19,3	560,4	1,6	913,9	753,2
Pressió (bar)	10,1	20,3	10,0	1,0	1,0	1,0
Fracció vapor	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0
Cabal màssic total (kg/h)	2486	2486	23742	462	23280	8370
Cabal volumètric (m³/h)	200,2	129,0	42,4	287,4	25,5	11,1
Fracció màssica						
Monòxid de Carboni	0,93	0,93	0,01	0,49	0,00	0,00
Metanol	0,00	0,00	0,36	0,04	0,37	0,96
Formiat de Metil	0,07	0,07	0,63	0,47	0,63	0,04
Alcohol Benzílic	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metòxid de Potassi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aigua	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Àcid Fòrmic	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Taula 1-16 Balanç de matèria del procés de producció de l'àcid fòrmic (continuació)

CORRENT	25	26	27	28	29	30
Temperatura (°C)	31,6	60,2	90,0	25,1	32,2	70,8
Densitat (kg/m³)	950,4	757,1	802,6	1007,5	950,7	972,0
Pressió (bar)	1,0	10,1	45,0	10,1	10,1	10,1
Fracció vapor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cabal màssic total (kg/h)	14912	16793	1215	6021	38173	20269
Cabal volumètric (m³/h)	15,7	22,2	1,5	6,0	40,2	20,9
Fracció màssica						
Monòxid de Carboni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metanol	0,04	0,95	0,37	0,00	0,04	0,01
Formiat de Metil	0,96	0,05	0,62	0,00	0,96	0,00
Alcohol Benzílic	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Metòxid de Potassi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aigua	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,96
Àcid Fòrmic	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01

Taula 1-17 Balanç de matèria del procés de producció de l'àcid fòrmic (continuació)

CORRENT	31	32	33	34	35	36
Temperatura (°C)	110,0	110,0	110,0	50,0	36,9	100,0
Densitat (kg/m³)	939,5	824,9	886,4	957,5	902,7	988,9
Pressió (bar)	20,0	20,0	20,0	1,0	1,0	1,0
Fracció vapor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cabal màssic total (kg/h)	20269	38173	58442	58442	33225	25217
Cabal volumètric (m³/h)	21,6	46,3	65,9	61,0	36,8	25,5
Fracció màssica						
Monòxid de Carboni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metanol	0,01	0,04	0,15	0,15	0,27	0,00
Formiat de Metil	0,00	0,96	0,39	0,39	0,69	0,00
Alcohol Benzílic	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02
Metòxid de Potassi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aigua	0,96	0,00	0,27	0,27	0,04	0,57
Àcid Fòrmic	0,01	0,00	0,18	0,18	0,01	0,41

Taula 1-18 Balanç de matèria del procés de producció de l'àcid fòrmic (continuació)

CORRENT	37	38	39	40	41	42
Temperatura (°C)	32,3	63,1	59,3	25,0	100,0	98,5
Densitat (kg/m³)	950,8	782,4	760,6	945,8	998,0	947,8
Pressió (bar)	10,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Fracció vapor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cabal màssic total (kg/h)	23258	9967	8424	1544	52206	14277
Cabal volumètric (m³/h)	24,5	12,7	11,1	1,6	52,3	15,1
Fracció màssica						
Monòxid de Carboni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metanol	0,04	0,80	0,94	0,06	0,00	0,00
Formiat de Metil	0,96	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00
Alcohol Benzílic	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,04
Metòxid de Potassi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aigua	0,00	0,13	0,00	0,82	0,00	0,95
Àcid Fòrmic	0,00	0,02	0,00	0,12	0,00	0,01

Taula 1-19 Balanç de matèria del procés de producció de l'àcid fòrmic (continuació)

CORRENT	43	44	45	46	47	48
Temperatura (°C)	116,4	90,1	167,6	140,3	50,1	40,0
Densitat (kg/m³)	995,6	956,0	116,7	956,9	1134,0	1147,0
Pressió (bar)	1,0	10,0	3,0	1,0	0,1	1,0
Fracció vapor	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Cabal màssic total (kg/h)	63146	14277	63146	52206	10940	10940
Cabal volumètric (m³/h)	63,4	14,9	541,1	54,6	9,6	9,5
Fracció màssica						
Monòxid de Carboni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metanol	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Formiat de Metil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alcohol Benzílic	0,83	0,04	0,83	1,00	0,00	0,00
Metòxid de Potassi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aigua	0,02	0,94	0,02	0,00	0,09	0,09
Àcid Fòrmic	0,16	0,01	0,16	0,00	0,91	0,91

1.7. ESPECIFICACIONS I NECESSITATS DE SERVEIS A LÍMIT DE PLANTA

Els serveis d'una planta industrial són totes aquelles operacions auxiliars del procés de producció que permeten el seu funcionament i regular diferents aspectes d'aquest. Els serveis poden tractar-se d'operacions en continu o operacions intermitents, és a dir, que es requereixen en comptades ocasions. Les operacions que porten a terme els serveis poden tractar-se de la realització d'un treball, aportar o retirar matèria i/o energia del procés.

Els serveis requerits per la planta inclouen un gran ventall elements, des de l'aigua que s'utilitza per refredar corrents, el vapor per escalfar, el nitrogen que es necessita per inertitzar un equip degut a la substància que conté, el gas natural que es requereix per fer funcionar les calderes de vapor o l'electricitat per funcionar qualsevol dels aparells de la planta. Aquests elements són un punt molt important de la producció, per tant, han de ser fiables, que compleixin la necessitat que els escau i han d'estar disponibles en excés.

1.7.1. SERVEIS REQUERITS PER PLANTA

Com s'ha esmentat, els serveis de planta són un punt molt important per al bon funcionament de la planta, cada fluid de servei sol·licitat per la planta es requereixen uns equips i uns requisits per a poder disposar d'aquest a les condicions adequades. Aquests equips es compren a les empreses especialitzades en la construcció de cada un d'ells, segons les necessitats de la planta en cada determinat servei s'escull el model adequat per poder suplir en excés la seva demanda.

A continuació es farà una introducció de cada un dels serveis requerits per la planta especificant els equips i els requisits necessaris per cada un d'ells.

1.7.1.1. Aigua de Torre 20°C

- **Funció en la planta:** Refredar o condensar fluids de procés.
- **Equips necessaris:** Torre de Refrigeració.
- **Requisits:** Aigua de xarxa i Electricitat.

Amb les necessitats energètiques que presenta nostra indústria, el paper de l'aigua de torre és molt important i això es reflexa en les quantitats d'aigua que es requereixen pels bescanviadors en les línies de procés i els condensadors de les torres de destil·lació. En aquest servei arriba un corrent d'aigua a 40°C i el conjunt d'equips baixa la seva temperatura fins a 20°C.

A continuació es presenta la **Taula 1-20**, on estan enregistrades les necessitats d'aigua del procés i el equivalent a l'energia que ha d'aportar la torre de refrigeració. Per a estalviar, s'han aprofitat diversos corrents d'aigua dels bescanviadors o dels condensadors que surten a una temperatura inferior a 40°C i s'han utilitzat per a altres bescanviadors i/o condensadors. En la **Taula 1-20** es fa referència a aquests reaprofitaments amb un guió en el valor del cabal i amb el nom del corrent de procedència en la columna de fluid.

Taula 1-20 Llistat d'equips que consumeixen aigua de torre

ÍTEM	FLUID	CABAL MÀSSIC (kg/h)	CABAL VOLUMÈTRIC (m³/h)	CALOR BESCANVIAT (kW)	Temperatura de sortida (°C)
E-101	Aigua 20°C	4331	4,331	- 75,7	5
E-203	Aigua E-101	-	-	50,7	15
E-401	Aigua CD-301	-	-	2873	37,5
E-501	Aigua E-203	-	-	75,4	30
E-503	Aigua 20°C	63868	63,87	1486	40
E-504	Aigua 20°C	11531	11,53	107,4	28
E-601	Aigua E-504	-	-	73,1	33,5
CD-301	Aigua 20°C	329126	329,1	3832	30
CD-501	Aigua 20°C	468240	468,2	8176	35
CD-502	Aigua CD-501	-	-	3828	42
CD-503	Aigua 20°C	493710	493,7	5748	30
CD-504	Aigua CD-503	-	-	4171	37,3
CD-505	Aigua 20°C	392441	329,4	9135	40
CD-506	Aigua 20°C	392441	329,4	9135	40
Total		2155688	2156	48619	39,4

Calculant el valor percentual del cabal de cada corrent respecte al cabal total multiplicat per la temperatura de sortida (els valors de temperatura en negreta pretenen destacar la temperatura dels corrents post-reaprofitaments) s'ha calculat una temperatura mitjana d'arribada a la torre de refrigeració.

Les torres de refrigeració són dispositius que posen en contacte una massa d'aire fred i sec en contracorrent amb la massa d'aigua calenta que ve dels equips de la planta que la requereixen. Una part d'aquesta aigua s'evapora refredant la resta, amb aquest fet es dissipen 0,694 kW/litre en una hora. Així es produeix aigua freda que es retorna al procés per absorbir més calor i començar de nou el cicle. Per tant, hi haurà una entrada d'aigua per suplir la pèrdua d'aigua.

Es requereix una torre o conjunt d'elles que abasteixi la necessitat de retirar 48619 kW de l'aigua, d'un cabal volumètric total de 2156 m³/h. Per a cobrir aquesta demanda s'ha escollit un conjunt de torres de refrigeració de la marca EWK amb les prestacions indicades a la **Taula 1-21**.

Taula 1-21 Especificacions de la torre de refrigeració

EQUIP	Torre de refrigeració
PROVEÏDOR	EWK® Torres de refrigeració
MODEL	EWB 5750
LLARGADA/AMPLADA/ALTURA (mm)	9750/6100/4322
PES/PES EN OPERACIÓ (kg)	11500/16300
CALOR DISIPADA (kW)	9193
CONSUM ELÈCTRIC (kWh)	207
PREU ESTIMAT (€)	268000
EXTRES	Separador de gotes GEA 2H SANIPACKING®

Tenint en compte les especificacions de la torre i les necessitats de refrigeració requerides per la planta s'ha optat per la següent configuració d'equips:

Taula 1-22 Configuració de torres de refrigeració

NÚMERO D'EQUIPS	6
CAPACITAT DE DISIPACIÓ MÀXIMA (kW)	55158
POTÈNCIA D'OPERACIÓ	88%
CONSUM ENERGÈTIC (kWh)	1242
PREU TOTAL DELS EQUIPS (€)	1608000

En la **Figura 1-19** es pot veure un exemple d'un conjunt de les torres de refrigeració escollides per a suplir les necessitats de la planta.



Figura 1-19 Torres de refrigeració de la marca EWK (Model EWB)

La torre de refrigeració presenta pèrdues per evaporació, per purgues degut a l'augment de concentració de les sals d'una part de l'aigua i per arrossegament del separador de gotes. Totes aquestes pèrdues es reflecteixen en la **Taula 1-23** i es tradueix en una necessitat d'haver d'aportar un cabal d'aigua de xarxa per suplir-les.

Taula 1-23 Balanç de pèrdues d'aigua de cada torre de refrigeració

PÈRDUES PER EVAPORACIÓ (m³/h)	11,67
PÈRDUES PER ARROSSEGAMENT (m³/h)	0,0018
PÈRDUES PER PURGA (m³/h)	13,53
PÈRDUES TOTALS PER TORRE (m³/h)	25,20
CABAL D'AIGUA TOTAL PER SUPLIR (m³/h)	151,2

1.7.1.2. Aigua Glicolada (-20°C)

- **Funció en la planta:** Refredar el fluid de procés a una temperatura inferior a 10°C.
- **Equips necessaris:** Chiller
- **Requisits:** Aigua + Propilenglicol i Electricitat.

Una de les dificultats que té l'aigua de torre és la seva temperatura de congelació. Per refredar a temperatures inferiors a 10°C i tenir un salt tèrmic alt per reduir el cabal necessari de refrigerant no es pot utilitzar aigua normal perquè la seva temperatura de congelació es troba a 0°C i deixa poc marge de salt tèrmic elevat el cabal necessari i a l'hora encarint les despeses per haver de refredar una major quantitat de fluid. La solució s'ha trobat amb una mescla molt comuna emprada en les indústries, una solució de aigua glicolada.

Es tracta d'una mescla d'aigua i propilenglicol, depenent de la concentració de propilenglicol, la temperatura de congelació de la solució varia. Per a la nostra solució s'ha escollit com a proveïdor l'empresa **Quimacer**, que prepara la solució al percentatge escollit que en el nostre cas és del 40% en pes de propilenglicol i permet arribar a una temperatura de -20°C.

A continuació, en la

Taula 1-24, es presenten les necessitats de la planta respecte a l'aigua glicolada, és a dir, el cabal de refrigerant requerit i la calor que aporta en els bescanviadors que després s'haurà de restaurar mitjançant el chiller.

Taula 1-24 Llistat d'equips que requereixen aigua glicolada

ÍTEM	FLUID	CABAL MÀSSIC (kg/h)	CABAL VOLUMÈTRIC (m³/h)	CALOR BESCANVIAT (kW)	Temperatura de sortida (°C)
E-201	Aigua Glicolada -20°C	16187	15,42	166,3	-10
E-202	Aigua Glicolada -20°C	10211	9,72	104,9	-10
E-301	Aigua Glicolada -20°C	66038	62,89	678,4	-10
R-201	Aigua Glicolada -20°C	161114	153,4	1665,1	-10
TOTAL		253550	241,43	2614,7	-10

Com es pot observar en la

Taula 1-24, la planta requereix un equip o un conjunt d'equips que puguin retirar 2614,7 kW de l'aigua glicolada d'un cabal volumètric de 241,43 m³/h. Per a abastir aquesta necessitat s'ha confiat en l'equip que es presenta en la **Taula 1-25**.

Taula 1-25 Especificacions del chiller

EQUIP	Chiller
PROVEÏDOR	Budzar Industries, Inc.
MODEL	LTW-250
LLARGADA/AMPLADA/ALTURA (m)	10/2/2
PES/PES EN OPERACIÓ (Tn)	8/10
CALOR DISIPADA (kW)	1577
CONSUM ELÈCTRIC (kWh)	150
PREU ESTIMAT (€)	100000



Figura 1-20 Chiller de la marca Budzar

Tenint en compte les especificacions del chiller i les necessitats de refrigeració de l'aigua glicolada s'ha optat per la següent configuració:

Taula 1-26 Configuració de chillers

NÚMERO D'EQUIPS	2
CAPACITAT DE DISIPACIÓ MÀXIMA (kW)	3154
POTÈNCIA EN OPERACIÓ	83%
CONSUM ENERGÈTIC (kWh)	300
PREU TOTAL DELS EQUIPS (€)	200000

1.7.1.3. Vapor d'aigua

- **Funció en la planta:** Escalfar o evaporar els corrents del procés.
- **Equips necessaris:** Caldera de vapor completament equipada.
- **Requisits:** Aigua de xarxa, Gas natural i Electricitat.

En la planta, tots els reboilers termosifons obtenen la calor per evaporar de vapor d'aigua. En la planta es podrà trobar dos tipus de vapor, a 3 bars i a 10 bars depenent de les necessitats tèrmiques de l'equip. Per a temperatures superiors a 140°C s'ha emprat vapor a 10 bars per aprofitar el calor latent d'aquest, en el cas del vapor a 3 bars el seu punt de bombolla és de 135°C, és a dir, que hauria de ser vapor sobreescalfat i no s'aprofitaria el calor latent d'aquest.

En la **Taula 1-27** s'enregistren un llistat de tots els equips que utilitzen vapor d'aigua, tant la línia de 3 bars com la línia de 10 bars de pressió.

Taula 1-27 Llistat d'equips que requereixen vapor d'aigua

ÍTEM	FLUID	CABAL MÀSSIC (kg/h)	CALOR BESCANVIAT (kW)
E-302	Vapor 3 bar	709	426,2
E-303	Vapor 3 bar	1512	908,4
E-304	Vapor 3 bar	3152	1894
E-502	Vapor 10 bar	1867	1045,2
RB-301	Vapor 3 bar	4702	2816,3
RB-501	Vapor 3 bar	6190	3707,6
RB-502	Vapor 10 bar	164	91,9
RB-503	Vapor 3 bar	6778	4072,7
RB-504	Vapor 3 bar	6083	3643,5
RB-505	Vapor 10 bar	2713	1519,2
R-401	Vapor 3 bar	1765	1060,2
TOTAL		35635	21183,3

En resum, es requereixen 36 tones de vapor per abastir tots els bescanviadors, reboilers i sistemes de calefacció del procés. Per a suplir aquesta necessitat s'ha optat pel següent model de caldera especificada a la amb la seva configuració pertinent registrat en la **Taula 1-28**.

Taula 1-28 Especificacions de la caldera

EQUIP	Caldera de vapor
PROVEÏDOR	VYC Industrial, S.A.
MODEL	ZFR-IE 30000
LLARGADA/AMPLADA/ALTURA (m)	10214/4324/5419
PES/PES EN OPERACIÓ (kg)	58247/93828
CABAL MÀXIM DE VAPOR (kg/h)	30000
PRESSIÓ MITJÀ DE SERVEI (bar)	10
CALOR PER APORTA (kW)	10591,65
CONSUM DE GAS NATURAL (Nm ³ /h)	958,52
PREU ESTIMAT (€)	675000

Llistat d'equips complementaris per tenir la caldera completament equipada (inclòs al preu esmentat en la **Taula 1-28**):

- Desgasificador total de l'aigua d'alimentació.
- Intercanviador de calor de gasos d'escapament.
- Mòdul de subministrament d'aigua WSM-V.
- Dispositiu de purga de fangs, d'expansió i de refredament BEM.

La empresa VYK industrial S.A. s'encarrega de produir les calderes de marques reconegudes BOSCH, CERTUSS i HTT.



Figura 1-21 Caldera de vapor de la marca VYK (model ZFR)

Les calderes esmentades generen vapor a una pressió de 10 bars, aquest cabal de vapor va dirigit a uns col·lectors presents a cada àrea de la planta i aquests equips s'encarreguen de distribuir la quantitat de vapor necessària per a cada bescanviador o reboiler a la pressió desitjada mitjançant vàlvules d'expansió.

El cabal d'aigua que circularà per dins de la caldera ha d'haver passat pel descalcificador per eliminació de substàncies presents en l'aigua que poden malmetre l'equip. Al tractar-se d'un circuit tancat aquest procés només s'haurà de dur a terme en la posada en marxa amb el cabal total del circuit i després per suplir les pèrdues que pot tenir al llarg del circuit, per aquesta raó no s'ha inclòs un equip exclusiu per al tractament de l'aigua de les calderes.

Amb les especificacions de la caldera escollida i les necessitats de vapor dels equips de bescanvi de calor del procés s'ha escollit la configuració de calderes de la

Taula 1-29 Configuració de les calderes

NÚMERO D'EQUIPS	2
CAPACITAT MÀXIMA DE GENERACIÓ DE VAPOR (kg/h)	60000
POTÈNCIA EN OPERACIÓ	60%
CALOR APORTAT TOTAL (kW)	21183,3
CONSUM DE GAS NATURAL TOTAL (Nm³/h)	1917,04
PREU TOTAL DELS EQUIPS (€)	1350000

1.7.1.4. Aigua descalcificada

- **Funció en la planta:** Alimentar el reactor R-401 per a donar lloc la reacció d'hidròlisi.
- **Equips necessaris:** Descalcificador.
- **Requisits:** Aigua de xarxa i electricitat.

L'aigua que entra en el reactor d'hidròlisi ha de ser aigua neta, ha d'haver passat un tractament previ per eliminar impureses que puguin estar dissoltes en aquesta. En continu hi ha una entrada d'aigua de l'exterior, que juntament amb l'aigua de les recirculacions, es dirigirà al reactor R-401 per participar com a reactiu en la reacció d'hidròlisi juntament amb el corrent de formiat de metil provenint de la carbonilació i les seves recirculacions pertinents.

L'aigua que ha d'entrar al procés es farà passar per un descalcificador per eliminar parts dels ions dissolts en l'aigua i que poden malmetre les instal·lacions i els equips que participen en el procés de fabricació de l'àcid fòrmic.

El cabal d'aigua nova que es requereix per als reactor d'hidròlisi és de 6021 kg/h, que en cabal volumètric és al voltant de 6m³/h. Per escollir el descalcificador adequat primer s'ha de conèixer les característiques de l'aigua d'Igualada. Segons les bases de dades de la companyia encarregada de gestionar i subministrar aigua als municipis de l'Anoia (10), la duresa de l'aigua es troba en 502-510ppm de CaCO₃ (50-51 H°F°) i una salinitat de 500ppm.

Per a les necessitats que hi ha en la planta i tenint en compte les propietats de l'aigua de xarxa d'Igualada s'ha escollit el descalcificador amb les especificacions esmentades a la **Taula 1-30**.

Taula 1-30 Especificacions del descalcificador

EQUIP	Descalcificador d'aigua
PROVEÏDOR	Culligan ® Matrix Solutions™
MODEL	HE 90 TWIN 1,5"
LLARGADA/AMPLADA/ALTURA DEL CONJUNT (cm)	147/61/153
PES/PES EN OPERACIÓ (kg)	250/710
CABAL MÀXIM D'AIGUA (m³/h)	8,4
PRESSIÓ DE FUNCIONAMENT (bar)	1,7-8,3
TEMPERATURA DE FUNCIONAMENT MÍN/MÀX (°C)	4,4/38
CAPACITAT D'INTERCANVI [m³ d'aigua x duresa (F°)]	440
CONSUM ELÈCTRIC (kW·h)	6,9
PREU ESTIMAT (€)	7500

Com s'explica en l'apartat **2.2.7. Equips de servei** del **Capítol 2. EQUIPS**, aquest model esta compost per dos tancs de descalcificació independents amb les especificacions esmentades en la **Taula 1-30**.

Aquest sistema permet treballar en continu, quan les resines d'un dels tancs s'esgota el sistema de control talla la circulació al tanc esgotat i la dirigeix cap a tanc de descalcificació bessó ("twin" en anglès es bessó). Un cop canviada la direcció del corrent a tractar, el tanc esgotat comença la regeneració de la seva resina emprant la sal que conté un tanc amb una capacitat de 295 kg d'emmagatzematge de sal que ve amb els descalcificadors.



Figura 1-22 Descalcificador de la marca Culligan (model HE TWIN)

En la zona d'emmagatzematge es disposarà de tancs per emmagatzemar l'aigua tractada i des d'allà abastir les necessitats del procés d'aigua del procés, tenint sempre una reserva en cas d'averia de l'equip.

1.7.1.5. Aigua de xarxa

- **Funció en la planta:** Alimentar els equips i els serveis de la planta d'àcid fòrmic amb aigua potable, incloent les necessitats de les instal·lacions alienes a les àrees de producció.
- **Equips necessaris:** Connexió a la xarxa d'aigües i xarxa de distribució.
- **Requisits:** Aigua de xarxa.

L'aigua de xarxa té la funció d'alimentar amb aigua potable qualsevol àrea de la planta, des de les àrees de producció i serveis fins les àrees on es troben el menjador, els vestuaris o les zones de jardins. Hi haurà una connexió amb la xarxa d'aigües externa a la planta per abastir les necessitats, aquesta connexió serà de 200mm i proporcionarà aigua potable a una pressió al voltant dels 4 bars.

S'ha estimat que es requerirà un cabal volumètric de 4 m³/h per abastir les necessitats d'aigua de les zones d'oficines, vestuaris, etc.

1.7.1.6. Nitrogen

- **Funció en la planta:** Formar una atmosfera sense presència d'aire en determinats equips.
- **Equips necessaris:** Tanc criogènic de nitrogen i gasificador.
- **Requisits:** Nitrogen.

La part de serveis de nitrogen s'encarrega d'inertitzar els equips on la presència de l'aire pugui ocasionar problemes. Substàncies com el metanol o l'alcohol benzílic, emprats en la planta, i el formiat

de metil, producte de la carbonilació i reactiu de la hidròlisi, tenen punts d'inflamació molt baixos i a temperatura ambient són inflamables. Per seguretat s'inertitzen els tancs d'emmagatzematge i els tancs pulmó per on circuli qualsevol d'aquests components, amb el nitrogen es crea una atmosfera sense oxigen eliminant el comburent del triangle de foc.

En el cas del metòxid de potassi que es troba dissolt en metanol, s'ha d'inertitzar per la raó esmentada abans i també perquè en contacte amb aigua forma una mescla explosiva, així que la inertització amb nitrogen també eliminar la humitat de l'aire.

No es pot estimar de manera precisa la quantitat de nitrogen que s'ha d'emprar en tots els equips esmentats anteriorment. El sistema de venteig dels tancs consta d'un sistema de control que s'encarrega d'obrir i tancar la vàlvula del venteig segons la pressió que es registri dins del tanc.

Com s'explica en l'apartat **11.9.5 Tanc de nitrogen** del **Capítol 11. MANUAL DE CÀLCULS** s'han seguit una sèrie de mètodes i suposicions per estimar un cabal de nitrogen necessari pels equips, a partir d'aquest valor s'estima uns dies d'estoc i s'obté un volum de nitrogen gas per passar-ho a nitrogen líquid, que serà l'estat en el que s'emmagatzemarà en el tanc de nitrogen criogènic. Hi ha equips que treballen a 10 bar, el nitrogen es trobarà emmagatzemat en un tanc a 18 bar per garantir la pressió de servei.

Taula 1-31 Necessitats de nitrogen i el seu emmagatzematge

CABAL DE NITROGEN NECESSARI (Nm ³ /h)	VOLUM DE NITROGEN REQUERIT PER 5 DIES D'ESTOC (m ³)	VOLUM DE NITROGEN LÍQUID (m ³)
154,23	18507,6	26,80

Amb les necessitats esmentades, s'ha escollit el tanc de nitrogen líquid criogènic amb les característiques de la **Taula 1-32**:

Taula 1-32 Especificacions del tanc criogènic de nitrogen

EQUIP	Tanc criogènic
PROVEÏDOR	Linde
MODEL	LIN 300
DIÀMETRE/ALTURA (mm)	2400/11550
PES/PES EN OPERACIÓ (kg)	13920
CAPACITAT (L)	28700
CAPACITAT DE DESCÀRREGA (m ³ /h)	600
PÈRDUES PER VAPORITZACIÓ (%/d)	0,30
PRESSIÓ D'OPERACIÓ (bar)	18
PREU ESTIMAT (€)	20000



Figura 1-23 Tanc criogènic de nitrogen marca Linde (Model LIN60)

1.7.1.7. Aire comprimit

- **Funció en la planta:** Subministrar les vàlvules pneumàtiques per al seu accionament.
- **Equips necessaris:** Tanc d'aire comprimit i compressor.
- **Requisits:** Aire i electricitat

La funció principal de l'aire comprimit és la de proporcionar la pressió necessària per accionar les vàlvules pneumàtiques que hi ha al llarg de la planta.

Aproximadament s'han comptat 300 vàlvules que requeriran aire comprimit per al seu correcte funcionament per al procés. Amb l'estimació explicada en l'apartat 11.9.6. Sistema d'aire comprimit del **Capítol 11. MANUAL DE CALCULS** s'ha calculat que, en la situació més desfavorable on totes les vàlvules alhora requereixin el màxim cabal d'aire comprimit, es requeriran un cabal de 900m³/h (15000L/min) per abastir a la planta.

Amb les necessitats esmentades, s'ha escollit un compressor capaç de suplir tota la necessitat d'aire comprimit amb les següents especificacions:

Taula 1-33 Especificacions del compressor d'aire comprimit

EQUIP	Compressor d'aire comprimit
PROVEÏDOR	Puska® Aire comprimido
MODEL	DRE120 a 8,5CE
CABAL MÀXIM D'AIRE COMPRIMIT (L/min)	15780
PRESSIÓ D'OPERACIÓ (bar)	8,5
POTÈNCIA DEL MOTOR (HP)	120
NIVELL DE SOROLL (dB)	74
LONGITUD/AMPLADA/ALTURA (mm)	1860/1060/1630
PES/PES EN OPERACIÓ (kg)	1570
PREU ESTIMAT (€)	45500

1.7.1.8. Electricitat

- **Funció en la planta:** Subministrar energia a tots els equips elèctrics.
- **Equips necessaris:** Connexió a la xarxa elèctrica, transformador i generador.
- **Requisits:** Electricitat i Gas natural.

El servei elèctric ha d'abastir les necessitats d'energia elèctrica a tots els equips de la planta que la requereixin. Es disposa d'una connexió a la xarxa elèctrica de 200000V. Per tant, caldrà un transformador per convertir aquest voltatge a les especificacions d'alimentació elèctrica dels diferents equips.

La suma dels consums elèctrics dels serveis de la planta és de 1550 kW·h, a aquest valor se li suma el consum elèctric dels altres aparells de la planta fan un total de 1750 kW·h.

En el cas de que hi hagués un tall en el subministrament elèctric tindrem disponible un conjunt de generadors per a suplir les necessitats d'electricitat i no parar la producció. Aquests generadors elèctrics funcionaran amb gas natural i abastiran d'electricitat tots els equips al complet per al total funcionament de la planta.

Les especificacions dels equips es poden trobar en els fulls d'especificacions de l'apartat **2.4.7.7. Transformador elèctric i 2.4.7.8. Generador elèctric del Capítol 2 EQUIPS.**

1.7.1.9. Gas natural

- **Funció en la planta:** Alimentar les calderes de vapor i aparells que requereixin gas natural.
- **Equips necessaris:** Connexió a la xarxa de gas natural.
- **Requisits:** Gas natural

La principal funció del gas natural serà alimentar les calderes per produir el vapor necessari i alimentar els generadors elèctrics en cas d'un tall d'electricitat en la planta, com s'ha comentat en

l'anterior apartat. Per alimentar la planta es disposa d'una connexió externa a la xarxa de gas natural que el proporciona a una mitja pressió, és a dir, a 1,5 bars.

Es requerirà gas natural en les calderes de vapor, en els generadors elèctrics i en les instal·lacions civils de la planta. El consum més elevat de gas natural és en les calderes amb 1917,04 m³/h i, en cas de fallada en el servei elèctric, el grup de generadors requeriria 683 m³/h de gas natural de la xarxa per proporcionar les necessitats de corrent elèctrica.

1.8. PROGRAMACIÓ TEMPORAL I CONSTRUCCIÓ DE LA PLANTA

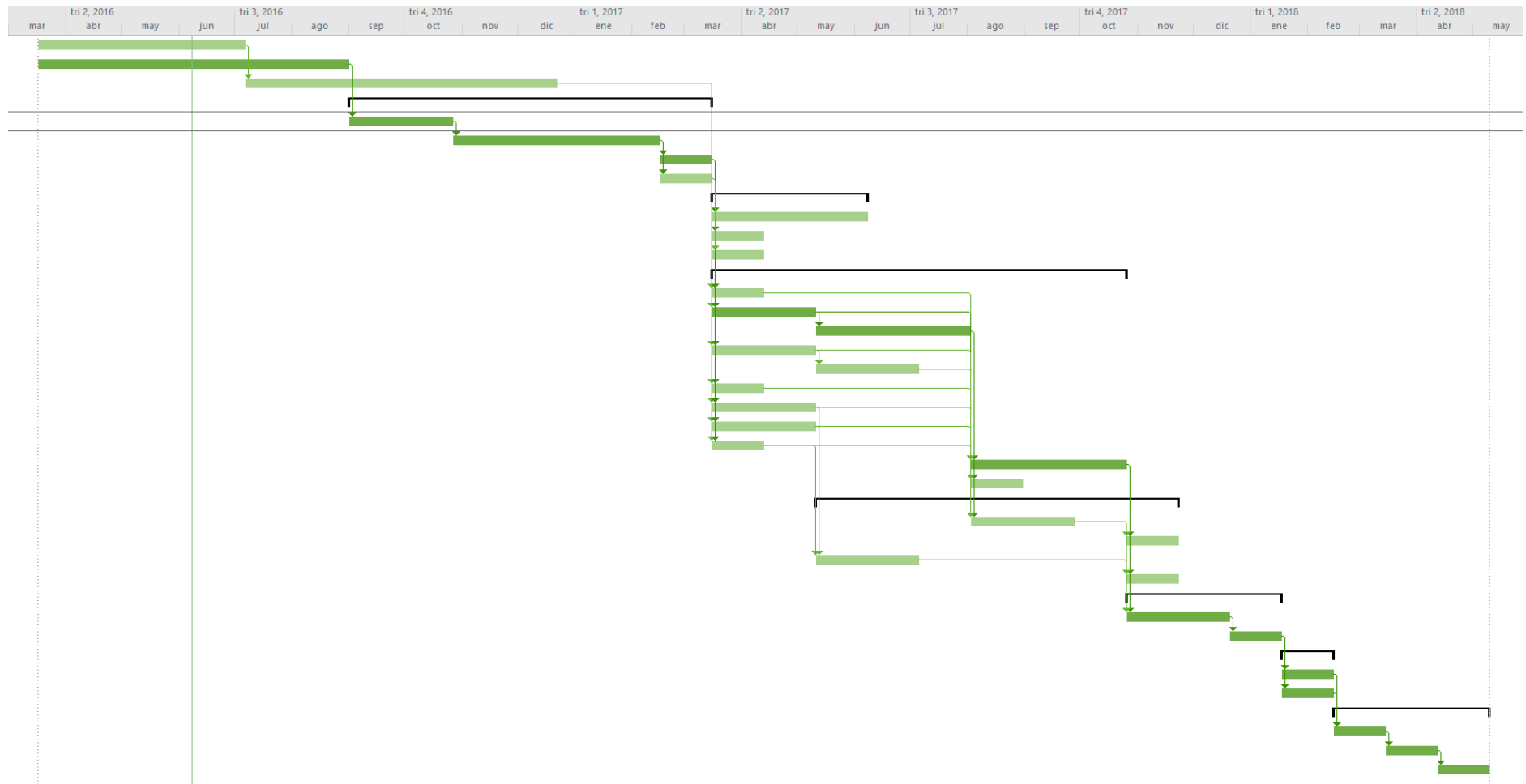
A continuació es presenta una planificació temporal de la construcció de la nostra planta d'àcid fòrmic. Per a representar aquest model de manera visual s'ha emprat un diagrama de Gantt. Per detallar el diagrama prèviament s'han de definir les tasques que s'han de dur a terme, l'ordre de prioritat i la durada de dites tasques.

A la **Taula 1-34** es troben la llista de les tasques de les que es compona el projecte de la planta, començant per l'inici de la idea i el seu desenvolupament fins la finalització de la construcció de la planta.

A la **Figura 1-24** es pot observar el diagrama de Gantt, que és la representació gràfica del temps dedicat en cada tasca per la muntatge de la planta, com s'ha comentat anteriorment. Aquest mètode permet visualitzar el temps que s'ha d'invertir per cada tasca de la **Taula 1-34** i la durada total del projecte per la creació de la planta. Aproximadament la seva durada és de 2 anys i 2 mesos.

Taula 1-34 Llista de les tasques i la seva duració per a la construcció de la planta d'àcid fòrmic

NÚMERO DE LA TASCA	NOM DE LA TASCA	DURADA (MESOS)	PRECEDÈNCIA
1	Enginyeria de detall	4 mesos	0:1
2	Obtenció dels permisos d'obres	6 mesos	0:2
3	Encàrrec dels equipaments	6 mesos	1:3
4	Urbanització		
5	Neteja dels terrenys	2 mesos	2:4
6	Excavacions i fonaments	4 mesos	5:6
7	Instal·lació de subministraments	1 mes	6:7
8	Vies d'accés i aceres	1 mes	6:8
9	Edificació dels sectors aliens a la producció		
10	Oficines	3 mesos	7:10
11	Vestuaris	1 mes	7:11
12	Aparcaments	1 mes	8:12
13	Instal·lació d'equips		
14	Àrea d'emmagatzematge MP	1 mes	3,7:14
15	Àrea de Carbonilació	2 mesos	3,7:15
16	Àrea de purificació de formiat de metil	3 mesos	15:16
17	Àrea de Hidròlisis	2 mesos	3,7:17
18	Àrea de purificació d'àcid fòrmic	2 mesos	17:18
19	Àrea d'emmagatzematge de Productes	1 mes	3,7:19
20	Àrea de serveis	2 mesos	3,7:20
21	Àrea de tractament de residus	2 mesos	3,7:21
22	Àrea de laboratoris I+D	1 mes	3,7:22
23	Calibratge dels equips	3 mesos	14-22:23
24	Instal·lació de suports, escales, plataformes i baranes	1 mes	14-22:24
25	Canonades		
26	Instal·lació de canonades del procés	2 mesos	14-19:26
27	Connexió canonades de procés-equips	1 mes	23,26:27
28	Instal·lació de canonades de serveis	2 mesos	20-22
29	Connexió canonades de serveis-equips	1 mes	23,28:29
30	Instrumentació		
31	Instal·lació de la instrumentació	2 mesos	23,26,28:31
32	Connexió instrumentació-equips	1 mes	31:32
33	Aïllament		
34	Aïllament d'equips	1 mes	32:34
35	Aïllament de canonades	1 mes	32:35
36	Finalització		
37	Proves d'equips	1 mes	34,35:36
38	Pintura	1 mes	37:38
39	Neteja	1 mes	38:39



1.9. BIBLIOGRAFIA

1. **FAGEPI**. El tèxtil a l'Anoia. *Anoia, el punt d'origen de la moda*. [En línia] 2013. [Citado el: 20 de 02 de 2016.] <http://www.textilanoia.cat/index.php/el-textil-a-l-anoia>.
2. **Ullmann, Fritz**. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 7th Edition. s.l. : John Wiley and Sons, 2014. págs. 362-373.
3. *Determination of the kinetics and mechanism of methyl formate syntesis in the presence of a homogeneous catalyst*. **Jogunola, Olantude, y otros**. 2012, Chemical Engineering Journal, Vol. 203, págs. 469-479.
4. **Hladiy, Serhiy, y otros**. *Method for production of formic acid*. US6713649B1 United States of America, 30 de March de 2004.
5. **Schneider , Daniel, y otros**. *Process for preparing methyl formate by reaction of metanol with carbon monoxide in the presence of a catalyst system comprising alkali metal formate and alkali metal alkoxide*. US 2014/0148614 A1 United States of America, 29 de May de 2014.
6. *Kinetics of Methanol Carbonylation to Methyl Formate Catalyzed by Sodium Methoxide*. **Chen, Lian, y otros**. 13, 2004, Journal of Natural Gas Chemistry, págs. 225-230.
7. *Strong Polar Aprotogenic Compounds as Promoters in Catalytic System for Methanol Carbonylation to Methylte Forma*. **Luo, Shi-Zhong, y otros**. 1, 1999, Journal of Natural Gas Chemistry, Vol. 8, págs. 53-60.
8. **Adami, Christoph, y otros**. *Method for producing methyl formate*. US 7053 239 B2 United States of America, 2006.
9. **Wankat, Phillip C**. *Ingeniería de procesos de separació*. [ed.] PEARSON Educación. Segona Edició. 2008. págs. 225-276.
10. **Aigua de Rigat, S.A**. Companyia gestora de les aigües de l'Anoia. [En línia] 2016. [Citado el: 09 de 06 de 2016.] <http://www.aiguaderigat.cat/ESP/640.asp>.