



PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID FÒRMIC

PROJECTE DE FINAL DE CARRERA

GRAU EN ENGINYERIA QUÍMICA

Guillermo Bachiller Pérez

Paula Gómez Lorente

Jordi Andreu Morales Tapia

Jaume Rota i Sariol

David Torrent Herrero

Tutor: Marc Peris

ACME
chemicals

Cerdanyola del Vallès, Juny 2016

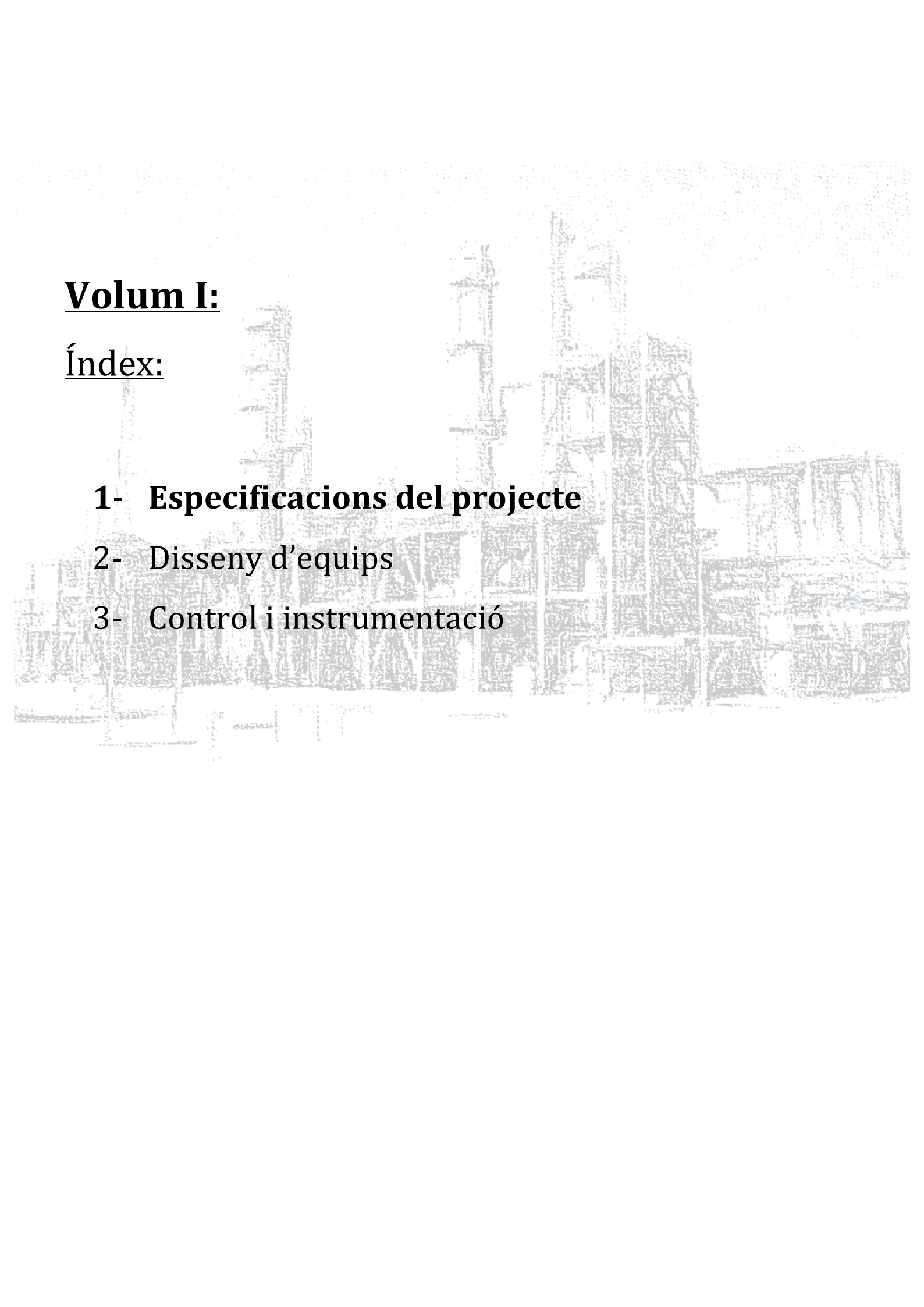
Agraïments

L'equip d'ACME Chemicals format per Guillermo Bachiller, Paula Gómez, Jordi Andreu Morales, Jaume Rota i David Torrent, vol donar les gràcies a família i amics, que ens han donat el suport necessari per dur a terme aquest treball. Els seus ànims incondicionals ens han donat força per seguir endavant i no decaure en els moments de tensió. Moltes gràcies

Seguidament també volem donar les gràcies al nostre tutor Marc Peris, que ha sabut guiar-nos, aconsellar-nos i ajudar-nos durant tota la durada del treball. Pel grup d'ACME Chemicals ha estat un plaer poder treballar amb tu, Marc, moltes gràcies.

No ens volem oblidar dels nostres companys de carrera, tant els que ja han acabat, els que s'han quedat pel camí i els que acaben amb nosaltres. Tots ells han fet que aquesta etapa hagi estat menys dura i ens han ajudat a créixer com a persones. Moltes gràcies.

Per últim, no volem entregar aquest treball sense agrair a tots i cadascun dels professors als qual ens hem trobat en aquest camí, pel seu esforç i dedicació en ajudar-nos i formar-nos de la millor manera possible. Sense vosaltres no seriem els mateixos. Moltes gràcies.



Volum I:

Índex:

- 1- Especificacions del projecte**
- 2- Disseny d'equips
- 3- Control i instrumentació

1 – Especificacions del projecte

1.1-Definició del projecte.....	1
1.1.1-Abast del projecte.....	1
1.1.2- Construcció de la planta	1
1.2-Localització de la planta.....	3
1.2.1-Comunicacions de la planta.....	4
1.2.2-Paràmetres d'edificació, serveis i plànol de la parcel·la.....	6
1.2.3-Característiques del medi físic de la zona	7
1.2.3.1-Climatologia	7
1.2.3.2-Entorn geològic i geomorfològic.....	8
1.3-Característiques dels compostos químics implicats.....	9
1.3.1-Àcid fòrmic.....	9
1.3.2-Formiat de metil	11
1.3.3-Monòxid de carboni.....	12
1.3.4-Metanol.....	13
1.3.5-Metòxid de sodi	14
1.3.6-Formiat de sodi	15
1.3.7-N,N-Dimetilformamida (DMF)	16
1.4-Abreviacions	17
1.5-Elecció de materials	19
1.5.1-Corrosió i materials	19
1.5.1.1-Incompatibilitats dels compostos amb els materials.....	19
1.5.1.2-Compatibilitats dels compostos amb els materials	20
1.5.2-Cost dels materials.....	22
1.5.3-Altres fonts de degradació.....	24
1.6-Descripció del procés de fabricació.....	25
1.6.1- Balanços de matèria.....	27
1.7-Distribució de la planta per àrees	33
1.7.1-Àrea 100: Emmagatzematge de reactius.....	34
1.7.2-Àrea 200: Reacció de carbonilació	35
1.7.3 Àrea 300: Reacció d'hidròlisi	35

1.7.4-Àrea 400: Emmagatzematge d'aigua i DMF.....	35
1.7.5-Àrea 500.....	36
1.7.5.1-Àrea 500A: Purificació	36
1.7.5.2-Àrea 500B: Emmagatzematge d'àcid fòrmic.....	36
1.7.6-Àrea 600: Medi ambient	36
1.7.7-Àrea 700: Serveis.....	36
1.7.8-Àrea 800: Oficines	37
1.7.9-Àrea 900: Control.....	37
1.7.10-Àrea 1000: Laboratoris	37
1.7.11-Àrea 1100: Millores	37
1.8-Especificació dels serveis en planta	38
1.8.1-Aigua de refrigeració.....	38
1.8.2-Aigua contra incendis	39
1.8.3-Aigua desionitzada.....	40
1.8.4-Aigua de xarxa	41
1.8.5-Aire comprimit.....	41
1.8.6-Nitrogen.....	42
1.8.7-Gas natural	42
1.8.8-Electricitat	42
1.9- Proveïdors	43
1.9.1-Proveïdors d'àcid fòrmic	43
1.9.2- Proveïdors de metanol.....	45
1.9.3- Producció Monòxid de Carboni	47

1-Especificacions del projecte

1.1-Definició del projecte

L'objectiu d'aquest projecte és el disseny d'una planta química productora de 75000 tones anuals d'àcid fòrmic a partir de dues reaccions: carbonilació de metanol i hidròlisi de formiat de metil. La planta opera durant 300 dies l'any amb dues parades d'un mes cadascuna. El producte es presenta en cisternes de 23 tones amb una puresa mínima del 90% en pes.

Després de dur a terme el disseny de la planta, també s'estudia la viabilitat del projecte des d'un punt de vista econòmic. Durant tot el projecte es té en compte la normativa i la legislació vigent del territori escollit per la localització del complex químic.

1.1.1-Abast del projecte

El projecte inclou:

- ✓ Disseny i especificacions de les unitats de reacció, unitats de procés de producció i emmagatzematge de l'àcid fòrmic
- ✓ Disseny del sistema de control de la planta
- ✓ Disseny del sistema de seguretat de la planta
- ✓ Anàlisi i tractament de l'impacte ambiental de la planta
- ✓ Especificacions de les unitats de servei necessàries
- ✓ Avaluació econòmica i estudi de viabilitat de la planta
- ✓ Posada en marxa de la planta

1.1.2- Construcció de la planta

A continuació es mostra el diagrama de Gantt que es seguirà en la construcció de la planta de l'empresa *ACME Chemicals*. En aquest diagrama s'ha tingut en compte tots els aspectes de la construcció, des de l'enginyeria del detall fins a la neteja final. Tot aquest procés té una durada de dos anys.

Taula 1. 1. Especificacions de la planta ACME Chemicals

Número de tasca	Descripció de la tasca	Durada (dies)	Seqüència
1	Enginyeria del detall	90	0:1
2	Llicència d'obres i activitats	180	0:2
3	Comanda d'equips	180	1:3
	Urbanització	141	
4	Neteja dels terrenys	21	1:4
5	Excavacions	40	4:5
6	Cimentació	20	5:6
7	Instal·lació de subministraments	30	6:7
8	Vials i voreres	30	6:8
	Obra civil	165	
9	Construcció de plantes de producció	90	7:9
10	Construcció d'oficines	30	7:10
11	Construcció de laboratoris i vestuaris	30	7:11
12	Aparcament	15	6,8:12
	Instal·lació d'equips	270	
13	Àrea d'emmagatzematge de MP	30	3, 7:13
14	Àrea de producció	90	3, 7:14
15	Àrea de purificació	30	14:15
16	Àrea d'emmagatzematge de productes	30	3,7:16
17	Àrea de serveis	30	7:17
18	Àrea de seguretat i medi ambient	30	15:18
19	Suports, escales, plataformes i baranes	30	13-18:19
	Instal·lació de canonades	90	
20	Instal·lació de canonades del procés	45	13-18:20
21	Instal·lació de canonades de servei	45	17:21
	Instrumentació	45	
22	Instal·lació d'instrumentació	30	20, 21:22
23	Connexió instrumentació-equips	15	22:23
	Aïllaments	60	
24	Aïllament d'equips	30	23:24
25	Aïllament de canonades	30	23:25
	Acabats	30	
26	Pintura	15	24,25:26
27	Neteja	15	26:27

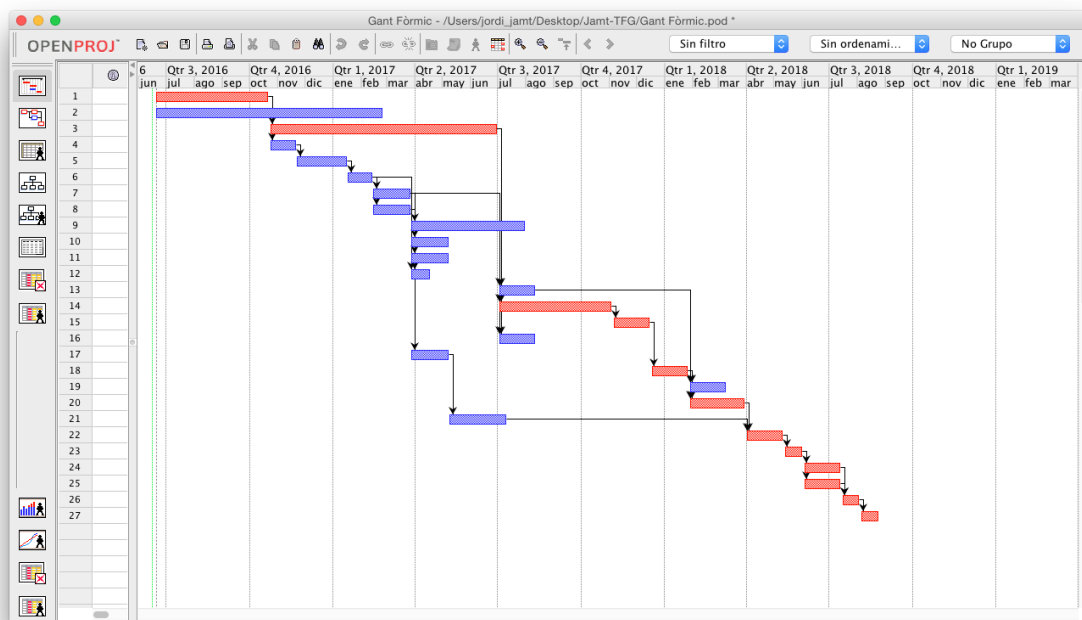


Figura 1. 1. Diagrama de Gantt

1.2-Localització de la planta

La planta es troba situada al Polígon Industrial Clot del Bruixot, al terme municipal d'Igualada. Aquest municipi es troba al nord-oest d'Espanya, a uns 60 km de Barcelona. Igualada és la capital de la comarca de l'Anoia amb una superfície de 8.12 km² i 38751 habitants. El municipi es troba dins de la província de Barcelona i limita al nord i a l'oest amb Òdena. A l'est limita amb Vilanova del camí i, al sud, amb el riu Anoia.



Figura 1. 2. Localització d'Igualada

1.2.1-Comunicacions de la planta

Degut a la seva localització, les seves comunicacions són òptimes per dur a terme l'emplaçament d'una planta química. Les infraestructes de transport més importants són les següents:

- **Comunicacions viàries:** La via més important per arribar a Igualada és l'autovia A-2, al seu pas entre Barcelona i Lleida, que creua el municipi d'est a oest. També es pot accedir al municipi a través de la C-37, que comunica amb Manresa i que creua el municipi del nord-est al sud-oest. Per últim, al sud es troba la C-15, que comunica Igualada amb Vilafranca del Penedès.

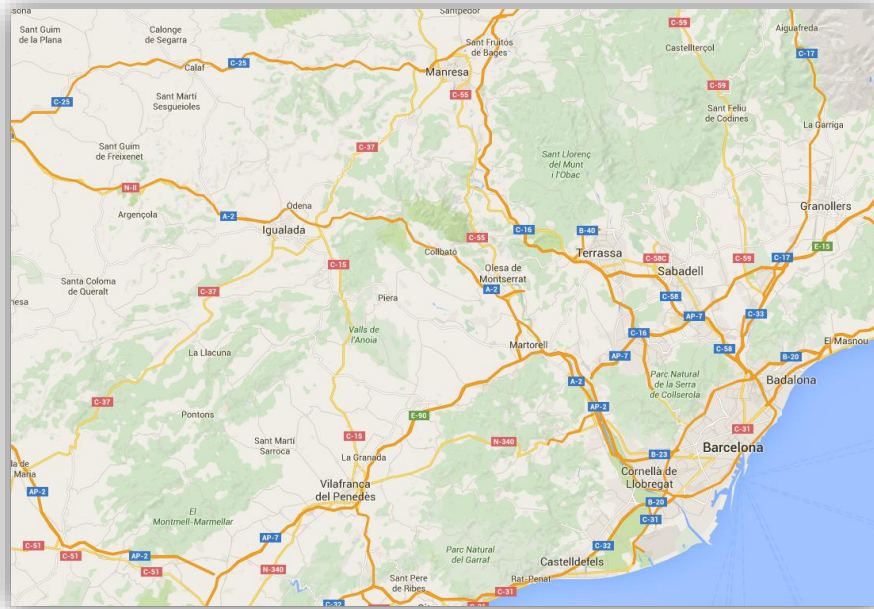


Figura 1. 3. Comunicacions d'Igualada

- **Comunicacions ferroviàries:** Els ferrocarrils de la generalitat de Catalunya compten amb les línies R6 i R60, també anomenades línies Llobregat-Anoia, que comuniquen Barcelona amb Igualada. També s'ha de comentar la importància del corredor del Mediterrani. Aquest corredor és una xarxa ferroviària de 3500 km de longitud que comunica el Nord d'Àfrica amb el Nord d'Europa, atravesant òbviament Espanya i facilitant el transport de persones i mercaderies. Les infraestructures del corredor connecten directament amb els ports mediterranis espanyols del seu recorregut, fet que permet estalviar costos i millorar l'eficiència mediambiental dels transports.
- **Comunicació marítima:** El port més proper al municipi d'Igualada és el Port de Barcelona, que es troba a uns 65 km. Pel que fa a mercaderies, aquest port disposa de 4 terminals de contenidors amb una línia d'atrancament de 4.5 km. També es pot mencionar el Port de Tarragona, tot i que la distància entre aquest punt i la planta és de 93 km. Aquests ports faciliten la comunicació de Barcelona amb altres punts d'Espanya i amb la resta del món i, com ja s'ha comentat anteriorment, connecten amb el corredor del Mediterràni.

- **Comunicació aèria:** Igualada es troba a 70 km de l'aeroport del Prat, que és l'aeroport més pròxim i un dels més importants d'Espanya. La connexió viària que comunica aquests dos punts és la A-2 i dona la possibilitat de recórrer grans distàncies en un temps menor que les altres infraestructures de transport ja anomenades.

1.2.2-Paràmetres d'edificació, serveis i plànol de la parcel·la

Els paràmetres d'edificació que s'han de tenir en compte per complir la normativa urbanística del polígon Clot del Bruixot són els següents.

Taula 1. 2. Paràmetres d'edificació de la planta

Edificabilitat	1.5m ² sostre/m ² terra
Ocupació màxima de parcel·la	75%
Ocupació mínima de parcel·la	20% de la superfície d'ocupació màxima
Reculades	5 m a vials i veïns
Altura màxima	16 m i 3 plantes excepte en producció justificant la necessitat pel procés
Altura mínima	4 m i 1 planta
Aparcaments	1 plaça/150 m ² construïts
Distància entre edificis	1/3 de l'edifici més alt amb un mínim de 5m

A continuació es presenta el plànol de la parcel·la on es situa la planta química.

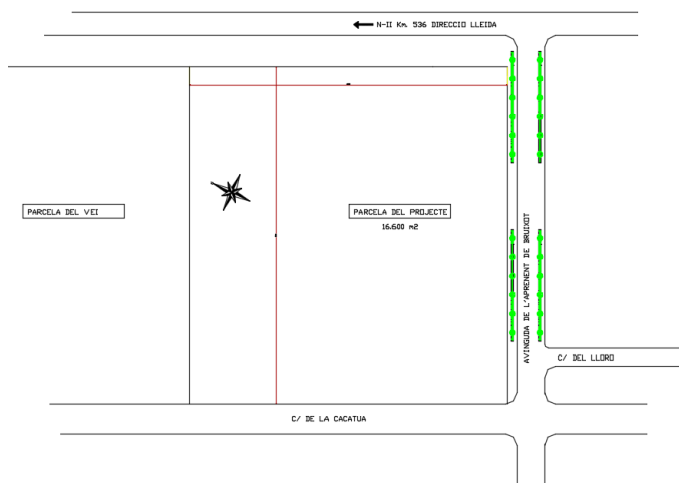


Figura 1. 4. Plànol de la parcel·la

La parcel·la té unes dimensions de 170 x 180 m, és a dir, 30600 m². Els serveis disponibles amb els que conta la planta són els següents:

Taula 1. 3. Serveis disponibles de la planta

Energia elèctrica	Connexió des de la línia de 20 kV a peu de parcel·la
Gas natural	Connexió a peu de parcel·la a mitja pressió (1.5kg/cm ²) Xarxa unitària al centre del carrer
Clavegueram	Profunditat: 3.5 m Diàmetre col·lector: 800 mm
Aigua d'incendis	Pressió màxima: 4kg/cm ²
Aigua de xarxa	Escomesa a peu de parcel·la a 4kg/cm ² Diàmetre: 200 mm
Terreny	Resistència del terreny: 2kg/cm ² a 1.5m de profunditat sobre graves

1.2.3-Característiques del medi físic de la zona

1.2.3.1-Climatologia

El clima d'Igualada és mediterrani continental subhúmit. Els estius són secs i calorosos, i els hiverns freds amb glaçades freqüents del novembre a l'abril. Les precipitacions són freqüents fins i tot en els mesos més secs i hi ha grans diferències entre els estius i els hiverns.

A continuació es mostren les dades meteorològiques d'Igualada. Les dades han estat preses a l'estació meteorològica d'Òdena, a 4 km del municipi d'emplaçament de la planta.

Taula 1. 4. Dades meteorològiques d'Igualada (dades 2014)

Precipitació acumulada (mm)	528.9
Temperatura mitjana (°C)	14.2
Temperatura màxima mitjana (°C)	21.6
Temperatura mínima mitjana (°C)	7.8
Temperatura màxima absoluta (°C)	36.3
Temperatura mínima absoluta (°C)	-5.5
Velocitat mitjana del vent (m/s)	2.3
Direcció dominant	Oest
Humitat relativa mitjana (%)	77
Mitjana de la irradiació solar global diària (MJ/m²)	15.8

1.2.3.2-Entorn geològic i geomorfològic

Igualada està situada al SE de la Depressió Central Catalana, que està limitada per tres unitats muntanyoses: al nord pels Pirineus, al S i SE per les cadenes costaneres catalanes i a l'oest pel sistema Ibèric.

Els materials que reomplen la depressió són exclusivament terciaris (paleògens i neògens). La distribució d'aquests materials es realitza de manera que els més antics (paleògens) afloren en la zona més oriental, i els més moderns (neògens) ho fan a la part més central i occidental.

En aquest terreny es troba un guix molt potent de margues blaves (lutites, roques detrítiques formades per fragments de diàmetre inferior a 0.0625 mm amb un 50% de carbonat càlcic) amb petites intercalacions de margocalcàries (roques sedimentàries amb un 65-90% de carbonat càlcic). Aquests dos materials són característics d'entorns marins, i es troben a Igualada degut a que fa uns 50 milions d'anys, hi va haver un xoc entre la placa Euroasiàtica i la Ibèrica, i es va formar davant dels Pirineus la gran Depressió Central, la qual es va omplir d'aigua provinent del Mar Atlàntic. En aquest mar interior desembocaven grans rius que li aportaven molts sediments. A mesura que va passar el temps, la quantitat de còdols, graves, sorres i argiles va reomplir la depressió. Posteriorment, els rius i els agents geològics externs van cobrir aquests guixos amb sorres i argiles vermelles.

Damunt d'aquests materials s'hi ha depositat materials encara més recents, que venen lligats sobretot a la dinàmica fluvial del riu Anoia i els seus afluents. És generalitzada en la zona la falta de permeabilitat dels materials, amb el que s'ha de descartar l'existència d'aqüífers amplis explotables.

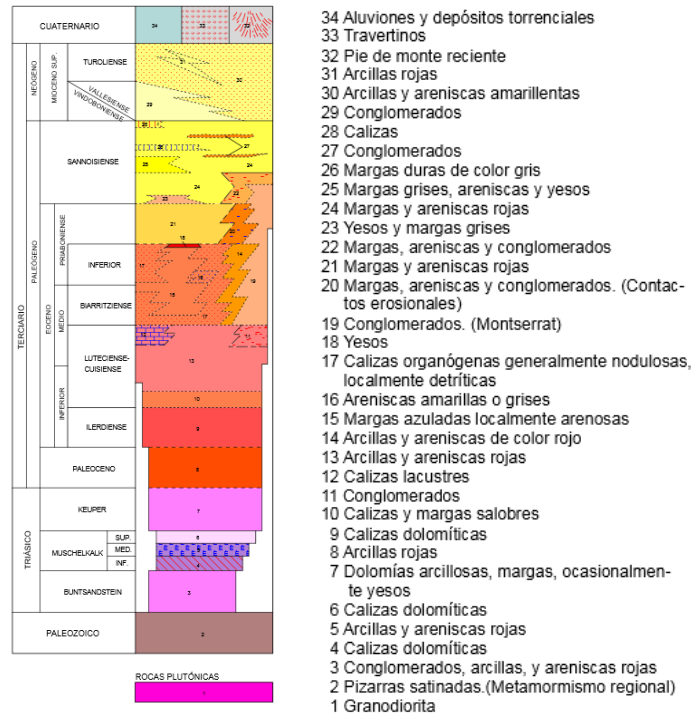
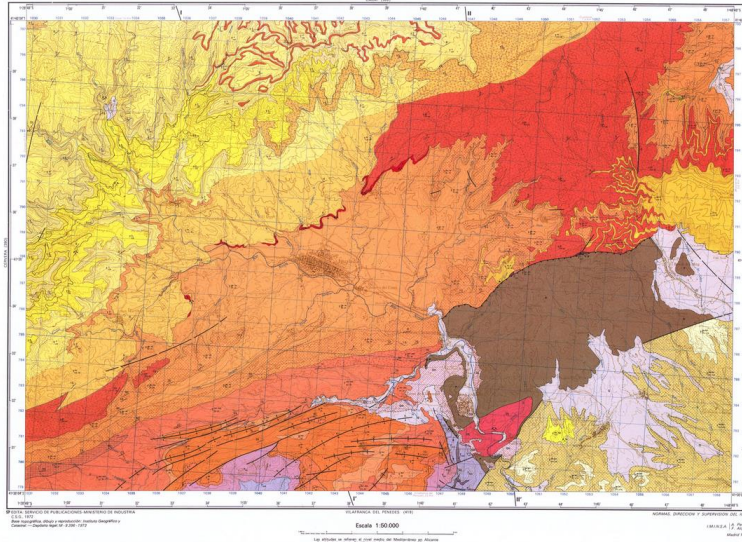


Figura 1. 5. Materials de la zona d'Igualada

1.3-Característiques dels compostos químics implicats

1.3.1-Àcid fòrmic

És un àcid orgànic amb fórmula molecular HCOOH . És un àcid líquid, incolor i amb una olor irritant. És completament soluble en aigua degut a que la seva cadena de carbonis és molt curta.

Es pot trobar a la natura, ja que és l'àcid que injecten algunes formigues i abelles al picar, és un component natural de la mel i és una de les substàncies que produeixen la picor produïda per les ortigues. Pel que fa a la seva síntesi artificial, aquesta data del 1831, on es va obtenir àcid fòrmic a partir de la reacció de l'àcid cianhídric amb àcid clorhídric i àcid sulfúric concentrat.

Els efectes sobre la salut més comuns són edema pulmonar i mort per insuficiència respiratòria, tot i que la seva ingestió també pot provocar vòmits, cremades internes... L'absorció a través de la pell produeix també cremades i butllofes, i el contacte directe amb els ulls causa danys als teixits arribant fins i tot a causar efectes irreversibles a la còrnia. Pel que fa a la seguretat química, s'ha de comentar que l'àcid fòrmic es descompon al escalfar-lo amb àcids forts com l'àcid sulfúric produint monòxid de carboni. A més, reacciona violentament amb oxidants i amb algunes bases fortes.

El seu ús a la indústria és molt variat. A les granges d'animals, s'utilitza com a conservant de l'aliment per a la ramaderia i les aus. S'aplica al farratge, ja que promou la fermentació de l'àcid làctic i evita la formació de l'àcid butíric. A més, permet que la fermentació de l'àcid làctic sigui més ràpida i a una temperatura menor, la qual cosa suposa menys pèrdua del valor nutricional de l'aliment. Els apicultors també l'usen per acabar amb alguns àcars com el traqueal o el varroa. Aquest àcid també s'utilitza per extreure el greix i el pèl en el tractament del cuir, i també s'usa com additiu en els tints tèxtils.

A la taula que es presenta a continuació es recullen algunes de les propietats de l'àcid fòrmic.

Taula 1. 5. Propietats de l'àcid fòrmic

Àcid fòrmic	
Pes molecular (kg/Kmol)	46.025
Punt de fusió (°C)	8.4
Punt d'ebullició (°C)	100.8
Densitat (kg/m³)	1220
Densitat relativa (kg/m³)	1201
Densitat relativa del vapor (kg/m³)	1590
Pressió de vapor a 20 °C (KPa)	4.6
Índex de refracció a 20°C	1.3714
Viscositat a 20°C (mPa·s)	1.7844
Temperatura crítica (°C)	315
Pressió crítica (KPa)	581000
Volum crític (m³/mol)	1.06·10 ⁻⁴

1.3.2-Formiat de metil

És l'èster de metil de l'àcid fòrmic i la seva fórmula molecular és HCOOCH_3 . És un líquid incolor inflamable i amb una olor semblant a la llimona. S'utilitza com a insecticida, com a solvent i en la fabricació de diverses substàncies químiques orgàniques.

Pot irritar els ulls amb possibilitat de causar danys oculars. Si es respira, irrita el nas i el coll, arribant fins i tot a afectar els pulmons amb risc de causar edema pulmonar. A nivells majors, l'exposició al formiat de metil pot causar mareig, pèrdua del coneixement i, fins i tot, la mort

Pel que fa a la seguretat química, s'ha de comentar que el vapor és més dens que l'aire i pot expandir-se pel terra, amb possibles punts d'ignició. El vapor es mescla bé amb l'aire i es formen fàcilment mescles explosives. També reacciona violentament amb oxidants forts, causant perill d'incendi i explosió.

A la taula següent es mostren algunes de les seves propietats.

Taula 1. 6. Propietats del format de metil

Format de metil	
Pes molecular (kg/Kmol)	60.05
Punt de fusió (°C)	-100
Punt d'ebullició (°C)	32
Densitat (kg/m³)	968
Densitat relativa (kg/m³)	970
Densitat relativa del vapor (kg/m³)	1617
Pressió de vapor a 20 °C (kPa)	64
Índex de refracció a 20°C	1.3425
Viscositat a 20°C (mPa·s)	0.351
Temperatura crítica (°C)	214
Pressió crítica (KPa)	59984
Volum crític (m³/mol)	$1.82 \cdot 10^{-4}$

1.3.3-Monòxid de carboni

És un gas incolor, inodor, altament tòxic amb fórmula molecular CO, sent per tant un anhidre de l'àcid fòrmic. La font més gran de monòxid de carboni és d'origen natural, ja que les reaccions fotoquímiques de la troposfera generen a prop de $5 \cdot 10^{12}$ kg/any. Altres fonts naturals de CO són els volcans, els incendis forestals, les atmosferes d'estrelles de carboni...El 1776, es va produir CO al laboratori escalfant òxid de zinc amb coc, però no va ser fins al 1800 quan es va identificar el compost.

Es produeix per combustió deficient de substàncies com gas, gasolina, querosè, carbó, petroli, tabac, fusta... Les xemeneies, calderes, calefactors i els aparells domèstics que cremen combustible també poden produir-lo si no funcionen bé. Els vehicles de motor també l'emetem.

L'enverinament per monòxid de carboni és un dels tipus més comuns d'enverinament per aire en molts països. Els primers símptomes d'intoxicació amb monòxid de carboni són mal de cap, nàusees, dificultats per respirar... Pot causar la mort si s'inhala a concentracions elevades ja que bloqueja la cadena respiratòria.

A continuació es mostren algunes de les seves propietats en fase gas.

Taula 1. 7. Propietats del monòxid de carboni

Monòxid de carboni	
Pes molecular (kg/Kmol)	28
Punt de fusió (°C)	-205
Punt d'ebullició (°C)	-191
Densitat (gas) (kg/m³)	1.14
Índex de refracció a 20°C	1.0003
Viscositat a 0°C (mPa·s)	0.018
Temperatura crítica (°C)	-140
Pressió crítica (KPa)	349400
Volum crític (m³/mol)	0.0924

1.3.4-Metanol

El metanol és un alcohol amb fórmula molecular CH_3OH . A temperatura ambient, és un líquid de baixa densitat, incolor, volàtil, inflamable i tòxic. Es pot trobar a la natura, ja que moltes bactèries el produeixen en el seu metabolisme anaeròbic i per això es pot trobar una petita fracció en l'atmosfera, tot i que en l'espai es troba en quantitats abundants. Fins al 1661 no es va poder aïllar el metanol pur, i va obtenir-se a partir de la destil·lació de la fusta de boix. Al 1923, l'empresa BASF va desenvolupar un procés per convertir una mescla de monòxid de carboni, diòxid de carboni i hidrogen en metanol.

En concentracions elevades, el metanol pot causar mal de cap, mareig, vòmits i, fins i tot, la mort. No és verinós directament, però si és ingerit sí és tòxic ja que l'enzim alcohol deshidrogenasa provoca el seu trencament, generant àcid fòrmic i formaldehid al fetge. Això pot causar ceguera, ja que danya directament el nervi òptic.

Pel que fa a les seves aplicacions, aproximadament el 40% de metanol s'utilitza com a matèria prima en la fabricació de formaldehid. També s'utilitza com anticongelant en vehicles i oleoductes, combustible d'estufes d'acampada, solvent de tintes, tintes, resines, adhesius... En algunes depuradores d'aigua, s'afegeix una petita quantitat de metanol a l'aigua residual per proporcionar una font de carboni per la desnitrificació bacteriana, que converteix els nitrats en nitrogen. Un ús destacat és el que es duia a terme a la dècada dels 70, quan durant la crisi del petroli s'utilitzava metanol com a combustible d'automoció degut a la seva disponibilitat, baix

cost i als seus beneficis mediambientals. A continuació es mostren algunes de les seves propietats en fase líquida.

Taula 1. 8. Propietats del metanol

Metanol	
Pes molecular (kg/Kmol)	32
Punt de fusió (°C)	-98
Punt d'ebullició (°C)	65
Densitat (kg/m ³)	791
Densitat líquid (kg/m ³)	790
Densitat gas (kg/m ³)	0.22
Pressió de vapor a 20 °C (kPa)	13
Índex de refracció a 20°C	1.3314
Viscositat a 25°C (mPa·s)	0.545
Temperatura crítica (°C)	239
Pressió crítica (KPa)	808000
Volum crític (m ³ /mol)	1.18·10 ⁻⁴

1.3.5-Metòxid de sodi

El metòxid de sodi és un compost orgànic amb fórmula molecular CH₃ONa. A condicions normals, és un sòlid incolor format per la desprotonació del metanol i s'utilitza com una base càustica molt perillosa, tot i que la seva basicitat depèn del dissolvent amb què es trobi. Si s'escalfa intensament, pot causar explosions violentes. Reacciona violentament quan entra en contacte amb aigua, àcids i altres oxidants.

Pot arribar ràpidament a una concentració nociva de partícules suspeses a l'aire quan es dispersa. Si s'inhala provoca mal de coll i dificultats per respirar. En contacte amb la pell o amb els ulls provoca cremades profundes greus, i si s'ingereix pot causar un estat de *shock*.

Pel que fa a les seves aplicacions, s'utilitza en química orgànica com una base de rutina aplicable en la síntesi d'alguns medicaments i agroquímics. També s'usa com un iniciador de la polimerització aniònica amb òxid d'etilè, formant un polièter. Pel que fa al biodièsel, el metòxid de sodi s'usa com a catalitzador de la reacció de transesterificació dels olis vegetals i els greixos animals amb metanol, a partir de la qual es prepara el combustible.

Taula 1. 9. Propietats del metòxid de sodi

Metòxid de sodi	
Pes molecular (kg/Kmol)	54
Punt de fusió (°C)	127
Punt d'ebullició (°C)	300
Densitat (kg/m³)	1300
Densitat relativa (kg/m³)	450
Pressió de vapor a 20 °C (KPa)	6.66
Índex de refracció a 20°C	1.37
Viscositat a 20°C (mPa·s)	0.0028

1.3.6-Formiat de sodi

És una sal de l'àcid fòrmic amb fórmula molecular HCOONa. Es presenta normalment en forma de pols blanca i és inodor o amb una lleugera olor a àcid fòrmic. S'ha de tenir en compte que a temperatures elevades, aquesta substància es descompon en oxalat de sodi i hidrogen, i després en carbonat de sodi. Quan es calenta fins arribar a la descomposició, pot formar diòxid i monòxid de carboni.

El compost es pot absorbir per inhalació del aerosol i per ingestió. Pel que fa a la inhalació, l'evaporació a 20°C és menyspreable, tot i que es pot arribar ràpidament a una concentració nociva de partícules en l'aire quan es dispersa. Si hi ha una exposició de curta durada, la substància irrita els ulls i el sistema respiratori. També pot afectar als ronyons i causar hematúria.

S'usa a la indústria química com una substància tampó i com un agent protector dels àcids forts quan s'augmenta el seu pH. També s'usa en processos d'impressió i en tints tèxtils, i a la indústria alimentària com a conservant amb codi E-237. En els aeroports, també s'utilitza per descongelar les pistes, ja que és un material altament biodegradable.

Taula 1. 10. Propietats del formiat de sodi

Formiat de sodi	
Pes molecular (kg/kmol)	68
Punt de fusió (°C)	253
Punt d'ebullició (°C)	Es descompon als 411°C abans de bullir
Densitat (kg/m³)	1920
Viscositat a 20°C (mPa·s)	0.0177

1.3.7-N,N-Dimetilformamida (DMF)

És un compost orgànic de fórmula $(\text{CH}_3)_2\text{N-CHO}$. Aquest compost és un líquid incolor miscible en aigua i en la majoria de compostos orgànics. És un dissolvent polar amb un alt punt d'ebullició. Es pot sintetitzar a partir del formiat de metil i de la dimetilamida. A més, és inestable en presència de bases fortes, com l'hidròxid de sodi, o àcids forts, com l'àcid clorhídric, i s'hidrolitza en àcid fòrmic i dimetilamina, especialment a altes temperatures.

La dimetilformamida es produeix mitjançant la reacció catalitzada de la dimetilamina amb monòxid de carboni a baixes temperatures i pressió. És fàcil d'absorbir per inhalació i per la pell. Si s'inhala provoca nàusees, vòmits i dolor abdominal, i en contacte amb els ulls els irrita. Reacciona violentament amb oxidants, nitrats i hidrocarburs halogenats. Es descompon al escalfar-la intensament i produeix fums tòxics, incloent òxids de nitrogen.

S'utilitza com a dissolvent per moltes reaccions químiques, com en les que prenen part polímers amb alta associació intermolecular per ponts d'hidrogen, com alguns poliuretans. S'usa també en la fabricació de fibres acríliques i plàstics. També s'usa en l'acoblament de pèptids en la síntesi de productes farmacèutics, pel desenvolupament de pesticides i en la fabricació d'adhesius, cuir sintètic, revestiment de superfícies.

Taula 1. 11. Propietats de la DMF

DMF	
Pes molecular (kg/Kmol)	73
Punt de fusió (°C)	-61
Punt d'ebullició (°C)	153
Densitat (kg/m³)	944
Densitat relativa (kg/m³)	950
Densitat relativa del vapor (kg/m³)	2500
Pressió de vapor a 20 °C (KPa)	0.492
Índex de refracció a 20°C	1.428
Viscositat a 20°C (mPa·s)	0.92
Temperatura crítica (°C)	370
Pressió crítica (KPa)	4410
Volum crític (m³/mol)	0.266

1.4-Abreviacions

En aquest apartat s'especifiquen les abreviacions utilitzades durant tot el projecte. Aquestes abreviacions s'utilitzaran d'ara en endavant per ajudar a la identificació d'àrees, equips i fluids de procés.

A la *Taula 1.12* es mostren les abreviacions de les principals àrees de la planta i la seva nomenclatura

Taula 1. 12. Abreviacions de les diferents àrees de la planta

Codi	Descripció
A-100	Emmagatzematge de reactius
A-200	Reacció de carbonilació
A-300	Reacció d'hidròlisi
A-400	Emmagatzematge aigua i DMF
A-500A	Purificació
A-500B	Emmagatzematge àcid fòrmic
A-600	Medi ambient
A-700	Serveis
A-800	Oficines
A-900	Control
A-1000	Laboratoris
A-1100	Millors

A la *Taula 1. 13* es mostren les abreviacions dels equips utilitzats al llarg del procés.

Taula 1. 13. Abreviacions dels diferents equips de la planta

Codi	Equip
R	Reactor
C	Columna
T	Tanc
E	Bescanviador
CN	Condensador
RB	<i>Reboiler</i>
P	Bomba
CP	Compressor
M	Mesclador
XP	Expansor
SVL	Separador vapor-líquid
TP	Tanc pulmó
GF/CH	<i>Grup de fred: chiller</i>
CAL	Caldera de vapor

A la Taula 1.14 es mostren les abreviacions dels components utilitzats al llarg del procés.

Taula 1. 14. Abreviacions dels diferents components de la planta

Codi	Component
A	Metanol
B	Monòxid de carboni
C	Metanol+Catalitzador
D	Nitrogen
E	Metil formiat
F	Àcid fòrmic
G	N,n-Dimetilformamida
H	Aigua
J	Vapor d'aigua

1.5-Elecció de materials

Per tal de decidir quins seran els materials escollits per a la construcció de la planta, s'ha de tenir en compte diferents aspectes, com poden ser la degradació dels equips, el cost dels materials... Als apartats que es presenten a continuació es fa un estudi d'aquestes partides per decidir finalment els materials que s'utilitzaran.

1.5.1-Corrosió i materials

Un dels principals costos de l'empresa química es deu al manteniment i substitució dels equips. Existeixen diversos factors que contribueixen a la degradació d'un material tals com la erosió, la temperatura, els efectes dels esforços mecànics o la corrosió.

En la indústria química, la corrosió suposa el principal factor que contribueix a la degradació dels equips. Per això, l'elecció dels materials segons les condicions d'operació i els compostos que circulin pels equips és una tasca de vital importància.

Segons l'informe Hoar, publicat a Gran Bretanya l'any 1971, les pèrdues anuals causades per corrosió suposen als països entre el 2 i el 4 % del seu PIB. Aquets estudis han estat actualitzats posteriorment i s'ha arribat a la conclusió de que els resultats es refereixen únicament a costos directes. Els costos indirectes poden arribar a ser fins 4 o 5 vegades superiors, la qual cosa suposa una pèrdua molt important de recursos a causa de la corrosió.

A continuació s'estudiarà el cas concret de la planta de producció de l'àcid fòrmic.

1.5.1.1-Incompatibilitats dels compostos amb els materials

La gran majoria de substàncies utilitzades en l'indústria de l'àcid fòrmic són corrosives. A continuació es presenten els compostos corrosius i els principals materials incompatibles amb aquests.

Taula 1. 15. Compostos corrosius del procés de producció de l'àcid fòrmic i materials incompatibles amb ells.

COMPOST	INCOMPATIBILITATS
Monòxid de carboni	Hypalon i goma natural
Àcid Fòrmic	Llautó, acer al carboni, LDPE i Niló
Aigua	Acer al carboni i ferro colat
Metanol	Plàstic ABS, poliuretà i Tygon (E-360)
Formiat de Metil	Buta N (nitril) i Viton

No obstant, les substàncies poden interaccionar entre elles i es poden produir els següents casos:

- Una substància corrosiva es barreja amb una altre no corrosiva: L'agent corrosiu queda diluït i provoca que el seu grau de corrosió resultant sigui inferior.
- Una barreja d'una substància corrosiva amb una altre no corrosiva : També pot ocórrer que les substàncies no corrosives ajudin en els mecanismes de corrosió, provocant que la mescla final sigui més corrosiva i fins i tot pugui atacar materials que abans eren resistents.
- Una barreja on els components siguin corrosius: En aquest cas, la mescla ataca a una gamma més alta de materials. Fins i tot es pot donar el cas en què els components corrosius ataquin a algun material que cap dels dos components atacaria per separat.

No s'ha trobat documentació sobre cap mescla de components que pugui afectar de forma significativa a la corrosió.

1.5.1.2-Compatibilitats dels compostos amb els materials

Tenint en compte les incompatibilitats prèviament descrites, ara es presenten les compatibilitats de tots els components utilitzats a la planta per tal d'escollir els materials que s'usaran pel seu disseny i construcció. A la *Taula 1.16* només es mostren els materials més típics utilitzats a la indústria química; s'ha de tenir en compte que les llistes són molt més extenses.

En aquesta taula, la compatibilitat del material amb el component en qüestió ve marcada per graus. El codi de lletres és el següent:

- A: Compatibilitat excel·lent
- B: Compatibilitat bona. Efectes menors, lleugera corrosió o decoloració.
- C: Compatibilitat regular. Efectes moderats, no es recomana per usos continus.
- D: Compatibilitat dolenta. Efectes greus, no es recomana per cap ús.

Taula 1. 16. Compatibilitats dels compostos utilitzats a la planta amb diferents materials

	Monòxid de carboni	Àcid fòrmic	Aigua	Metanol	Formiat de metil	DMF
Acer al carboni	A	A	A	D	C	D
Acer inox - 304	A	B	A	A	-	A
Acer inox - 316	A	A	A	A	A	B
Acer inoxidable	A	D	-	-	-	-
Acetal	-	A	-	A	-	-
Alumini	A	A	A	A	A	A
Bronze	-	C	-	A	A	-
Buna N (Nitril)	A	C	A	D	D	D
CPVC	A	A	A	A	-	D
Carpenter 20	B	C	-	B	-	-
Chemraz (FFKM)	B	B	D	A	-	B
Coure	A	C	B	B	-	A
Delirin	-	-	-	-	A	D
EPDM	A	-	A	A	B	B
Epoxy	A	C	A	B	-	D
FKM	-	D	A	C	-	D
Ferro colat	-	D	D	A	C	-
Goma natural	D	C	A	A	-	C
Grafit al carboni	-	-	-	B	-	-
Grafoil	-	-	-	-	A	-
HDPE	-	A	A	A	-	A
Hastelloy-C®	B	A	A	A	B	-
Hypalon®	C	A	A	A	B	D
Hytrell®	A	B	-	B	-	-
Imant ceràmic	-	A	-	A	-	-
Kalrez	-	-	-	A	-	A
Kel-F	-	A	A	A	-	A
LDPE	A	D	-	A	-	A
Llautó	-	D	A	A	-	-
Neoprè	B	A	A	A	B	D
Niló	A	D	A	B	-	A
Noryl	-	A	A	A	-	D
PEEK	-	-	-	A	-	-
PPS	-	A	A	A	-	A
PTFE	A	A	A	A	-	A
PVC	A	A	A	A	-	D
PVDF (Kynar®)	B	A	A	A	-	D
Plastic ABS	-	D	-	D	-	D
Policarbonat	-	A	-	B	-	D
Polipropilè	A	A	A	A	-	A

Poliuretà	A	-	-	D	-	D
Santoprene	-	-	A	A	-	A
Silicona	-	B	-	A	-	C
Tefló	-	-	-	-	A	-
Titani	-	C	A	A	-	-
Tygon	A	B	A	B	-	D
Tygon® (E-3603)	A	A	A	A	-	D
Viton	-	C	A	D	D	C

Les dades de les compatibilitats del format de metil són més limitades perquè la font de la qual s'ha extret la informació no era tan completa com la font utilitzada pels altres cinc materials.

1.5.2-Cost dels materials

Com ja s'ha dit anteriorment, a l'hora d'escollir els materials amb els quals es construirà la planta química s'ha de tenir en compte diferents factors per tal d'optimitzar la planta al màxim. Després d'haver estudiat les compatibilitats i incompatibilitats dels diferents composts presents a la planta, ara s'estudia el cost dels principals materials. A la figura següent es pot veure el ràtio de preus dels principals materials de construcció dels equips.

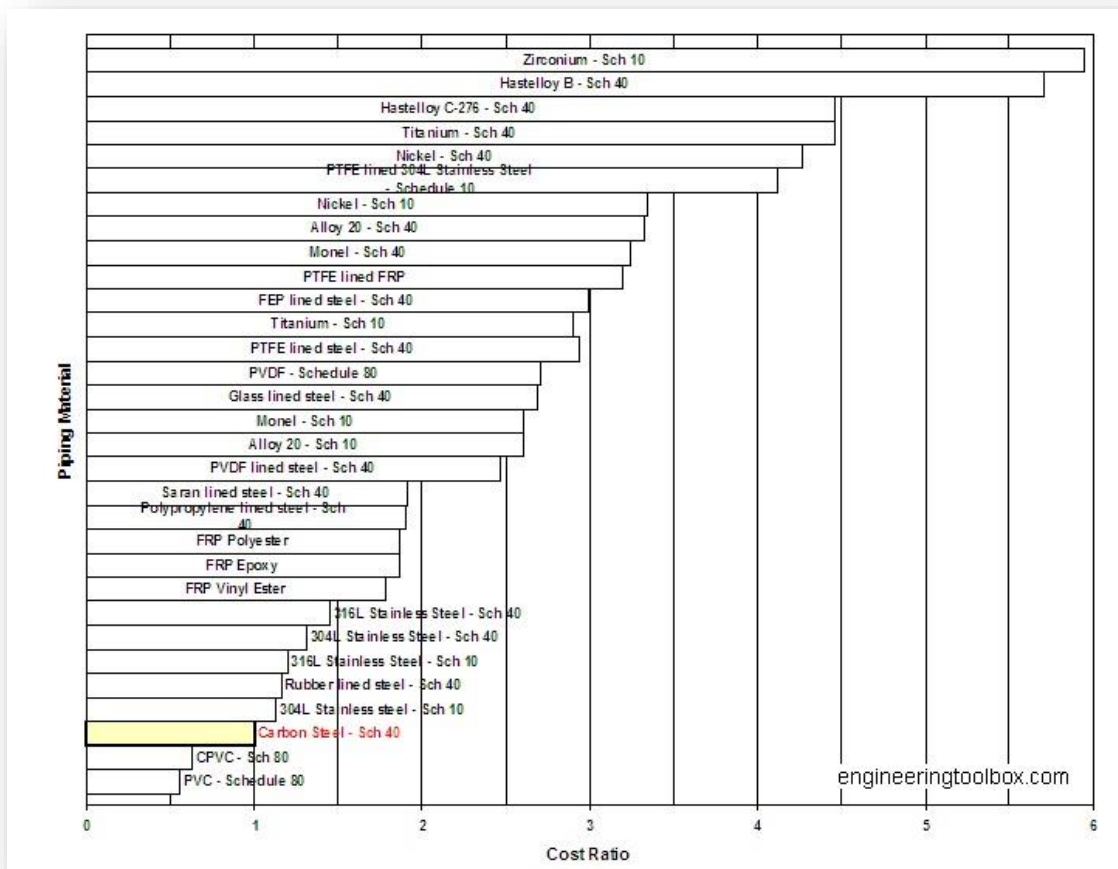


Figura 1. 6. Ràtio de preus entre els principals materials de construcció dels equips

Com es pot veure, el gràfic està referit en base a l'acer al carboni; és a dir, si l'acer al carboni costés 1, l'acer inoxidable 316L costaria gairebé 1.5.

Després de tenir en compte aquests aspectes, i per poder fer una bona elecció dels materials a utilitzar, s'ha d'arribar a un compromís entre el cost i la degradació del material a causa de la corrosió.

En el cas d'aquesta planta, sempre que hi hagi mesclades de compostos, s'usarà l'acer al carboni en primer lloc, ja que és més econòmic. Si no és possible usar l'acer al carboni, s'usarà acer inoxidable 316L. La DMF, el formiat de metil i el metanol no són compatibles amb l'acer al carboni, així que quan aquests compostos estiguin presents s'usarà l'acer inoxidable 316L. Pel que fa als equips que només continguin un compost, s'usarà el material que més convingui en cada cas. Per exemple, el tanc d'emmagatzematge d'aigua estarà constituït per PVC, ja que és un material econòmic que no tindrà cap incompatibilitat amb el compost que contindrà.

1.5.3-Altres fonts de degradació

En la indústria química no només es trobem problemes de corrosió causats pels compostos corrosius, sinó que també existeixen altres fonts de corrosió com el clima o els esforços mecànics.

Per evitar la corrosió els equips de fred, aquests estaran correctament aïllats per tal d'evitar la condensació de l'aire. A més, els equips que es trobin en contacte amb l'exterior també estaran pintats amb pintures anticorrosives per així impedir la corrosió pel clima.

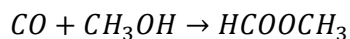
Pel que fa a la corrosió deguda als esforços mecànics, tots els equips estaran degudament dissenyats per tal que els fluids que hi circulin no els facin vibrar. En cas que fos necessari, els equips rotatius contaràn amb amortidors com a suport.

Per altres esforços mecànics, com les dilatacions, en el disseny dels equips es tindran en compte els seus efectes per tal de incloure-hi els suports necessaris i les juntes de dilatació en els punts clau.

El control de la corrosió en la planta, a part del manteniment específic de cada equip, es basarà en el bon manteniment de les proteccions exteriors, en revisar i reposar els equips que estiguin danyats i en estudiar els punts on es cregui que es poden haver produït més danys dels esperats.

1.6-Descripció del procés de fabricació

El procés de producció de l'àcid fòrmic està basat en la carbonilació del metanol i en la hidròlisi del formiat de metil. Les reaccions que tenen lloc es presenten a continuació.



Carbonilació del metanol



Hidròlisi del formiat de metil

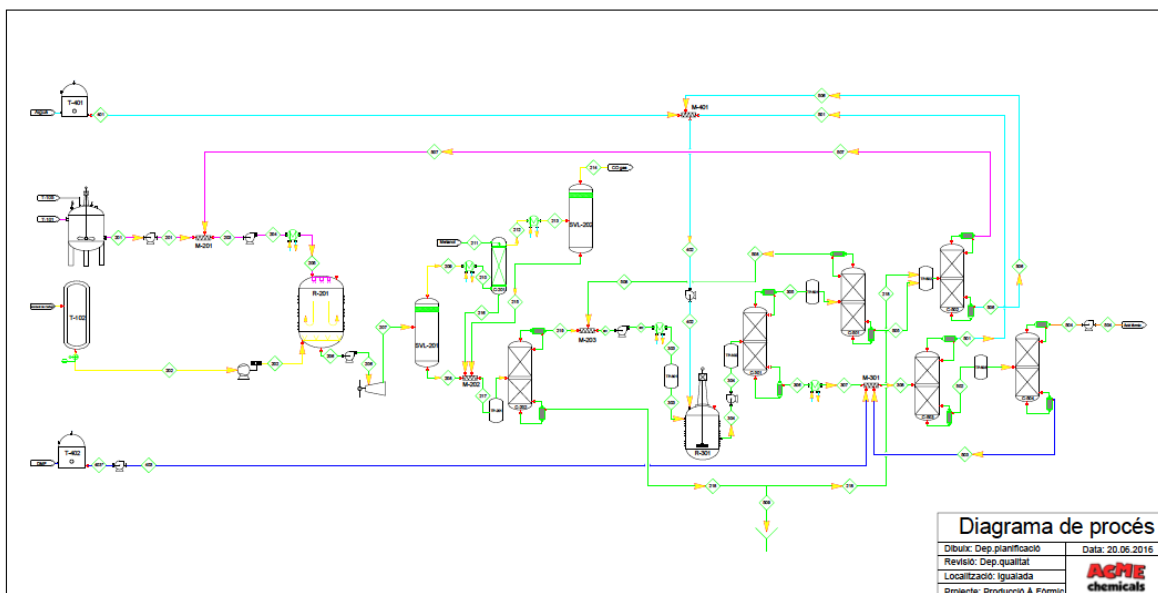


Figura 1. 7. Diagrama del procés de producció

El procés de producció de l'àcid fòrmic consta de tres etapes principals: Carbonilació, Hidròlisi i Purificació

- Carbonilació

A la primera etapa es duu a terme la reacció de carbonilació, on el metanol líquid reacciona amb el monòxid de carboni, introduïts en una proporció molar de 1:2, en presència d'un catalitzador sòlid: el metòxid de sodi. Aquesta reacció es produeix en dos columnes de bombolleg en paral·lel que treballen a una temperatura de 80°C i una pressió de 44 atmosferes. Abans d'introduir el metanol, cal que es mescli amb el catalitzador, de manera que, dins del reactor de carbonilació, hi hagi un 2,5% en pes de metòxid de sodi.

S'ha de procurar que el reactor es trobi en condicions el màxim anhidre possible, és a dir, on la quantitat d'aigua sigui mínima, ja que el catalitzador es desactiva en presència d'aigua i forma un subproducte sòlid no desitjat, el formiat de sodi, que pot formar incrustacions.

La mescla resultant de la reacció, que conté el CO no reaccionat dissolt en la fase líquida, s'expandeix fins a pressió atmosfèrica. En aquesta operació, una part de la mescla s'evapora. Per tal de separar aquest monòxid de carboni que ara està a la fase gasosa, s'introdueix el corrent en un separador gas-líquid, obtenint així un corrent gasós que conté tot el monòxid de carboni i una part del formiat de metil i metanol. Aquest corrent es refreda i s'introdueix en una columna d'absorció, on els vapors de formiat de metil i metanol es separen del corrent gasós mitjançant un corrent de metanol en contracorrent prèviament refredat. El corrent gasós obtingut en la columna d'absorció es torna a refredar el encara més per recuperar una part del formiat de metil present a la mescla fent servir un altre separador vapor-líquid.

Els corrents de líquid obtinguts en els separadors, es barregen i s'introdueixen en una columna de destil·lació, en la qual s'obté principalment per caps el formiat de metil, i el metanol i l'aigua per cues. Aquest corrent de cues es separarà posteriorment en una columna.

- Hidròlisi

El corrent de destil·lat s'introdueix en el reactor d'hidròlisi, que consisteix en dos reactors de tanc agitat, juntament amb l'aigua, en una proporció 1:5. D'aquesta operació s'obtenen com a productes àcid fòrmic i metanol. Les condicions de pressió i temperatura són de 3 atmosferes i 80°C, amb un temps de residència d'una hora. La conversió obtinguda en aquestes condicions és del 60%.

El producte obtingut en el reactor d'hidròlisi s'introdueix en una columna de destil·lació, on es separen els compostos més lleugers (formiat de metil i metanol), que sortiran per caps, dels compostos més pesats (aigua i àcid fòrmic), que sortiran per cues. Ambdós corrents s'envien a l'àrea de purificació.

- Purificació

Aquesta etapa està formada per quatre columnes de destil·lació on es separaran els diferents components obtinguts al llarg del procés, recirculant els diferents reactius per poder tornar a utilitzar-los.

El producte que surt pel destil·lat es torna a introduir a una columna, on per caps surt el format de metil i per cues surt el metanol i una petita quantitat de l'aigua que no havia acabat de separar-se en la columna anterior. Aquest format de metil es torna a introduir al reactor d'hidròlisi per tal de reutilitzar-lo.

El corrent de cues es separa juntament amb el corrent obtingut en la columna situada després del reactor de carbonilació. Aquesta separació té lloc en una altra columna, on per caps surt el metanol, que es retorna a la zona de carbonilació, i per cues s'obté l'aigua, que es recircula a la zona d'hidròlisi.

El corrent compost principalment per àcid fòrmic i aigua, degut a la formació d'un azeòtrop (85% àcid fòrmic, 47°C), és molt difícil de separar fent servir una destil·lació convencional. Per això, es duu a terme una destil·lació extractiva, en la qual s'introdueix un agent extractor, la N,n-Dimetilformamida (DMF). En presència d'aquest compost, s'aconsegueix trencar l'azeòtrop, permetent que l'aigua, que és el compost més volàtil, es pugui separar de la mescla en una primera columna de destil·lació, recirculant-la per tal de fer-la servir de nou en el reactor d'hidròlisi.

Com que el residu obtingut (àcid fòrmic i DMF) no forma cap azeòtrop, es pot separar fent servir una columna de destil·lació, obtenint un producte de caps amb la composició desitjada d'àcid fòrmic. El residu que conté principalment DMF es recircula a l'inici de la destil·lació extractiva per poder-lo reutilitzar.

1.6.1- Balanços de matèria

A continuació es mostrarà en la *Taula 1.17* el balanç de matèria obtingut en el procés d'obtenció d'àcid fòrmic a partir del simulador de processos químics ASPEN HYSYS V.8. En aquesta taula es mostrarà els corrents de tot el procés i la caracterització d'aquets, amb les seves propietats físiques, cabals màssics i fraccions molars.

Taula 1.17. Balanç de matèria d' ACME CHEMICALS

	201	202	203	204	205	206	207	208	209
Frac molar (%)									
CO	0	0,998	0	0	0	0,0229	0,0229	0	0,0346
Metanol	0,998 2	0	0,927	0,927	0,927	0,469	0,469	0,678	0,363
M.Formiat	0	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,435	0,435	0,160	0,575
A. Fòrmic	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2O	0,001 8	0,0017	0,0729	0,073	0,073	0,0725	0,0725	0,1622	0,0268
DMF	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL:	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cabal màssic (Kg/h)									
CO	0	4195,38 0	0,000	0,000	0,000	210,228	210,228	0,029	210,199
Metanol	299,7	0,000	9488,64 0	9488,64 0	9488,64 0	4919,901	4919,901	2397,77	2522,131
M.Formiat	0	0,000	0,986	0,986	0,986	8551,63	8551,626	1063,33	7488,29
A. Fòrmic	0	0,000	0,129	0,129	0,129	0,000	0,000	0,000	0,000
H2O	0,3	4,620	419,511	419,511	419,511	427,511	427,511	322,851	104,659
DMF	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TOTAL	300	4200,0	9909,2	9909,2	9909,2	14109,2	14109,2	3783,9	10325,2
Propietats									
Estat	líquid	vapor	líquid	líquid	líquid	líquid	V-L	líquid	vapor
T (°C)	25	80	85,24	86,17	80	80	47,72	47,72	47,72
P (atm)	1	44,5	2	44,5	44,5	44,5	1	1	1
Frac. Vapor	0	1	0	0	0	0,0107	0,6624	0	1
Entalpia (KJ/Kg)	-7481	-3908	-7769	-7762	-7794	-6857	-6781	-7783	-5954
Dens (Kg/m3)	786,2	42,43	727,7	730,6	737,6	733,3	2,452	824,2	1,847
PM (Kg/Kmol)	32,02	27,99	31,02	31,02	31,02	43,12	43,12	34,26	47,64
LÍQUID									
cp (KJ/Kmol*°C)	115,4	-	163,5	162,2	161,7	139,5	111,4	111,4	-
Visc (cp)	0,545 1	-	0,266	0,2642	0,2828	0,2329	0,3908	0,3908	-
k (J/m*s*K)	0,180 2	-	0,1762	0,1758	0,1785	0,1744	0,22	0,22	-
VAPOR									
CP(KJ/Kmol*°C)		31,04	-	-	-	35,98	49,45	-	59,45
VISC (cP)		2,13E-02	-	-	-	2,06E-02	7,92E-03	-	7,92E-03
k (J/m*s*k)		3,08E-02	-	-	-	2,99E-02	1,50E-02	-	1,50E-02

	210	211	212	213	214	215	216	217	218
Frac molar (%)									
CO	0,0346	0	0,0599	0,0599	0,4248	0,0001	0	0	0
Metanol	0,3632	0,9964	0,294	0,294	0,0755	0,3297	0,5952	0,538	0,739
M.Formiat	0,5754	0	0,6457	0,6457	0,4997	0,6698	0,3569	0,392	0
A. Fòrmic	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2O	0,0268	0,0036	0,0004	0,0004	0	0,0004	0,0479	0,07	0,261
DMF	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL:	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cabal màssic (Kg/h)									
CO	210,1993	0	210,1364	210,1364	209,7615	0,3749	0,0629	0,4666	0
Metanol	2522,1313	998	1180,0279	1180,0279	42,6784	1137,3493	2340,1035	5875,2227	2150,3531
M. Formiat	7488,2906	0	4858,5685	4858,5685	529,0147	4329,5528	2629,7221	8022,6105	0,0008
A. fòrmic	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2O	104,6594	2	0,8158	0,8158	0,0054	0,8096	105,8444	429,5054	427,0106
DMF	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	10325,2806	1000	6249,5486	6249,55	781,46	5468,0866	5075,7329	14327,81	2577,36
Propietats									
Estat	V-L	líquid	vapor	V-L	vapor	líquid	líquid	líquid	líquid
T (°C)	37,72	25	40,38	20	20	20	37,54	35,1	87,34
P (atm)	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Frac. Vapor	0,6077	0	1	0,1407	1	0	0	0	0
Entalpia (KJ/Kg)	-6246	-7543	-5837	-6409	-5356	-6559	-7006	-7041	-8617
Dens (Kg/m3)	3,137	801,8	1,981	14,7	1,864	932,9	863,3	840	751,8
PM (Kg/Kmol)	47,64	31,99	49,88	49,88	44,33	50,79	41,37	42,04	28,38
LÍQUID									
cp (KJ/Kmol*°C)	114,7	114,1	-	114,5	-	114,5	115,1	113,9	111,5
visc (cp)	0,3857	0,681	-	0,3973	-	0,3973	0,3853	0,3921	0,2737
k (J/m*s*K)	0,1906	0,1869	-	0,181	-	0,181	0,1874	0,1948	0,2431
VAPOR									
CP(KJ/Kmol*°C)	61,41	-	60,12	48,68	48,68	-	-	-	-
VISC (cP)	0,008194	-	0,008059	0,01072	0,01072	-	-	-	-
k (J/m*s*k)	0,01431	-	0,01455	0,017	0,017	-	-	-	-

	219	301	302	303	304	305	306	307
Frac molar (%)								
CO	0,0001	0	0	0	0	0	0	0
Metanol	0,465	0,3486	0,3486	0,3486	0,2239	0,3758	0,0002	0,0002
M.Formiat	0,5343	0,651	0,651	0,651	0,0923	0,155	0	0
A. Fòrmic	0	0	0	0	0,1475	0,0049	0,3575	0,585
H2O	0,0006	0,0004	0,0004	0,0004	0,5356	0,4643	0,6405	0,4101
DMF	0	0	0	0	0,0007	0	0,0018	0,0047
TOTAL:	1	1	1	1	1	1	1	1
Cabal màssic (Kg/h)								
CO	0,467	0,467	0,467	0,467	0,000	0,000	0,000	0,000
Metanol	3724,870	4579,649	4579,649	4579,649	10357,657	10354,388	3,269	3,268
M.Formiat	8022,610	16027,841	16027,841	16027,841	8004,411	8004,336	0,075	0,075
A. Fòrmic	0,000	0,000	0,000	0,000	9800,975	193,490	9607,485	9607,474
H2O	2,495	2,586	2,586	2,586	13929,699	7194,029	6735,671	6735,347
DMF	0,000	0,000	0,000	0,000	75,911	0,082	75,829	75,829
TOTAL	11750,441	20610,543	20610,543	20610,543	42168,653	25746,325	16422,328	16421,993
Propietats								
Fase	líquid	líquid	líquid	líquid	líquid	líquid	líquid	vapor
T (°C)	52,14	52,11	52,19	60	80	87,72	142,1	150
P (atm)	2	2	3	3	3	3	3	3
Frac. Vapor	0	0	0	0	0	0	0	1
Entalpia (KJ/Kg)	-6608	-6501	-6501	-6482	-10130	-9242	-11310	-10170
Dens (Kg/m3)	868,6	870,9	885,7	874,4	911,8	835,2	957,5	2,503
PM (Kg/Kmol)	47	50,27	50,27	50,27	29,21	29,94	28,13	28,13
LÍQUID								
cp (KJ/Kmol*°C)	119,7	120	120	121,5	90,39	102,2	77,28	-
visc (cp)	0,3003	0,2872	0,287	0,2662	0,3647	0,2712	0,2601	-
k (J/m*s*K)	0,167	0,1666	0,1666	0,163	0,3748	0,3329	0,4304	-
VAPOR								
CP(KJ/Kmol*°C)	-	-	-	-	-	-	-	43,3100
VISC (cP)	-	-	-	-	-	-	-	0,0100
k (J/m*s*k)	-	-	-	-	-	-	-	0,0255

	308	401	402	403	501	502	503	504
Frac molar (%)								
CO	0	0	0	0	0	0	0	0
Metanol	0,0001	0	0,0695	0	0,0003	0	0	0
M. Formiat	0	0	0	0	0	0	0	0
A. Fòrmic	0,2152	0	0,0071	0	0,0116	0,2804	0,1067	0,7927
H2O	0,2779	1	0,9225	0	0,9851	0,0514	0,0002	0,2025
DMF	0,5068	0	0,0009	1	0,003	0,6682	0,8931	0,0048
TOTAL:	1	1	1	1	1	1	1	1
Cabal màssic (Kg/h)								
CO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Metanol	3,268	0,000	2494,546	0,000	3,268	0,000	0,000	0,001
M. Formiat	0,075	0,000	0,075	0,000	0,075	0,000	0,000	0,000
A. Fòrmic	13330,971	0,000	367,614	0,000	174,121	13156,850	3739,368	9417,483
H2O	6739,257	5600,000	18624,928	0,000	5794,791	944,467	3,033	941,434
DMF	49870,218	0,000	70,948	300,000	70,722	49799,496	49708,926	90,570
TOTAL	69943,79	5600,00	21558,11	300,00	6042,97	63900,81	53451,33	10449,49
Propietats								
Fase	V-L	líquid	líquid	líquid	líquid	líquid	líquid	líquid
T (°C)	135,3	25	96,29	25	134,2	188,5	154	104,5
P (atm)	1	3	3	1	3	3	1	1
Frac. Vapor	0,447	0	0	0	0	0	0	0
Entalpia (KJ/Kg)	-4953	-15810	-14390	-3023	-15010	-4211	-3355	-9195
Dens (Kg/m3)	3,507	1007	921,2	845,4	919,6	817,6	835,2	1056
PM (Kg/Kmol)	51,96	18	19,24	73,1	18,51	62,67	70,19	40,48
LÍQUID								
cp (KJ/Kmol*°C)	140,9	75,69	79,13	176,7	77,16	156	171,6	74,24
visc (cp)	0,3238	0,8904	0,2913	0,3313	0,1722	0,2205	0,2805	0,4474
k (J/m*s*K)	0,1825	0,611	0,6202	0,136	0,679	0,1345	0,1301	0,2298
VAPOR								
CP(KJ/Kmol*°C)	6906	-	-	-	-	-	-	-
VISC (cP)	0,008865	-	-	-	-	-	-	-
k (J/m*s*k)	0,02132	-	-	-	-	-	-	-

	505	506	507	508	509
Frac molar (%)					
CO	0	0	0	0	0
Metanol	0,4235	0,1598	0,9248	0,167	0,739
M. Formiat	0	0	0,0001	0,833	0
A. Fòrmic	0,006	0,0087	0	0	0
H2O	0,5705	0,8315	0,0751	0	0,261
DMF	0	0	0	0	0
TOTAL:	1	1	1	1	1
Cabal màssic (Kg/h)					
CO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Metanol	9498,234	2462,285	9186,302	856,155	215,035
M. Formiat	0,984	0,000	0,985	8003,351	0,000
A. Fòrmic	193,501	193,373	0,129	0,000	0,000
H2O	7194,260	7201,793	419,477	0,093	42,701
DMF	0,082	0,082	0,000	0,000	0,000
TOTAL	16887,061	9857,533	9606,893	8859,598	257,736
Propietats					
Fase	líquid	líquid	líquid	líquid	líquid
T (°C)	93,82	117,3	96,44	52,1	87,34
P (atm)	2	3	3	2	2
Frac. Vapor	0	0	0	0	0
Entalpia (KJ/Kg)	-10770	-13220	-7568	-6359	-8617
Dens (Kg/m3)	808,4	866,3	714,7	908,7	751,8
PM (Kg/Kmol)	24,12	20,5	30,99	55,37	28,38
LÍQUID					
cp (KJ/Kmol*C)	96,7	84,88	122,3	120,4	119,7
visc (cp)	0,2781	0,2196	0,2357	0,2689	0,3003
k (J/m*s*K)	0,3887	0,555	0,1719	0,1661	0,167
VAPOR					
CP(KJ/Kmol*C)	-	-	-	-	-
VISC (cP)	-	-	-	-	-
k (J/m*s*k)	-	-	-	-	-

1.7-Distribució de la planta per àrees

La planta de producció està dividida en 11 àrees. A continuació s'adjunta la descripció d'aquestes.

Taula 1. 18. Descripció de les àrees de la planta de producció d'àcid fòrmic

Codi	Descripció
A-100	Emmagatzematge de reactius
A-200	Reacció de carbonilació
A-300	Reacció d'hidròlisi
A-400	Emmagatzematge aigua i DMF
A-500A	Purificació
A-500B	Emmagatzematge àcid fòrmic
A-600	Medi ambient
A-700	Serveis
A-800	Oficines
A-900	Control
A-1000	Laboratoris
A-1100	Millores

A la figura que es mostra a continuació s'esquematitza la projecció de les àrees de la parcel·la. En aquesta configuració s'ha tingut en compte factors com la càrrega i descàrrega dels camions, normativa del nombre d'aparcaments per metres quadrats construïts, futures ampliacions de la planta, fàcil accés entre àrees relacionades.

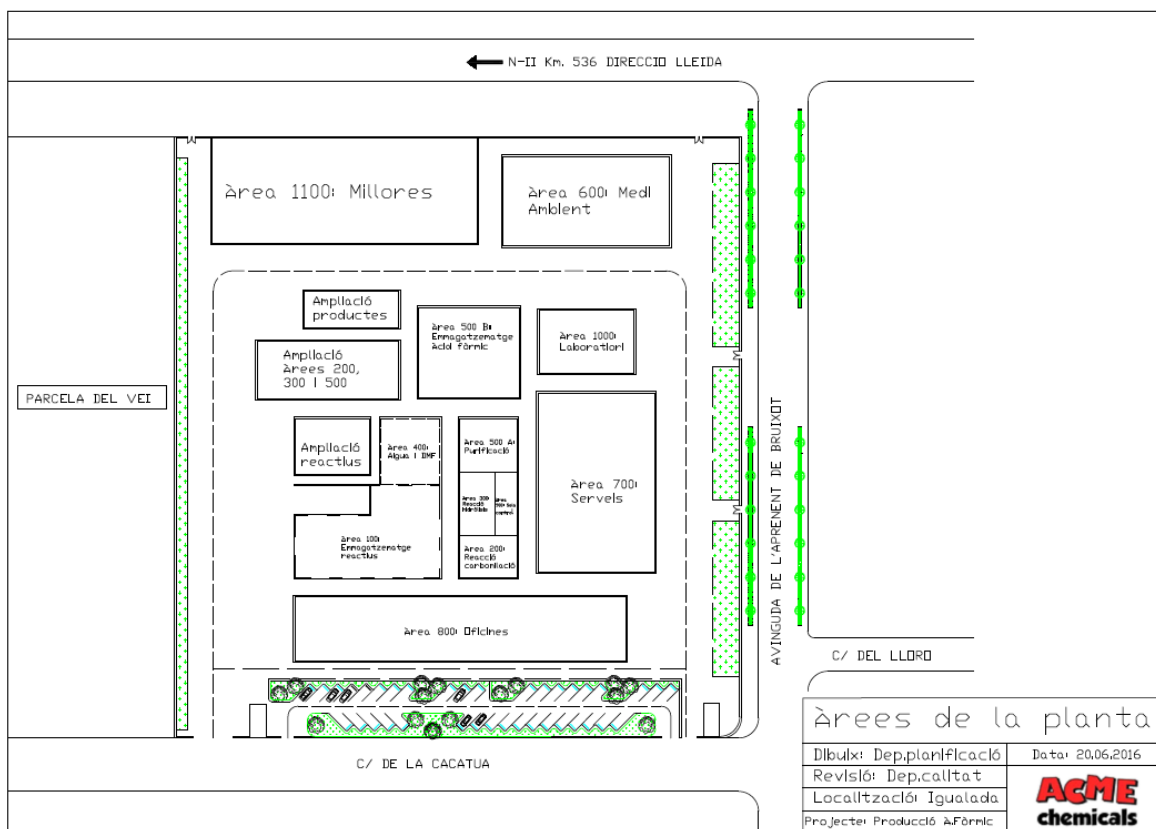


Figura 1. 8. Projecció de les àrees de la planta en la parcel·la

A continuació es descriuen les diferents àrees de la planta.

1.7.1-Àrea 100: Emmagatzematge de reactius

En aquesta àrea s'emmagatzema el metanol, el monòxid de carboni, el nitrogen i el metòxid de sodi. El metanol s'emmagatzema en dos tancs d'orientació vertical que es troben en contacte amb l'atmosfera dissenyats a partir del codi ASME. Aquests tancs tenen una capacitat d'emmagatzematge suficient per 7 dies d'stock, més 3 dies extres per si hi hagués algun problema amb el transport per part dels proveïdors. El monòxid de carboni arriba a la planta a través d'una canonada, però s'han dissenyat quatre tancs verticals criogènics per assegurar el seu aprovisionament en cas de fallada en els mitjans de transport. La capacitat d'aquests tancs és de 3 dies de producció. També es troba en aquesta àrea el tanc de nitrogen, que també és un tanc criogènic i té el mateix stock que els tancs de metanol, és a dir, que s'ompliran cada 7 dies però es disposarà d'un stock per si falla el proveïdor. El metòxid de sodi també es troba emmagatzemat en aquesta àrea en un magatzem pels *big bags* on hi haurà un control d'humitat i temperatura i es disposa d'una sitja diària.

1.7.2-Àrea 200: Reacció de carbonilació

A l'àrea 200 es dona la primera reacció, la de carbonilació; en aquesta àrea es troben els reactors de bombolleig, les columnes de separació vapor-líquid, la columna d'absorció i la primera columna de destil·lació, a més de tots equips auxiliats necessaris per tal de dur a terme la reacció desitjada, com són els bescanviadors de calor per tal de refredar els corrents, els mescladors i els tanc pulmó per emmagatzemar el producte abans de la columna de destil·lació.

L'àrea 200 es situa al centre de la parcel·la com nucli del procés. La proximitat amb les altres àrees es deu a la distribució necessària dels components utilitzats ja que comunica tant amb les àrees de emmagatzematge, àrea 100, com amb l'àrea 700 que és la de serveis.

Cal destacar que per tal de dur a terme la reacció de carbonilació és necessari implementar dos reactors de bombolleig els quals treballen a un rendiment del 77 %.

1.7.3 Àrea 300: Reacció d'hidròlisi

A la següent àrea, es duu a terme la segona part de la producció d'àcid fòrmic: la reacció d'hidròlisi. En aquesta àrea, a diferència de l'àrea 200, es troben els reactors continus de tanc agitat i la columna de destil·lació necessària per tal de separar per la part de caps, metil format i metanol i per la part de cues, àcid fòrmic i aigua. A més dels equips esmentats, l'àrea 300 té un tanc pulmó situat a l'àrea d'emmagatzematge per la falta d'espai i també es poden trobar al llarg del procés bescanviadors, per tal d'escalfar els corrents, i un mesclador per optimitzar la reacció.

Com s'ha comentat a l'explicació anterior, per dur a terme la reacció d'hidròlisi són necessaris 2 RCTA que treballen a un rendiment del 79,2%.

1.7.4-Àrea 400: Emmagatzematge d'aigua i DMF

En l'àrea 400, com en l'àrea 100, es realitza l'emmagatzematge de matèries primeres, en aquest cas l'aigua descalcificada, que es farà servir en el reactor d'hidròlisi, i la dimetilformamida, utilitzada com agent extractor en l'etapa de destil·lació extractiva.

1.7.5-Àrea 500

1.7.5.1-Àrea 500A: Purificació

L'àrea 500A conté les columnes de purificació dels productes. Està formada per dues línies per tal de separar els dos corrents obtinguts en les columna C-301. Per al destil·lat de la C-301 hi ha dos columnes: una per separar el metil format del metanol i l'aigua i una altra per separar els dos últims compostos.

A l'hora de separar la mescla obtinguda en el corrent de cues de la C-301, cal tenir en compte que l'aigua i l'àcid fòrmic formen un azeòtrop. Per fer la separació es fan servir dues columnes de destil·lació, introduint a l'inici un agent extractor, DMF, per destil·lar l'aigua en la primera columna i l'àcid fòrmic a la segona.

1.7.5.2-Àrea 500B: Emmagatzematge d'àcid fòrmic

En aquesta segona part de l'àrea 500 s'emmagatzema el producte final, obtingut pel destil·lat en la darrera columna de l'àrea 500A. A diferència dels tancs de la zona 100, els que es troben en aquesta zona estan equipats amb un serpentí per on circularà aigua calenta en el cas que la temperatura disminueixi per sota del *set point* fixat en el controlador. D'aquesta forma s'evitarà que l'àcid fòrmic congeli. Addicionalment, aquests tancs estan equipats amb "*tubos de buzo*" que homogeneitzaran la temperatura al llarg del tanc quan aquest es vagi omplint.

1.7.6-Àrea 600: Medi ambient

Aquesta àrea es dedica al tractament dels diferents residus generats a la planta. A l'àrea 600, s'hi pot trobar el cremador de gasos, on es tractarà el corrent gasós que surt en el segon separador de fases. També es poden trobar els tancs pels residus líquids obtinguts en els corrents de purga.

A més, cal destacar que qualsevol corrent o producte obtingut que no es pugui tractar a la mateixa planta, serà enviat a una altre empresa per tal que es faci un tractament extern.

1.7.7-Àrea 700: Serveis

Situada a la zona est de la planta, està formada per 6 torres de refrigeració, 3 *chillers*, 3 calderes de vapor, els compressor d'aire i una planta d'osmosi. L'explicació més detallada es realitza en l'apartat 1.8-Especificació de serveis en planta.

Tots aquests equips són necessaris per tal d'obtenir els corrents de vapor d'aigua i d'aigua refrigerant a les temperatures necessàries per a cada equip.

1.7.8-Àrea 800: Oficines

Aquesta àrea s'encarrega de la gestió administrativa de la planta. Està distribuïda en una sola planta, amb una superfície total d'ocupació aproximada de 2000 m².

A l'àrea d'oficines hi treballen les persones encarregades del màrqueting de la planta. Podem trobar les sales de reunions i fins i tot el menjador amb sala de descans. A més, hi ha la sala d'espera amb la recepció on s'atenen a les persones alienes que vulguin visitar la planta.

1.7.9-Àrea 900: Control

A l'àrea 900 es realitzen totes les tasques de gestió operacional i de control de la planta. Està separada de les oficines, molt a prop de les àrees de producció per tal de supervisar i controlar de primera mà totes les reaccions i operacions per a la producció d'àcid fòrmic.

1.7.10-Àrea 1000: Laboratoris

En l'àrea de laboratori es realitzen totes les tasques de control de qualitat, les innovacions i les millores a escala laboratori. A més, és on es realitzen les anàlisis de les mostres dels productes intermedis per tal de comprovar que el producte obtingut està a les condicions requerides pel comprador.

1.7.11-Àrea 1100: Millores

L'àrea 1100 està destinada a futures ampliacions i millores de la planta química.

Les possibles millores que es podrien implementar serien desenvolupar la segona destil·lació (on es separa l'àcid fòrmic del DMF) al buit, per tal d'obtenir una millor purificació del producte desitjat. Cal comentar que aquest procés suposaria un augment del cost de producció a expenses d'una separació més acurada i ideal on s'augmentaria el grau de purificació fins a un 5%.

Una altre possible millora seria utilitzar metòxid de potassi enlloc de metòxid de sodi, ja que és més soluble en una solució de metil formiat a més d'augmentar la seva velocitat de reacció.

A l'apartat *Annex*, es pot apreciar una explicació més extensa i més detallada de les possibles millores que pot presentar l'empresa.

1.8-Especificació dels serveis en planta

1.8.1-Aigua de refrigeració

Utilitat: refredar l'aigua que prové de les diferents zones de producció

Equips necessaris: Torre de refrigeració d'aigua i *chillers*

Requeriments: Aigua de xarxa i electricitat

Aquest servei refreda l'aigua que prové de la zona de producció, fent servir 6 torres de refrigeració, col·locades en dos paquets de tres torres en sèrie, de manera que en cada una es produeixi un salt tèrmic de 13°C.

El refredament de l'aigua s'aconsegueix introduint l'aigua per la part superior de la torre, posant-la en contacte directe amb aire en contracorrent.



Figura 1. 9. Torres de refrigeració

Les característiques de les torres de refrigeració que satisfaran les necessitats de refredament de la planta són les següents:

Taula 1. 19. Característiques de les torres de refrigeració

Equip	Torre de refrigeració
Proveïdor	EWK © EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN, S. A.
Model	EWB-5750
Llargada/Amplada/Alçada (mm)	9750/6102/5102
Pes buit/Operació (kg)	11600/12300
Consum d'aigua (m³/h)	0,17
Consum elèctric (kWh)	-
Calor dissipat (kW/L)	597

Una part de l'aigua refredada fins als 20°C es distribuirà mitjançant la xarxa de canonades fins als equips que la requereixin. L'altra part de l'aigua s'envia a uns *chillers* per tal d'assolir temperatures de 10 °C i 5 °C.

Taula 1. 20. Característiques dels *Chillers*

Equip	Grups de fred - <i>Chiller</i>	
Proveïdor	ISO © International Organization for Standardization	
Model	FWS-140CS	FWS-80CD
Llargada/Amplada/Alçada (mm)	3100/1100/1765	2870/900/1665
Pes (kg)	2200	1600
Consum elèctric (kWh)		
Calor dissipat (kW/L)	1487,7	902

1.8.2-Aigua contra incendis

Utilitat: Subministrar aigua als diferents equips antiincendis distribuïts per tota la planta.

Equips necessaris: piscina antiincendis i estació de bombeig.

Requeriments: Aigua d'incendis i electricitat.

L'aigua contra incendis és el servei utilitzat com bé diu el seu nom per tal de prevenir mals majors quan es produeix un incendi. Consta d'una piscina d'un volum ja establert el qual abasteix l'aigua necessària per tal de poder apagar un incendi a la planta.

Taula 1. 21. Característiques de l'estació de bombeig

Equip	Estació de bombeig
Proveïdor	KIYUANG
Model	KYWF
Pressió operació màxima (MPa)	2,7
Cabal operació màxim (m ³ /h)	500
Temps resposta (s)	>15

1.8.3-Aigua desionitzada

Utilitat: obtenció d'aigua purificada (desionitzada) per fer-la servir tant a les àrees del procés de producció com en l'àrea de serveis.

Equips necessaris: Equip d'osmosi

Requeriments: Aigua de xarxa i electricitat

Amb l'equip de desionització d'aigua s'aconsegueix aigua pràcticament pura, agafant aigua de la xarxa. Aquesta aigua abastirà les necessitats del reactor d'hidròlisi, així com l'alimentació de la caldera per generar vapor.

Es requereix una membrana d'osmosi per eliminar la major part de les sals i altres impureses dissoltes en aigua.

Taula 1. 22. Característiques del sistema d'osmosi inversa

Equip	Sistema d'osmosi inversa
Proveïdor	VEOLIA Water
Model	14-15000
Capacitat (L/h)	15000
Taxa de conversió (%)	75
Potència Motor (kW)	15
Llargada/Amplada/Alçada	5000/900/1860
Altres	Inclou microfiltre amb 5 micres de retenció

1.8.4-Aigua de xarxa

Utilitat: Subministrar aigua potable a les instal·lacions civils i jardins

Equips necessaris: Xarxa de distribució

Requeriments: Aigua de xarxa

El servei requereix la xarxa de canonades de distribució adequada, utilitzant les vàlvules de regulació que calguin. No calen bombes per impulsar el fluid, ja que l'aigua es troba a la pressió adequada per satisfer les necessitats.

1.8.5-Aire comprimit

Utilitat: Accionar vàlvules

Equips necessaris: Tanques a pressió i compressors

Requeriments: Electricitat

Amb aquest sistema d'aire comprimit es pretén abastir les necessitats d'aire de les vàlvules pneumàtiques que ho requereixen. El servei haurà d'estar format per la xarxa de distribució, un tanc per emmagatzemar aire a pressió, un compressor i un filtre.

Taula 1. 23. Característiques del compressor d'aire comprimit

Equip	Compressor aire comprimit
Proveïdor	CompAir
Model	L29RS
Pressió operació (bar)	8
Capacitat de descarrega	66,6-324,6
DxWxH(mm)	1345/880/1612
Pres(KG)	712
Accessoris	Dipòsit aire comprimit ECO DRAIN
	Filtre ECO DRAIN
	Secador ECO DRAIN

1.8.6-Nitrogen

Utilitat: Pressuritzar i internitzar equips

Equips necessaris: Tanc criogènic i evaporadors atmosfèrics

Requeriments: Subministrament de nitrogen

Taula 1. 24. Característiques del tanc criogènic de N₂

Equip	Tanc criogènic de nitrogen
Proveïdor	Linde
Model	T 110
Capacitat (m ³)	10,96
Pressió operació (bar)	18
Capacitat descarrega (m ³ /h)	520
Diàmetre/alçada (MM)	2/7,35
Pes (kg)	6534

1.8.7-Gas natural

Utilitat: Alimentar la caldera de vapor

Equips necessaris: Connexió externa

Requeriments: Xarxa de gas natural

1.8.8-Electricitat

Utilitat: Alimentar els diferents equips elèctrics

Equips necessaris: Transformador, xarxa elèctrica

Requeriments: El servei elèctric és l'encarregat de subministrar l'energia necessària a tots aquells equips que ho requereixin.

1.9- Proveïdors

1.9.1-Proveïdors d'àcid fòrmic

	ARROW FINE CHEMICALS PLOT NO. G-1023, ROAD 1-A, KISHAN GATE, LODHIKA G.I.D.C., KALAWAD ROAD, METODA, Rajkot - 360021, Gujarat India
	APOLLO PHARMACEUTICALS API MANUFACTURERS INDIA PVT. LTD. 1104, MAKER CHAMBER V, NARIMAN POINT, Mumbai - 400021, Maharashtra, India
	ORGANO BIOTECH LABORATORIES (P) LTD. PLOT NO. 7, PHASE-1, COMMUNITY CENTRE, INDUSTRIAL AREA, MAYAPURI, New Delhi - 110064 India
	Changsha Yonta Industry Co., Ltd. RM.1717, NORTH BLDG. NO. 368, EAST 2ND RING ROAD (2ND SECTION), Changsha - 410016, Hunan China

	A & Z Food Additives Co., Ltd.,
	801 Yitai Building, No.76, Gu Cui Road, , Hangzhou, Zhejiang -310012, China

	<u>JLM Chemicals</u>
	1 Wealdwood Gardens Hatch End, Middlesex, HA5 4DQ, United Kingdom

No logo	AMERICAN INTERBUSINESS LLC
	Virginia United States

	<u>HELM AG</u>
	HELM AG, Nordkanalstrasse 28,D-20097 Hamburg, Germany

	<u>BIOCODEX Inc.</u>
	7, avenue Gallieni 94257 Gentilly Cedex, France

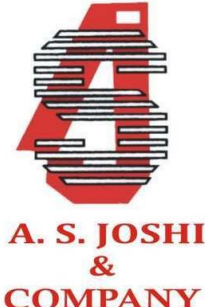
	<u>BASF Aktiengesellschaft</u>
	Carl-Bosch-Strasse 38 Ludwigshafen

1.9.2- Proveïdors de metanol

	A. B Enterprises
	202, Shradhanand, 272/74, Samuel Street, Vadgadi, Masjid West Mumbai - 400003, Maharashtra India

A.B Enterprises és una empresa situada a la Índia, fundada a l'any 1984 encarregada de l'exportació, la venda i el suport de aminoàcids, química agrònoma, química electrònica, metanol ...

Els productes processats són utilitzats per la pintura, manufactura química, detergents i aliments entre d'altres funcions. A més, A.B Enterprises utilitza components químics d'alta qualitat per a la realització dels seus productes.

	A. S. Joshi & Company
	813, Topiwala Center, Opposite Railway Station, Goregaon West, Mumbai - 400062 Maharashtra India

A. S. Joshi & Company és una empresa reconeguda com una de les més importants en quant a la importació i distribució de salts químiques, dissolvents i matèries primeres farmacèutiques. Aquests productes han estat reconeguts pel mercat de la Índia degut a la seva llarga vida, la puresa i la precisa composició que tenen.

Aquests productes són utilitzats per diferents indústries per tal de desenvolupar adhesius, química agroalimentària, química bàsica i biomedicina.

A.S Joshi & Company ha estat capaç de fer-se un lloc en el mercat indi a més dels mercats internacionals.

	FAB TRADE PVT. LTD
	Hacker Tower, Sector 17, Vashi, Vashi, Mumbai, Maharashtra 400703, India

	Garg Chemical Industries
	2950/220, Vishvas Nagar, Tri Nagar, Tri Nagar, New Delhi, Delhi 110035, India

	Jonybony Chem Industries
	Near Birla Tires Factory, Dehradun, Uttarakhand India

	Atlantic Methanol Production Company LLC
	Guinea Equatorial Africa Occidental,

Atlàntic Methanol Production Company LLC (AMPCO) opera una de les plantes de metanol més grans i econòmiques del món. Ubicada a Guinea Equatorial a l'Àfrica Occidental, produeix aproximadament 1 milió de tones de metanol gas (2% del mercat mundial) des del 2001. Gràcies a companyies afiliades als Estats units i a Europa, Atlàntic Methanol Production Company, és una empresa amb una gran capacitat d'exportació mundial de metanol.

	Methanex
	https://www.methanex.com/contact

Methanex és una de les productores de metanol més gran del món, donant suport a mercats internacionals com ara el nord d'Amèrica, el pacífic asiàtic, Europa i l'Amèrica llatina.

Segons Methanex, el metanol és un ingredient important per moltes de les indústries i els productes consumits, el qual fa que el món sigui un lloc millor on viure i treballar.

	Methanol Holding Trinidad Limited
	Republica de la Trinidad Tobago

Methanol Holdings Trinidad Limited (MHTL) és una de les empreses productores de metanol més grans del món amb una capacitat de 4 milions de tones/any. Està situada a la illa de la República de la Trinitat a Tobago.

La companyia és la exportadora més gran de metanol als Estats Units i al mercat europeu.

1.9.3- Producció Monòxid de Carboni

	Linde AG, Engineering Division
	Dr.-Carl-von-Linde-Str. 6-14 82049 Pullach Germany