UAB Universitat Autònoma de Barcelona

Escola d'Enginyeria

FORMATECH
SOLUCIONS INDUSTRIALS

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID

PROJECTE DE FI DE GRAU
Enginyeria Química

Juny 2026

Carles Cervantes Ricaldi
Mario Fernández Herrán
Adrian Leo Herrera
Eric Miras Brea
Leandro Rafaelich Piulats
Uc Riera Rojas

TUTOR
Josep Anton Torà



CC BY SA

UAB Universitat Autònoma de Barcelona

Escola d'Enginyeria

FORMATECH
SOLUCIONS INDUSTRIALS

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID

PROJECTE DE FI DE GRAU
Enginyeria Química

Juny 2026

CAPÍTOL 1: ESPECIFICACIONS DEL PROJECTE

Taula de continguts

1.1. Definició del projecte 7
1.1.1. Bases del projecte 7
1.1.2. Abast del projecte 7
1.1.3. Localització de la planta 8
1.1.3.1. Paràmetres d'edificació de la planta i plànols de la parcel·la 8
1.1.3.2. Serveis de planta 9
1.1.3.3. Característiques del medi físic 10
1.1.3.3.1. Clima 10
1.1.3.3.2. Vent 10
1.1.3.3.3. Topografia 10
1.1.3.3.4. Sismologia 11
1.2. Comunicacions i accessibilitat a la planta 11
1.2.1. Comunicació viària 11
1.2.2. Comunicació ferroviària 12
1.2.3. Comunicació marítima 12
1.2.4. Comunicació aèria 12
1.3. Característiques dels reactius i productes 12
1.3.1. El metanol 12
1.3.2. El monòxid de carboni 13
1.3.3. El formaldehid 15
1.4. Procés de producció 16
1.4.1. Procés amb catalitzador de plata 16
1.4.2. Procés Formox 17
1.4.3. Descripció del procés de planta 17
1.4.3.1. Diagrama del procés 18
1.4.3.2. Balanç de matèria 20
1.5. Serveis de planta 24
1.5.1. Aigua de xarxa 24
1.5.2. Aigua contra incendis 24

1.5.3. Aire comprimit 24
1.5.4. Gas natural 25
1.5.5. Electricitat 25
1.5.6. Oli tèrmic 25
1.6. Constitució de la planta 27
1.7. Plantilla de treballadors 28
1.8. Pla temporal 31
1.9. Bibliografia 33

1. Especificacions del projecte

1.1. Definició del projecte

Aquest projecte té per objectiu el disseny conceptual i tècnic d'una planta de producció industrial contínua de formaldehid en solució aquosa al 37% estabilitzada amb metanol. Aquest projecte estableix els fonaments operatius, tecnològics, ambientals i econòmics que defineixen el conjunt del procés. S'hi descriuen les necessitats de producció, els requisits de seguretat i els criteris d'eficiència que guiaran el funcionament de la instal·lació. En aquest primer apartat es recullen les especificacions bàsiques que sustenten el propi projecte.

1.1.1. Bases del projecte

Les bases del projecte són les següents:

- L'objectiu es la producció de 100.000 Tn/Any de formaldehid en solució aquosa al 37% i estabilitzat amb petites quantitats de metanol.
- La planta operarà 330 dies al any, sent els dies restants per a activitats de manteniment i neteja.
- La ubicació és el polígon industrial "Satèl·lits", ubicat al municipi de Tarragona.

1.1.2. Abast del projecte

Els aspectes a tindre en compte per a la creació d'aquest projecte son els següents:

- Planificació de les entrades i sortides de material de la planta.
- Disseny, llistat i dimensionament de les unitats d'emmagatzematge.
- Disseny, llistat i especificació dels equips de producció.
- Disseny i diagrames del sistema de control i instrumentació.
- Disseny i llistat de canonades, vàlvules, bombes i compressors.
- Avaluació econòmica del projecte.
- Avaluació del impacte ambiental i disseny de processos de tractaments de residus.
- Disseny i dimensionament de totes les zones auxiliars necessàries per al correcte funcionament de la planta.

1.1.3. Localització de la planta

La planta es troba localitzada al polígon industrial "Satèl·lits", al terme municipal de Tarragona. La parcel·la es troba delimitada pels carrers Europa, Deimos, Titan i Ganimedes.

Tarragona és la capital de la província de Tarragona, en la comarca del Tarragonès. La seva població és de aproximadament 143.649 habitants (Segons el Institut Nacional d'Estadística al 2025) i té una superfície de 63 Km^2. Com es pot observar a la Figura 1.1. Tarragona és un municipi coster al Mar Mediterrani.[1]

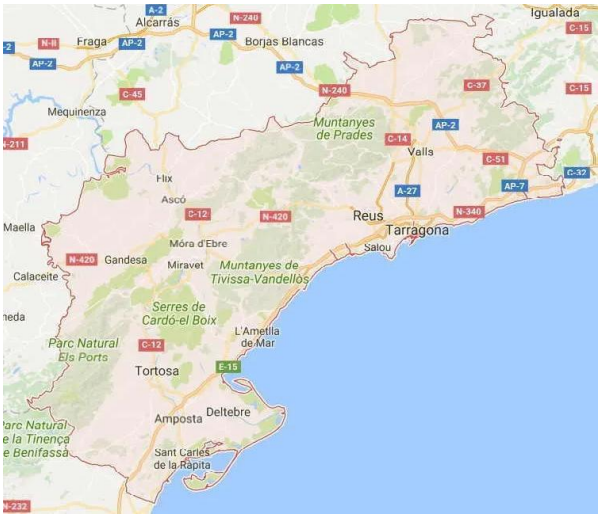


Figura 1.1. Mapa de la província de Tarragona.

1.1.3.1. Paràmetres d'edificació de la planta i plànols de la parcel·la

La parcel·la disponible té una àrea de 53.720m^2 amb la disposició que es mostra a la Figura 1.2.

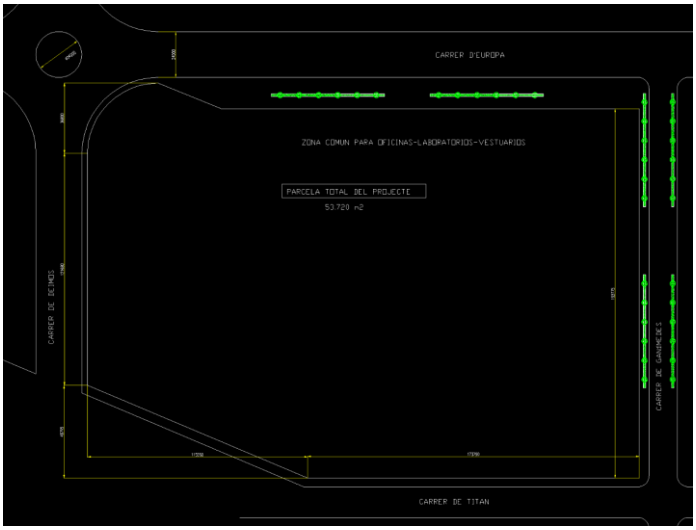


Figura 1.2. Plànol de la parcel·la.

Per tal de construir la planta s'ha de complir la normativa urbanística de la zona, els detalls de la qual es troben recollits a la Taula 1.1.

Taula 1.1. Normativa urbanística de la zona.

Edificabilitat	1,5 m^2 de sostre / m^2 de sòl.
Ocupació màxima de la parcel·la	75%
Ocupació mínima de la parcel·la	20% de la superfície d'ocupació màxima
Reculada	5 m a vies i veïns
Altura màxima	16 m i 3 plantes excepte en producció justificant la necessitat pel procés
Altura mínima	4 m i 1 planta
Distància entre edificis	1/3 Del edifici més alt amb un mínim de 5 m

1.1.3.2. Serveis de planta

A la Taula 1.2. es detalles ens serveis emprats per al correcte funcionament de la planta i del procés de producció.

Taula 1.2. Serveis disponibles.

Energia elèctrica	Connexió des de la línia de 20 kV a peu de parcel·la, cal preveure una estació transformadora (espai ja delimitat al plànol)
Gas natural	Connexió a peu de parcel·la a mitja pressió (1,5 kg/cm^2)
Clavegueram	Xarxa unitària al centre del carrer a una profunditat de 3,5 m (diàmetre del col·lector de 800 mm)
Aigua d'incendis	La màxima pressió es de 4 kg/cm^2, cal dissenyar una estació de bombament i reserva d'aigua
Aigua de xarxa	Escomesa a peu de parcel·la a 4 kg/cm^2 amb un diàmetre de 200 mm
Terreny	Resistència del terreny de 2 kg/cm^2 a 1,5 m de profunditat sobre graves

1.1.3.3. Característiques del medi físic

En aquest apartat es recollirà informació de les característiques del terreny i climàtiques pròpies de la zona de Tarragona. Aquesta informació es necessària per tal del correcte funcionament de la planta i que la construcció d'aquesta segueixi la normativa d'edificació vigent.

1.1.3.3.1. Clima

Tarragona té un clima mediterrani, amb una temperatura anual mitja de 16 ºC amb precipitacions que superen lleugerament els 50 mm. Els hiverns son suaus però els estius son calorosos. [2]

1.1.3.3.2. Vent

La temporada amb més vent és entre el 21 d'octubre al 26 d'abril, sent desembre el més amb vents més ràpids amb una mitjana de 17,2 Km/h. D'altra banda entre el 26 d'abril i el 21 d'octubre, sent agost el més amb vents més tranquils amb una mitjana de 12,6 Km/h. [2]

A la Figura 1.3. es detallen les velocitats mitjanes del vent a Tarragona.

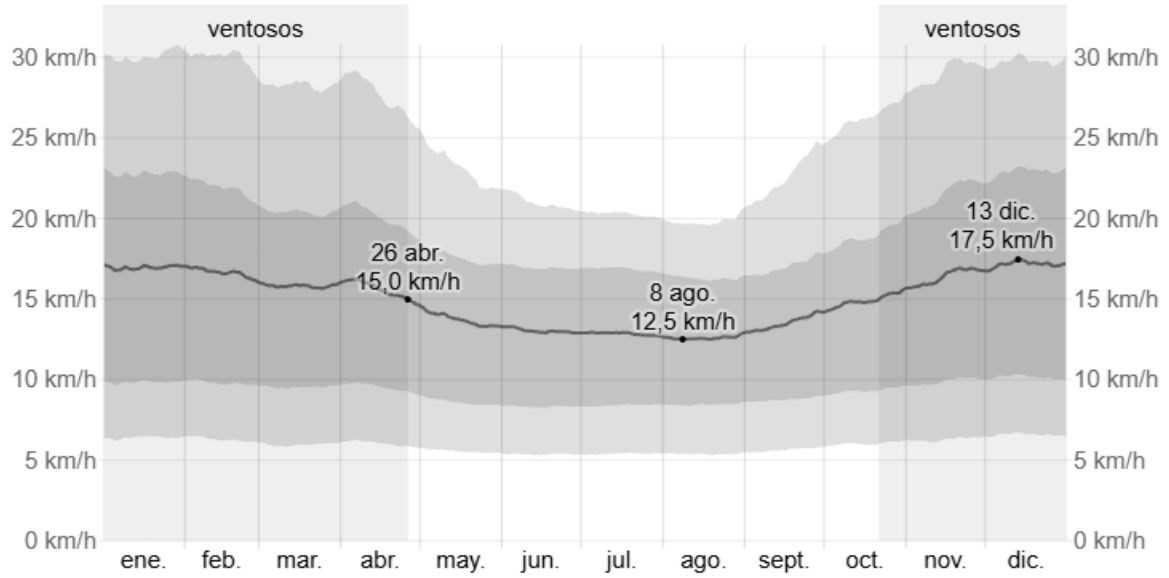


Figura 1.3. Velocitats mitjanes del vent a Tarragona segons la web weatherspark.com.

1.1.3.3.3. Topografia

Tarragona és un municipi llarg i estret, paral·lel a la línia de costa i dividit pel riu Francolí. Al llarg del seu terreny es poden trobar valls i barrancs. La seva altura mínima es el mateix nivell del mar i la màxima 177 m per sobre d'aquest, tenint una altura mitjana de 41 m.[3]

1.1.3.3.4. Sismologia

La majoria de terratrèmols a Tarragona son de magnitud 3 a l'escala de Richter o inferior, sent que cada aproximadament 3 anys pot ocórrer un de magnitud 4, per tant la sismologia no es un aspecte crític per a l'edificació de la nostra planta.

1.2. Comunicacions i accessibilitat a la planta

Les comunicacions són important tant per l'entrada de matèries primeres, la sortida del producte acabat de la planta, i el transport dels treballadors. L'optimització dels transport repercuteix en una millora econòmica i un millor temps d'operació. En aquest apartat s'estudiaran els diferents mètodes de transport que es troben prop la planta.

1.2.1. Comunicació viària

Tarragona te una bona comunicació viària que li permet rebre matèries primeres o enviar productes a moltes direccions dins del país. La autovia A-7[4] connecta des de Barcelona fins al sud d'Espanya en Algeciras, Cádiz. També es troba la autopista AP-7[5] que comunica tota la costa mediterrània des de Cádiz fins a la frontera amb França. En quant a carreteres es troben la N-340[6] que comunica des de Barcelona fins Puerto Real en Cádiz i la N-240[7] que comunica Tarragona amb San Sebastián i Bilbao.



Figura 1.4. Mapa viari de Tarragona.

1.2.2. Comunicació ferroviària

Per Tarragona travessa el Corredor Ferroviari de Mercaderies Mediterrani[8] (RFC6) el qual comunica des del sud d'Espanya fins al nord d'Hongria, travessant pel camí França, Itàlia, Croàcia i Eslovènia, a més de una molt bona connexió amb el port de Tarragona, la qual cosa facilita la comunicació per via marítima.

1.2.3. Comunicació marítima

El port de Tarragona admet grans vaixells de transport de mercaderies, tenint un espai de 900.000 m^3 pel emmagatzematge de líquids a granel[9]. Aquests magatzems tenen canonades que connecten directament amb les fàbriques al polígon industrial. Si aquestes canonades no són una opció vàlida, sempre es pot emprar les connexions per carretera o fins i tot utilitzar e Corredor Ferroviari de Mercaderies Mediterrani per un transport en tren.

1.2.4. Comunicació aèria

Una de les opcions pel transport aeri de mercaderies és l'aeroport de Reus, tot i que aquest no compta amb una infraestructura adequada per a grans transports de material. La millor opció és l'aeroport de Barcelona, El Prat, el qual sí té zones destinades al transport de mercaderies a més de millors connexions internacionals.

1.3. Característiques dels reactius i productes

1.3.1. El metanol

El metanol és un alcohol simple que es presenta com un líquid incolor, volàtil i altament inflamable a temperatura ambient. És completament miscible amb l'aigua i amb molts dissolvents orgànics, presentant també una elevada polaritat, fet que el converteix en un compost molt versàtil en processos químics. En la Figura 1.5 es pot observar la seva estructura.

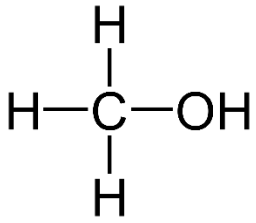


Figura 1.5. Estructura molecular del metanol.

És compatible amb molts compostos orgànics, però pot reaccionar amb agents oxidants forts i materials altament reactius. A més, presenta una elevada inflamabilitat, formant mescles vapor-aire explosives dins d'un ampli rang de concentracions.

El metanol s'utilitza àmpliament en la indústria química com a matèria primera en la síntesi de nombrosos productes, així com dissolvent i intermedi de reacció. En el context del procés estudiat, actua com a reactiu, participant en les etapes de síntesi corresponents.

Pel que fa a la seguretat, el metanol és una substància tòxica que pot afectar greument la salut humana. L'exposició per inhalació, ingestió o contacte cutani pot provocar danys al sistema nerviós central, alteracions visuals greus i, en casos extrems, la mort. A causa del seu baix punt d'inflamació, presenta un alt risc d'incendi, per la qual cosa cal adoptar mesures estrictes de manipulació i emmagatzematge en sistemes tancats i ben ventilats.

És important garantir un emmagatzematge en recipients hermètics, allunyats de fonts de calor i agents oxidants, així com realitzar controls periòdics per evitar fuites.

En la Taula 1.3. es consideren algunes de les propietats físiques que presenta el metanol.

Taula 1.3. Propietats físiques del metanol.[10]

Propietat	Valor
Fórmula	CH3OH
Pes molecular (g/mol)	32,026
Densitat (g/cm^3) a 20 ºC	0,79
Punt de fusió (ºC)	-97,68
Punt d'ebullició (ºC)	64,6
Punt d'inflamació (ºC)	11

1.3.2. El monòxid de carboni

El monòxid de carboni (CO) és un gas incolor, inodor i insípid a temperatura ambient. Presenta una baixa solubilitat en aigua i és lleugerament menys dens que l'aire. Es tracta

d'un compost relativament estable, però pot reaccionar amb agents oxidants en determinades condicions. En la Figura 1.6. es pot observar la seva estructura.

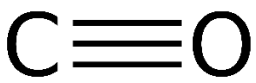


Figura 1.6. Estructura molecular del monòxid de carboni.

En el context de la producció de formaldehid a partir de metanol, el CO es genera principalment com a subproducte de reaccions secundàries d'oxidació incompleta o descomposició del metanol. La seva formació no és desitjada, ja que implica una pèrdua de rendiment cap al producte principal i pot afectar l'eficiència global del procés.

Pel que fa a la seguretat, el monòxid de carboni és una substància extremadament tòxica. Té una elevada afinitat per l'hemoglobina, impedint el transport d'oxigen a la sang. L'exposició pot provocar marejos, pèrdua de consciència i, en casos greus, la mort. A més, és un gas inflamable que pot formar mescles explosives amb l'aire.

És imprescindible garantir que el CO es mantingui confinat dins del sistema, amb una ventilació adequada i la instal·lació de detectors específics en zones crítiques. Habitualment, aquest corrent es tracta en etapes posteriors del procés, com ara sistemes de combustió o tractament de gasos, per minimitzar el seu impacte ambiental i de seguretat.

En la Taula 1.4. es consideren algunes de les propietats físiques que presenta el monòxid de carboni.

Taula 1.4. Propietats físiques del monòxid de carboni.[11]

Propietat	Valor
Fórmula	CO
Pes molecular (g/mol)	28,01
Densitat (g/ cm^3) a 20 ºC	0,00125
Punt de fusió (ºC)	-205
Punt d'ebullició (ºC)	-191,5
Punt d'inflamació (ºC)	Gas inflamable

1.3.3. El formaldehid

El formaldehid és el compost orgànic més simple de la família dels aldehids. A temperatura ambient es presenta com un gas incolor, amb una olor forta i penetrant, i és altament soluble en aigua, formant dissolucions aquoses conegudes com a formalina. També és miscible amb diversos dissolvents orgànics. En la Figura 1.7. es pot observar la seva estructura.

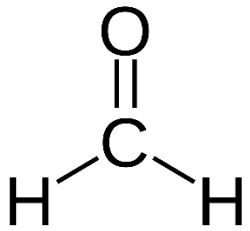


Figura 1.7. Estructura molecular del formaldehid.

En el context de la producció industrial, el formaldehid constitueix el producte principal del procés, obtingut a partir de l'oxidació catalítica del metanol. Aquest compost és àmpliament utilitzat com a intermedi en la fabricació de resines, plàstics, adhesius i altres productes químics d'alt valor afegit.

El formaldehid és un compost químicament reactiu, amb tendència a polimeritzar-se, especialment en absència d'aigua. Per aquest motiu, es manipula habitualment en dissolució aquosa per garantir la seva estabilitat durant l'emmagatzematge i el transport.

Pel que fa a la seguretat, es tracta d'una substància tòxica i classificada com a carcinògena. L'exposició als seus vapors pot provocar irritació severa de les vies respiratòries, ulls i pell, així com efectes crònics en exposicions prolongades. És imprescindible treballar en sistemes tancats, amb una ventilació adequada i equips de protecció individual.

Des del punt de vista operatiu, el formaldehid produït es refreda i s'absorbeix en aigua en torres d'absorció, obtenint-se una solució aquosa amb la concentració desitjada. Aquest pas és clau per estabilitzar el producte i facilitar-ne la manipulació posterior.

En la Taula 1.5. es consideren algunes de les propietats físiques que presenta el formaldehid.

Taula 1.5. Propietats físiques del formaldehid.[12]

Propietat	Valor
Fórmula	CH2O
Pes molecular (g/mol)	30,011
Densitat (g/ cm3) a -20ºC	0,8153
Punt de fusió (ºC)	-92
Punt d'ebullició (ºC)	-19,1
Punt d'inflamació (ºC)	64
Solubilitat en aigua	Alta (formació de formalina)

1.4. Procés de producció

1.4.1. Procés amb catalitzador de plata

En aquests tipus de procés es produeix las següent reacció:

Oxi-deshidrogenació:

$$CH_3OH + \frac{1}{2}O_2 \Leftrightarrow CH_2O + H_2O$$

A més d'aquest productes es genera CO_2 i CO com a subproductes. El mètode amb catalitzador de plata i recirculació de metanol aporta una major selectivitat per al formaldehid però una menor conversió del metanol, per altra banda, el procés BASF treballa a una major temperatura, augmentant la conversió del metanol però produint més CO i CO2 que l'altre mètode. La pressió d'operació es pressió atmosfèrica i les temperatures solen ser de entre 600-650 ºC pel mètode amb recirculació de metanol y de fins a 720ºC per al mètode BASF. [13]

1.4.2. Procés Formox

En el procés Formox s'utilitza com a catalitzar un òxid metàl·lic com per exemple el molibdat de ferro (III) $Fe_2(MoO_4)_3$.

En aquest procés ocorren les següents reaccions:

$$CH_3OH_{(g)} + K_{OX} \Rightarrow CH_2O_{(g)} + H_2O_{(g)} + K_{red}$$

$$K_{red} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \Rightarrow K_{OX}$$

$$CH_2O + \frac{1}{2}O_2 \Leftrightarrow CO + H_2O$$

On K_{ox} i K_{red} fa referència al catalitzador oxidat i reduït respectivament.

La conversió del metanol en aquest procés es troba entre el 95% i el 99%, tenint una alta selectivitat per al formaldehid. La pressió d'operació es pressió atmosfèrica i la temperatura es troba entre els 270-330 ºC. Degut a la baixa temperatura de reacció es pot considerar que la quantitat d'altres subproductes que es formarien que no son monòxid de carboni es menyspreable.

Aquest procés ha estat escollit per al desenvolupament de la planta degut a les baixes temperatures d'operació, la poca producció de subproductes i l'àmplia disponibilitat d'informació.

1.4.3. Descripció del procés de planta

El procés comença amb l'evaporació de metanol, el qual arriba a un mesclador per ajuntar-se amb el cabal d'aire de forma homogènia. Aquest nou corrent amb les matèries primeres és escalfat en un bescanviador de calor a 280ºC. És separa el cabal en dues corrents idèntiques, les quals arriben a una pressió de 160 Kpa als dos reactors catalítics. La reacció és altament exotèrmica, motiu pel qual s'utilitza oli tèrmic per mantenir estable la temperatura.

Els cabals de sortida dels reactors s'ajunten i es refreden de 294,6ºC a 40ºC i entra a un absorbidor, on amb un corrent d'aigua s'absorbeix el metanol i formaldehid, deixant anar per caps els gasos formats per CO, O2, N2 i vapor d'aigua amb traces de metanol. El

corrent líquid de cues es dirigeix a una torre de destil·lació per reduir el volum d'aigua. El cabal de cues, de la torre de destil·lació surt amb unes proporcions de 58,41% d'aigua i 41,59% de formaldehid i arriba a un tanc on finalment es mesclarà amb aigua i metanol per estabilitzar el producte i arribar a la concentració de 37%. El metanol utilitzat prové del magatzem de matèries primeres .

El corrent de caps de la torre, es condensa parcialment, utilitzant la part líquida de 499,9 Kg/h amb un 98% d'aigua i un 2% de formaldehid (amb traces de metanol) per a equilibrar les concentracions al producte final i enviant els gasos, amb un cabal de 1490 Kg/h amb restes de formaldehid i metanol a ser tractats.

Els gasos de sortida de l'absorbidor i la columna de destil·lació s'ajunten i entren a un oxidador catalític regeneratiu per tal d'eliminar els compostos tòxics abans d'emetre-los a l'atmosfera.

1.4.3.1. Diagrama del procés

A continuació, a la Figura 1.8. es mostra el diagrama del procés.

La nomenclatura emprada és la següent:

Taula 1.6. Nomenclatura del diagrama de procés.

Equip	Codi
Compressor	C
Mesclador	M
Bescanviador de calor	E
Reactor	R
Absorbidor	CA
Columna de destil·lació	DC

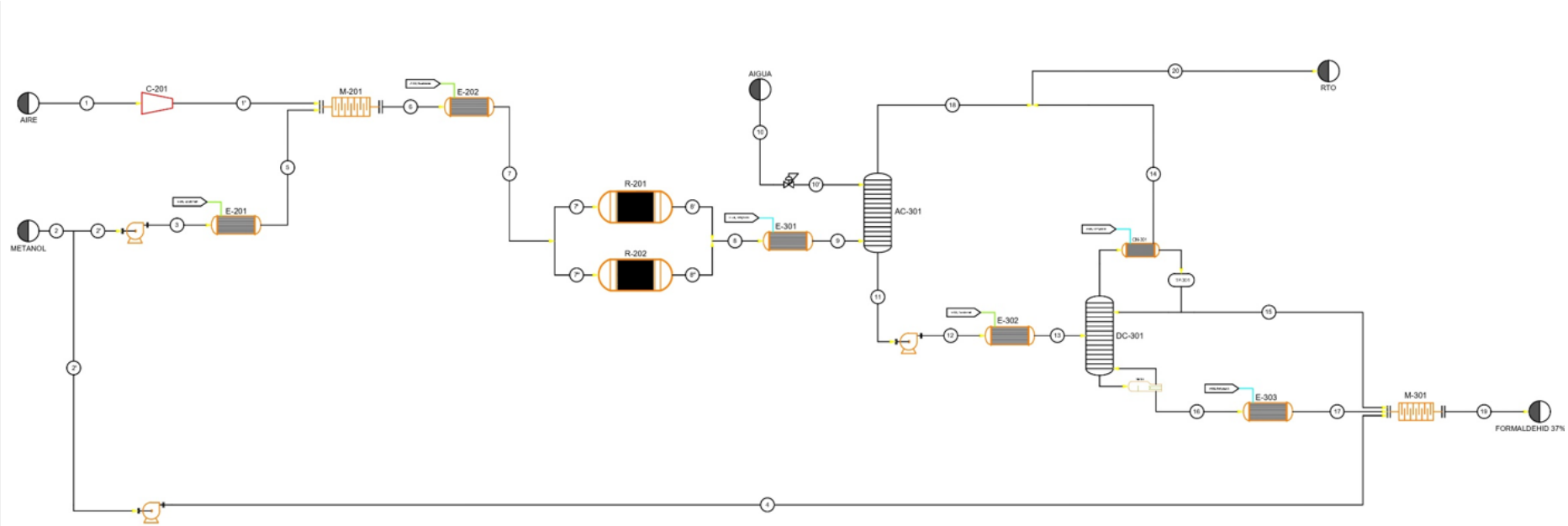


Figura 1.8. Diagrama del procés de la planta Formatech.

1.4.3.2. Balanç de matèria

A continuació, a la Taula 1.8. es detallaran els valors de cabal i condicions d'operació a cada corrent, seguint la numeració indicada a la Figura 1.8.

Taula 1.8. Balanç de matèria del procés (part 1 de 3)

Número del corrent	1	1'	2	2'	2''	3	4	5	6
Fracció de vapor	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Temperatura (ºC)	25	87,83	25	25	25	25,04	25,04	79,89	89,78
Pressió (kPa)	101,3	170	101,3	101,3	101,3	180	162	170	168
Cabal molar total (kmol/h)	1966	1966	193,6	166	27,61	166	27,61	166	2132
Cabal màssic total (kg/h)	56720	56720	6204	5319	884,7	5319	884,7	5319	62040
Cabal volumètric (m3/h)	48080	34070	7,893	6,767	1,126	6,767	1,126	2699	37940
Fracció màssica N2	0,7671	0,7671	-	-	-	-	-	-	0,7013
Fracció màssicaO2	0,2329	0,2329	-	-	-	-	-	-	0,213
Fracció màssica CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fracció màssica metanol	-	-	1	1	1	1	1	1	0,0857
Fracció màssica aigua	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fracció màssica formaldehid	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Taula 1.8. Balanç de matèria del procés (part 2 de 3)

Número del corrent	7	7'	7''	8'	8''	8	9	10	10'
Fracció de vapor	1	1	1	1	1	1	0,9136	0	0
Temperatura (ºC)	280	280	280	300,8	300,8	300,8	40	20	20
Pressió (kPa)	160,8	160,8	160,8	130	130	130	124,3	101,3	110
Cabal molar total (kmol/h)	2132	1066	1066	1109	1109	2218	2218	399,7	399,7
Cabal màssic total (kg/h)	62040	31020	31020	31020	31020	62040	62040	7200	7200
Cabal volumètric (m3/h)	60980	30490	30490	40720	40720	81440	42420	7,121	7,121
Fracció màssica N2	0,7013	0,7013	0,7013	0,7013	0,7013	0,7013	0,7013	-	-
Fracció màssicaO2	0,213	0,213	0,213	0,1685	0,1685	0,1685	0,1685	-	-
Fracció màssica CO	-	-	-	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	-	-
Fracció màssica metanol	0,0857	0,0857	0,0857	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	-	-
Fracció màssica aigua	-	-	-	0,0501	0,0501	0,0501	0,0501	1	1
Fracció màssica formaldehid	-	-	-	0,0759	0,0759	0,0759	0,0759	-	-

Taula 1.8. Balanç de matèria del procés (part 3 de 3)

Número del corrent	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Fracció de vapor	0	0	0,0056	1	0	0	0	1	0	1
Temperatura (ºC)	38,14	38,16	120	113,5	113,5	121,6	25	32,88	29	42,45
Pressió (kPa)	120	190	177,7	160	160	180	161,5	101,3	150,42	101,3
Cabal molar total (kmol/h)	630,3	630,3	630,3	82,22	27,51	520,6	520,6	1988	575,7	2070
Cabal màssic total (kg/h)	13240	13240	13240	1490	499,9	11250	11250	56000	12635	57490
Cabal volumètric (m3/h)	15,09	15,09	80,92	1631	0,5387	14,68	14,68	49870	14,61	53333
Fracció màssica N2	-	-	-	0,0004	-	-	-	0,7769	-	0,7568
Fracció màssicaO2	-	-	-	0,0001	-	-	-	0,1866	-	0,1818
Fracció màssica CO	-	-	-	-	-	-	-	0,0039	-	0,0038
Fracció màssica metanol	0,0001	0,0001	0,0001	0,0005	0,0001	-	-	0,0007	0,07	0,0007
Fracció màssica aigua	0,6442	0,6442	0,6442	0,9859	0,9784	0,5841	0,5841	0,0318	0,5588	0,0565
Fracció màssica formaldehid	0,3557	0,3557	0,3557	0,013	0,0216	0,4159	0,4159	-	0,3712	0,0003

1.5. Serveis de planta

Per a un correcte funcionament de la planta és indispensable els serveis de planta com poden ser l'aigua o l'electricitat.

Aquests serveis suposen una gran despesa ja que son necessaris per gairebé qualsevol activitat duta a terme en la planta, ja sigui durant el procés de producció, o per assegurar el compliment de les normes establertes de seguretat i contaminació mediambiental

1.5.1. Aigua de xarxa

Tot i que en la reacció de producció de formaldehid no s'utilitza aigua, si que serà necessària per a obtenir el producte final de formol 37% en aigua. També serà necessari suplir d'aigua el sistema de refrigeració, els laboratoris, i les zones d'ús dels treballador com els vestuaris o oficines.

L'aigua de Tarragona és una aigua dura amb un valor de 440 mg de $CaCO_3$.[14] El problema d'una aigua amb elevada duresa és que pot provocar incrustacions als equips i canonades, per tant s'haurà d'instal·lar un sistema de descalcificació per evitar possibles averies en els equips.

El subministrament d'aigua de xarxa és a traves d'una escomesa a peu de parcel·la a 4 kg/cm^2 i amb un diàmetre de 200mm.

1.5.2. Aigua contra incendis

En cas d'incendi s'utilitzaria principalment aigua de xarxa, però, en cas de que es talli el subministrament, és indispensable comptar amb una reserva d'aigua específicament per aquests casos.

El volum d'aigua reservada per a casos d'incendi ve determinada pels equips que utilitzin aquest servei.

1.5.3. Aire comprimit

L'aire comprimit es principalment utilitzat pels sistemes de control pneumàtics tot i que es pot emprar en altres tasques com la neteja. El subministrament d'aire comprimit es generarà a través de compressors i s'emmagatzemarà en un contenidor, tot a la zona de serveis.

Aquest aire haurà de ser filtrat i assecat per tal de treure impureses com partícules, humitat o olis, coses que podrien arribar a provocar avaries.

1.5.4. Gas natural

El gas natural serà emprat principalment per l'equip de calderes per generar calor, la quantitat utilitzada de gas dependrà de la demanda d'energia calorífica del moment. La connexió d'aquest servei es troba a peu de parcel·la a mitja pressió (1,5 Kg/cm^2).

1.5.5. Electricitat

L'energia elèctrica és indispensable en qualsevol part de la planta, donat que s'utilitza per al funcionament de la majoria d'equips com les bombes, compressors, il·luminació, sistemes de control, equips de laboratori, entre altres.

L'entrada d'electricitat a la planta és una connexió des de la línia a peu de parcel·la de 20 kV, la qual arriba a una estació transformadora per tal de reduir la tensió a 230 V per al correcte funcionament dels equips.

S'ha seleccionat Endesa com a companyia proveïdora d'electricitat, amb la tarifa 6.1TD fins a 30 kV [15].

A més de la connexió a la xarxa elèctrica, es de vital importància la capacitat de subministrar energia als equips en cas de que es talli l'energia elèctrica externa. Per aquest motiu es indispensable un sistema electrogen per tal d'assegurar que els equips necessaris continuïn treballant, ja que una parada sobtada de tota la maquinaria pot suposar un greu risc de seguretat.

1.5.6. Oli tèrmic

Com a fluid refrigerant per a equips a altes temperatures, s'ha escollit el Therminol 66, ja que permet treballar en un rang de temperatures elevat i les seves propietats el converteixen en una opció molt sòlida per a sistemes de refrigeració com els necessaris a Formatech.

A continuació, a les següents taules es detalles les especificacions de l'oli tèrmic[16]:

Taula 1.9. Fitxa tècnica del Therminol 66 de la companyia Eastman.

Property	Test Method	Typical Value, Units
General		
Appearance		Clear, pale yellow liquid
Composition		Modified terphenyl
Recommended Bulk Temperature		345 °C (650 °F)
Maximum film temperature		375 °C (705 °F)
Normal Boiling Point		359 °C (678 °F)
Pumpability		
@300 mm2/s (cSt)		11 °C (52 °F)
@ 2000 mm2/s (cSt)		-3 °C (27 °F)
Flash Point		
COC	ASTM D92	184 °C (363 °F)
PMCC	ASTM D93	170 °C (338 °F)
Autoignition Temperature	ASTM E659	374 °C (705 °F)
	DIN 51794	399 °C (750 °F)
Pour Point	ISO 3016	-32 °C (-25 °F)
Minimum liquid temperatures for fully developed turbulent flow (NRe > 10000)		
10 ft/s, 1-in. tube (3.048 m/s, 2.54-cm tube)		72 °C (162 °F)
20 ft/s, 1-in. tube (6.096 m/s, 2.54-cm tube)		53 °C (128 °F)
Minimum liquid temperatures for transitional region flow, (NRe > 2000)		
10 ft/s, 1-in. tube (3.048 m/s, 2.54-cm tube)		35 °C (96 °F)
20 ft/s, 1-in. tube (6.096 m/s, 2.54-cm tube)		26 °C (78 °F)
Coefficient of thermal expansion		
@ 200°C		0.000819 /°C (0.000455 /°F)
Viscosity, Kinematic		
@ 100°C	ASTM D 445	3.80 cSt, mm^2/s
@ 40°C	ASTM D 445	29.6 cSt, mm^2/s
Liquid Density		
@ 15°C	ASTM D 4052	1012 kg/m^3 (8.44 lb/gal)
@ 25°C	ASTM D 4052	1005 kg/m^3 (8.4 lb/gal)
Acidity	ASTM D 664	<0.2 mg KOH/g
Molecular Weight (Average)		252
Pseudocritical temperature		569 °C (1056 °F)
Pseudocritical pressure		24.3 bar (353 psia)
Pseudocritical density		317 kg/m^3 (19.8 lb/ft^3)
Copper Corrosion	ASTM D 130	<<1a
Moisture Content, maximum	ASTM E-203	150 ppm
Dielectric Constant		
@ 23°C	ASTM D-924	2.61

Taula 1.10. Propietats del Therminol 66 a diferents temperatures.

Temperature		Liquid density	Liquid heat capacity	Heat of vaporization	Liquid enthalpy[b]	Liquid thermal conductivity	Liquid viscosity[c]		Vapor pressure[d]
°C	°F	kg/m³	kJ/(kg·K)	kJ/kg	kJ/kg	W/(m·K)	cP (mPa·s)	cSt (mm²/s)	kPa
−3	27	1,023	1.49	415.6	22.0	0.1180	2,050	2,000	—
0	32	1,021	1.49	414.3	26.0	0.1183	1,320	1,300	—
10	50	1,015	1.53	409.6	41.2	0.1179	344	339	—
20	68	1,008	1.56	405.0	56.6	0.1176	123	122	—
30	86	1,002	1.60	400.5	72.4	0.1172	55.6	55.5	—
40	104	995	1.63	396.1	88.5	0.1167	29.5	29.6	—
50	122	989	1.66	391.8	105.0	0.1163	17.6	17.8	—
60	140	982	1.70	387.5	121.8	0.1158	11.5	11.7	—
70	158	975	1.73	383.3	139.0	0.1152	8.06	8.26	0.011
80	176	969	1.77	379.2	156.5	0.1147	5.93	6.12	0.018
90	194	962	1.80	375.1	174.4	0.1141	4.55	4.73	0.030
100	212	955	1.84	371.1	192.6	0.1135	3.60	3.77	0.048
110	230	948	1.87	367.1	211.1	0.1128	2.92	3.08	0.077
120	248	941	1.91	363.2	230.0	0.1121	2.42	2.57	0.119
130	266	934	1.94	359.4	249.3	0.1114	2.05	2.19	0.181
140	284	928	1.98	355.5	268.9	0.1107	1.75	1.89	0.271
150	302	921	2.01	351.7	288.8	0.1099	1.52	1.65	0.400
160	320	914	2.05	347.9	309.1	0.1091	1.33	1.46	0.579
170	338	907	2.09	344.2	329.8	0.1083	1.18	1.30	0.827
180	356	899	2.12	340.4	350.9	0.1074	1.06	1.17	1.17
190	374	892	2.16	336.7	372.3	0.1065	0.950	1.06	1.62
200	392	885	2.19	332.9	394.0	0.1056	0.860	0.972	2.23
210	410	878	2.23	329.1	416.1	0.1046	0.784	0.893	3.02
220	428	870	2.27	325.3	438.6	0.1036	0.718	0.825	4.06
230	446	863	2.30	321.5	461.5	0.1026	0.661	0.766	5.39
240	464	856	2.34	317.7	484.7	0.1015	0.611	0.714	7.10
250	482	848	2.38	313.7	508.3	0.1004	0.567	0.669	9.25
260	500	840	2.42	309.8	532.3	0.0993	0.529	0.629	12.0
270	518	832	2.45	305.8	556.7	0.0982	0.495	0.594	15.3
280	536	825	2.49	301.7	581.4	0.0970	0.464	0.563	19.5
290	554	817	2.53	297.5	606.5	0.0958	0.437	0.535	24.5
300	572	809	2.57	293.2	632.0	0.0946	0.413	0.510	30.7
310	590	800	2.61	288.8	657.9	0.0933	0.391	0.488	38.2
320	608	792	2.65	284.3	684.2	0.0920	0.371	0.468	47.2
330	626	783	2.69	279.7	710.8	0.0906	0.353	0.450	57.9
340	644	775	2.73	274.9	737.9	0.0893	0.336	0.434	70.7
350	662	766	2.77	270.0	765.4	0.0879	0.321	0.420	85.7
360	680	757	2.81	264.9	793.2	0.0865	0.308	0.406	103
370	698	748	2.85	259.6	821.5	0.0850	0.295	0.395	124

1.6. Constitució de la planta

Una planta de producció química consta de diverses àrees, cada una destinada a diferents labors i totes necessàries per al correcte funcionament d'aquesta. A la Taula 1.11. es defineixen els codis referents a cada zona i la seva definició.

Les 12 zones que conformen la planta es poden dividir en tres grups:

1. Zona destinada a la producció, format per les zones A-100, A-200, A-300 i A-400.

2. Zona d'activitats auxiliars que donen suport per al correcte funcionament de la planta, format per les zones A-500, A-600, A-700, A-800 i A-900.
3. Zones de personal, formades per les zones A-1000, A-1100, A-1200 i A-1300.

Taula 1.11. Distribució de les zones de la planta.

Codi de la zona	Definició
A-100	Magatzem de matèria primera
A-200	Pretractament i reacció
A-300	Operacions de separació
A-400	Tractament de gasos
A-500	Magatzem de producte
A-600	Serveis i manteniment
A-700	Zona contra incendis
A-800	Sala de control
A-900	Zona de càrrega i descàrrega
A-1000	Laboratori
A-1100	Gestió de residus
A-1200	Aparcament
A-1300	Oficines
A-1400	Vestuaris
A-1500	Menjador, sala de descans i cuina

1.7. Plantilla de treballadors

A part dels equips i terrenys, una part vital d'una empresa són els treballadors. A la Taula 1.12. es mostren els treballadors de Formatech dividits segons el seu departament i lloc de treball.

Taula 1.12. Llistat de treballadors a Formatech.

Perfil	Personal per torn	Nombre de torns	Personal total per plantilla
Departament de Producció			
Responsable de producció	1	1	1
Cap de torn	1	5	5
Operadors de sala de control	2	5	10
Operadors de camp	2	5	10
Departament d'Enginyeria i Manteniment			
Responsable de manteniment	1	1	1
Enginyers de manteniment	2	1	2
Tècnics de manteniment per torn	1	5	5
Tècnics especialitzats	3	1	3
Departament de Seguretat, Salut i Medi Ambient			
Responsable de SSMA	1	1	1
Tècnics de seguretat industrial	2	1	2
Tècnics de medi ambient	2	1	2
Tècnic de salut laboral	1	1	1
Departament de Qualitat			
Responsable de qualitat	1	1	1
Tècnics de control de qualitat	2	1	2
Inspectors de qualitat en planta	3	1	3
Departament de Logística			
Responsable de logística	1	1	1
Tècnics de logística	2	1	2
Operaris de càrrega i expedició	4	1	4

Perfil	Personal per torn	Nombre de torns	Personal total per plantilla
Departament de Laboratori i Anàlisi			
Responsable de laboratori	1	1	1
Tècnics de laboratori	3	1	3
Tècnic d'assajos especials i validacions	1	1	1
Auxiliar de laboratori	1	1	1
Departament d'I+D			
Responsable d'I+D	1	1	1
Enginyers de procés	2	1	2
Tècnics de suport experimental	2	1	2
Departament de Direcció i Gestió Administrativa			
Director de planta	1	1	1
Responsable d'administració i finances	1	1	1
Responsable de recursos humans	1	1	1
Responsable comercial i de relació amb clients	1	1	1
Tècnics administratius	3	1	3
Total	**50**		**74**

1.8. Pla temporal

A la Taula 1.13 es proposarà el pla temporal des de la concepció de la idea de la planta, fins a la seva posada en marxa, passant per la construcció de cada una de les zones i dels serveis necessaris.

Taula 1.13. Pla temporal de Formatech.

Nº tasca	Tasca	Duració (dies)	Precedència
1	Enginyeria del projecte	120	0:1
2	Obtenció de la llicencia	140	0:2
3	Demanda d'equips	140	1:3
4	Neteja de terrenys	30	2:4
5	Excavacions i cimentacions	60	1,2,4:5
6	Instal·lació de subministres	30	1,2,4,5:6
7	Vials i voreres	40	1,2,4,5:7
8	Aparcament (A-1200)	20	1,2,4-6:8
9	Construcció d'oficines i laboratoris (A-1000, A-1300)	120	1,2,4-6:9
10	Construcció de vestuaris (A-1400)	30	1,2,4-6:10
11	Àrea 100	40	1-6:11
12	Àrea 200	120	1-6:12
13	Àrea 300	120	1-6:13
14	Àrea 400	60	1-6:14
15	Àrea 500	40	1-6:15
16	Àrea 600	50	1-6:16
17	Àrea 700	80	1-6:17
18	Àrea 800	60	1-6:18
19	Àrea 900	40	1-6:19
20	Àrea 1100	60	1-6:20
21	Àrea 1500	50	1-6,9:21

Nº tasca	Tasca	Duració (dies)	Precedència
22	Instal·lació de suports, portes, escales, ascensors	30	9-21:22
23	Instal·lació de canonades de planta	60	11-21:23
24	Connexió de canonades amb el procés	30	23:24
25	Instal·lació canonades de serveis	60	11-21:25
26	Connexió de canonades amb els serveis i el procés	30	25:26
27	Instal·lació d'instrumentació i control d'equips	80	26:27
28	Connexió d'instrumentació i control d'equips	30	27:28
29	Instal·lació de sistema elèctric	80	9-21:29
30	Calibratge dels equips	40	27:30
31	Aïllament de canonades	30	23,25:31
32	Assaig d'equips	30	29:32
33	Pintura	30	32:33
34	Neteja	30	33:34

1.9. Bibliografia

[1] WIKIPEDIA. (s. f.) *Tarragona*. https://es.wikipedia.org/wiki/Tarragona

[2] WEATHER SPARK. (s. f.). *Clima promedio en Tarragona, España, durante todo el año*. https://es.weatherspark.com/y/45958/Clima-promedio-en-Tarragona-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-WindSpeed

[3] TOPOGRAPHIC-MAP.COM. (s. f.). *Mapa topográfico Tarragona*. https://es-es.topographic-map.com/map-xb657/Tarragona/?center=41.84469%2C-1.38146&zoom=8

[4] WIKIPEDIA. (s. f.). *Autovía del Mediterráneo*. https://es.wikipedia.org/wiki/Autov%C3%ADa_del_Mediterr%C3%A1neo

[5] WIKIPEDIA. (s. f.). *Autopista del Mediterráneo*. https://es.wikipedia.org/wiki/Autopista_del_Mediterr%C3%A1neo

[6] WIKIPEDIA. (s. f.). *N-340*. https://es.wikipedia.org/wiki/N-340

[7] WIKIPEDIA. (s. f.). *N-240*. https://es.wikipedia.org/wiki/N-240

[8] MED RFC. (s. f.). *MED RFC*. https://www.medrfc.eu/

[9] PORT TARRAGONA. (s. f.). *Líquidos a granel*. https://www.porttarragona.cat/es/servicio-negocio/negocio/traficos/liquidos

[10] WIKIPEDIA. (s. f.). *Metanol*. https://ca.wikipedia.org/wiki/Metanol

[11] WIKIPEDIA. (s. f.). *Monòxid de carboni*. https://ca.wikipedia.org/wiki/Mon%C3%B2xid_de_carboni

[12] WIKIPEDIA. (s. f.). *Formaldehid*. https://ca.wikipedia.org/wiki/Formaldehid

[13] REUSS, G., DISTELDORF, W., GAMER, A. O., & HILT, A. (2002). Formaldehyde. En *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* (6.ª ed.). Wiley-VCH.

[14] BEMAQUA. (5 de septiembre de 2021). *El agua del grifo de Tarragona*. https://bemaqua.com/2021/09/05/el-agua-del-grifo-de-tarragona/

[15] ENDESA. (s. f.). *Tarifa Open 6.1TD* https://www.endesa.com/content/dam/endesa-com/endesaclientes/empresas/documentos/es/productos-luz/tarifa-open/tarifa-open-6.1td.pdf

[16] EASTMAN CHEMICAL COMPANY. (s.f.). *Therminol 66 heat transfer fluid* https://www.eastman.com/en/products/product-detail/71093438/therminol-66-heat-transfer-fluid