



PLANTA PER LA FABRICACIÓ DE FORMALDEHID A PARTIR DE METANOL

TREBALL DE FINAL DE GRAU
ENGINYERIA QUÍMICA

Juny 2026

UAB
Universitat
Autònoma
de Barcelona

Escola
d'Enginyeria

Erik Benito
Alex García
Guillem Iglesias
Adrià Navarro
Mar Pastor
Alejandro Rasero

Tutor: Josep A. Torà





PLANTA PER LA FABRICACIÓ DE FORMALDEHID A PARTIR DE METANOL

TREBALL DE FINAL DE GRAU
ENGINYERIA QUÍMICA

Juny 2026

UAB
Universitat
Autònoma
de Barcelona

Escola
d'Enginyeria

Erik Benito
Alex García
Guillem Iglesias
Adrià Navarro
Mar Pastor
Alejandro Rasero

Tutor: Josep A. Torà



Taula de continguts

7.1 Introducció	3
7.2 Estudi de mercat	3
7.3 Valoració econòmica.....	6
7.3.1 Capital immobilitzat.....	6
7.3.1.1 Cost del terreny.....	6
7.3.1.2 Cost dels equips.....	6
7.3.1.3 Càlcul capital	11
7.3.2 Capital circulant	12
7.3.3 Posada en marxa	13
7.3.4 Inversió inicial.....	13
7.4 Costos de producció	13
7.4.1 Costos de fabricació	13
7.4.1.1 Matèries primeres (M1)	15
7.4.1.2 Mà d'obra directa (M2)	15
7.4.1.3 Patents (M3)	17
7.4.1.4 Mà d'obra indirecta (M4)	17
7.4.1.5 Serveis generals (M5).....	17
7.4.1.6 Subministres (M6)	18
7.4.1.7 Conservació (M7)	19
7.4.1.8 Laboratori (M8).....	19
7.4.1.9 Envasat (M9)	19
7.4.1.10 Expedició (M10)	19
7.4.1.11 Directiu i empleats (M11)	20
7.4.1.12 Amortització (M12)	20
7.4.1.13 Lloguers (M13).....	20
7.4.1.14 Impostos fàbrica (M14)	20
7.4.2 Costos generals.....	21
7.4.2.1 Despeses comercials (G1)	22
7.4.2.2 Gerència (G2)	22
7.4.2.3 Despeses financeres (G3)	22

7.4.2.4 Investigació i serveis tècnics (G4).....	23
7.4.3 Costos de producció totals	23
7.5 Ventes i ingressos	24
7.6 Rendibilitat del projecte	24
7.6.1 Amortització	24
7.6.2 Fluxos nets de caixa	25
7.6.3 Valor actual net	26
7.6.4 Taxa de Rendibilitat Interna	27
7.6.5 Temps de retorn.....	27
7.7 Bibliografia.....	29

7.1 Introducció

En aquest capítol es presenta l'estudi de la viabilitat econòmica del projecte amb l'objectiu de determinar la seva rendibilitat. Atès que l'execució real de qualsevol proposta industrial queda condicionada a la seva sostenibilitat econòmica a llarg termini, aquesta valoració esdevé un paràmetre clau per garantir que es genera un benefici per retornar la inversió.

L'objectiu principal és determinar si el projecte és capaç de generar valor dins del context econòmic actual, efectuant els càlculs necessaris per determinar paràmetres com la inversió inicial, els costos d'equips i de mà d'obra, els costos d'operació i els beneficis, entre d'altres.

Finalment, a partir de la previsió d'ingressos per venda del producte de la planta, es calculen els indicadors financers clau que determinen la rendibilitat i el potencial de generació de valor del projecte. Aquests indicadors són els Fluxos de Caixa Nets (NCF), el Valor Actual Net (VAN), la Taxa de Rendibilitat Interna (TIR) i el període de retorn.

7.2 Estudi de mercat

La principal funció d'un estudi de mercat és contextualitzar l'escenari comercial on es trobarà la planta, per tal d'identificar les principals àrees on es fa servir el producte, definir el públic de venda i el cost al qual es vendrà.

En aquest apartat s'analitzarà com està el mercat del formaldehid, quins són els principals productors i consumidors i, l'evolució de la seva producció i venda. D'aquesta manera es podrà conèixer el món financer on es trobarà la planta d'aquest projecte.

Per l'estudi de mercat es faran servir les dades públiques que hi ha del formaldehid (no específicament del formaldehid al 37%), ja que són les més accessibles i, la majoria de producte que conté aquest compost, es comercialitza en les mateixes condicions que en Formachem. Segons el grau, el mercat de formaldehid se segmenta en alta concentració (45-50%), concentració estàndard (37-44%) i formes concentrades (>85% - Paraformaldehid). [3]

Pel que fa al procés de producció, la ruta del catalitzador de plata va representar el 28,25% de la dimensió del mercat de Formaldehid en 2025, mentre que la via amb el de ferro-molibdè avança a una CAGR del 5,92% fins a 2031. Una de les innovacions dels processos amb aquest segon catalitzador és la reducció del consum de gas fins a un 12% per tona de formaldehid i una disminució la intensitat de la producció de CO₂ a 0,28t/t de producte. [1]

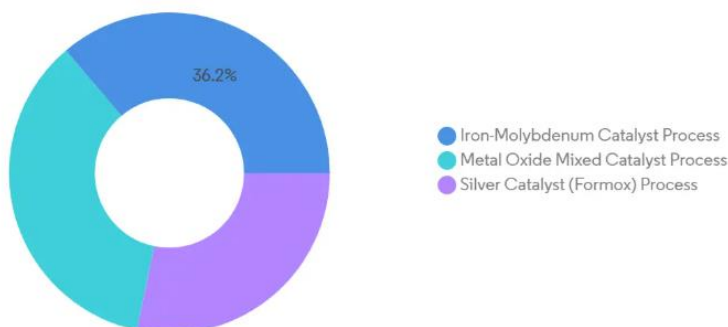


Figura 7.2.1 Configuracions del catalitzador emprat [1]

El concepte de la CAGR apareix diverses vegades en aquest capítol, en anglès vol dir *Compound Annual Growth Rate* i en català Taxa de Creixement Anual Composta. És un indicador que mesura la taxa de retorn o la taxa de creixement anual durant un període de temps determinat.

La dimensió del mercat de formaldehid va ser valorat en 23,05 milions de tones en el 2025 i s'ha fet l'estimació de què en el 2031 creixerà fins a les 30,98 milions de tones. Té un ventall molt gran d'aplicacions i, les millores que hi ha en els processos productius fa que aquesta producció augmenti d'una manera considerable. A la *Figura 7.2.2* es fa una representació gràfica del creixement del mercat, els valors que apareixen són milions de tones de formaldehid.

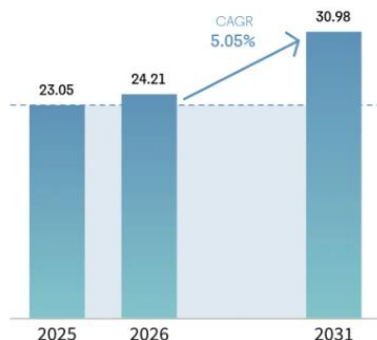


Figura 7.2.2 Representació del tamany del mercat de formaldehid [1]

El mercat global de formaldehid es va valorar en USD (dòlar nord-americà) 6,9 mil milions en el 2025. S'espera que el mercat creixi de 7,3 mil milions en 2026 a USD 11,4 mil milions en el 2035. La CAGR que té és del 5,05% segons el darrer informe publicat per Global Market Insights Inc. Amb aquest valor es pot avaluar el rendiment que tindrà la producció de formaldehid i, el valor de la taxa del formaldehid indica que els beneficis que s'obtenen en el mercat d'aquest producte augmentaran en el període de temps fins al 2035 [1].

El mercat de creixement més ràpid està a la zona de l'Àsia-Pacífic, ja que és on hi ha el mercat més gran, va mantenir el 51,88% del volum global en 2025. Els líders de mercat optimitzen l'eficiència dels catalitzadors i inverteixen en alternatives de base biològica que anticipen límits més estrictes de l'Agència de Protecció Ambiental dels Estats Units [1]. A la *Figura 7.2.3* es pot observar un mapa mundial on s'observa els països amb un GAGR elevat, mitjà o baix.

Els líders de la indústria són Celanese Corporation, Hexion Inc., Metafrax Chemicals, BASF i Bakelite Synthetics.



Figura 7.2.3 CAGR per regions, entre 2026 i 2031

L'ús del formaldehid al 37% es considera un dels usos més importants en el mercat, que inclou l'ús de formaldehid per desinfectants, conservants i com a intermediari químic en moltes indústries, especialment tèxtils, cuir i tractament d'aigua. Aquesta concentració estàndard (37-44%) va mantenir la participació més gran del mercat, amb un 64,9% en 2025 i s'espera que creixi amb una CAGR del 5% en el període del 2025-2034. [3]

Segons les aplicacions, el mercat de formaldehid se segmenta en producció d'adhesius i resines, intermedis químics, recobriments i pintures, desinfectants i conservants, tractament de tèxtils i cuir, ajudes en processos industrials i altres. El segment de producció d'adhesius i resines va dominar el mercat amb una participació aproximada del 45,5% en 2025 i s'espera que creixi amb una CAGR del 4,7% per 2035. [3]

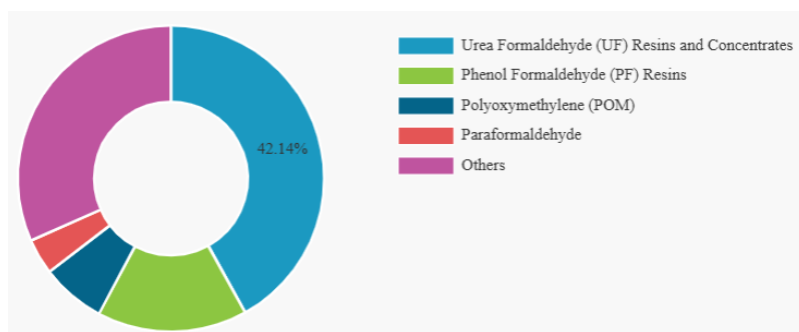


Figura 7.2.4 Principals configuracions del formaldehid en les seves aplicacions del formaldehid [2]

Segons l'ús final, el mercat de formaldehid se segmenta en construcció i infraestructura, automotriu, mèdic i salut, agricultura, petroli i gas, tèxtil, roba i cuir, aeroespacial i defensa, semiconductors i electrònica, cura personal i higiene i altres. El segment de construcció i infraestructura va tenir el domini del mercat amb una participació aproximada d'entre el 35% i el 49% en 2025 i s'espera que augmenti amb una CAGR del 4,6% per 2035. [3] En aquest segment es converteix el formaldehid en resines que uneixen la fusta d'enginyeria, llana mineral i escumes d'aïllament.

Per concloure amb l'estudi de mercat, com indiquen les fonts i les dades que s'han mencionat, el mercat global de formaldehid està en plena expansió, amb un creixement assegurat. Per altra banda, la solució aquosa estàndard (37% de formaldehid), que és la que es produeix a Formachem, és el motor del mercat, ja que d'entre les tres opcions mencionades anteriorment és la que té un percentatge més elevat. No només té més pes, sinó que té un índex de creixement del 5%, gràcies al seu ús com a intermediari químic, desinfectant i conservant.

Tenint en compte tota la anàlisi de les dades mencionades, es pot afirmar que la planta del projecte és plenament viable des del punt de vista comercial i econòmic. L'aposta pel catalitzador de ferro-molibdè és adient a la tendència que hi ha del seu ús i creixement. Per tant, el producte a comercialitzar és el correcte i la tecnologia que utilitza també ho és.

7.3 Valoració econòmica

La inversió inicial representa l'import total que es necessita per posar en marxa el projecte, incloent-hi el capital immobilitzat, el capital circulant i el cost de la posada en marxa. A continuació es faran els càlculs per poder obtenir el valor d'aquests paràmetres.

7.3.1 Capital immobilitzat

El capital immobilitzat (CI) és el capital a invertir principalment en l'adquisició de terrenys, equips i elements de la instrumentació. És una inversió que es va amortitzant al llarg de la vida útil de la planta.

El mètode que es farà servir per calcular-lo és el mètode de Vian, que és un mètode de factor múltiple, el qual s'explicarà més endavant.

7.3.1.1 Cost del terreny

En primer lloc, per calcular el cost del terreny, es fa servir l'Equació 7.3.1:

$$Cost\ terreny = A_p \cdot P_p$$

On A_p és la superfície total de la planta (m^2) i P_p és el preu del terreny on es troba ($€/m^2$). Aquest preu es troba entre els 80 i els 120 $€/m^2$ per les zones de polígons industrials estàndards. S'ha escollit un cost de 95 $€/m^2$ pel que fa al cost del terreny. Per altra banda, la parcel·la que ocupa la planta té un total de 53.720 m^2 , així doncs el cost del terreny que s'obté és el següent:

$$Cost\ terreny = 53.720 \cdot 95 = \mathbf{5.103.400\ €}$$

7.3.1.2 Cost dels equips

Per estimar el cost de tots els equips, s'ha fet servir un mètode d'aproximació teòrica. Aquest és el mètode de les correlacions de Sinnott & Towler [4], amb el qual es poden obtenir valors raonables del cost dels equips a partir de paràmetres característics i valors d'unes constants específiques a cada tipus d'equip. L'equació que fa servir aquest mètode és la següent (Equació 7.3.2):

$$Ce = a + b \cdot S^n$$

On Ce és el cost de l'equip (per l'any 2007), a , b i n són constants del mètode i S és el paràmetre característic que varia segons l'equip. Pel que fa al valor de cada constant, al Capítol 11. *Manual de càlcul* hi ha una taula que recull tots els paràmetres per a cada equip.

Com que el cost de l'equip que s'aconsegueix és respecte a l'any 2007, el que s'ha de fer és actualitzar al valor actual. L'índex CEPCI va deixar de ser gratuït el 2024 i, a partir d'aquest any es fa servir el CBI. El darrer any pel qual es pot actualitzar el CEPCI és el 2025, per tant, es farà la conversió entre el CEPCI del 2023 i el CBI del 2025. El càlcul emprant aquests índexs queda de la següent manera (Equació 7.3.3):

$$Ce_{2025} = Ce_{2007} \cdot \frac{CEPCI_{2023}}{CEPCI_{2007}} \cdot \frac{CBI_{25}}{CBI_{23}} = Ce_{2007} \cdot \frac{797,9}{509,7} \cdot \frac{97,1}{99,1}$$

Les dades dels 4 índexs s'han obtingut dels documents proporcionats en el campus de la universitat, a la bibliografia es troben les seves referències [9], [10], [11].

Per altra banda, tots aquests valors i actualitzacions es fan amb USD (\$), s'ha de fer un canvi de moneda per tenir els costos en €, que és la moneda que es fa servir a la regió on es troba Formachem. Per fer aquest canvi, simplement coneixent que actualment 1\$ equival a 0,86€, es fa el canvi amb el següent càlcul:

$$Ce_{2024}(\text{€}) = Ce_{2024}(\$) \cdot \frac{0,86 \text{ €}}{1 \$}$$

En darrer lloc, cal destacar que el mètode de les correlacions determina el cost en equips fabricats amb AISI 304. És per això que la majoria dels costos dels d'equips de Formachem s'han de multiplicar per un coeficient, ja que estan fabricats amb AISI 316L. Aquest material té un cost més elevat que el 304, així doncs es calcula un 30% més per cada equip (multiplicar el cost per 1,3). Per altra banda, pel que fa a les bombes, els compressors i el mesclador ME-401, són equips ATEX i, s'ha considerat que és un 30% més car per assimilar el seu cost a un valor més realista.

Abans de fer el càlcul del cost equip per equip, a la *Taula 7.3.1* hi ha un recull de tots els equips presents en la planta.

Taula 7.3.1 Llistat d'equips de la planta

Equip	Quantitat
Tanc emmagatzematge	11
Mesclador	2
Evaporador	1
Bescanviador de calor	5
Reactor	2
Columna d'absorció	1
Torre de refrigeració	1
Caldera	1
Bombes	16
Compressors	2
Transformador elèctric	1
Planta intercanvi iònic	1

Alguns dels costos dels equips s'ha determinat a partir de proveïdors o de catàlegs de diferents botigues, com per exemple el tanc de nitrogen comprimit. En aquests casos, el que es fa és posar directament el preu proporcionat pel proveïdor, sense haver de fer el càlcul amb el mètode de les correlacions.

Taula 7.3.2 Resum càlculs dels costos associats als tancs d'emmagatzematge

Equip	Tipus	Paràmetre (S)	Valor de S	Ce ₂₀₀₇ (USD)	Ce ₂₀₀₇ (AISI 316L)	Ce ₂₀₂₅ (USD)	Ce ₂₀₂₅ (€)
TE-101	Sostre cònic	Capacitat (m3)	260	73645,07	95738,60	146847,47	126288,82
TE-102	Sostre cònic	Capacitat (m3)	260	73645,07	95738,60	146847,47	126288,82
TE-103	Sostre cònic	Capacitat (m3)	260	73645,07	95738,60	146847,47	126288,82
TE-501	Sostre cònic	Capacitat (m3)	230	67999,56	88399,43	135590,38	116607,72
TE-502	Sostre cònic	Capacitat (m3)	230	67999,56	88399,43	135590,38	116607,72
TE-503	Sostre cònic	Capacitat (m3)	230	67999,56	88399,43	135590,38	116607,72
TE-504	Sostre cònic	Capacitat (m3)	230	67999,56	88399,43	135590,38	116607,72
TE-604	Recipient a P vertical	Massa carcassa (kg)	1426	47621,99	61908,59	94957,73	81663,65
TE-603	-	-	-	-	-	-	8200,00
TE-602	Sostre cònic	Capacitat (m3)	35	21864,59	-	33536,73	28841,58
TE-601	Horitzontal AI 304	Massa carcassa (kg)	2760	63980,16	83174,21	127575,74	109715,13

El valor del cost del tanc de nitrogen TE-602 ve donat pel proveïdor Linde [12].

Taula 7.3.3 Resum càlculs dels costos associats als mescladors

Equip	Tipus	Paràmetre (S)	Valor de S	Ce ₂₀₀₇ (USD)	Ce ₂₀₀₇ (AISI 316L/ATEX)	Ce ₂₀₂₅ (USD)	Ce ₂₀₂₅ (€)
ME-201	Estàtic	Cabal (L/s)	8716,7	39313,08	51107,00	78389,84	67415,26
ME-401	Hèlix	Potència motor (kW)	0,25715	15237,87	19809,25	30384,14	26130,36

Taula 7.3.4 Resum càlculs dels costos associats als bescanviadors de calor

Equip	Tipus	Paràmetre (S)	Valor de S	Ce ₂₀₀₇ (USD)	Ce ₂₀₀₇ (AISI 316L)	Ce ₂₀₂₅ (USD)	Ce ₂₀₂₅ (€)
E-201	Carcassa i tubs, tubs en U	Àrea (m2)	189,4	48866,45	63526,39	97439,17	83797,68
BC-201	Carcassa i tubs, tubs en U	Àrea (m2)	40,3	27882,61	36247,39	55597,62	47813,95
BC-202	Carcassa i tubs, tubs en U	Àrea (m2)	40,3	27882,61	36247,39	55597,62	47813,95
BC-203	Carcassa i tubs, tubs en U	Àrea (m2)	283,3	64313,80	83607,94	128241,00	110287,27
BC-401	Carcassa i tubs, tubs en U	Àrea (m2)	9	24642,47	32035,20	49136,80	42257,65
BC-601	Carcassa i tubs, tubs en U	Àrea (m2)	41,2	27986,89	36382,96	55805,56	47992,78

Taula 7.3.5 Resum càlculs dels costos associats als reactors

Equip	Tipus	Paràmetre (S)	Valor de S	Ce ₂₀₀₇ (USD)	Ce ₂₀₀₇ (AISI 316L)	Ce ₂₀₂₅ (USD)	Ce ₂₀₂₅ (€)
R-301	Recipient a P vertical AI 304	Massa carcassa (kg)	53575	726421,14	944347,48	1448475,76	1245689,16
R-302	Recipient a P vertical AI 304	Massa carcassa (kg)	53575	726421,14	944347,48	1448475,74	1245689,16

Taula 7.3.6 Resum càlcul dels costos associats a les columnes, torres i calderes

Equip	Tipus	Paràmetre (S)	Valor de S	Ce ₂₀₀₇ (USD)	Ce ₂₀₀₇ (AISI 316L)	Ce ₂₀₂₅ (USD)	Ce ₂₀₂₅ (€)
CA-401 (recipient)	Recipient a P vertical AI 304	Massa carcassa (kg)	5407,3	116284,34	151169,64	231869,70	199407,94
CA-401 (rebliment)	Estructurat	Volum (m3)	18,7	129030,00	167739,00	257284,40	221264,59
TR-601	Torre de refrigeració	Cabal (L/s)	57,5	199847,62	-	306533,81	263619,08
CL-601	Caldera 15 a 40 bar	Cabal vapor d'aigua (kg/h)	18000	262600,00	341380,00	402785,78	346395,77

Taula 7.3.7 Resum càlcul dels costos de les bombes i compressors

Equip	Tipus	Paràmetre (S)	Valor de S	Ce ₂₀₀₇ (USD)	Ce ₂₀₀₇ (ATEX)	Ce ₂₀₂₅ (USD)	Ce ₂₀₂₅ (€)
P-101A	Bomba centrífuga	Cabal (L/s)	10,82	8656,60	11253,57	17261,16	14844,59
P-101B	Bomba centrífuga	Cabal (L/s)	10,82	8656,60	11253,57	17261,16	14844,59
P-102A	Bomba centrífuga	Cabal (L/s)	1412,9	147818,33	192163,84	294748,13	253483,40
P-102B	Bomba centrífuga	Cabal (L/s)	1412,9	147818,33	192163,84	294748,13	253483,40
P-103A	Bomba centrífuga	Cabal (L/s)	1412,9	147818,33	192163,84	294748,13	253483,40
P-103B	Bomba centrífuga	Cabal (L/s)	1412,9	147818,33	192163,84	294748,13	253483,40
P-401A	Bomba centrífuga	Cabal (L/s)	2,425	7357,20	9564,36	14670,18	12616,35
P-401B	Bomba centrífuga	Cabal (L/s)	2,425	7357,20	9564,36	14670,18	12616,35
P-501A	Bomba centrífuga	Cabal (L/s)	8,49	8312,16	10805,81	16574,36	14253,95
P-501B	Bomba centrífuga	Cabal (L/s)	8,49	8312,16	10805,81	16574,36	14253,95
P-601A	Bomba centrífuga	Cabal (L/s)	5,5	7855,42	10212,04	15663,62	13470,71
P-601B	Bomba centrífuga	Cabal (L/s)	5,5	7855,42	10212,04	15663,62	13470,71
P-602A	Bomba centrífuga	Cabal (L/s)	67,06	15971,61	20763,09	31847,22	27388,61
P-602B	Bomba centrífuga	Cabal (L/s)	67,06	15971,61	20763,09	31847,22	27388,61
P-602A	Bomba centrífuga	Cabal (L/s)	92,1	18969,82	24660,77	37825,62	32530,03
P-602B	Bomba centrífuga	Cabal (L/s)	92,1	18969,82	24660,77	37825,62	32530,03
C-201A	Compressor centrífug	Potència motor (kW)	1107	1616672,92	2101674,79	3223628,02	2772320,10
C-201B	Compressor centrífug	Potència motor (kW)	1107	1616672,92	2101674,79	3223628,02	2772320,10

En darrer lloc, hi ha dos equips auxiliars que també es contenen dins dels costos d'equips, ja que són també una inversió inicial en maquinària que tindrà un ús constant al llarg de la vida de la planta. Aquests dos s'han obtingut a partir de proveïdors, el primer és el transformador elèctric, que té un cost estimat de **250.000 €** i es compra a SCOTECH [13] i, el segon és l'equip d'osmosi inversa per a l'aigua de la columna d'absorció, el qual té un cost de **37.368,43 €** i es compra a SETASA Filtración [14].

Un cop es coneix el cost individual de cada equip, s'ha de calcular el total. A la *Taula 7.3.8* hi ha un recull de la suma de tots els equips i el preu final dels costos d'equips.

Taula 7.3.8 Suma total de costos d'equips

Equip	Quantitat	Cost (€)
Tanc emmagatzematge	11	1.073.717,73
Mesclador	2	93.545,62
Evaporador	1	83.797,68
Bescanviador de calor	5	296.165,60
Reactor	2	2.491.378,31
Columna d'absorció	1	420.672,53
Torre de refrigeració	1	263.619,08
Caldera	1	346.395,77
Bombes	16	1.244.142,07
Compressors	2	5.544.640,19
Transformador elèctric	1	250.000,00
Planta intercanvi iònic	1	37.368,43
COST TOTAL		12.145.443,01

7.3.1.3 Càlcul capital

Per completar el càlcul del capital immobilitzat, un cop ja es coneix el valor del terreny i dels costos dels equips, es fa servir el mètode de Vian. Aquest és un mètode d'estimació per poder obtenir el valor aproximat de tots els costos associats a la instal·lació dels equips i els elements auxiliars. Per fer servir aquest mètode, s'ha d'escollir un % per a cada aspecte a tenir en compte. Hi ha un rang adjudicat per a cada paràmetre, a la *Taula 7.3.9* hi ha el nom del paràmetre i el rang d'aquest entre el qual es pot escollir.

Taula 7.3.9 Paràmetres del mètode de Vian

Nom	Descripció	Rang de %
I1	Maquinària i aparells	X
I2	Instal·lació	35% X – 50% X
I3	Canonades i vàlvules	60% X
I4	Instrumentació	5% X - 30% X
I5	Aïllaments	3% X - 10% X
I6	Instal·lació elèctrica	10% X - 20% X
I7	Terrenys i edificis	Terreny + 12% X- 15% X
I8	Instal·lacions auxiliars	25% X - 70% X
Y	Capital físic o primari	Sumatori I1 a I8
I9	Projecte i direcció d'obra	20% Y - 30% Y
Z	Capital directe o secundari	Y + I9
I10	Contractista	4% Z - 10% Z
I11	Despeses no previstes	10% Z - 30% Z
TOTAL		Z + I10 + I11

Per calcular el cost de cada paràmetre, s'han escollit els valors desitjats dels factors multiplicadors (dins del rang de %). A la següent taula (*Taula 7.3.10*) s'indica el % escollit de cada paràmetre i el cost del qual comporta cadascun, així com el cost total final:

Taula 7.3.10 Càlcul capital immobilitzat total

Nom	Descripció	% Escollit	Cost (€)
I1	Maquinària i aparells	X	12145443,01
I2	Instal·lació	40% X	4858177,205
I3	Canonades i vàlvules	60% X	7287265,807
I4	Instrumentació	10% X	1214544,301
I5	Aïllaments	5% X	607272,1506
I6	Instal·lació elèctrica	10% X	1214544,301
I7	Terrenys i edificis	Terreny + 12% X	6560853,161
I8	Instal·lacions auxiliars	30% X	3643632,903
Y	Capital físic o primari	Sumatori I1 a I8	37531732,84
I9	Projecte i direcció d'obra	20% Y	7506346,568
Z	Capital directe o secundari	Y + I9	45038079,41
I10	Contractista	5% Z	2251903,97
I11	Despeses no previstes	10% Z	4503807,941
TOTAL			51.793.791,32

7.3.2 Capital circulant

El capital circulant és el conjunt de recursos financers que l'empresa necessita per cobrir les seves despeses de l'operació de la planta. Dins d'aquestes despeses es troben les primeres matèries, els serveis, els pagaments salarials, entre d'altres. Aquest capital que s'inverteix es recupera un cop finalitza l'activitat de la planta.

La vida útil de la planta no es pot saber amb exactitud, de manera que per calcular el capital circulant (CC) es fa servir el mètode global. Aquest estima que el valor del CC es troba entre el 10 i el 30% del capital immobilitzat. El % escollit és un 20%, ja que es troba dins del rang. El capital circulant doncs es determina de la següent manera (*Equació 7.3.4*):

$$Cc = 0,2 \cdot Ci$$

On Cc és el capital circulant (€) i Ci és el capital immobilitzat (€). Amb les dades del projecte:

$$Cc = 0,2 \cdot 51793791,32 = \mathbf{10.358.758,26 \text{ €}}$$

7.3.3 Posada en marxa

El següent punt que s'ha de tenir en compte en la inversió inicial de la construcció i operació de la planta és la posada en marxa. Engegar els equips, les primeres matèries i tota l'energia necessària per posar en marxa tot el mecanisme productiu de la planta és costós i, té preu que s'ha de considerar en aquesta inversió. Tot i això, el valor que s'atribueix a aquesta despesa és molt inferior al del capital immobilitzat, fins i tot és a vegades menyspreable. A Formachem s'ha volgut tenir en compte i, s'estima que és un 5% del capital immobilitzat. El càlcul es fa amb l'Equació 7.3.5:

$$C_p = 0,05 \cdot C_i$$

On C_p és el cost de la posada en marxa (€) i C_i és el capital immobilitzat (€). El valor que s'obté és el següent:

$$C_p = 0,05 \cdot 51793791,32 = \mathbf{2.589.689,57 \text{ €}}$$

7.3.4 Inversió inicial

Una vegada s'han obtingut tots els costos necessaris, és a dir, el capital immobilitzat, el capital circulant i el cost de la posada en marxa, es pot calcular el cost total de la inversió inicial (Equació 7.3.6):

$$\text{Inversió inicial} = C_i + C_c + C_p$$

On C_i és el capital immobilitzat, C_c és el capital circulant i C_p és el cost de la posada en marxa. El valor estimat de la inversió inicial és:

$$\text{Inversió inicial} = 51793791,32 + 10358758,26 + 2589689,57 = \mathbf{64.742.239,15 \text{ €}}$$

Per tant, el valor total a invertir per a la planta Formachem és de **64.742.239,15 €**.

7.4 Costos de producció

Una planta de producció química no només té una inversió inicial, sinó que durant la seva vida útil també hi ha despeses. Aquestes s'anomenen costos de producció i, engloben diversos paràmetres que s'agrupen en dues categories: costos de fabricació (M) i costos generals (G). A continuació es farà el càlcul de tots els costos que hi ha dins d'aquestes categories, per poder fer el sumatori final i conèixer quins seran els costos totals de producció.

7.4.1 Costos de fabricació

Els costos de fabricació (M) es divideixen en dos tipus: costos directes i costos indirectes. Els directes són els que estan relacionats directament amb el procés productiu, ja que s'associen directament als reactius que es consumeixen o la mà d'obra de la producció. Per altra banda, els indirectes són aquells que no estan relacionats directament amb la producció, però que

també són necessaris per poder dur a terme l'activitat. A la *Taula 7.4.1* hi ha tots els costos que formen part de cadascun dels dos grups i com s'identifiquen.

Taula 7.4.1 Costos de fabricació (M)

Costos directes	Costos indirectes	
M1: Matèries primeres	M4: Ma d'obra indirecta	M11: Directius i empleats
M2: Ma d'obra directa	M5: Serveis generals	M12: Amortització
M3: Patents	M6: Subministres	M13: Lloguers
	M7: Conservació	M14: Impostos fàbrica
	M8: Laboratori	M15: Assegurances
	M9: Envasat	
	M10: Expedició	
Variables	Variables	Fixes

Per calcular el valor de cada paràmetre, hi ha dues metodologies. La primera és fent el càlcul del cost que comporta, com per exemple, calcular tot el que es paga en matèries primeres sumant el cost de tots els reactius. Per altra banda, la segona metodologia és aplicant una estimació amb relació a altres paràmetres, com per exemple el valor de la mà d'obra indirecta que depèn de la mà d'obra directa. Per saber com es calcula cadascun dels paràmetres, a la següent taula (*Taula 7.4.2*) hi ha un recull de tota aquesta informació:

Taula 7.4.2 Metodologies de l'estimació dels costos de fabricació

Partida	Estimació per càlcul	Estimació en relació a altres partides
M1	x	
M2	x	
M3	x	
M4		$0,12 \cdot M2 - 0,45 \cdot M2$
M5	x	
M6		$0,002 \cdot Ci - 0,015 \cdot Ci$
M7		$0,02 \cdot Ci - 0,1 \cdot Ci$
M8		$0,05 \cdot M2 - 0,25 \cdot M2$
M9	x	
M10	x	
M11		$0,1 \cdot M2 - 0,4 \cdot M2$
M12		Diferents mètodes en relació a Ci
M13	x	
M14		Segons normativa en relació a Ci
M15		Segons normativa en relació a Ci

7.4.1.1 Matèries primeres (M1)

A la planta de Formachem, hi ha un únic reactiu que es té en compte com a matèria primera, el metanol. Per altra banda, també es considera matèria primera el catalitzador, ja que es fa servir de manera directa a la reacció i, per tant, també és necessari perquè aquesta tingui lloc. El càlcul d'aquest cost total es troba a la *Taula 7.4.3*, on s'inclou el consum en tones que hi ha anualment, el preu unitari dels compostos i el cost anual calculat.

Taula 7.4.3 Cost de les matèries primeres

Matèria primera	Consum anual (t/any)	Cost unitari (€/tona)	Cost anual (€/any)
Metanol	47254,13	600	28.352.475,36

7.4.1.2 Mà d'obra directa (M2)

S'entén per mà d'obra directa el que l'empresa paga al personal. En aquest cost està inclòs el sou que el treballador rep i la part que s'ha de pagar de seguretat social de cada treballador. Segons els treballadors definits al *Capítol 9. Operació de la planta*, s'ha format la següent taula (*Taula 7.4.4*) que recull el nombre de treballadors per posició, el seu salari i el que aporten a la seguretat social. La cotització que fa cada persona s'ha considerat que és d'un 28% del seu salari brut.

Taula 7.4.4 Costos associats a la mà d'obra directa

Departament	Posició	Personal	Salari brut anual per persona (€/any)	Seguretat social anual per persona (€/any)	Cost total anual (€/any)
Direcció	Director	1	85.000,00	23.800,00	108.800,00
Producció	Responsable	1	45.000,00	12.600,00	57.600,00
	Cap de torn	5	35.000,00	9.800,00	224.000,00
	Operador sala control	5	30.000,00	8.400,00	192.000,00
	Operador de camp	15	28.000,00	7.840,00	537.600,00
	Operador serveis auxiliars	5	28.000,00	7.840,00	179.200,00
Enginyeria de procés	Enginyer de procés	1	40.000,00	11.200,00	51.200,00
	Enginyer de millora continua	1	40.000,00	11.200,00	51.200,00
Manteniment	Responsable	1	40.000,00	11.200,00	51.200,00
	Manteniment de torn	5	28.000,00	7.840,00	179.200,00
	Manteniment mecànic	3	28.000,00	7.840,00	107.520,00
	Tècnic elèctric	1	30.000,00	8.400,00	38.400,00
	Tècnic d'instrumentació i control	1	30.000,00	8.400,00	38.400,00
Investigació i desenvolupament	Responsable	1	40.000,00	11.200,00	51.200,00
	Tècnic de laboratori i desenvolupament	1	32.000,00	8.960,00	40.960,00
Departament de qualitat	Responsable	1	40.000,00	11.200,00	51.200,00
	Analista de laboratori	3	32.000,00	8.960,00	122.880,00
	Tècnic control de producte	1	30.000,00	8.400,00	38.400,00
Seguretat, salut i medi ambient	Responsable	1	40.000,00	11.200,00	51.200,00
	Tècnic de previsions de riscos laborals	1	35.000,00	9.800,00	44.800,00
Logística	Responsable	1	40.000,00	11.200,00	51.200,00
	Operaris de càrrega i descàrrega	4	28.000,00	7.840,00	143.360,00
	Personal de magatzem	2	28.000,00	7.840,00	71.680,00
Administració i compres	Responsable de compres	1	50.000,00	14.000,00	64.000,00
	Administratiu de la planta	1	50.000,00	14.000,00	64.000,00
	Responsable de finances	1	50.000,00	14.000,00	64.000,00
	Recursos humans	2	35.000,00	9.800,00	89.600,00
COST TOTAL M2					2.764.800,00

7.4.1.3 Patents (M3)

La patent a tenir en compte en aquest procés és l'associada a les tecnologies d'oxidació catalítica per a la producció de formaldehid (US4208353A), la qual és de l'any 1980 [7]. Com que el període de validesa és de 20 anys, la informació que conté aquesta ja és de domini públic i, per tant, té cap cost associat.

Per aquest motiu, el cost associat a les patents és nul: **M3 = 0 €/any**.

7.4.1.4 Mà d'obra indirecta (M4)

Segons la metodologia que s'ha plantejat anteriorment, la mà d'obra indirecta es considerava entre un 12% i un 45% de la mà d'obra directa. En aquest projecte, s'ha escollit que la mà d'obra indirecta sigui un 25%, ja que és un valor que es troba aproximadament entre els dos límits del rang. Per tant, el càlcul de la mà d'obra indirecta es fa de la següent manera (*Equació 7.4.1*):

$$M4 = 0,25 \cdot M2$$

On *M4* és la mà d'obra indirecta (€/any) i *M2* és la mà d'obra directa (€/any). El valor resultant és:

$$M4 = 0,25 \cdot 2.764.800,00 = \mathbf{691.200,00\text{€/any}}$$

7.4.1.5 Serveis generals (M5)

A la planta hi ha diversos serveis generals, els principals són els fluids de servei, com el nitrogen o els olis tèrmics, i el consum elèctric.

En primer lloc, el consum elèctric total s'estima que és de 6800,04 kW (calculat al *Capítol 11. Manual de càlcul*) on està inclòs el consum dels equips principals, així com serveis auxiliars com la il·luminació, la climatització, les oficines, etc. Considerant un temps de funcionament de 24 h i que el cost del kW/h mitjà per la indústria a Tarragona en data de 31/06/2026 és de 0,08 €/kWh, la *Taula 7.4.5* recull el càlcul total del servei d'electricitat.

Taula 7.4.5 Càlcul del cost del consum elèctric anual

Concepte	Potència	Temps de funcionament (h)	Consum (kWh/any)	Cost (€/any)
Equips	5666,7	24	44880264	3590421,12
Serveis auxiliars	1133,34	24	8976052,8	718084,224
TOTAL COST CONSUM ELÈCTRIC				4.308.505,344

Per altra banda, tant per l'aigua de xarxa per la refrigeració, com pel Therminol i el Downtherm A, es considera que el cost anual és nul, ja que treballen en un circuit tancat. Pel que fa a l'aire comprimit s'aconsegueix també amb els compressors que hi ha a l'inici del procés, ja que tenen una capacitat de cabal molt elevada, suficient per als serveis auxiliars que necessiten aquest aire comprimit.

Dos serveis que també s'han de quantificar són el de nitrogen i el d'aigua de xarxa per a la columna d'absorció, la qual es fa passar per l'estació de desionització. El cost per al total d'aquests dos serveis es recull a continuació a la *Taula 7.4.6*, on també es mostra el càlcul realitzat.

Taula 7.4.6 Càlcul cost del consum de nitrogen i aigua

Servei	Consum anual (kg/any)	Preu unitari (€/kg)	Cost anual (€/any)
Nitrogen	223.458	0,06	13407,48
Aigua de xarxa	168.904.000	0,0013	219575,2
TOTAL COST CONSUM FLUIDS DE SERVEI			232982,68

En darrer lloc, l'últim cost que es té en compte en aquest apartat és el catalitzador del reactor, ja que la seva vida útil és anual i, per tant, el cost del seu consum també ho és. Al reactor hi ha aproximadament 9044 kg del catalitzador de Fe-Mo, el qual té un cost unitari de 25.000 €/tona. Considerant aquestes dades, anualment el consum de catalitzador té un cost de **226.100 €**.

Un cop s'han calculat tots els costos relacionats amb els serveis, es recull aquesta informació a la *Taula 7.4.7*, calculant també el cost total que comporten.

Taula 7.4.7 Cost total dels serveis

Servei	Cost anual (€/any)
Electricitat	4.308.505,34
Nitrogen	13.407,48
Aigua	219.575,20
Catalitzador	226.100,00
TOTAL	4.767.588,02

7.4.1.6 Subministres (M6)

Els subministraments que no són serveis o que no es consideren matèria primera també s'han de tenir en compte, com per exemple productes químics auxiliars, lubricants per alguns instruments, etc. El càlcul del valor que correspon a aquests subministraments és determinat per una estimació, la qual consisteix a considerar que és entre un 0,2% i un 1,5% del capital immobilitzat. El % escollit és d'un 0,85%, que correspon al valor exacte entre aquests dos límits. Per tant, amb l'*Equació 7.4.2* es pot calcular el M6:

$$M6 = 0,0085 \cdot Ci$$

On *M6* correspon al valor dels subministraments (€) i *Ci* correspon al capital immobilitzat (€). Considerant el valor de capital immobilitzat que ja s'ha calculat prèviament, l'equació queda de la següent manera:

$$M6 = 0,0085 \cdot 51793791,32 = \mathbf{440.247,23 \text{ €/any}}$$

7.4.1.7 Conservació (M7)

Aquest paràmetre inclou tot el que s'ha de pagar amb relació al manteniment i les revisions periòdiques, les quals són necessàries pel bon funcionament i per la seguretat de la planta. El seu càlcul es fa escollint un % entre el 2% i el 10% del capital immobilitzat. S'ha considerat que és un 4% d'aquest. Per tant, amb l'equació següent s'efectua aquest càlcul (*Equació 7.4.3*):

$$M7 = 0,04 \cdot Ci$$

On *M7* és la conservació (€/any) i *Ci* és el capital immobilitzat (€). El valor resultant és el següent:

$$M7 = 0,04 \cdot 51793791,32 = \mathbf{2.071.751,65 \text{ €/any}}$$

7.4.1.8 Laboratori (M8)

Per tenir un bon control de la qualitat de les matèries primeres i el producte es necessita un laboratori analític. A més a més, és on es fan també les proves de modificacions de producte o millores de processos. L'estimació del seu cost està entre el 5% i el 25% del cost de la mà d'obra directa, en funció de les necessitats del laboratori o la complexitat d'aquest. El valor escollit per Formachem és d'un 10%, ja que el laboratori és una part important de la planta, però pel que fa a la quantitat de matèries primeres o varietat de productes, aquestes són reduïdes i, per tant, no fa falta un laboratori de gran complexitat. El càlcul queda de la següent manera:

$$M8 = 0,10 \cdot M2$$

On *M8* és el cost del laboratori (€/any) i *M2* és el cost de la mà d'obra directa (€/any). Substituint en l'*Equació 7.4.4* el valor obtingut de mà d'obra, el resultat és:

$$M8 = 0,10 \cdot 2.764.800,00 = \mathbf{276.480,00\text{€/any}}$$

7.4.1.9 Envasat (M9)

A la planta de Formachem no es fa un envasament del producte, ja que aquest es carrega en camions cisterna. Aquests són els encarregats d'exportar el producte cap als clients final, per tant, el valor del cost per l'envasament del producte és nul: **M9 = 0 €/any**.

7.4.1.10 Expedició (M10)

El formaldehid al 37% es distribueix en gran quantitat i, hi ha un constant moviment de camions cisterna de sortida de la planta. Aquestes expedicions tenen un cost associat que s'ha de tenir en compte, el qual s'ha estimat a un 10% dels costos de mà d'obra directa, ja que es necessiten transportistes i, el combustible dels camions també és una despesa. Per tant, el càlcul es fa amb la següent equació (*Equació 7.4.5*):

$$M10 = 0,1 \cdot M2$$

On *M10* és el cost de l'expedició (€/any) i *M2* és el cost de la mà d'obra directa (€/any). Fent el càlcul, s'obté:

$$M10 = 0,1 \cdot 2.764.800,00 = \mathbf{276.480,00\text{€/any}}$$

7.4.1.11 Directiu i empleats (M11)

Els costos associats a la direcció i els empleats de la planta ja s'ha tingut en compte en el cost de la mà d'obra directa (M2), així doncs el valor associat a aquest punt és nul: **M11= 0€/any.**

7.4.1.12 Amortització (M12)

L'amortització és la disminució de valor de la maquinària i equips amb el pas del temps de la vida de la planta. Aquest càlcul es considerarà posteriorment per obtenir el valor dels fluxos nets de caixa, per tant, la seva aportació als costos de fabricació és nul·la: **M12= 0€/any.**

7.4.1.13 Lloguers (M13)

L'empresa Formachem és propietària tant del terreny com de la maquinària. És per això que no s'ha de considerar cap cost relacionat amb lloguers i, el valor d'aquest és igual a 0: **M13= 0€/any.**

7.4.1.14 Impostos fàbrica (M14)

Aquest penúltim paràmetre correspon als impostos relacions amb accions administratives que no s'atribueixen al benefici. El valor que s'ha escollit correspon a un 0,8% del capital immobilitzat. El càlcul es fa amb l'Equació 7.4.6:

$$M14 = 0,08 \cdot Ci$$

On *M14* correspon als impostos de fàbrica (€/any) i *Ci* al capital immobilitzat (€). S'obté el valor:

$$M14 = 0,008 \cdot 51793791,32 = \mathbf{4.143.503,31 \text{ €/any}}$$

7.4.1.15 Assegurances (M15)

Els costos d'assegurances de la planta, per exemple pels equips i la instal·lació s'estima que són un 1% del capital immobilitzat. Per tant, el valor es calcula de la següent manera:

$$M15 = 0,01 \cdot Ci$$

Substituint el valor del capital immobilitzat (*Ci*) en l'Equació 7.4.7:

$$M15 = 0,01 \cdot 51793791,32 = \mathbf{517.937,91 \text{ €/any}}$$

Un cop s'han calculat les 15 partides que formen part dels costos de fabricació, es pot obtenir el valor final d'aquests. A la *Taula 7.4.8* es recullen tots els valors obtinguts i el valor final del total dels costos de fabricació (M).

Taula 7.4.8 Càlcul del total dels costos de fabricació (M)

Partida	Cost (€/any)
M1	28.352.475,36
M2	2.764.800,00
M3	0,00
M4	691.200,00
M5	4.767.588,02
M6	440.247,23
M7	2.071.751,65
M8	276.480,00
M9	0
M10	276.480,00
M11	0
M12	0
M13	0
M14	4.143.503,31
M15	517.937,91
Total costos fabricació (M)	44.302.463,48

7.4.2 Costos generals

Els costos generals són l'altra meitat dels costos de producció i, fan referència a les despeses que no estan directament relacionades amb l'activitat de producció, però que també tenen un cost important en l'empresa. Són costos relacionats amb l'activitat econòmica de la planta, així com les despeses comercials o financeres. De la mateixa manera que els costos de fabricació, els costos generals també es divideixen en costos directes (variables) i indirectes (fixes). A la següent taula (*Taula 7.4.9*) es mostren les partides que hi ha a cada grup:

Taula 7.4.9 Classificació dels costos generals (G)

Costos directes	Costos indirectes
Despeses comercials (G1)	Gerència (G2)
	Despeses financeres (G3)
	Investigació i serveis tècnics (G4)
Variables	Fixes

El valor de cada partida es calcula de la següent manera:

Taula 7.4.10 Càlcul dels costos generals (G)

Partida	Estimació per càlcul	Estimació en relació a altres partides
G1		$0,05 \cdot M - 0,2 \cdot M$
G2		$0,03 \cdot M - 0,06 \cdot M$
G3	Segons condicions pactades amb bancs	
G4		$0 \cdot M - 0,05 \cdot M$

7.4.2.1 Despeses comercials (G1)

Les despeses comercials corresponen a tots els costos relacionats amb la promoció, la distribució i la venda del producte final. Per tant, s'inclouen en aquestes tots els costos relacionats amb els treballadors que es dediquen a comercialitzar el producte, els viatges necessaris, la publicitat, el màrqueting, entre d'altres. El valor que s'ha escollit per estimar aquesta despesa és d'un 6% dels costos de fabricació, ja que és un valor que es troba dins del rang dictat per la Taula 7.4.10. El càlcul d'aquestes despeses es fa amb l'Equació 7.4.8:

$$G1 = 0,06 \cdot M$$

On G1 són les despeses comercials (€/any) i M són els costos de fabricació (€/any).

$$G1 = 0,06 \cdot 44.302.463,48 = \mathbf{2.658.147,81 \text{ €/any}}$$

7.4.2.2 Gerència (G2)

El primer dels costos generals indirectes és la gerència, que fa referència a les despeses associades a la gestió de l'administració de la planta i, també estan derivades dels treballadors que formen part de la coordinació i administració. A més a més dels mateixos treballadors, també s'inclouen els costos dels serveis externs d'assessorament i serveis legals. El valor d'aquest ha d'estar entre un 3% i un 6% dels costos de fabricació i, s'ha escollit un 3%. El càlcul a realitzar és el següent (Equació 7.4.9):

$$G2 = 0,03 \cdot M$$

On G2 és el cost associat a la gerència (€/any) i M són els costos de fabricació (€/any).

$$G2 = 0,03 \cdot 44.302.463,48 = \mathbf{1.329.073,90 \text{ €/any}}$$

7.4.2.3 Despeses financeres (G3)

Per la creació i construcció de Formachem no s'ha hagut de demanar diners al banc, per tant, aquestes despeses financeres són nul·les. **G3= 0 €/any.**

7.4.2.4 Investigació i serveis tècnics (G4)

En darrer lloc, pel que fa a la investigació i els serveis tècnics, els costos que s'associen es calculen entre un 0% i un 5% dels costos de fabricació. Tot i que la planta ja té treballadors especialitzats en aquest punt, s'ha de pensar que no sempre es pot solucionar tot i, pot ser que s'hagi de contactar amb especialistes per segons quina avaria o problema. El valor que s'ha escollit és un 2%:

$$G4 = 0,02 \cdot M$$

Substituint M (costos de fabricació) en aquesta equació (*Equació 7.4.10*) s'obté una despesa de:

$$G4 = 0,02 \cdot 44.302.463,48 = \mathbf{886.049,27 \text{ €/any}}$$

Un cop s'han calculat els quatre paràmetres que formen part dels costos generals, es mostra a continuació la *Taula 7.4.11*, la qual recull aquests valors i es fa la suma total.

Taula 7.4.11 Càlcul del total dels costos generals

Partida	Cost (€/any)
G1	2.658.147,81
G2	1.329.073,90
G3	0,00
G4	886.049,27
Total costos generals (G)	4.873.270,98

7.4.3 Costos de producció totals

Amb els valors finals dels apartats 7.4.1 i 7.4.2 ja es poden calcular els costos de producció totals, sumant els costos de fabricació (M) i els costos generals (G). A continuació, a la *Taula 7.4.12* es mostra el resum d'aquest càlcul:

Taula 7.4.12 Costos totals de producció

Partida	Cost (€/any)
Costos de fabricació (M)	44.302.463,48
Costos generals (G)	4.873.270,98
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓ	49.175.734,46

7.5 Ventes i ingressos

Als apartats anteriors s'han presentat i calculat totes les despeses de la planta, però per poder fer el balanç econòmic i conèixer la rendibilitat del projecte, s'han de calcular també els ingressos. L'únic ingrés que té la planta és la venda del formaldehid al 37%, el qual actualment per a produccions industrials a gran volum està en un rang aproximat d'entre 500 i 650 €/tona. El preu de venda que s'ha escollit és de 600 €/tona, per tant, el valor total anual que s'ingressa a l'empresa és el següent:

$$Ingressos = Q \cdot P$$

On Q és la capacitat de producció (t/any) i P és el preu de venda (€/t). Posant els valors corresponents a l'Equació 7.5.1, el càlcul resultant és el següent:

$$Ingressos = 99822,89 \cdot 600 = \mathbf{59.893.734,00 \text{ €/any}}$$

7.6 Rendibilitat del projecte

Un cop calculades les despeses i els ingressos, es pot estudiar la rendibilitat del projecte, per veure si s'obté un benefici positiu pel que fa a la part econòmica de la planta.

En aquest apartat es faran els càlculs necessaris per poder obtenir els valors dels indicadors VAN, TIR i temps de retorn. Per fer-ho, s'han de calcular alguns paràmetres prèviament com l'amortització o els fluxos nets de caixa.

7.6.1 Amortització

L'amortització és el procés amb el qual es reparteix el cost aportat a una inversió al llarg del temps, reflexa per exemple com els equips perden valor amb el seu ús i el pas del temps. Tot i que no es té en compte el seu valor directament en els fluxos nets de caixa, es necessita el seu valor per calcular els impostos. S'ha considerat que l'amortització de la planta és lineal, així doncs amb l'Equació 7.6.1 es pot calcular el seu valor:

$$A = \frac{I - V_R}{t}$$

On A és l'amortització (€/any) I és el capital immobilitzat (€), V_R és el valor residual (€) i t és el temps de vida de la planta (anys).

En primer lloc, la vida útil de la planta que s'ha estimat és de **20 anys**, ja que el rang acostuma a estar entre 15 i 25 anys, però considerant que l'operació és continua durant 330 dies l'any, no es creu que més de 20 anys sigui un valor viable.

Per altra banda, el valor residual correspon al valor econòmic que resta a la planta del que s'inverteix inicialment, és a dir, del capital immobilitzat. S'ha estimat que és un 10% del capital immobilitzat a més del valor del terreny. Té un valor de **10.282.779,13 €**.

Així doncs, l'amortització que s'obté és la següent:

$$A = \frac{51793791,32 - 10282779,13}{20} = \mathbf{2.075.550,61 \text{ €/any}}$$

7.6.2 Fluxos nets de caixa

El conegut NCF (Net Cash Flow), en català flux net de caixa, és el moviment d'entrada i sortida d'efectiu en un període de temps determinat. És un paràmetre imprescindible per calcular els indicadors en els apartats següents. Pel que fa als impostos, es considera que són un 25% sobre el benefici brut i, el temps de vida de la planta és de 20 anys, com ja s'ha definit anteriorment. L'Equació 7.6.2 mostra els paràmetres que es tenen en compte per calcular els NCF:

$$NCF = Inversió inicial + Capital circulant + Costos + Ingressos + Impostos + Valor residual$$

A continuació, en la Taula 7.6.1, es recullen tots els valors dels paràmetres necessaris per calcular els NCF.

Taula 7.6.1 Càlcul dels NCF

Any	0	1	2	3	4	5
Inversió inicial	-51.793.791,32	-2.589.689,57				
Capital circulant	-6.215.254,96	-4.143.503,30				
Valor residual						
Ingressos			59.893.734,00	59.893.734,00	59.893.734,00	59.893.734,00
Costos			-49.175.734,46	-49.175.734,46	-49.175.734,46	-49.175.734,46
Amortització			-2.075.550,61	-2.075.550,61	-2.075.550,61	-2.075.550,61
Benefici brut			8.642.448,93	8.642.448,93	8.642.448,93	8.642.448,93
Impostos				-2.160.612,23	-2.160.612,23	-2.160.612,23
NCF (€)	-58.009.046,28	-6.733.192,87	10.717.999,54	8.557.387,31	8.557.387,31	8.557.387,31

Any	5	6	7	8	9	10
Inversió inicial						
Capital circulant						
Valor residual						
Ingressos	59.893.734,00	59.893.734,00	59.893.734,00	59.893.734,00	59.893.734,00	59.893.734,00
Costos	-49.175.734,46	-49.175.734,46	-49.175.734,46	-49.175.734,46	-49.175.734,46	-49.175.734,46
Amortització	-2.075.550,61	-2.075.550,61	-2.075.550,61	-2.075.550,61	-2.075.550,61	-2.075.550,61
Benefici brut	8.642.448,93	8.642.448,93	8.642.448,93	8.642.448,93	8.642.448,93	8.642.448,93
Impostos	-2.160.612,23	-2.160.612,23	-2.160.612,23	-2.160.612,23	-2.160.612,23	-2.160.612,23
NCF (€)	8.557.387,31	8.557.387,31	8.557.387,31	8.557.387,31	8.557.387,31	8.557.387,31

Any	11	12	13	14	15	16
Inversió inicial						
Capital circulant						
Valor residual						
Ingressos	59.893.734,00	59.893.734,00	59.893.734,00	59.893.734,00	59.893.734,00	59.893.734,00
Costos	-49.175.734,46	-49.175.734,46	-49.175.734,46	-49.175.734,46	-49.175.734,46	-49.175.734,46
Amortització	-2.075.550,61	-2.075.550,61	-2.075.550,61	-2.075.550,61	-2.075.550,61	-2.075.550,61
Benefici brut	8.642.448,93	8.642.448,93	8.642.448,93	8.642.448,93	8.642.448,93	8.642.448,93
Impostos	-2.160.612,23	-2.160.612,23	-2.160.612,23	-2.160.612,23	-2.160.612,23	-2.160.612,23
NCF (€)	8.557.387,31	8.557.387,31	8.557.387,31	8.557.387,31	8.557.387,31	8.557.387,31

Any	17	18	19	20	21	22
Inversió inicial						
Capital circulant						10.358.758,26
Valor residual						10.282.770,13
Ingressos	59.893.734,00	59.893.734,00	59.893.734,00	59.893.734,00	59.893.734,00	
Costos	-49.175.734,46	-49.175.734,46	-49.175.734,46	-49.175.734,46	-49.175.734,46	
Amortització	-2.075.550,61	-2.075.550,61	-2.075.550,61	-2.075.550,61	-2.075.550,61	
Benefici brut	8.642.448,93	8.642.448,93	8.642.448,93	8.642.448,93	8.642.448,93	
Impostos	-2.160.612,23	-2.160.612,23	-2.160.612,23	-2.160.612,23	-2.160.612,23	-2.160.612,23
NCF (€)	8.557.387,31	8.557.387,31	8.557.387,31	8.557.387,31	8.557.387,31	18.480.916,16

7.6.3 Valor actual net

El VAN és un dels indicadors de rendibilitat del projecte més importants, com ja s'ha mencionat prèviament en aquest capítol. La seva finalitat és determinar el valor que genera el projecte tenint en compte el valor temporal dels diners. Es calcula actualitzant els fluxos de caixa nets que s'han calculat a l'apartat anterior, com es mostra en l'Equació 7.6.3:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n NCF_t \cdot (1+i)^{-t}$$

On I_0 és la inversió inicial (€), t és el temps de vida de la planta (anys), NCF és el flux de caixa net (€) i i és l'interès del capital.

Per observar el comportament del VAN segons diferents interessos del capital, és a dir, per tenir un enfocament més global sobre la rendibilitat del projecte, es calcula el VAN per diversos valors d'interès. A la Figura 7.6.1 es mostra la representació gràfica de la corba del VAN en funció del tipus d'interès en un rang d'entre el 1% i el 15%.

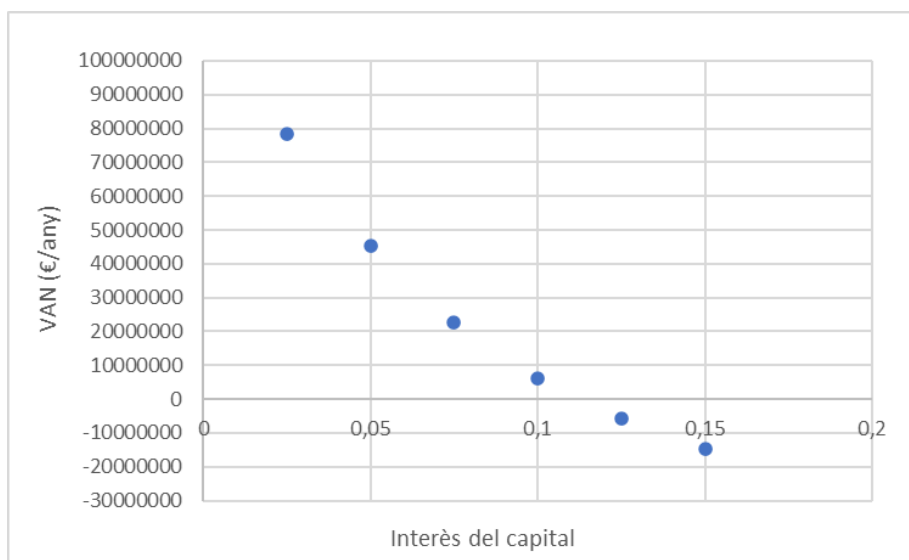


Figura 7.6.1 Corba del VAN segons diferents interessos del capital

Com s'observa a la figura anterior, el VAN que s'obté és positiu fins a aproximadament el 12% d'interès del capital. El que això representa és que la inversió que s'ha fet generarà un valor quan els interessos del capital siguin inferiors a aquest límit. Si l'interès augmenta, el projecte deixaria de ser rendible, ja que el valor del VAN seria negatiu i no hi hauria benefici respecte a l'activitat de la planta.

El resultat que s'obté de la corba del VAN és coherent, pel fet que quan el tipus d'interès és més elevat, el valor dels fluxos de caixa disminueix i, per tant, també ho fa la rendibilitat del projecte.

7.6.4 Taxa de Rendibilitat Interna

El segon indicador econòmic calculat per avaluar la rendibilitat del projecte és la Taxa de Rendibilitat Interna (TIR). Aquest paràmetre representa la taxa de descompte que fa que el Valor Actual Net (VAN) sigui igual a zero, és a dir, la taxa a la qual el valor actual dels fluxos de caixa futurs iguala la inversió inicial del projecte. Per calcular-lo, s'ha igualat l'equació de l'apartat anterior (*Equació 7.6.3*) a 0 i s'ha calculat l'interès que fa que això es compleixi. El càlcul s'ha fet a Excel amb la funció de SOLVER.

Amb aquest càlcul, s'obté que el VAN és 0 quan l'interès té un valor d'un **11,2%**. Si els interessos són superiors a aquest valor el VAN serà negatiu i el projecte perdrà la seva rendibilitat. Com que un 11,2% no és un valor gaire elevat pel que fa als interessos, s'ha de tenir en compte que el projecte no té molt marge de benefici, ja que un valor del TIR com aquest no manifesta seguretat absoluta sobre la rendibilitat al llarg de la vida útil de la planta.

7.6.5 Temps de retorn

El darrer paràmetre que s'avalua per estudiar la viabilitat econòmica de la planta és el temps de retorn, que és el període necessari perquè els fluxos de caixa acumulats del projecte s'igualin a la inversió inicial. El mètode es basa en l'acumulació dels fluxos fins que la suma d'aquests iguala el capital invertit. Per calcular-lo, es determina l'any en què el flux acumulat passa de negatiu a positiu, mentre es va sumant els NCF de cada any. En cas que la recuperació no es produeixi de manera exacta, com en el cas del projecte a estudiar, es fa la interpolació per estimar el mes aproximat de l'any en què es fa la recuperació corresponent.

A la taula següent (*Taula 7.6.2*) es mostren els valors dels NCF acumulats per a cada any, observant com entre l'any 8 i 9 es fa el canvi de positiu a negatiu.

Taula 7.6.2 Càlcul del temps de retorn

ANY	NCF	ACUMULAT
0	-58009046,28	-58009046,28
1	-6733192,87	-64742239,15
2	10717999,54	-54024239,61
3	8557387,31	-45466852,30
4	8557387,31	-36909464,99
5	8557387,31	-28352077,68
6	8557387,31	-19794690,38
7	8557387,31	-11237303,07
8	8557387,31	-2679915,76
9	8557387,31	5877471,55
10	8557387,31	14434858,85
11	8557387,31	22992246,16
12	8557387,31	31549633,47
13	8557387,31	40107020,78
14	8557387,31	48664408,08
15	8557387,31	57221795,39
16	8557387,31	65779182,70
17	8557387,31	74336570,01
18	8557387,31	82893957,31
19	8557387,31	91451344,62
20	8557387,31	100008731,93
21	8557387,31	108566119,24
22	18480916,16	127047035,39

A partir del quart mes de l'any 8 d'operació de la planta, tots el que es generi serà benefici net que es rebrà, ja que tot el que s'inverteix inicialment s'haurà recuperat completament.

Cal destacar que aquest darrer indicador no té en compte el valor temporal del capital, per tant, per fer una anàlisi completa s'ha de complementar amb el VAN i el TIR, calculats anteriorment.

7.7 Bibliografia

- [1] *Tamaño del mercado de formaldehído, previsión, análisis de participación 2026–2031*. (2026, 16 enero). Mordor Intelligence. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/formaldehyde-market>
- [2] *Tamaño del mercado de formaldehído, participación | Informe de crecimiento global [2034]*. (s. f.). <https://www.fortunebusinessinsights.com/es/formaldehyde-market-110173>
- [3] Yadav, K., & Ahuja, K. (2026). Tamaño del mercado de formaldehído: por tipo de producto, grado, aplicación y uso final, análisis del sector, participación y pronóstico de crecimiento (2026-2035). En *Global Market Insights Inc.* <https://www.gminsights.com/es/industry-analysis/formaldehyde-market>
- [4] Universitat Autònoma de Barcelona. (s.f.). Estimació costos Sinnot-Towler [PDF]. Recuperat al Campus Virtual, assignatura de Projectes i Seguretat. <https://e-aules.uab.cat/2025-26/mod/folder/view.php?id=73639>
- [5] Methanex. (2026, 29 abril). *Pricing - methanex*. <https://www.methanex.com/our-products/about-methanol/pricing/>
- [6] Alibaba. (s.f.). *Soluciones innovadoras para procesos eficientes con catalizadores de formaldehído*. <https://spanish.alibaba.com/g/formaldehyde-catalysts.html>
- [7] PubChem. (s. f.). *Production of formaldehyde - Patent US-4208353-A - PubChem*. PubChem. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/patent/US-4208353-A>
- [8] ChemAnalyst. (2026, 29 abril). *Formaldehyde Prices, Trend, Chart, News and Forecast*. <https://www.chemanalyst.com/Pricing-data/formaldehyde-1214>
- [9] Universitat Autònoma de Barcelona. (s. f.). Indicadors econòmics agost 2024. [PDF] Recuperat del Campus Virtual, assignatura Projectes i Seguretat. <https://e-aules.uab.cat/2025-26/mod/folder/view.php?id=73640>
- [10] Universitat Autònoma de Barcelona. (s. f.). Índex econòmic febrer 2024. [PDF] Recuperat del Campus Virtual, assignatura Projectes i Seguretat. <https://e-aules.uab.cat/2025-26/mod/folder/view.php?id=73640>
- [11] Universitat Autònoma de Barcelona. (s. f.). Indicadors econòmics gener 2026. [PDF] Recuperat del Campus Virtual, assignatura Projectes i Seguretat. <https://e-aules.uab.cat/2025-26/mod/folder/view.php?id=73640>
- [12] Linde. (2023). *Ficha técnica nitrógeno comprimido industrial*. <https://assets.linde.com/-/media/global/north-latam/ecuador/documentos/hojas-de-datos-de-seguridad-y-fichas-tecnicas/fichas-tecnicas/ficha-tnica-nitrgeno-comprimido-industrial.pdf>
- [13] *5 MVA 5000 KVA Transformador de energía eléctrica reductor 33KV a 11KV Fabricantes - Precio de costo - SCOTECH*. (s.f.). <http://es.scotech-electrical.com/transformer/power-transformer/5-mva-5000-kva-step-down-electrical-power.html>

[14] ÓSMOSIS INVERSA INDUSTRIAL 9.000 LITROS/HORA MODELO ADEL MO-ROHD-09 INOX. (s. f.). SETASA Filtración. <https://setasa.es/osmosis-inversa-industrial/osmosis-inversa-industrial-9-000-litros-hora-modelo-adel-mo-rohd-09-inox.html>