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 7: VALORACIÓ ECONÒMICA

Taula de continguts

7.1. Introducció 7

7.2. Forma jurídica de Formatech 7

7.3. Estudi de mercat 8

7.3.1. Anàlisi del producte 8

7.3.2. Competència de mercat 12

7.3.3. Mercat de la matèria primera 13

7.3.4. Anàlisi DAFO 14

7.4. Estimació de la inversió inicial 16

7.4.1. Cost del terreny 16

7.4.2. Cost dels equips 17

7.4.2.1 Tancs d'emmagatzematge 18

7.4.2.2 Bombes 18

7.4.2.3 Bufadors d'aire 18

7.4.2.4 Bescanviadors de calor, condensador i reboiler 18

7.4.2.5 Reactors 19

7.4.2.6 Columnes 19

7.4.2.7 Mescladors estàtics 19

7.4.2.8 Tanc pulmó 19

7.4.2.9 Filtres d'aire 19

7.4.2.10 Equips de servei 19

7.4.3. Capital immobilitzat pel mètode de Vian 22

7.4.4. Capital circulant 23

7.4.5. Posada en marxa 24

7.4.6. Inversió inicial total 24

7.5. Estimació dels costos de producció 25

7.5.1. Costos de fabricació (M) 25

7.5.1.1. Matèries primeres (M1) 25

7.5.1.2. Mà d'obra directa (M2) 26

7.5.1.3. Patents (M3) 28

7.5.1.4. Mà d'obra indirecta (M4) 28

7.5.1.5. Serveis generals (M5) 28
7.5.1.6. Subministraments (M6) 29
7.5.1.7. Conservació i manteniment (M7) 29
7.5.1.8. Laboratori (M8) 29
7.5.1.9. Envasat (M9) 29
7.5.1.10. Expedició (M10) 30
7.5.1.11. Directius i tècnics (M11) 30
7.5.1.12. Amortització (M12) 30
7.5.1.13. Lloguers (M13) 30
7.5.1.14. Impostos de fàbrica (M14) 30
7.5.1.15. Assegurances (M15) 31
7.5.1.16. Resum dels costos de fabricació (M) 31
7.5.2. Costos generals (G) 32
7.5.2.1. Despeses comercials (G1) 32
7.5.2.2. Administració i gerència (G2) 32
7.5.2.3. Despeses financeres (G3) 32
7.5.2.4. Investigació i serveis tècnics (G4) 32
7.5.3. Costos totals de producció 33

7.6. Ingressos per vendes 33
7.6.1. Aprofitament fotovoltaic de l'espai sobrant 34

7.7. Anàlisi de rendibilitat econòmica de la planta 35
7.7.1. Amortització 36
7.7.2. Fluxos nets de caixa (NCF) 36
7.7.3. Valor Actual Net (VAN) i Taxa Interna de Retorn (TIR) 41
7.7.4. Període de retorn (pay-back) 42
7.7.5. Anàlisi de sensibilitat al preu del metanol 42

7.8. Conclusions 44

7.9. Bibliografia 46

7. Valoració econòmica

7.1. Introducció

Aquest capítol recull la valoració econòmica del projecte Formatech, una planta concebuda per a la producció de 100.000 tones anuals de formaldehid en solució aquosa al 37%, estabilitzada amb metanol, mitjançant l'oxidació catalítica del metanol en fase vapor. L'aprovació del projecte requereix la comprovació de la seva viabilitat econòmica, que constitueix una condició imprescindible. Per molt sòlida que sigui la solució tècnica, una planta que no genera rendibilitat no és executable.

L'objectiu del capítol és, doncs, determinar si la inversió és capaç de generar valor de manera sostinguda al llarg de la seva vida útil dins del context industrial i de mercat actual. Amb aquesta finalitat s'integren dos blocs d'anàlisi complementaris: d'una banda, la quantificació dels recursos econòmics necessaris, que inclouen la inversió immobilitzada i circulant i els costos d'operació. De l'altra, l'estudi de l'entorn de mercat, que condiciona tant els ingressos com el principal cost variable de la planta.

El capítol comença amb la definició de la forma jurídica de l'empresa i amb un estudi de mercat que caracteritza el producte, dimensiona la demanda i el seu creixement, identifica els competidors de referència i analitza el mercat de la matèria primera principal, el metanol. A continuació s'estima la inversió inicial a partir de l'inventari d'equips del procés, aplicant el mètode de Vian, i es determinen els costos de fabricació i els costos generals associats a l'operació de la planta.

Finalment, a partir de les projeccions d'ingressos i costos es construeixen els fluxos nets de caixa del projecte, dels quals s'obtenen els indicadors de rendibilitat habituals. Aquests indicadors són el Valor Actual Net, abreujat VAN, la Taxa Interna de Retorn, abreujada TIR, i el període de retorn de la inversió. La interpretació conjunta d'aquests indicadors permet emetre un judici fonamentat sobre la viabilitat econòmica i financera de Formatech.

7.2. Forma jurídica de Formatech

Formatech es constitueix com a Societat de Responsabilitat Limitada (S.L.). En aquesta forma, el capital social es divideix en participacions socials i està format per les aportacions dels socis, la responsabilitat dels quals davant de tercers queda limitada al capital aportat, sense que hagin de respondre amb el seu patrimoni personal dels deutes

de la societat. La societat té personalitat jurídica pròpia, independent de la dels seus socis, i es regeix pel Reial Decret Legislatiu 1/2010, de 2 de juliol [1].

La S.L. pot constituir-se amb un capital social mínim de 3.000 euros, que ha d'estar íntegrament subscrit i desemborsat en el moment de la constitució. Entre els seus avantatges destaquen la protecció del patrimoni personal dels socis, el requisit de capital inicial reduït, la flexibilitat per establir pactes interns i configurar l'òrgan d'administració, i una càrrega formal menor que la de la societat anònima, fet que en simplifica la gestió. Com a contrapartida, presenta una transmissió de participacions més restringida i no pot cotitzar en borsa, limitacions que no condicionen el present projecte.

L'elecció d'aquesta forma jurídica respon a la naturalesa del projecte, concebut com una empresa promoguda per un grup reduït de socis que aporten el capital necessari per posar en marxa la planta, sense previsió de sortir a borsa ni d'incorporar inversors de manera contínua. En aquest context, la S.L. ofereix el marc més adequat: limita el risc dels socis, redueix les exigències formals de constitució i funcionament i proporciona la flexibilitat de gestió pròpia d'una empresa industrial de la dimensió de Formatech.

7.3. Estudi de mercat

Aquest apartat té com a objectiu dur a terme un estudi de mercat sobre el formaldehid, el producte final de valor que comercialitzarà Formatech. Es posa un èmfasi especial en analitzar el seu posicionament dins del marc econòmic del sector químic global. L'estudi permet identificar les principals àrees d'aplicació, definir el públic objectiu, detectar tendències de creixement i establir les bases estratègiques a seguir. A més del formaldehid, s'inclou una anàlisi del mercat de la matèria primera essencial per a la seva producció, el metanol, amb l'objectiu d'identificar possibles riscos associats a la seva disponibilitat, volatilitat de preus o dependència geogràfica. Finalment, es desenvolupa una anàlisi DAFO específica, adaptada al context actual, que permet identificar els punts forts i febles del projecte, així com les oportunitats i amenaces que ofereix l'entorn, amb la finalitat de fonamentar la presa de decisions estratègiques de la companyia.

7.3.1. Anàlisi del producte

El formaldehid és un compost químic essencial de gran volum de la indústria química mundial. La seva presentació comercial més habitual, i la que constitueix la totalitat de l'activitat productiva de Formatech, és el formol. Es tracta d'una solució aquosa amb

una concentració normalitzada al 37% en pes, la qual requereix l'addició d'una mínima proporció en pes de metanol [2] per actuar com a agent estabilitzant. La naturalesa líquida i estable d'aquesta solució aquosa en facilita la distribució logística mitjançant cisternes químiques convencionals cap a les indústries químiques transformadores.

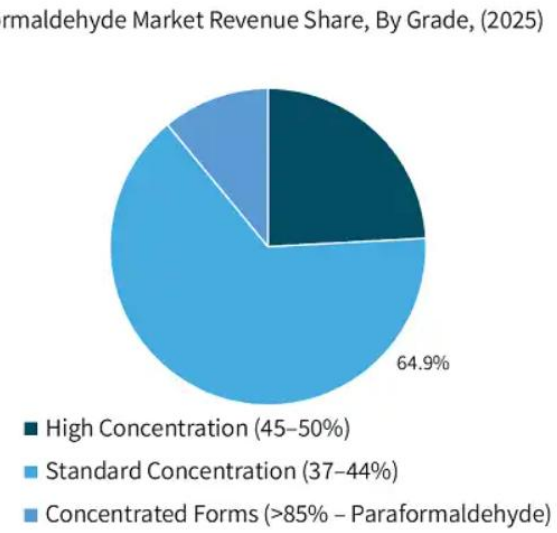

Figura 7.1. Quota d'ingressos del mercat del formaldehid pel grau [3].

D'acord amb les auditories de mercat realitzades per Verified Market Research [3], les resines constituïdes a base de formaldehid dominen completament el sector, representant una quota equivalent al 46,4% del volum global de consum, tal com es representa a la Figura 7.1. Dins d'aquest bloc, el segment de les resines urea-formaldehid i fenol-formaldehid lidera la demanda com a adhesius d'alta fixació en la indústria de la fusta mecànica per a la producció de taulers de partícules, productes laminats i materials estructurals d'alta densitat utilitzats en la construcció i el sector del moble.

Més enllà del sector de la fusta, la solució de formaldehid serveix com a matèria primera de referència per a aplicacions químiques avançades de gran valor afegit. El compost és el bloc molecular de partida per a la síntesi de derivats de ràpid creixement com el polioximetilè, el qual és un plàstic tècnic d'alta prestació utilitzat en components d'automoció, així com el difenilmetà diisocianat usat en la formulació de poliuretans estructurals. La resta del mercat es distribueix en canals diversificats que inclouen la preparació de polialcohols com el pentaeritritol per a pintures, la producció de paraformaldehid pur per a aplicacions agroquímiques o farmacèutiques, i el sector de les solucions estàndard diluïdes aplicades com a conservants i biocides en el

tractament tèxtil, del cuir i de depuració d'aigües [2]. La distribució analítica i la descripció dels diferents derivats comercials del producte es troben recollides a la Taula 7.1.

Taula 7.1. Principals aplicacions i derivats del formaldehid.

Derivat / aplicació	Descripció i sector d'ús
Resines UF, PF i MF	Adhesius per a taulers de partícules, MDF, contraxapats i laminats. Principal sortida del formaldehid (construcció i moble).
Polioximetilè (POM)	Plàstic tècnic d'alta prestació per a components d'automoció, electrònica i dispositius mèdics.
MDI / poliuretans	Intermediari per a escumes rígides i flexibles i materials aïllants.
Pentaeritritol i polialcohols	Pintures, resines alquídiques i lubricants sintètics.
Altres usos	Desinfectants, conservants, paraformaldehid i intermediaris de síntesi fina.

Des d'un punt de vista volumètric, la producció global de formaldehid va assolir les 51,7 milions de tones l'any 2024, amb una projecció de creixement que situaria la producció mundial en 70,8 milions de tones l'any 2030 [4]. En termes de valor de mercat, Grand View Research [5] estima que el mercat global del formaldehid va registrar un valor de 7.920 milions de dòlars l'any 2022, amb una trajectòria creixent que podria assolir els 12.300 milions de dòlars l'any 2030 a una CAGR del 5,7%.

Des d'un punt de vista geogràfic, la regió Àsia-Pacífic concentra la major part de la demanda global, amb una quota superior al 58% del consum mundial. La Xina és, amb diferència, el principal país consumidor, impulsada per l'enorme activitat del seu sector de la construcció i la fabricació de panells de fusta. L'Europa occidental representa el segon mercat en importància, amb una participació al voltant del 20% del total global, però amb un perfil substancialment diferent: es tracta d'un mercat madur, amb una demanda consolidada però un ritme de creixement moderat, on les exigències normatives creixents en matèria d'emissions de compostos orgànics volàtils i els estàndards de baixes emissions per als adhesius de fusta condicionen progressivament els formats de producte preferits pels transformadors. Amèrica del Nord, per la seva banda, s'estima en un 15% del consum global [3].

El preu de referència al mercat spot europeu és el del formaldehid industrial al 37% en base Rotterdam. Durant el quart trimestre de 2024, el preu es va situar en 377,00 $/t, i al primer trimestre de 2025 es va mantenir relativament estable. Al segon trimestre de 2025 es va registrar una correcció significativa fins als 336,60 $/t, atribuïda a un alentiment de la demanda procedent del sector de la construcció i a una reducció del cost del metanol com a matèria primera [6]. A partir del segon semestre de 2025 el mercat va iniciar una recuperació progressiva, amb preus que van tornar a situar-se al voltant dels 430,00 $/t al desembre del mateix any [7]. L'inici de 2026 va marcar un canvi de tendència significatiu: segons les dades de ChemAnalyst per al mercat espanyol, el preu del formaldehid va registrar un increment del 7,0% trimestre a trimestre al primer trimestre de 2026, amb un preu mitjà de 713,00 $/t per al trimestre, assolint en el mes de març de 2026 un valor de 776,00 $/t [6]. Aquesta acceleració dels preus s'explica per la confluència de diverses pertorbacions d'oferta simultànies: les interrupcions en el subministrament de metanol derivades de l'escalada geopolítica a l'Orient Mitjà, la congestió portuària als principals punts logístics europeus i la disciplina de producció regional de les plantes, que van restringir la disponibilitat immediata al mercat spot i van donar suport a les ofertes dels venedors [6]. A la Figura 7.2 es representa l'evolució del preu del formaldehid industrial al 37% en base Rotterdam durant el període 2018–2027.

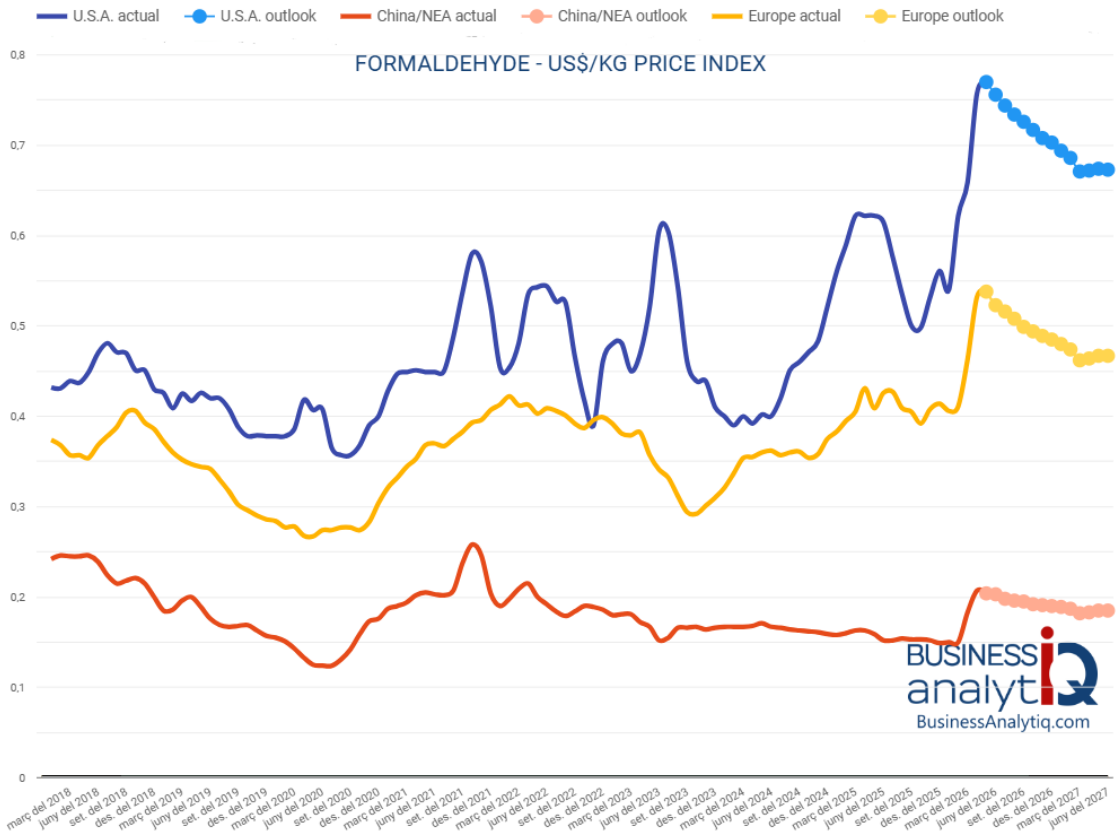

Figura 7.2. US$/kg de formaldehid al 37% a Estats Units, Europa i Xina del 2018 al 2027.

El principal factor determinant del cost de producció i, per tant, del preu de mercat del formaldehid és el preu del metanol. La cotització del metanol al mercat europeu condiciona directament les oscil·lacions del preu del producte final, de manera que qualsevol pertorbació en el subministrament, ja sigui per factors geopolítics o per desequilibris en la capacitat de producció mundial, es trasllada amb rapidesa als preus de la formalina. Les previsions per al període 2026-2030 apunten a un mercat sostingut en valor, impulsat per una demanda creixent als mercats emergents i per les pressions competitives als mercats madurs europeus, de manera que els preus del formaldehid es mantindrien en un rang relativament estable amb una tendència lleugerament ascendent. Sobre aquesta base, per als càlculs de rendibilitat del projecte s'adopta un preu de venda de disseny de 480,00 €/t.

7.3.2. Competència de mercat

El mercat del formaldehid presenta una estructura fragmentada, amb uns pocs grups de gran dimensió i un nombre elevat de productors petits i mitjans, sovint integrats verticalment cap als seus propis derivats (resines, polialcohols, MDI). Una particularitat del producte és que una part molt important de la producció és captiva. Molts fabricants consumeixen internament el formaldehid que produeixen i només comercialitzen l'excedent en el mercat lliure. Formatech es posiciona precisament en aquest segment de mercat lliure, com a subministrador de formol al 37% a tercers.

A escala europea, el sector està vertebrat per FormaCare, el grup sectorial del formaldehid del Consell Europeu de la Indústria Química, conegut com a Cefic. Els seus membres apleguen aproximadament el 95% del formaldehid produït a la Unió Europea, Noruega i el Regne Unit. Entre els principals grups internacionals amb presència a Europa hi ha BASF, Hexion, Celanese, Perstorp, Dynea, Bakelite Synthetics i Foremark Performance Chemicals [8].

En l'àmbit estatal, el competidor de referència és Ercros, S.A., primer productor espanyol de formaldehid i un dels principals d'Europa. Ercros concentra la fabricació de formaldehid i derivats a la seva divisió de química intermèdia. El centre d'Almussafes, a València, té una capacitat global de 840.000 t/any entre formaldehid, paraformaldehid i resines, xifra que correspon al sumatori dels tres productes. El centre de Tortosa, Tarragona, disposa de tres plantes de formaldehid amb una capacitat autoritzada de 89.000 t/any expressada com a 100% formaldehid pur, dedicades principalment a la producció de pentaeritritol. Bona part d'aquesta producció és captiva i es destina als derivats propis del grup. Un altre actor rellevant a la península Ibèrica és Foresa,

integrada en el grup Finsa, productora de formaldehid i adhesius amb centres a Espanya, Portugal i França [9][10].

Aquest mapa competitiu situa Formatech en un entorn madur i consolidat, en què la proximitat al pol petroquímic de Tarragona i als clients del sector de la fusta i de les resines constitueix un factor de competitivitat logística rellevant davant de productors més allunyats.

Taula 7.2. Principals productors de formaldehid de referència.

Empresa	Àmbit	Observacions
Ercros, S.A.	Espanya	Primer productor estatal; centres a Almussafes i Tortosa; producció majoritàriament captiva (derivats).
Foresa (grup Finsa)	Espanya / Europa	Formaldehid i adhesius; plantes a Espanya, Portugal i França.
BASF	Europa / global	Gran grup químic integrat, amb seu a Alemanya.
Perstorp / Dynea	Europa	Productors especialitzats en formaldehid, resines i derivats.
Hexion, Celanese, Bakelite	Global	Líders mundials en resines i derivats del formaldehid.

7.3.3. Mercat de la matèria primera

La matèria primera fonamental del procés és el metanol, que constitueix la partida de cost variable més important en la fabricació del formaldehid. Estequiomètricament, segons la reacció d'oxidació parcial amb relació molar 1:1, la producció d'una tona de formaldehid pur requereix com a mínim 1,067 tones de metanol per la relació entre les masses molars, 32,04/30,03 $g \cdot mol^{-1}$. A la pràctica, el consum específic real és superior a aquest valor teòric a causa de la conversió no completa i de la incorporació de metanol com a estabilitzant a la solució final. En qualsevol cas, el preu del metanol determina en gran mesura el cost de producció i, per tant, la rendibilitat de la planta.

El metanol s'obté majoritàriament a partir de gas de síntesi derivat del gas natural, fet que vincula estretament el seu preu al del gas natural i a l'evolució dels mercats energètics. El mercat mundial del metanol és de gran dimensió: segons les estimacions

de MarketsandMarkets, el 2025 es valorava al voltant dels 45.600 milions de dòlars, equivalents a uns 39.200 milions d'euros al canvi aproximat de 0,86 €/$, i es preveu que assoleixi els 55.800 milions de dòlars el 2030, amb una taxa de creixement anual composta del 4,1% [11]. Aquest mercat està impulsat tant pels usos com a intermediari químic, principalment formaldehid, àcid acètic, MTBE i olefines, com per la demanda creixent del metanol com a combustible i vector energètic, que inclou el biometanol i l'e-metanol.

Quant al preu, cal distingir entre dues referències que sovint es confonen. D'una banda, el Methanex European Posted Contract Price és un preu de referència «de llista» que la companyia publica trimestralment; al segon trimestre de 2026 se situava en 850,00 €/t [12]. De l'altra, el preu efectivament transaccionat al mercat europeu (preu de contracte negociat i preu de futurs) és sensiblement inferior, ja que el preu de llista s'aplica habitualment amb descomptes per volum. Les referències de mercat indiquen que el futur europeu del metanol va cotitzar en una franja aproximada de 270-440,00 €/t durant el període 2024-2025, i que el preu mitjà realitzat global de Methanex el quart trimestre de 2025 va ser de l'ordre de 305,00 €/t [13].

A principis de 2026, l'escalada de les tensions a l'Orient Mitjà va reduir les exportacions de metanol de la regió i va empènyer els preus spot europeus fins a valors propers a 400,00 €/t, alhora que el preu de llista repuntava fins als 850,00 €/t esmentats [12]. Aquesta divergència entre el preu de llista i el preu real, juntament amb la volatilitat geopolítica, és un dels factors de risc econòmic més rellevants del projecte, ja que el cost del metanol es trasllada de manera gairebé directa al cost de fabricació.

Per a l'estimació dels costos de producció s'adopta un preu de disseny del metanol de 420,00 €/t. Aquest valor se situa dins de la franja de 270 a 440,00 €/t en què el preu efectiu de mercat s'ha mogut majoritàriament durant el període 2024-2025, de manera que constitueix una hipòtesi representativa de les condicions normals d'operació, ancorada al preu real de contracte i no al preu de llista ni al valor puntual d'un episodi concret de tensió com el viscut a principis de 2026.

7.3.4. Anàlisi DAFO

Per sintetitzar el posicionament estratègic de Formatech es presenta a continuació una anàlisi DAFO, que recull els factors interns (fortaleses i debilitats) i externs (oportunitats i amenaces) que condicionen la competitivitat del projecte en el mercat.

Taula 7.3. Anàlisi DAFO de Formatech.

	ORIGEN INTERN	ORIGEN EXTERN
PUNTS FEBLES	**DEBILITATS** • Producte commodity, amb marges ajustats i escassa diferenciació respecte de la competència. • Forta dependència del cost del metanol, que determina la major part del cost variable. • La solució aquosa de únicament 37% en pes de formaldehid encareix la logística i limita el radi de venda rendible. • Productor nou, sense quota de mercat ni cartera de clients consolidada.	**AMENACES** • Volatilitat del preu del metanol i del gas natural, agreujada per la inestabilitat geopolítica. • Marc regulatori cada cop més exigent: classificació com a carcinogen i restriccions d'emissions (REACH). • Competidors consolidats i integrats, amb economies d'escala. • Demanda cíclica i molt dependent del sector de la construcció, sensible a les fases de desacceleració econòmica.
PUNTS FORTS	**FORTALESES** • Ubicació al polígon petroquímic de Tarragona, amb port, bones connexions i proximitat a proveïdors de metanol i a clients de resines i fusta. • Procés FORMOX madur i fiable, amb conversió gairebé completa, alta selectivitat i baix contingut residual de metanol i àcid fòrmic. • Capacitat rellevant (100.000 t/any) que permet aprofitar economies d'escala. • Planta nova, dissenyada segons les millors tècniques disponibles i la normativa vigent.	**OPORTUNITATS** • Demanda sostinguda i creixent (CAGR 5,7%), lligada a la construcció i l'automoció. • Tendència del mercat cap a resines i productes de baixes emissions de formaldehid. • Posicionament proper al nord d'Africa a través de rutes marítimes, regió amb la segona demanda més creixent del món]. • Disponibilitat d'unes 2 hectàrees lliures a la parcel·la (la meitat de la superfície), aprofitables per a una instal·lació solar fotovoltaica d'autoconsum amb ajudes públiques.

D A F O

Cal destacar, en relació amb les amenaces de tipus regulatori, que el formaldehid està classificat oficialment com a carcinogen de categoria 1B i mutagen de categoria 2 en l'annex VI del Reglament CLP (CE) 1272/2008, i que l'IARC el classifica en el Grup 1. A més, està registrat sota el Reglament REACH, número 1907/2006, i des de 2023 està subjecte a una restricció específica d'emissions en articles i vehicles. Aquesta restricció correspon a l'entrada 77 de l'annex XVII, introduïda pel Reglament 2023/1464, i fixa límits de 0,062 mg/m^3 per a mobles i articles de fusta i de 0,080 mg/m^3 per a la resta d'articles,

aplicables a partir del 6 d'agost de 2026. En l'àmbit laboral, la UE ha establert un valor límit d'exposició professional vinculant de 0,3 ppm/jornada. Aquest marc condiciona el disseny de la planta i les mesures de seguretat i medi ambient, però alhora afavoreix els productors europeus que compleixen els estàndards més estrictes enfront de la competència exterior [14][15].

7.4. Estimació de la inversió inicial

La determinació de la inversió inicial total és el punt de partida per construir el model econòmic de la planta. Aquest paràmetre representa el conjunt de recursos que cal mobilitzar durant l'any zero per fer possible el pas del disseny conceptual a la construcció i la posada en operació de la planta de formaldehid, projectada per a una capacitat nominal de 100.000 tones anuals de solució aquosa al 37% en massa.

L'estimació de les necessitats financeres es divideix en tres blocs. En primer lloc, el capital immobilitzat, que agrupa la totalitat dels actius físics permanents necessaris per a la implantació de les àrees de procés i de serveis auxiliars. En segon lloc, el capital circulant, destinat a cobrir el fons de maniobra necessari per mantenir la liquiditat operativa de l'empresa. Finalment, les despeses de posada en marxa, que recullen els fons de transició requerits per a les fases d'arrencada i proves abans de l'operació comercial.

7.4.1. Cost del terreny

La planta de Formatech es projecta al Polígon Industrial 'Satèl·lits', al terme municipal de Tarragona. Una zona amb fàcil accés al port i amb infraestructures ferroviàries properes.

El cost del terreny s'estima a partir de la superfície de la parcel·la i del preu del sòl industrial a la zona. La parcel·la disponible té una superfície de 53.720 m^2, i a partir d'un estudi dels preus al polígon petroquímic de Tarragona [16] s'adopta un valor de 260,00 €/m^2, coherent amb el preu de venda de diverses naus industrials de la zona de prestacions i característiques similars. El cost del terreny es calcula segons la següent equació:

$$C_t = A_p \cdot P_p$$

on C_t és el cost total del terreny en €, A_p representa la superfície de la parcel·la expressada en m^2 i P_p correspon al preu unitari del sòl industrial en €/m^2. Amb una superfície de parcel·la de 53.720,00 m^2 i el preu unitari indicat per al polígon industrial de Tarragona, el cost del terreny resulta:

$$C_t = 53.720\ m^2 \cdot 260{,}00\ €/m^2 = 13.967.200{,}00\ €$$

7.4.2. Cost dels equips

El cost dels equips constitueix la base del mètode de Vian per a l'estimació del capital immobilitzat. El cost de cada equip s'estima a partir del seu paràmetre característic, ja sigui el volum, l'àrea de transferència de calor, la potència o el cabal, segons la tipologia.

Per a la majoria d'equips s'aplica el mètode de Sinnott i Towler, que estima el cost de compra a partir de la correlació de la següent equació [17]:

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

on a, b i n són paràmetres tabulats que varien segons el tipus d'equip i S és el paràmetre de disseny corresponent, com ara la potència, el cabal, la massa o l'àrea. Per als equips el paràmetre de disseny dels quals supera el rang de validesa de la correlació, com ara els bufadors d'aire, el valor s'obté per extrapolació de la correlació corresponent. Per als equips no recollits per cap correlació s'adopta directament el preu de catàleg del fabricant.

Atesa l'antiguitat de les correlacions, els costos obtinguts s'actualitzen a l'any 2026 mitjançant l'índex de costos de plantes químiques CEPCI [18]:

$$C_e2026 = C_e2007 \cdot (CEPCI_{2026} / CEPCI_{2007})$$

Per a la conversió de moneda es considera el canvi 1,00 $ = 0,86 €. Els valors de l'índex CEPCI emprats es recullen a la Taula 7.4.

Taula 7.4. Índex de cost de plantes d'enginyeria química. [19]

Any	CEPCI
2007	509,7
2026	845,4

Els costos obtinguts es corregeixen, amb el factor de material corresponent al material de construcció de cada equip, majoritàriament acer inoxidable AISI 316L. L'inventari complet d'equips, el paràmetre característic i el cost estimat, es recull a la Taula 7.5. El

factor de material de 1,3 adoptat per a l'acer inoxidable 316L respecte a l'acer al carboni és un valor representatiu dels factors de material publicats per Towler i Sinnott [17].

A continuació es descriu, per a cada tipus d'equip, la correlació de Sinnott i Towler emprada i el paràmetre de disseny considerat. Els valors de cada equip en base 2007 es recullen a la Taula 7.5.

7.4.2.1 Tancs d'emmagatzematge

Els quatre tancs d'emmagatzematge s'han costejat amb la correlació de tancs verticals de sostre cònic de Sinnott i Towler [17], que pren com a paràmetre la capacitat en metres cúbics. Els tancs de metanol TE-101 i TE-102, de 278 m^3 cadascun, i els de formaldehid TE-501 i TE-502, de 485 m^3 cadascun, es construeixen en acer inoxidable 316L, motiu pel qual s'aplica el factor de material corresponent. El cost conjunt dels dos tancs de metanol és de 285.332,00 € i el dels dos tancs de formaldehid, de 412.416,00 €.

7.4.2.2 Bombes

El transport de líquids es realitza amb bombes centrífugues, el cost de les quals s'estima amb la correlació corresponent [17], amb el cabal en litres per segon com a paràmetre. La planta disposa de vuit bombes en acer inoxidable 316L. El cost total del conjunt de bombes és de 107.688,00 €.

7.4.2.3 Bufadors d'aire

L'aire de procés s'impulsa amb dos bufadors en paral·lel, C-201 i C-202, de 48.080 m^3/h cadascun, el cost dels quals s'ha estimat amb la correlació de ventiladors [17]. Aquest cabal supera el límit superior de validesa de la correlació, de manera que el valor obtingut per extrapolació, de 788.937,00 € per als dos equips, s'ha d'interpretar com una estimació orientativa.

7.4.2.4 Bescanviadors de calor, condensador i reboiler

Tots els equips de transferència de calor s'han costejat amb les correlacions de bescanviadors de carcassa i tubs i de calderes de tubs [17], que prenen l'àrea d'intercanvi com a paràmetre. Aquest grup inclou l'evaporador de metanol E-201, el preescalfador E-202, el refredador d'efluent E-301, l'escalfador E-302, el refredador de producte E-303, el condensador CN-301, el reboiler RB-301 i els serpentins d'escalfament dels tancs de producte E-501 i E-502. El cost conjunt és de 580.914,00 €.

7.4.2.5 Reactors

Els dos reactors multitubulars R-201 i R-202 constitueixen el nucli del procés. Tenint en compte que un reactor multitubular és geomètricament equivalent a un bescanviador de carcassa i tubs, s'han costejat amb la correlació de bescanviadors [17] prenent com a àrea la superfície d'intercanvi de cada reactor, de 1.057 m^2. El cost conjunt dels dos reactors és de 814.873,00 €.

7.4.2.6 Columnes

La columna d'absorció AC-301 i la columna de destil·lació DC-301 s'han costejat com la suma del recipient a pressió i del rebliment interior [17]. El cost del recipient s'estima a partir de la massa de la carcassa, de 2,83 t per a l'absorbidor i de 2,20 t per a la destil·lació, i el del rebliment a partir del volum d'anells Pall. El cost és de 428.199,00 € per a l'absorbidor i de 259.461,00 € per a la columna de destil·lació.

7.4.2.7 Mescladors estàtics

La planta incorpora dos mescladors estàtics, M-201 per a la barreja d'aire i metanol vapor i M-301 per a l'ajust de composició del producte. El mesclador líquid M-301 s'ha costejat amb la correlació de mescladors estàtics [17], mentre que per al mesclador de gas M-201, amb un cabal fora del rang de la correlació, s'ha adoptat el preu de catàleg del fabricant Primix [20]. El cost conjunt és de 34.425,00 €.

7.4.2.8 Tanc pulmó

El tanc pulmó de reflux TP-301 s'ha costejat com un recipient a pressió horitzontal [17], a partir de la massa de carcassa en buit de 115 kg. El seu cost és de 20.762,00 €.

7.4.2.9 Filtres d'aire

L'aire d'aspiració dels bufadors es filtra prèviament amb els filtres F-201 i F-202. El seu cost s'ha estimat amb la correlació de Sinnott-Towler [17], prenent el cabal d'aire de 48.080 m^3/h com a paràmetre, i ascendeix a 178.716,00 € per al conjunt dels dos equips.

7.4.2.10 Equips de servei

A l'àrea de serveis de la planta (zona 600) s'hi situen els equips que generen i condicionen els serveis de calor i de fred del procés, costejats de manera individual pel seu pes dins de la inversió. La caldera de fluid tèrmic CAL-601, model GFT 300 de Pirobloc, escalfa l'oli tèrmic Therminol 66 fins als 300 °C i té un cost de 350.000,00 € [21]. La torre de refrigeració TR-601, model BAC Series 3000 de Baltimore Aircoil Company, refreda

l'aigua de servei procedent dels condensadors i té un cost de 350.000,00 € [22]. L'aerorefrigerador ACHE-601, model ACE d'Alfa Laval, ajusta la temperatura de retorn de l'oli tèrmic i té un cost de 250.000,00 € [23]. Finalment, la descalcificadora DESC-601 condiciona l'aigua d'aportació del circuit de refrigeració i té un cost de 30.000,00 € [24]. Tots quatre s'han valorat a partir del preu de catàleg dels fabricants respectius.

Taula 7.5. Paràmetres de disseny i cost de compra en base 2007 dels equips, ordenats per tipus.

Equip	Paràmetre (S)	C_e 2007 ($) o cost bibliogràfic (€)
TE-101/102	m^3	153.876 $
TE-501/502	m^3	222.412 $
P-101 a/b	m^3/s	14.631 $
P-102 a/b	m^3/s	14.520 $
P-103 a/b	m^3/s	13.944 $
P-501 a/b	m^3/s	14.980 $
C-201/202	m^3/s	553.104 $
E-201	m^2	30.782 $
E-202	m^2	93.154 $
E-301	m^2	103.041 $
E-302	m^2	25.368 $
E-303	m^2	30.473 $
CN-301	m^2	30.060 $
RB-301	m^2	41.996 $
E-501/502	Bibliogràfic	20.000 €
R-201/202	m^2	439.452 $
AC-301	kg + m^3	300.180 $
DC-301	kg + m^3	181.894 $
M-201	Bibliogràfic	30.000 €
M-301	m^3/s	2.387 $
TP-301	kg	14.556 $
F-201/202	Bibliogràfic	178.716 €
CAL-601	Bibliogràfic	350.000 €
ACHE-601	Bibliogràfic	250.000 €
TR-601	Bibliogràfic	350.000 €
DESC-601	Bibliogràfic	30.000 €

A la Taula 7.5 els equips idèntics es presenten agrupats en una sola fila amb el cost conjunt, i en el cas de les columnes s'hi suma el cost del recipient a pressió i del rebliment interior. Els equips amb preu de catàleg o referència bibliogràfica es mostren directament en euros actuals, marcats amb un asterisc, ja que no procedeixen de la correlació de Sinnott i Towler en base 2007.

A continuació es mostra, a tall d'exemple, el procediment de càlcul aplicat a un dels equips, el tanc d'emmagatzematge de metanol TE-101, amb una capacitat de 278 m^3:

$$C_e = a + b \cdot S^n = 5.000 + 1.400 \cdot 278^{0,7} = 76.938,00\ \$$$

Aplicant el factor de material per a l'acer inoxidable 316L i actualitzant a l'any 2026 amb la conversió a euros:

$$C_e = 76.938,00\ \$ \cdot 1,3 \cdot (845,38 / 509,7) \cdot 0,86\ €/\$ = 142.665,00\ € \text{ per unitat}$$

El mateix procediment s'aplica a la resta d'equips. El cost de compra actualitzat a l'any 2026, agrupat per tipus, es resumeix a la Taula 7.6, que dóna un cost total dels equips de X = 4.891.686,38 €.

Taula 7.6. Cost de compra actualitzat dels equips de Formatech, agrupat per tipus (base 2026).

Tipus d'equip	Cost actualitzat (€)
Tancs d'emmagatzematge	697.748,00
Bombes	107.688,00
Bufadors d'aire	788.937,00
Bescanviadors, condensador i reboiler	580.914,00
Reactors	814.873,00
Columnes	687.659,00
Mescladors estàtics	34.425,00
Tanc pulmó	20.762,00
Filtres d'aire	178.716,00
Serveis (zona 600)	980.000,00
COST TOTAL DELS EQUIPS (X)	**4.891.686,38**

7.4.3. Capital immobilitzat pel mètode de Vian

Existeixen diferents criteris per estimar el capital immobilitzat, que es poden classificar en mètodes globals, de factor únic i de factor múltiple. Per a Formatech s'ha optat pel mètode de Vian, un mètode de factor múltiple que ofereix els marges d'error més baixos i que desglossa de manera detallada cada partida d'inversió, fet que el converteix en el més adequat per a un projecte d'aquest tipus.

El mètode parteix del cost dels equips, designat com a partida I_1, i hi aplica una sèrie de factors multiplicadors per estimar la resta de partides fins a obtenir el capital immobilitzat total. Les partides es divideixen en directes i indirectes. Les directes inclouen la instal·lació dels equips, les canonades i vàlvules, la instrumentació, els aïllaments, la instal·lació elèctrica, els terrenys i edificacions i les instal·lacions auxiliars. Aquestes instal·lacions auxiliars engloben els equips de servei encarregats de generar els serveis de calor i de fred de la planta, com ara la caldera de fluid tèrmic, la torre de refrigeració i l'aerorefrigerador, motiu pel qual aquests equips no es valoren de manera individual dins del cost dels equips. Les indirectes comprenen els honoraris de projecte i direcció d'obra, el contractista i les despeses imprevistes.

Dins de la partida d'instal·lacions auxiliars (I_8), que s'estima com un percentatge del cost dels equips, queden recollides les instal·lacions de servei que no es valoren com a equips individuals, com ara la unitat de tractament de gasos de cua, el circuit d'oli tèrmic juntament amb la seva càrrega inicial de Therminol 66 i el sistema de generació de nitrogen per a la inertització. La reposició periòdica de l'oli tèrmic queda inclosa dins de les partides de subministraments i de conservació i manteniment.

Atès que cada factor s'expressa com un interval, el càlcul s'ha dut a terme suposant els valors mínims i els valors màxims de cada partida, de manera que el capital immobilitzat queda acotat entre dos extrems. A la Taula 7.7 es recullen les equacions de cada partida i els costos resultants per als dos escenaris.

Taula 7.7. Estimació del capital immobilitzat pel mètode de Vian.

Partida	Descripció	Equació	Cost mín. (€)	Cost màx. (€)
I_1	Maquinària i aparells	X	4.891.686,38	4.891.686,38
I_2	Instal·lació	0,35X - 0,50X	1.712.090,23	2.445.843,19
I_3	Canonades i vàlvules	0,60X	2.935.011,83	2.935.011,83

Partida	Descripció	Equació	Cost mín. (€)	Cost màx. (€)
I_4	Instrumentació	0,05X - 0,30X	244.584,32	1.467.505,92
I_5	Aïllaments	0,03X - 0,10X	146.750,59	489.168,64
I_6	Instal·lació elèctrica	0,10X - 0,20X	489.168,64	978.337,28
I_7	Terrenys i edificacions	C_t + 0,12X - 0,15X	14.554.202,37	14.700.952,96
I_8	Instal·lacions auxiliars	0,25X - 0,70X	1.222.921,60	3.424.180,47
Y	Capital físic o primari	ΣI_1-I_8	26.196.415,96	31.332.686,67
I_9	Honoraris de projecte i direcció d'obra	0,20Y - 0,30Y	5.239.283,19	9.399.806,00
Z	Capital directe o secundari	Y + I_9	31.435.699,15	40.732.492,67
I_{10}	Contractista	0,04Z - 0,10Z	1.257.427,97	4.073.249,27
I_{11}	Despeses imprevistes	0,10Z - 0,30Z	3.143.569,92	12.219.747,80
	Capital immobilitzat	Z + I_{10} + I_{11}	35.836.697,04	57.025.489,73

D'aquesta manera, el capital immobilitzat queda comprès entre 35.836.697,04 € i 57.025.489,73 €. Per al projecte de Formatech s'adopta el valor mitjà entre els dos extrems, que resulta en un capital immobilitzat de 46.431.093,38 €.

Cal afegir al capital immobilitzat el cost de la càrrega inicial de catalitzador del reactor. La càrrega total és de 14.576 kg de catalitzador Fe-Mo, 7.288 kg per reactor, que a un preu de 32.329,00 €/t representa 471.227,50 €. Així mateix, s'incorpora al capital immobilitzat el cost de la instal·lació solar fotovoltaica descrita a l'apartat 7.6.1, de 1.000.000,00 €. Amb aquestes dues partides, el capital immobilitzat total es situa en **47.902.321,00 €**.

7.4.4. Capital circulant

El capital circulant correspon als recursos líquids que la planta necessita per finançar la seva activitat operativa abans que els ingressos per vendes en cobreixin les despeses. Inclou l'estoc de matèries primeres, els productes en curs i acabats, els comptes a cobrar

i la tresoreria necessària per atendre salaris, serveis i altres costos recurrents. A diferència del capital immobilitzat, és un capital recuperable al final de la vida del projecte.

Seguint el mètode global, el capital circulant s'estima com un percentatge del capital immobilitzat, dins d'un rang habitual del 10 al 30%. Per a Formatech s'adopta un valor del 20%:

$$Capital\ circulant = 0{,}20 \cdot Capital\ immobilitzat$$

$$Capital\ circulant = 0{,}20 \cdot 47.902.321{,}00\ € = 9.580.464{,}18\ €$$

7.4.5. Posada en marxa

Les despeses de posada en marxa recullen els costos addicionals associats a l'arrencada de la planta abans que assoleixi el règim normal de producció, com ara les proves de funcionament, els ajustos dels equips, la formació del personal i les ineficiències inicials de procés. Per al projecte en qüestió s'estimen com un 5% del capital immobilitzat:

$$Posada\ en\ marxa = 0{,}05 \cdot Capital\ immobilitzat$$

$$Posada\ en\ marxa = 0{,}05 \cdot 47.902.321{,}00\ € = 2.395.116{,}04\ €$$

7.4.6. Inversió inicial total

La inversió inicial total del projecte s'obté com la suma del capital immobilitzat, el capital circulant i les despeses de posada en marxa, tal com es recull a la Taula 7.8.

Taula 7.8. Resum de la inversió inicial de Formatech.

Component	Cost (€)
Capital immobilitzat	47.902.320,89
Capital circulant	9.580.464,18
Posada en marxa	2.395.116,04
Inversió inicial	**59.877.901,11**

7.5. Estimació dels costos de producció

Un cop la planta està construïda i en funcionament, cal fer front a un conjunt de despeses recurrents associades a l'operació. Aquestes despeses es classifiquen en dues grans categories: els costos de fabricació (M), directament vinculats al procés productiu, i els costos generals (G), associats al funcionament global de l'empresa. La suma de totes dues constitueix el cost total de producció anual.

Algunes partides s'estimen de manera directa a partir de les dades del procés, com ara el consum de matèries primeres o de serveis, mentre que d'altres s'aproximen com un percentatge d'una partida de referència. Aquesta partida de referència sol ser el capital immobilitzat, la mà d'obra directa o els propis costos de fabricació, i el percentatge s'escull dins dels rangs habituals de la bibliografia segons les característiques de la planta.

7.5.1. Costos de fabricació (M)

Els costos de fabricació recullen totes les despeses necessàries per dur a terme el procés productiu. A continuació es desglossa cada partida segons la nomenclatura M1-M15.

7.5.1.1. Matèries primeres (M1)

La matèria primera principal del procés és el metanol. Per cada tona produïda de producte, Formatech consumeix 0,491 tones de metanol. La planta produeix 100.000 t/any de producte, de manera que requereix una quantitat de metanol de 49.101,70 t/any.

Aplicant el preu de disseny del metanol de 420,00 €/t al consum anual de 49.101,70 t i afegint la reposició anual del catalitzador, el cost anual de la matèria primera resulta de 20.779.832,94 €/any.

Taula 7.9. Cost anual de matèries primeres (M1).

Matèria primera	Consum (t/any)	Preu (€/t)	Cost (€/any)
Metanol	49.101,70	420,00	20.622.714,00
Catalitzador (reposició)	4,86	32.329,00	157.118,94
Total Matèries primeres (M1)			20.779.832,94

7.5.1.2. Mà d'obra directa (M2)

La mà d'obra directa correspon al personal que treballa directament en el procés productiu i en el seu suport immediat. Atès que la planta opera en règim continu les 24 hores del dia, l'organització del personal d'operació s'estructura en cinc torns rotatius que garanteixen la cobertura ininterrompuda del procés, incloent-hi els caps de setmana i els períodes de vacances.

El cost d'aquesta partida inclou, per a cada treballador, el salari brut anual i les càrregues de seguretat social a càrrec de l'empresa, que representen un aproximat del 30% del salari brut [25]. La composició de la plantilla i el cost associat es recullen a la Taula 7.10.

Taula 7.10. Personal de la planta i cost de la mà d'obra directa (M2).

Departament	Càrrec	N	Sou brut (€/any)	SS 30% (€/any)	Cost total (€/any)
Producció	Responsable de producció	1	46.000,00	13.800,00	59.800,00
	Cap de torn	5	37.000,00	11.100,00	240.500,00
	Operadors de sala de control	10	32.000,00	9.600,00	416.000,00
	Operadors de camp	10	28.500,00	8.550,00	370.500,00
Enginyeria i Manteniment	Responsable de manteniment	1	46.000,00	13.800,00	59.800,00
	Enginyers de manteniment	2	37.000,00	11.100,00	96.200,00
	Tècnics de manteniment (torn)	5	31.000,00	9.300,00	201.500,00
	Tècnics especialitzats	3	31.000,00	9.300,00	120.900,00
SSMA	Responsable de SSMA	1	46.000,00	13.800,00	59.800,00
	Tècnics de seguretat industrial	2	37.000,00	11.100,00	96.200,00
	Tècnics de medi ambient	2	32.000,00	9.600,00	83.200,00
	Tècnic de salut laboral	1	32.000,00	9.600,00	41.600,00
Qualitat	Responsable de qualitat	1	46.000,00	13.800,00	59.800,00
	Tècnics de control de qualitat	2	32.000,00	9.600,00	83.200,00

Departament	Càrrec	N	Sou brut (€/any)	SS 30% (€/any)	Cost total (€/any)
Qualitat	Responsable de qualitat	1	46.000,00	13.800,00	59.800,00
	Tècnics de control de qualitat	2	32.000,00	9.600,00	83.200,00
	Inspectors de qualitat	3	30.000,00	9.000,00	117.000,00
Logística	Responsable de logística	1	46.000,00	13.800,00	59.800,00
	Tècnics de logística	2	30.000,00	9.000,00	78.000,00
	Operaris de càrrega i expedició	4	28.500,00	8.550,00	148.200,00
Laboratori i Anàlisi	Responsable de laboratori	1	46.000,00	13.800,00	59.800,00
	Tècnics de laboratori	3	30.000,00	9.000,00	117.000,00
	Tècnic d'assajos especials	1	32.000,00	9.600,00	41.600,00
	Auxiliar de laboratori	1	26.500,00	7.950,00	34.450,00
I+D	Responsable d'I+D	1	46.000,00	13.800,00	59.800,00
	Enginyers de procés	2	37.000,00	11.100,00	96.200,00
	Tècnics de suport experimental	2	30.000,00	9.000,00	78.000,00
Direcció i Administració	Director de planta	1	60.000,00	18.000,00	78.000,00
	Responsable d'administració i finances	1	46.000,00	13.800,00	59.800,00
	Responsable de recursos humans	1	46.000,00	13.800,00	59.800,00
	Responsable comercial	1	46.000,00	13.800,00	59.800,00
	Tècnics administratius	3	26.500,00	7.950,00	103.350,00
TOTAL M2	Treballadors totals:	74			**3.239.600,00**

El cost total de la mà d'obra directa, corresponent a la plantilla de 74 treballadors definida a l'organització de la planta, resulta de 3.239.600,00 €/any. L'estimació dels salaris s'ha fet amb un marge per sobre dels mínims fixats pel conveni corresponent [26].

7.5.1.3. Patents (M3)

La producció de formaldehid pel procés d'oxidació catalítica del metanol és una tecnologia àmpliament difosa, de manera que no es preveu el pagament de royalties per llicència de procés. En conseqüència, aquesta partida es considera nul·la.

$$M3 = 0{,}00\ €/any$$

7.5.1.4. Mà d'obra indirecta (M4)

La mà d'obra indirecta recull el personal de suport que, sense intervenir directament en el procés, n'és necessari per al funcionament. S'estima com un percentatge de la mà d'obra directa, dins d'un rang habitual del 12 al 45%. Per a Formatech s'adopta un valor del 20%:

$$M4 = 0{,}20 \cdot M2$$

$$M4 = 0{,}20 \cdot 3.239.600{,}00\ € = 647.920{,}00\ €/any$$

7.5.1.5. Serveis generals (M5)

Els serveis generals inclouen el consum d'electricitat, aigua de xarxa i gas natural necessaris per al procés. Aquesta partida s'estima de manera directa a partir dels consums i del preus unitaris de cada servei. Els consums i els costos es recullen a la Taula 7.11 [27][28][29].

Taula 7.11. Cost anual de serveis generals (M5).

Servei	Consum anual	Preu unitari	Cost (€/any)
Electricitat	11.474.800 kWh	0,12 €/kWh	1.376.976,00
Aigua de xarxa + taxes fixes	215.000 m^3	1,62 €/m^3	348.300,00
Gas natural	35.343.000 kWh	0,055 €/kWh	1.943.865,00
TOTAL SERVEIS (M5)			**3.669.141,00**

El cost total dels serveis generals, un cop descomptada la generació fotovoltaica d'autoconsum, resulta de 3.669.141,00 €/any.

7.5.1.6. Subministraments (M6)

Els subministraments recullen els consumibles necessaris per al funcionament diari de la planta que no es consideren matèries primeres ni equips, com ara reactius de laboratori, productes de neteja i petit material. S'estimen com un percentatge reduït del capital immobilitzat, dins d'un rang del 0,2 a l'1,5%. Una partida especialment rellevant en aquest procés és la reposició periòdica del catalitzador del reactor, que es desactiva amb el temps. Per a Formatech s'adopta un valor del 0,85%:

$$M6 = 0{,}0085 \cdot Capital\ immobilitzat$$

$$M6 = 0{,}0085 \cdot 47.902.321{,}00\ € = 407.169{,}73\ €/any$$

7.5.1.7. Conservació i manteniment (M7)

Aquesta partida inclou les revisions periòdiques, les reparacions i el manteniment general dels equips i les instal·lacions. S'estima com un percentatge del capital immobilitzat, dins d'un rang habitual del 2 al 10%. Per a Formatech s'adopta un valor del 6%:

$$M7 = 0{,}06 \cdot Capital\ immobilitzat$$

$$M7 = 0{,}06 \cdot 47.902.321{,}00\ € = 2.874.139{,}25\ €/any$$

7.5.1.8. Laboratori (M8)

Els costos de laboratori corresponen al control de qualitat de les matèries primeres i dels productes. S'estimen com un percentatge de la mà d'obra directa, dins d'un rang del 5 al 25%. Per a Formatech s'adopta un valor del 7,5%:

$$M8 = 0{,}075 \cdot M2$$

$$M8 = 0{,}075 \cdot 3.239.600{,}00\ € = 242.970{,}00\ €/any$$

7.5.1.9. Envasat (M9)

El formaldehid en solució al 37% es comercialitza a granel i s'expedeix en camions cisterna de 33 t, sense necessitat d'envasos individuals. Per aquest motiu, aquesta partida es considera nul·la.

$$M9 = 0{,}00\ €/any$$

7.5.1.10. Expedició (M10)

La partida d'expedició recull els costos associats al transport del producte cap als clients. Atesa la variabilitat d'aquest cost, que depèn del volum, la distància i el mitjà de transport, s'estima com un percentatge reduït de la mà d'obra directa. Per a Formatech s'adopta un valor del 5%:

$$M10 = 0{,}05 \cdot 3.239.600{,}00\ € = 161.980{,}00\ €/any$$

7.5.1.11. Directius i tècnics (M11)

Aquesta partida recull les despeses associades a la formació, els sistemes de comunicació i altres aspectes necessaris per al bon exercici del personal directiu i tècnic. S'estima com un percentatge de la mà d'obra directa, dins d'un rang del 10 al 40%. Per a Formatech s'adopta un valor del 15%, segons:

$$M11 = 0{,}15 \cdot M2$$

$$M11 = 0{,}15 \cdot 3.239.600{,}00\ € = 485.940{,}00\ €/any$$

7.5.1.12. Amortització (M12)

La depreciació dels equips i les instal·lacions no es comptabilitza com una partida més dels costos de fabricació, sinó que es tracta de manera independent en el càlcul dels fluxos de caixa de l'apartat 7.7.1. D'aquesta manera se n'evita la doble comptabilització.

7.5.1.13. Lloguers (M13)

Com que el terreny i els equips són propietat de l'empresa, no es preveuen costos de lloguer i aquesta partida es considera nul·la.

$$M13 = 0{,}00\ €/any$$

7.5.1.14. Impostos de fàbrica (M14)

Aquesta partida recull els impostos i taxes associats a la planta que no depenen del benefici, com ara l'impost sobre béns immobles. S'estima com un percentatge reduït del capital immobilitzat, dins d'un rang del 0,5 a l'1%. Per a Formatech s'adopta un valor del 1%:

$$M14 = 0{,}01 \cdot Capital\ immobilitzat$$

$$M14 = 0{,}01 \cdot 47.902.321{,}00\ € = 479.023{,}21\ €/any$$

7.5.1.15. Assegurances (M15)

Aquesta partida recull el cost de les assegurances dels equips i les instal·lacions, que cobreixen riscos com ara incendis, inundacions i responsabilitat civil. S'estima com un 1% del capital immobilitzat:

$$M15 = 0{,}01 \cdot Capital\ immobilitzat$$

$$M15 = 0{,}01 \cdot 47.902.321{,}00\ € = 479.023{,}21\ €/any$$

7.5.1.16. Resum dels costos de fabricació (M)

El conjunt de les partides M1 a M15 es resumeix a la Taula 7.12, que recull el cost total de fabricació anual de la planta.

Taula 7.12. Resum dels costos de fabricació (M).

Partida	Concepte	Cost (€/any)
M1	Matèries primeres	20.779.832,94
M2	Mà d'obra directa	3.239.600,00
M4	Mà d'obra indirecta	647.920,00
M5	Serveis generals	3.669.141,00
M6	Subministraments	407.169,73
M7	Conservació i manteniment	2.874.139,25
M8	Laboratori	242.970,00
M10	Expedició	161.980,00
M11	Directius i tècnics	485.940,00
M14	Impostos de fàbrica	479.023,21
M15	Assegurances	479.023,21
M	**COSTOS DE FABRICACIÓ TOTALS**	**33.466.739,34**

7.5.2. Costos generals (G)

Els costos generals recullen les despeses necessàries per al funcionament global de l'empresa que no estan directament lligades a la producció. S'estimen com un percentatge dels costos de fabricació.

7.5.2.1. Despeses comercials (G1)

Inclouen la promoció, la distribució i la venda del producte. S'estimen entre el 5 i el 20% dels costos de fabricació. Atès que el formaldehid és un producte commodity venut a granel a clients industrials, sense necessitat de grans campanyes de màrqueting, s'adopta el valor mínim del rang, del 5%:

$$G1 = 0{,}05 \cdot M$$

$$G1 = 0{,}05 \cdot 33.466.739{,}34\ € = 1.673.336{,}97\ €/any$$

7.5.2.2. Administració i gerència (G2)

Aquesta partida recull les despeses generals d'administració i gerència de l'empresa, com ara la gestió administrativa corporativa, els sistemes de gestió i els serveis professionals externs, diferenciades del personal d'operació ja comptabilitzat de manera detallada a la partida M2. S'estima entre el 3 i el 6% dels costos de fabricació. Per a Formatech s'adopta un valor del 3,5%:

$$G2 = 0{,}035 \cdot M$$

$$G2 = 0{,}035 \cdot 33.466.739{,}34\ € = 1.171.335{,}88\ €/any$$

7.5.2.3. Despeses financeres (G3)

Aquesta partida recull els costos dels deutes de l'empresa, com que no es preveu cap endeutament les despeses financeres són nul·les.

$$G3 = 0{,}00\ €/any$$

7.5.2.4. Investigació i serveis tècnics (G4)

Recull les despeses de recerca, desenvolupament i suport tècnic. S'estima entre el 0 i el 5% dels costos de fabricació. Per a Formatech s'adopta un valor del 2,5%:

$$G4 = 0{,}025 \cdot M$$

$$G4 = 0{,}025 \cdot 33.466.739{,}34\ € = 836.668{,}48\ €/any$$

El conjunt dels costos generals es resumeix a la Taula 7.13.

Taula 7.13. Resum dels costos generals (G).

Partida	Concepte	Cost (€/any)
G1	Despeses comercials	1.673.336,97
G2	Administració i gerència	1.171.335,88
G4	Investigació i serveis tècnics	836.668,48
G	COSTOS GENERALS TOTALS	**3.681.341,33**

7.5.3. Costos totals de producció

El cost total de producció anual s'obté com la suma dels costos de fabricació i dels costos generals, tal com es recull a la Taula 7.14. Aquest valor és la base per al càlcul dels fluxos de caixa i dels indicadors de rendibilitat de l'apartat 7.7.

Taula 7.14. Cost total de producció de Formatech.

Concepte	Cost (€/any)
Costos de fabricació (M)	33.466.739,34
Costos generals (G)	3.681.341,33
COST TOTAL DE PRODUCCIÓ	**37.148.080,67**

7.6. Ingressos per vendes

La planta de Formatech genera ingressos exclusivament a partir de la venda de la solució aquosa de formaldehid al 37% en pes. Atès que la formalina és un producte de baix valor unitari que es distribueix únicament en cisterna i que no és rendible transportar a llargues distàncies, la demanda es concentra en el mercat regional, on els fabricants de resines termoestables i els productors de panells de fusta constitueixen el principal canal de venda. No s'han considerat ingressos procedents de subproductes del procés ni d'altres línies de negoci, de manera que la totalitat dels recursos generats per la planta prové del producte principal.

La producció anual efectiva fixada per al projecte és de 100.000 tones de formalina al 37%, obtingudes en règim de procés continu durant 330 dies de funcionament a l'any. Considerant un horari d'operació de 24 hores al dia, la taxa de producció horària equivalent és de 12.626 kg/h de producte al 37%.

El preu de venda adoptat prové de l'anàlisi de mercat de l'apartat 7.3.1, on s'ha examinat l'evolució de la cotització del formaldehid al 37% en base Rotterdam durant el període 2024-2026. Per als càlculs d'aquest capítol, i en coherència amb la hipòtesi de preu del metanol adoptada a l'apartat 7.5.1, s'ha fixat un preu de venda de formol de 480,00 €/t. Aquest preu, equivalent a uns 558 $/t al canvi considerat, és coherent amb el cost del metanol adoptat i amb el fet que la cotització del formaldehid es mou estretament lligada a la de la seva matèria primera. Se situa per damunt dels valors registrats el 2024 i el 2025, compresos entre els 336 i els 430 $/t, que corresponien a un metanol més barat, i clarament per sota dels nivells assolits a principis de 2026, propers als 776 $/t en plena tensió de subministrament, de manera que representa una hipòtesi prudent i representativa d'un mercat normalitzat però ferm.

El volum anual d'ingressos per vendes s'obté de l'equació adjunta a continuació, on el producte de la producció anual per el preu unitari determina la totalitat dels recursos generats:

$$I = Q \cdot P$$

on I és el total anual d'ingressos per vendes (€/any), Q és el volum de producció efectiva (t/any) i P és el preu unitari de venda (€/t). Substituint els valors del projecte:

$$I = 100.000\ t/any \cdot 480,00\ €/t = 48.000.000,00\ €/any$$

Els ingressos per vendes de Formatech ascendeixen, doncs, a 48.000.000,00 € anuals.

7.6.1. Aprofitament fotovoltaic de l'espai sobrant

La parcel·la de Formatech, de 53.720 m^2, només queda ocupada parcialment per les àrees de procés, de serveis i d'edificacions, de manera que resta una superfície lliure d'unes 2 hectàrees, equivalent a la meitat de la parcel·la. Tal com es recull a l'anàlisi DAFO de l'apartat 7.3.4, aquest espai sobrant constitueix una oportunitat econòmica que es preveu destinar a una instal·lació solar fotovoltaica en lloc de mantenir-lo improductiu.

Per a la seva execució es contractarà una empresa especialitzada en autoconsum industrial. S'ha seleccionat SUD Renovables [30], enginyeria i promotora catalana amb una activitat consolidada al Camp de Tarragona, que assumeix la viabilitat, la inversió i l'operació de la instal·lació. El mercat ofereix també altres operadors com ACCIONA Energía [31], EiDF Solar [32] o SotySolar [33], que treballen amb models de lloguer del terreny o de contracte de compravenda d'energia a llarg termini, conegut com a PPA.

De les dues vies possibles, el lloguer del sòl a una instal·ladora a canvi d'una renda d'entre 0,40 i 1,00 €/m^2 i any, equivalent a entre 8.000,00 i 20.000,00 € anuals, o bé l'autoconsum, s'ha optat finalment per l'autoconsum, atès l'elevat consum elèctric de la planta. En aquesta modalitat Formatech és propietària de la instal·lació, que SUD Renovables s'encarrega de dissenyar i executar sobre les 2 hectàrees disponibles. La instal·lació projectada té una potència aproximada d'1,1 MWp i un cost d'uns 1.000.000,00 €, que s'incorpora al capital immobilitzat del projecte tal com s'ha indicat a l'apartat 7.4.3.

Amb una generació anual estimada de 1,73 GWh, l'energia produïda cobreix part de la demanda elèctrica de la planta i en redueix la factura en 207.600,00 € anuals, calculats al preu de l'electricitat de 0,12 €/kWh emprat a la partida M5. Amb aquest estalvi, la inversió en les plaques es recupera en 4,8 anys, termini que encara s'escurça gràcies a les subvencions a l'autoconsum [34] i als Certificats d'Estalvi Energètic gestionats pel Ministeri per a la Transició Ecològica [35]. Més enllà del retorn econòmic, l'aprofitament d'aquesta superfície reforça la sostenibilitat de la planta sense comprometre'n l'operació.

7.7. Anàlisi de rendibilitat econòmica de la planta

A partir dels valors d'inversió, costos de producció i ingressos determinats en els apartats anteriors, s'avalua la rendibilitat del projecte mitjançant els indicadors econòmics habituals: el Valor Actual Net, la Taxa Interna de Retorn i el període de retorn de la inversió. Aquests indicadors es construeixen a partir dels fluxos nets de caixa generats al llarg de la vida útil de la planta i permeten emetre un judici fonamentat sobre la viabilitat econòmica de Formatech.

L'avaluació es fonamenta en el principi del valor temporal dels diners. Un import disponible avui té més valor que el mateix import en el futur, motiu pel qual els fluxos futurs es descompten a una taxa que reflecteix el cost d'oportunitat del capital.

7.7.1. Amortització

L'amortització reflecteix la pèrdua de valor dels actius immobilitzats amb el pas del temps. Per al seu càlcul s'adopta el mètode d'amortització lineal, en què el cost anual és constant al llarg de tota la vida útil. L'amortització anual es calcula de la següent forma:

$$A = (I - VR) / t$$

on A és l'amortització anual expressada en €, I representa el capital immobilitzat total sense incloure el valor del terreny en €, VR és el valor residual de la planta en € i t correspon a la vida útil del projecte en anys. Per a aquesta valoració s'adopta una vida útil de 20 anys i es considera un valor residual equivalent al cost del terreny, ja que aquest no deprecia el seu valor de mercat. A partir del capital immobilitzat determinat a l'apartat 7.4, l'amortització anual resulta:

$$A = (47.902.321{,}00\ € - 13.967.200{,}00\ €) / 20\ anys = 1.696.756{,}04\ €/any$$

7.7.2. Fluxos nets de caixa (NCF)

El flux net de caixa quantifica la diferència real entre les entrades i les sortides de tresoreria de la planta al llarg del temps, i constitueix la variable fonamental per a l'anàlisi de rendibilitat. Per a la seva determinació s'elabora un cronograma que abasta des de la inversió inicial fins a la liquidació final del projecte.

El benefici brut de cada any es defineix com la diferència entre els ingressos per vendes i la suma dels costos de producció i l'amortització, i constitueix la base imposable de l'Impost sobre Societats. D'acord amb l'article 29.1 de la Llei 27/2014, de 27 de novembre, de l'Impost sobre Societats [36], les entitats de nova creació que desenvolupen activitats econòmiques tributen a un tipus reduït del 15% en el primer període impositiu en què la base imposable resulta positiva i en el següent, i passen al tipus general del 25% a partir del tercer exercici. Atès que Formatech és una societat de nova creació, en el càlcul dels fluxos de caixa s'apliquen aquests tipus: un 15% els dos primers exercicis amb benefici positiu i un 25% a partir del tercer.

El benefici net s'obté restant els impostos del benefici brut. Finalment, el flux net de caixa de cada any es calcula sumant de nou l'amortització al benefici net, ja que l'amortització és una despesa comptable que no comporta una sortida real de tresoreria:

$$NCF = Benefici\ net + Amortització$$

A l'any zero s'imputa la inversió inicial completa, que comprèn el capital immobilitzat, el capital circulant i la posada en marxa, amb signe negatiu. A l'últim any de vida útil s'hi afegeixen, com a entrades, el valor residual dels actius i la recuperació del capital circulant. L'estructura del cronograma de fluxos nets de caixa es recull a la Taula 7.15.

Taula 7.15. Estructura del cronograma de fluxos nets de caixa.

Concepte (€)	Any 0	Any 1	Any 2	Any 3	Any 4	Any 5	Any 6
Inversió immobilitzada	−50.297.437 €	—	—	—	—	—	—
Capital circulant	−9.580.464 €	—	—	—	—	—	—
Valor residual (terreny)	—	—	—	—	—	—	—
Ingressos	—	48.000.000 €	48.000.000 €	48.000.000 €	48.000.000 €	48.000.000 €	48.000.000 €
Costos de producció	—	−37.148.081 €	−37.148.081 €	−37.148.081 €	−37.148.081 €	−37.148.081 €	−37.148.081 €
Amortització	—	−1.696.756 €	−1.696.756 €	−1.696.756 €	−1.696.756 €	−1.696.756 €	−1.696.756 €
Benefici brut	—	9.155.163 €	9.155.163 €	9.155.163 €	9.155.163 €	9.155.163 €	9.155.163 €
Impostos	—	−1.373.274 €	−1.373.274 €	−2.288.791 €	−2.288.791 €	−2.288.791 €	−2.288.791 €
Benefici net	—	7.781.889 €	7.781.889 €	6.866.372 €	6.866.372 €	6.866.372 €	6.866.372 €
NCF	−59.877.901 €	9.478.645 €	9.478.645 €	8.563.129 €	8.563.129 €	8.563.129 €	8.563.129 €

Taula 7.15. Estructura del cronograma de fluxos nets de caixa (part 2 de 3).

Concepte (€)	Any 7	Any 8	Any 9	Any 10	Any 11	Any 12	Any 13
Inversió immobilitzada	—	—	—	—	—	—	—
Capital circulant	—	—	—	—	—	—	—
Valor residual (terreny)	—	—	—	—	—	—	—
Ingressos	48.000.000 €	48.000.000 €	48.000.000 €	48.000.000 €	48.000.000 €	48.000.000 €	48.000.000 €
Costos de producció	−37.148.081 €	−37.148.081 €	−37.148.081 €	−37.148.081 €	−37.148.081 €	−37.148.081 €	−37.148.081 €
Amortització	−1.696.756 €	−1.696.756 €	−1.696.756 €	−1.696.756 €	−1.696.756 €	−1.696.756 €	−1.696.756 €
Benefici brut	9.155.163 €	9.155.163 €	9.155.163 €	9.155.163 €	9.155.163 €	9.155.163 €	9.155.163 €
Impostos	−2.288.791 €	−2.288.791 €	−2.288.791 €	−2.288.791 €	−2.288.791 €	−2.288.791 €	−2.288.791 €
Benefici net	6.866.372 €	6.866.372 €	6.866.372 €	6.866.372 €	6.866.372 €	6.866.372 €	6.866.372 €
NCF	8.563.129 €	8.563.129 €	8.563.129 €	8.563.129 €	8.563.129 €	8.563.129 €	8.563.129 €

Taula 7.15. Estructura del cronograma de fluxos nets de caixa (part 3 de 3).

Concepte (€)	Any 14	Any 15	Any 16	Any 17	Any 18	Any 19	Any 20	Any 21
Inversió immobilitzada	—	—	—	—	—	—	—	—
Capital circulant	—	—	—	—	—	—	—	9.580.464 €
Valor residual (terreny)	—	—	—	—	—	—	—	13.967.200 €
Ingressos	48.000.000 €	48.000.000 €	48.000.000 €	48.000.000 €	48.000.000 €	48.000.000 €	48.000.000 €	—
Costos de producció	−37.148.081 €	−37.148.081 €	−37.148.081 €	−37.148.081 €	−37.148.081 €	−37.148.081 €	−37.148.081 €	—
Amortització	−1.696.756 €	−1.696.756 €	−1.696.756 €	−1.696.756 €	−1.696.756 €	−1.696.756 €	−1.696.756 €	—
Benefici brut	9.155.163 €	9.155.163 €	9.155.163 €	9.155.163 €	9.155.163 €	9.155.163 €	9.155.163 €	—
Impostos	−2.288.791 €	−2.288.791 €	−2.288.791 €	−2.288.791 €	−2.288.791 €	−2.288.791 €	−2.288.791 €	—
Benefici net	6.866.372 €	6.866.372 €	6.866.372 €	6.866.372 €	6.866.372 €	6.866.372 €	6.866.372 €	—
NCF	8.563.129 €	8.563.129 €	8.563.129 €	8.563.129 €	8.563.129 €	8.563.129 €	8.563.129 €	23.547.664 €

7.7.3. Valor Actual Net (VAN) i Taxa Interna de Retorn (TIR)

El Valor Actual Net és la suma de tots els fluxos nets de caixa del projecte descomptats al moment present, menys la inversió inicial. Permet determinar si el projecte genera valor un cop considerat el cost d'oportunitat del capital. Es calcula de la següent forma:

$$VAN = \Sigma_{t=1}^{n} F_t / (1 + k)^t - I_0$$

on I_0 és la inversió inicial, F_t és el flux net de caixa de l'any t, k és la taxa de descompte i n és la vida útil del projecte. Si el VAN és positiu, el projecte genera valor i és viable; si és negatiu, genera pèrdues; i si és nul, ni guanya ni perd.

Com a taxa de descompte s'adopta un valor del 8%, representatiu del cost d'oportunitat del capital per a un projecte industrial d'aquest tipus. Amb aquesta taxa, el VAN del projecte resulta:

VAN = +30.506.643,71 € (a una taxa de descompte del 8%)

La Taxa Interna de Retorn és la taxa de descompte que fa que el VAN sigui igual a zero. Representa la rendibilitat intrínseca del projecte: com més alta sigui la TIR respecte de la taxa de descompte, més atractiu és el projecte. El projecte es considera rendible quan la TIR supera la taxa de descompte adoptada.

TIR = 13,96 %

Per visualitzar aquests resultats, a la Figura 7.3 es representa l'evolució del VAN en funció de la taxa de descompte, en què el punt de tall amb l'eix horitzontal correspon a la Taxa Interna de Retorn.

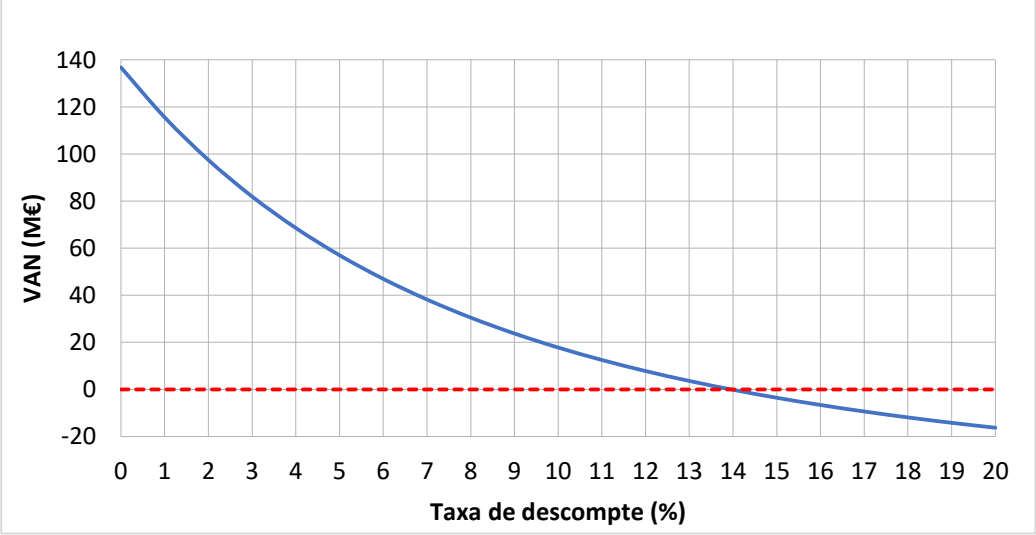

Figura 7.3. Evolució del VAN segons la taxa de descompte.

7.7.4. Període de retorn (pay-back)

El període de retorn o pay-back és el temps necessari per recuperar la inversió inicial mitjançant els fluxos nets de caixa generats. Es determina acumulant els fluxos nets any rere any fins que la suma iguala la inversió inicial. Quan els fluxos no són constants, s'aplica l'expressió:

$$Pay\text{-}back = a + (I_0 - b) / NCF_t$$

on a és l'últim any abans de recuperar la inversió, I_0 és la inversió inicial, b és la suma acumulada dels fluxos fins a l'any a, i NCF_t és el flux net de caixa de l'any en què es recupera la inversió.

Cal tenir present que aquest mètode, tot i la seva utilitat com a mesura del risc a curt termini, presenta limitacions: no considera el valor temporal dels diners ni els fluxos generats després de recuperar la inversió. Per aquest motiu no s'utilitza com a criteri únic, sinó de manera complementària al VAN i la TIR.

$$Pay\text{-}back = 6{,}8\ anys$$

7.7.5. Anàlisi de sensibilitat al preu del metanol

El metanol és la matèria primera principal del procés i, tal com s'ha vist a l'apartat 7.5, representa amb diferència la partida més important del cost de producció, amb un pes proper al 60% del total. Atès que es tracta d'un producte d'elevada volatilitat de preu, lligada al cost del gas natural i a l'equilibri entre l'oferta i la demanda dels seus principals derivats, la rendibilitat del projecte hi és especialment exposada. Per aquest motiu es duu a terme una anàlisi de sensibilitat que avalua com varien els indicadors econòmics en funció del preu del metanol.

Per a aquesta anàlisi es mantenen constants tots els altres paràmetres del projecte, és a dir, la inversió, la resta de costos de producció, el preu de venda del formaldehid i el volum de producció, i únicament es fa variar el preu de compra del metanol. Per a cada preu es recalcula el cost de la matèria primera M1 i, a partir d'aquest, el cost total de fabricació, els costos generals, el cost de producció, el flux net de caixa anual i, finalment, el Valor Actual Net, la Taxa Interna de Retorn i el període de retorn.

L'interval de preus analitzat s'ha establert a partir de l'evolució real del mercat europeu. Durant els anys 2024 i 2025 el preu del metanol a Europa s'ha mogut majoritàriament entre els 270 i els 440,00 €/t [37], mentre que el preu de llista de referència de Methanex, el seu European Posted Contract Price, va arribar als 850,00 €/t a principis de 2026 [12]. Tenint en

compte que el preu de disseny adoptat és de 420,00 €/t, s'analitzen sis escenaris compresos entre 350 i 600,00 €/t, que cobreixen tant la franja habitual de mercat com possibles situacions de tensió de preus. Els resultats es recullen a la Taula 7.16.

Taula 7.16. Sensibilitat dels indicadors econòmics al preu del metanol.

Preu del metanol (€/t)	Cost M1 (M€/any)	NCF (M€/any)	VAN al 8% (M€)	TIR (%)	Pay-back
350	17,34	11,42	+59,28	19,36	5,0
400	19,80	9,38	+38,73	15,51	6,2
420 (base)	20,78	8,56	+30,51	13,96	6,8
460	22,74	6,93	+14,06	10,79	8,4
500	24,71	5,29	-2,38	7,52	11,1
600	29,62	1,21	-44,98	< 0	> 20

Els resultats mostren una sensibilitat elevada al preu del metanol. Amb el preu de venda del formaldehid de 480,00 €/t, el llindar de rendibilitat se situa en un preu de metanol d'aproximadament 494,2 €/t, per sobre del preu de disseny de 420,00 €/t, de manera que el projecte manté un marge de seguretat de 74,2 €/t respecte a la rendibilitat. Aquesta evolució es representa gràficament a la Figura 7.4.

Aquest marge resulta suficient en condicions normals de mercat, però es pot esgotar en episodis de tensió de preus com els observats a principis de 2026, especialment perquè el preu de venda del formaldehid no sempre compensa de manera immediata els increments de la matèria primera.

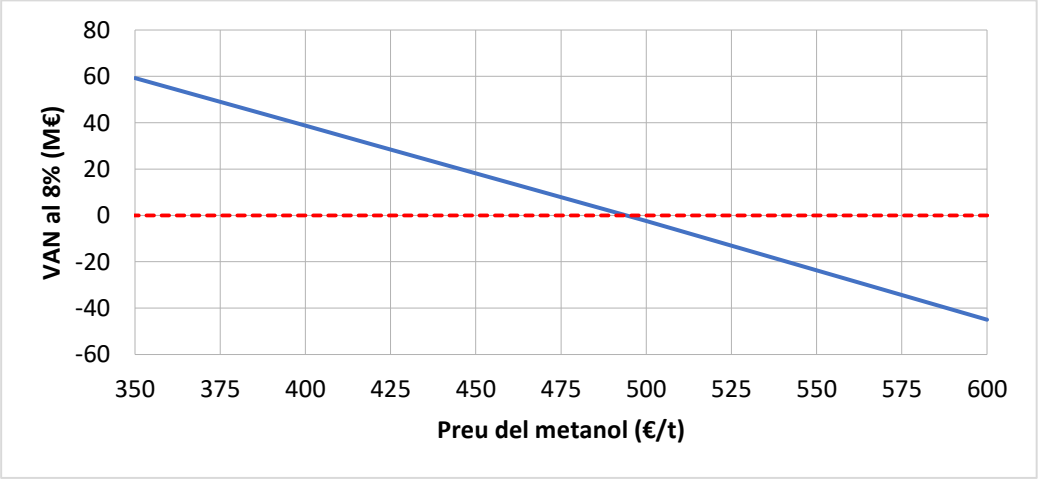

Figura 7.4. Evolució del VAN al 8% segons el preu del metanol.

7.8. Conclusions

L'avaluació econòmica realitzada ha permès estudiar la viabilitat de la planta de producció de formaldehid de Formatech des d'un punt de vista financer, considerant la inversió en el terreny, els equips i la seva instal·lació, els costos de producció i els impostos sobre el benefici, així com els ingressos previstos per la venda del producte. A partir d'aquestes dades s'han construït els fluxos nets de caixa al llarg dels vint anys de vida útil i s'han aplicat els indicadors habituals de rendibilitat, que confirmen que el projecte és econòmicament viable, amb un Valor Actual Net de 30,51 milions d'euros a una taxa de descompte del 8%, una Taxa Interna de Retorn del 13,96% i una recuperació de la inversió en 6,8 anys.

Aquesta rendibilitat s'explica en bona part pel marge entre el preu de venda del formaldehid i el cost del metanol, que és la matèria primera principal i la partida de cost variable més rellevant del procés. L'anàlisi de sensibilitat mostra que el projecte continua sent rendible mentre el preu del metanol no superi els 494 €/t, de manera que es disposa d'un marge de seguretat d'uns 74 €/t respecte al preu de disseny. Aquest coixí resulta suficient en condicions normals de mercat, però es pot estrènyer en episodis de tensió de preus, ja que el preu del formaldehid no sempre repercuteix de manera immediata els increments de la matèria primera.

A reforçar aquesta viabilitat hi contribueix el procés FORMOX, una tecnologia madura i contrastada que assoleix una conversió de metanol gairebé completa i un baix contingut residual al producte, fet que minimitza les pèrdues de matèria primera. De manera complementària, l'aprofitament de l'espai sobrant de la parcel·la per a una instal·lació solar fotovoltaica d'autoconsum redueix la demanda elèctrica de la planta i, amb ella, el cost dels serveis generals, amb un efecte favorable sostingut al llarg de tota la vida útil.

Des de la perspectiva del mercat, el formaldehid és un producte bàsic amb una demanda sostinguda i en creixement, vinculada als sectors de la construcció, l'automoció i la fabricació de resines, fet que assegura una sortida estable per a la producció de la planta. Es tracta, però, d'un producte amb marges ajustats i poca diferenciació, en què la competitivitat depèn directament del control dels costos i, de manera molt especial, de l'aprovisionament del metanol.

Es pot concloure, doncs, que la planta de producció de formaldehid de Formatech constitueix una opció d'inversió viable i sòlida. El principal factor d'incertesa rau en la volatilitat del preu del metanol, condicionada per l'evolució del preu del gas natural, la

situació geopolítica i l'equilibri global entre l'oferta i la demanda. En aquest sentit, assegurar l'aprovisionament mitjançant contractes de subministrament a llarg termini amb preus indexats permetria mitigar aquest risc i consolidar la rendibilitat del projecte durant tot l'horitzó de vida de la planta.

7.9. Bibliografia

[1] ESPANYA. Reial Decret Legislatiu 1/2010, de 2 de juliol, pel qual s'aprova el text refós de la Llei de societats de capital [en línia]. *Boletín Oficial del Estado, núm. 161, 3 de juliol de 2010*. [Consulta: 21 maig 2026]. Disponible a: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2010-10544

[2] THERMO FISHER SCIENTIFIC. "*Formaldehyde solution 36-38% w/w (stabilized with methanol), CAS 50-00-0*" [en línia]. Waltham (MA): Thermo Fisher Scientific. [Consulta: 21 maig 2026]. Disponible a: https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/es/es/119690010

[3] VERIFIED MARKET RESEARCH. "*Global Formaldehyde Market Size by Application*" [en línia]. Lewes (DE): Verified Market Research, 2024. [Consulta: 21 maig 2026]. Disponible a: https://www.verifiedmarketresearch.com/product/formaldehyde-market/.

[4] TECHNAVIO. "*Formaldehyde Market Analysis – Size and Forecast 2025-2029*" [en línia]. Londres: Technavio Research, 2024. [Consulta: 21 maig 2026]. Disponible a: https://www.technavio.com/report/formaldehyde-market-industry-analysis

[5] GRAND VIEW RESEARCH. "Formaldehyde Market Size, Share & Growth Report, 2030" [en línia]. San Francisco (CA): Grand View Research, 2024. [Consulta: 23 maig 2026]. Disponible a: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/formaldehyde-market

[6] CHEMANALYST. "Precios del Formaldehído en España: Tendencias, Índice y Previsiones" [en línia]. Noida: ChemAnalyst, 2026. [Consulta: 23 maig 2026]. Disponible a: https://www.chemanalyst.com/Pricing_es/formaldehyde-1879

[7] BUSINESSANALYTIQ. "Formaldehyde Price Index 2025-2026" [en línia]. BusinessAnalytiQ, 2026. [Consulta: 23 maig 2026]. Disponible a: https://businessanalytiq.com/procurementanalytics/index/formaldehyde-price-index/

[8] FORMACARE (CEFIC SECTOR GROUP). "European Formaldehyde Industry: Sector Overview" [en línia]. Brussel·les: Cefic. [Consulta: 23 maig 2026]. Disponible a: https://www.formacare.eu/

[9] ERCROS, S.A. Annual Report 2024 [en línia]. Barcelona: Ercros, 2025. [Consulta: 25 maig 2026]. Disponible a: https://www.ercros.es/sites/default/files/content/file/2025/06/26/67/annualreport_ercros2024_web.pdf

[10] FORESA (FORESTAL DEL ATLÁNTICO, S.A.). "*Pàgina corporativa*" [en línia]. Caldas de Reis: Foresa. [Consulta: 25 maig 2026]. Disponible a: https://www.foresa.com/

[11] MARKETSANDMARKETS. "*Methanol Market – Global Forecast to 2030*" [en línia]. Northbrook (IL): MarketsandMarkets, 2025. [Consulta: 2 juny 2026]. Disponible a: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/methanol-market-425.html

[12] METHANEX CORPORATION. "*European Posted Contract Price (EPCP), Q2 2026*" [en línia]. Vancouver: Methanex Corporation, 2026. [Consulta: 29 maig 2026]. Disponible a: https://www.methanex.com/our-business/pricing

[13] METHANEX CORPORATION. Ann*ual Report and Investor Relations: Realized Price Q4* 2025 [en línia]. Vancouver: Methanex Corporation, 2025. [Consulta: 29 maig 2026]. Disponible a: https://www.methanex.com/investors

[14] UNIÓ EUROPEA. *Reglament (CE) núm. 1272/2008 del Parlament Europeu i del Consell*, de 16 de desembre de 2008, sobre classificació, etiquetatge i envasament de substàncies i mescles [en línia]. *Diari Oficial de la Unió Europea*, L 353, 31 de desembre de 2008. [Consulta: 27 maig 2026]. Disponible a: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CA/TXT/?uri=CELEX:32008R1272

[15] UNIÓ EUROPEA. *Reglament (UE) 2023/1464 de la Comissió*, de 14 de juliol de 2023, pel qual es modifica l'annex XVII del Reglament (CE) núm. 1907/2006 (REACH) pel que fa al formaldehid i als alliberadors de formaldehid [en línia]. *Diari Oficial de la Unió Europea, L 180, p. 12-20,* 17 de juliol de 2023. [Consulta: 27 maig 2026]. Disponible a: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CA/TXT/?uri=CELEX:32023R1464

[16] FOTOCASA. "Terrenys industrials en venda a Tarragona (Torreforta)" [en línia]. Fotocasa, 2026. [Consulta: 31 maig 2026]. Disponible a: https://www.fotocasa.es/ca/comprar/terreny/tarragona-capital/torreforta/185019376/d

https://www.fotocasa.es/ca/comprar/terreny/tarragona-capital/torreforta/181999096/d

[17] TOWLER, GAVIN; SINNOTT, RAY. CHEMICAL ENGINEERING DESIGN: *Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design. 3a edició. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2022. ISBN 978-0-12-821179-3.*

[18] JENKINS, SCOTT. "*2026 CEPCI updates: February (prelim.) and January (final)"*. A: Chemical Engineering Magazine [en línia]. Rockville (MD): Access Intelligence LLC, 27 d'abril de 2026. [Consulta: 30 maig 2026]. Disponible a: https://www.chemengonline.com/2026-cepci-updates-february-prelim-and-january-final/

[19] PETERS, MAX S.; TIMMERHAUS, KLAUS D.; WEST, RONALD E. Plant Design and Economics for Chemical Engineers. 5a edició. Nova York: McGraw-Hill, 2003. ISBN 0-07-239266-5.

[20] PRIMIX. "*Productos: mezcladores estáticos*" [en línia]. Mijdrecht: Primix. [Consulta: 1 juny 2026]. Disponible a: https://www.primix.com/es/productos/

[21] PIROBLOC. *Thermal Oil Heater Catalogue* [en línia]. [Consulta: 9 juny 2026]. Disponible a: https://venturegrp.net/wp-content/uploads/2022/04/Pirobloc-Thermal-Oil-Heater-Catalogue.pdf

[22] BALTIMORE AIRCOIL COMPANY. *Cooling Tower Costs 2025* [en línia]. [Consulta: 9 juny 2026]. Disponible a: https://www.coolingtowerproducts.com/cooling-tower-costs-2025/

[23] ALFA LAVAL. ACE *Air Cooled Heat Exchangers* [en línia]. [Consulta: 9 juny 2026]. Disponible a: https://www.alfalaval.com/products/heat-transfer/air-heat-exchangers/

[24] GEDAR. Descalcificadors industrials [en línia]. [Consulta: 9 juny 2026]. Disponible a: https://www.gedar.es/tienda/26-descalcificadores-industriales

[25] INSTITUT D'ESTADÍSTICA DE CATALUNYA (IDESCAT). "*Estadística anual d'estructura salarial 2023*" [en línia]. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2024. [Consulta: 29 maig 2026]. Disponible a: https://www.idescat.cat/novetats/?id=5254

[26] ESPANYA. *XXI Conveni Col·lectiu General de la Indústria Química* (2024-2026). Revisió salarial any 2025, articles 32 i 47.6 [en línia]. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 73, 26 de març de 2025 (BOE-A-2025-6079). [Consulta: 28 maig 2026]. Disponible a: https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2025-6079

[27] COST ENERGIA. "*Histórico del PVPC anual y precio medio de la electricidad en España*" [en línia]. Cost Energia, 2025. [Consulta: 29 maig 2026]. Disponible a: https://www.costeenergia.es/historico/pvpc-anual

[28] EMATSA (EMPRESA MUNICIPAL MIXTA D'AIGÜES DE TARRAGONA). "*Tarifes del servei d'aigua*" [en línia]. Tarragona: EMATSA, 2025. [Consulta: 30 maig 2026]. Disponible a: https://ov.ematsa.cat/tarifas

[29] ENI PLENITUDE. "*Precio del Gas Natural: Evolución en España y Coste del m³*" [en línia]. Madrid: Eni Plenitude, 2025. [Consulta: 30 maig 2026]. Disponible a: https://eniplenitude.es/blog/energia/precio-gas-natural-kwh/

[30] SUD RENOVABLES. "*Placas solares para empresas*" [en línia]. Reus: SUD Renovables. [Consulta: 1 juny 2026]. Disponible a: https://sud.es/placas-solares-para-empresas/

[31] ACCIONA ENERGÍA. "*Autoconsumo para negocios*" [en línia]. [Consulta: 1 juny 2026]. Disponible a: https://soluciones.acciona-energia.com/empresas/autoconsumo/para-negocios

[32] EIDF SOLAR. "*Proyectos – Delegación de Cataluña*" [en línia]. [Consulta: 1 juny 2026]. Disponible a: https://www.eidfsolar.es/proyectos-delegacion-catalunya/

[33] SOTYSOLAR. "*Empresas que alquilan tejados para placas solares*" [en línia]. [Consulta: 1 juny 2026]. Disponible a: https://sotysolar.es/blog/empresas-alquilan-tejados-placas-solares

[34] ESPANYA. Reial Decret pel qual es regulen les ajudes a l'autoconsum i l'emmagatzematge d'energia renovable [en línia]. *Boletín Oficial del Estado, BOE-A-2024-12944*. [Consulta: 1 juny 2026]. Disponible a: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2024-12944

[35] MINISTERI PER A LA TRANSICIÓ ECOLÒGICA I EL REPTE DEMOGRÀFIC (MITECO). "*Certificados de Ahorro Energético (CAE)*" [en línia]. Madrid: MITECO. [Consulta:

1 juny 2026]. Disponible a: https://www.miteco.gob.es/es/energia/eficiencia/cae.html

[36] ESPANYA. Llei 27/2014, de 27 de novembre, de l'Impost sobre Societats. *Boletín Oficial del Estado, núm. 288, de 28 de novembre de 2014, BOE-A-2014-12328. Article 29*. [Consulta: 2 juny 2026]. Disponible a: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2014-12328

[37] S&P GLOBAL COMMODITY INSIGHTS. "*Platts European Methanol Price Assessments*" [en línia]. Londres: S&P Global, 2026. [Consulta: 31 maig 2026]. Disponible a: https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/pricing-benchmarks/assessments/chemicals/eu-methanol-price-explained