

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID A PARTIR DE METANOL

GRAU D'ENGINYERIA QUÍMICA



Hugo Cortés Ramos

Laura Carrizosa Romero

Máximo Rodrigo Esquivel Silva

Marta Lorente Puerto

David Piqueras Díaz

Loris Tao Ribreau Soulier

Tutor: Josep Anton Torà

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID A PARTIR DE METANOL

GRAU D'ENGINYERIA QUÍMICA

7. VALORACIÓ ECONÒMICA



ÍNDEX

7. Avaluació econòmica i viabilitat del projecte.....	7
7.1. Introducció	7
7.2 Estudi de mercat	7
7.2.1 Avaluació econòmica i tendències de mercat del metanol	8
7.2.1.1. Evolució i previsió econòmica del metanol	8
7.2.1.2. Motors de la demanda i matèries primeres.....	9
7.2.1.3. Sostenibilitat i tendències de futur	9
7.2.2 Avaluació econòmica i tendències de mercat del Formaldehid	10
7.2.2.1 Evolució i previsió econòmica	10
7.2.2.2. Motors de la demanda.....	10
7.2.3 Anàlisi de preus	12
7.2.4 Anàlisi de la competència i posicionament.....	12
7.2.4.1 Anàlisi de l'evolució del principal indicador: Ercros.....	14
7.2.5 Anàlisi DAFO	14
7.2.6 Matriu Came	16
7.3 Forma jurídica de l'empresa	18
7.3.1 Avaluació comparativa i selecció de l'estructura	18
7.4 Avaluació de la viabilitat econòmica	19
7.4.1. Inversió inicial	20
7.4.1.1 Capital immobilitzat	20
7.4.1.2 Cost del terreny.....	20
7.4.1.3. Bescanviadors de calor i aerorefrigeradors (Sèrie E i AC).....	22
7.4.1.4. Mescladors estàtics.....	23
7.4.1.5. Tancs d'emmagatzematge	23
7.4.1.6. Reactor Catalític.....	24
7.4.1.7. Torres d'absorció i rebliment estructurat.....	24
7.4.1.8. Sistemes auxiliars de refrigeració.....	25

7.4.1.9. Bombes centrífugues	25
7.4.1.10. Compressors centrífugs	26
7.4.1.11. Escalfadors elèctrics de circulació	27
7.4.2 Mètode de Vian	28
7.4.4. Capital circulant	30
7.4.5. Inversió inicial total	30
7.4.6. Estimació dels costos d'operació	31
7.4.6.1. Costos variables totals (A).....	31
7.4.6.2. Costos fixos totals (B)	32
7.4.6.3. Despeses generals i cost de fabricació (C)	33
7.4.6.4. Despeses d'Empresa i OPEX Anual.....	33
7.4.7. Estimació dels costos de personal i mà d'obra operativa	34
7.4.8. Anàlisi d'ingressos per comercialització de producte	36
7.4.10. Impost sobre beneficis	37
7.4.11. Flux de Caixa Net (<i>Net Cash Flow</i>).....	37
7.4.11.1 Anàlisi i interpretació de l'evolució del NCF	40
7.4.12. Corbes de sensibilitat del Valor Actual Net	41
7.4.13 Taxa Rendibilitat Intrínseca	43
7.4.14. Període de recuperació de la inversió.....	44
7.5 Referències bibliogràfiques	45

7. Avaluació econòmica i viabilitat del projecte

7.1. Introducció

L'avaluació econòmica dins de l'enginyeria química és el procés sistemàtic de quantificació i valoració de tots els recursos necessaris per a la posada en marxa, operació i manteniment d'una instal·lació industrial. La seva finalitat és transformar les especificacions tècniques del procés en indicadors financers que permetin analitzar la rendibilitat del projecte, el període de retorn de la inversió i la sensibilitat davant possibles variacions en els preus del mercat. La viabilitat tècnica d'una planta de producció de formaldehid mitjançant el procés d'oxidació de metanol, demostrada en els capítols anteriors, és condició necessària però no suficient per a la implementació del projecte.

El present capítol té com a objectiu determinar la viabilitat econòmica i financera de la planta dissenyada, amb una capacitat de producció nominal de 100.000 tones anuals de formaldehid al 37% utilitzant mètodes estàndards d'enginyeria i per mitjà de la determinació de les debilitats, amenaces, fortaleces i oportunitats de MF Formadehyde solutions d'ara en endavant MF.

Al llarg d'aquest apartat, es transformarà el disseny d'enginyeria en magnituds monetàries, avaluant l'esforç inversor requerit davant els beneficis operatius esperats. Per a això, s'ha realitzat una estimació rigorosa de la inversió inicial i dels costos operacionals, integrant variables de mercat actuals que permeten projectar el rendiment del capital invertit.

Aquest anàlisi no només quantifica la rendibilitat del projecte, sinó que constitueix l'eina de decisió fonamental per determinar si el procés és capaç de generar valor afegit, minimitzant els riscos associats a la volatilitat de les matèries primeres i a la competitivitat del mercat. Aquest veredict final vindrà determinat per mitjà dels indicadors Valor Actual Net (VAN) i Taxa Interna de Rendibilitat (TIR).

7.2 Estudi de mercat

L'estudi de mercat és un element indispensable per garantir que el disseny de la planta de producció de formaldehid respongui a una necessitat real i rendible. L'objectiu d'aquest apartat és analitzar la situació actual del mercat del producte, tant en l'àmbit global com en el regional, per tal de justificar la capacitat de producció fixada i establir un preu de venda competitiu i ajustat a la realitat industrial.

Aquest anàlisi no només permet validar la viabilitat comercial del projecte mitjançant l'estudi de la demanda, l'oferta i la competència, sinó que estableix les bases de dades fonamentals per a l'anàlisi de rendibilitat.

Així doncs, s'examinen les tendències de creixement del sector, la volatilitat de les matèries primeres clau i els factors estratègics que definiran el posicionament del procés de l'empresa en el mercat actual. Els objectius principals de l'estudi són:

1. **Validació del preu de venda:** L'estudi de mercat és necessari per a verificar el càlcul d'ingressos. Justifica la coherència del preu dels fluxos de caixa amb el preu real del mercat basat en els proveïdors.
2. **Determinació de l'estratègia de vendes:** Estudi dels clients potencials i de la seva localització geogràfica per a l'optimització logística.
3. **Avaluació de la competència:** Anàlisi de la possible competència en l'oferta actual i determinació del valor afegit.
4. **Mitigació de riscos:** La realització és fonamental per detectar possibles amenaces amb la seva necessària consideració en l'anàlisi de sensibilitat.

7.2.1 Avaluació econòmica i tendències de mercat del metanol

7.2.1.1. Evolució i previsió econòmica del metanol

En l'estudi de viabilitat econòmica d'una planta de síntesi mitjançant el procés Formox, l'anàlisi del mercat de la matèria primera és tan vital com la del producte final, a causa de la gran dependència directa dels costos de reacció.

Els factors que afecten el formaldehid respecte al preu del metanol són els següents:

- **Projecció a futur:** S'estima que el mercat global del metanol assoleixi un valor de 54.630,4 milions de dòlars l'any 2030.
- **Taxa de creixement:** Aquesta evolució mantindrà una Taxa de Creixement Anual Composta (CAGR) del 5% durant el període del 2020 al 2030, com es veu a la figura 6.1.

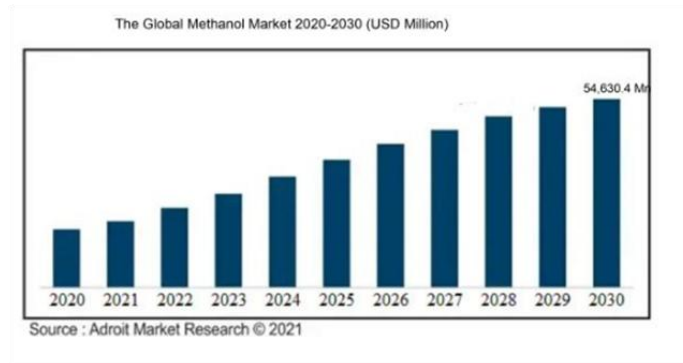


Figura 7.1. Evolució del preu de metanol estimat durant el període 2020-2030. [5]

7.2.1.2. Motors de la demanda i matèries primeres

L'evolució del mercat del metanol reflecteix una estreta dependència amb la transformació industrial global, consolidant-se com un dels components més dinàmics en l'actualitat. Aquest comportament s'explica principalment a través dels següents eixos estratègics:

- **Sector químic i petroquímic:** El metanol és un bloc de construcció essencial. A banda de ser el precursor clau per a la síntesi de formaldehid, s'utilitza massivament per fabricar derivats com l'àcid acètic i diversos plàstics. El consum actual assoleix les 200.000 tones diàries a nivell mundial per a la química i els combustibles.
- **Automoció i combustibles:** L'alt ús en la indústria de l'automòbil i l'aplicació directa per a la barreja de combustibles exerceixen pressió a l'alça sobre la demanda.
- **Fonts d'extracció:** El gas natural continua sent la font principal d'obtenció. Tot i això, el mercat viu un creixement exponencial en regions com els Estats Units i la Xina gràcies al desenvolupament del gas d'esquist.

7.2.1.3. Sostenibilitat i tendències de futur

Més enllà del gran pes en el teixit industrial actual, el desenvolupament a llarg termini del metanol està lligat als nous models ecològics i tecnològic. Els factors més importants són:

- **Transició energètica:** Les normatives recents i estrictes sobre l'emissió de gasos nocius han obert un nou mercat per al metanol com a biocombustible net i com a substitut comercial del dièsel.
- **Optimització de costos:** A llarg termini, es preveu una reducció sostinguda del cost de producció gràcies als avenços tecnològics i l'ús de matèries primeres més barates i sostenibles. S'espera que el metanol derivat de la biomassa i l'hidrogen verd capturi una gran part de la quota de mercat futura a causa de les noves polítiques ambientals i el desenvolupament de l'economia circular.

7.2.2 Avaluació econòmica i tendències de mercat del Formaldehid

7.2.2.1 Evolució i previsió econòmica

L'anàlisi de la viabilitat econòmica del projecte requereix una valoració precisa de l'evolució del mercat del formaldehid a escala global. Les projeccions financeres i de consum demostren que es tracta d'un sector en plena expansió, amb una sòlida tendència exponencial de creixement que es consolida a través de les següents dades macroeconòmiques:

- **Volum de mercat base:** L'any 2021, el mercat global del formaldehid es va valorar en 8.320 milions de dòlars (USD).
- **Projecció a futur:** S'estima que l'any 2030 el mercat assoleixi els 13.660 milions de dòlars.
- **Taxa de creixement:** Aquesta projecció suposa una Taxa de Creixement Anual Composta (CAGR) del 5,92% per al període 2022-2030 com es veu a la figura 7.2.

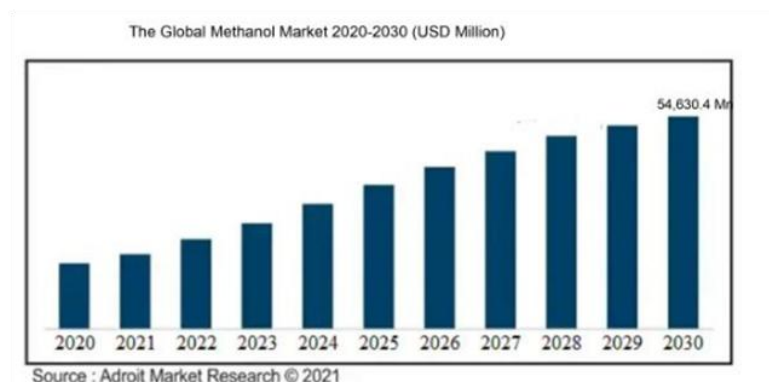


Figura 7.2. Evolució del preu de metanol estimat durant el període 2020-2030. [6]

7.2.2.2. Motors de la demanda

El creixement sostingut del formaldehid és degut a la seva versatilitat com a precursor químic en sectors estratègics, les seves principals aplicacions industrials:

- **Construcció i mobiliari:** És el sector principal, utilitzat intensivament en la síntesi de resines i adhesius les quals són fonamentals per a la producció de fusta contraplacada, terres laminats, escumes aïllants i materials compostos.
- **Automoció:** Requerit per a la fabricació de components d'alt rendiment com pastilles de fre, sistemes de combustible i acabats interiors.
- **Sanitat i biologia:** Ús crític com a agent desinfectant, en equips d'esterilització i com a conservant per prevenir la contaminació microbiana.
- **Indústria tèxtil i recobriments:** Utilitzat com a antiengorjament per a teixits, així com en la formulació de pintures, recobriments i plàstics duradors.

7.2.2.3 Reptes del mercat i marc regulatori

Tot i la forta projecció de creixement impulsada per les economies emergents, el mercat s'enfronta a reptes derivats de la toxicitat inherent del producte.

L'enduriment de les normatives mediambientals i les regulacions sobre les emissions de compostos orgànics volàtils exigeixen a les plantes de producció l'aplicació de protocols de seguretat exhaustius i tecnologies de mitigació d'emissions.

A la Unió Europea i a Espanya, el formaldehid està altament regulat per la seva classificació com a carcinogen dins de la categoria 1B i mutagen. Les principals normatives que afecten el disseny i operació de la planta són:

- **Reglament REACH** (CE n° 1907/2006) [13]: Regeix el registre, l'avaluació, l'autorització i la restricció de substàncies químiques. Recentment, s'han endurit els límits d'exposició i les restriccions de comercialització a la Unió Europea per protegir els treballadors i consumidors.
- **Directiva d'emissions industrials** (DEI 2010/75/UE) [9]: Obliga les plantes químiques a utilitzar les Millors Tècniques Disponibles per minimitzar l'emissió de Compostos Orgànics Volàtils a l'atmosfera.
- **Reial Decret 117/2003**: Transposició de la normativa europea sobre la limitació d'emissions de COV's degudes a l'ús de dissolvents i síntesi en activitats industrials a Espanya, que fixa llindars màxims d'emissions molt estrictes [11].
- **Normativa Seveso III** (Directiva 2012/18/UE [10]/ RD 840/2015 [12]) : A causa de la toxicitat de la matèria primera i el formaldehid, la planta es classifica sota la normativa Seveso d'accidents greus, obligant a auditories i plans d'emergència.

Per complir amb les lleis anteriors, una planta de formaldehid aplica protocols d'enginyeria molt específics de control de procés i de seguretat laboral com són:

- **Oxidadors tèrmics recuperatius (RTO)**: Els gasos de cua del reactor no es poden abocar directament si no es troben dins dels límits d'emissió. Es fan passar per un oxidador tèrmic on es cremen a alta temperatura per convertir els COV's en innocus abans de la xemeneia. En els processos de MF, es compleixen els límits d'emissió, per tant, no es requereixen aquests equips.
- **Sistemes de ventilació i rentat de gasos**: S'utilitzen torres d'absorció amb aigua per eliminar possibles fugues de formaldehid en les zones de càrrega i emmagatzematge.

També es tenen protocols de seguretat de procés:

- **Sistemes de llaç tancat amb inertització per Nitrogen:** Tant els tancs d'emmagatzematge de metanol com els de formaldehid es mantenen sota una atmosfera inerta de nitrogen per evitar que es formin barreges explosives amb l'oxigen.
- **Sistemes Instrumentats de Seguretat (SIS / Enclavaments):** Protocols automatitzats que aturen immediatament l'alimentació de metanol si la proporció de metanol i aire al reactor s'apropa al límit d'inflamabilitat.
- **Monitoratge continu ambiental:** Instal·lació de detectors analítics de COVs per infrarojos o fotoionització al voltant de les bombes, vàlvules i brides per detectar possibles fuites abans que suposin un perill per als operaris.

7.2.3 Anàlisi de preus

Pel que fa a l'anàlisi de preus, es pren com a referència el valor de mercat corresponent a Europa, que se situa en un rang d'aproximadament 600-640 euros (700-750 dòlars) per tona segons el ChemAnalyst [6], maig 2026. Aquest preu s'ajusta segons la tendència a l'alça del mercat derivada de la pressió en els costos del metanol. La comercialització del producte es realitza sota criteris d'optimització logística, prioritzant els mercats de proximitat per minimitzar els costos de transport. A nivell global, el mercat del formaldehid està liderat de manera indiscutible per la regió de l'Àsia-Pacífic, amb la Xina com a principal productor i consumidor mundial controlant més de la meitat de la quota de mercat global.

Existeixen restriccions logístiques crítiques corresponents a l'elevat cost de transport tèrmic, riscos de polimerització i alt contingut d'aigua que provoquen que el comerç intercontinental sigui pràcticament inexistent. Per aquest motiu, tot i que la Xina dicta les tendències de fons en la cotització de la matèria primera, l'anàlisi de la competència directa d'aquest projecte es restringeix estrictament a l'àmbit estatal i del sud d'Europa.

7.2.4 Anàlisi de la competència i posicionament

Es localitzen competidors directes a la Península Ibèrica i al sud d'Europa. El mercat de producció de formaldehid està dominat per grups químics altament integrats, que sovint el produeixen per a ús propi i per vendre l'excedent a tercers. Els principals actors són:

- **Ercros:** És el principal competidor a escala local i el referent espanyol. Disposa de potents instal·lacions de producció de formaldehid i els seus derivats a Espanya.
- **Foresa:** Pertanyen al Grup Finsa i es troben orientats gairebé de manera exclusiva a cobrir les necessitats del sector fuster i de les resines adhesives. Compten amb centres estratègics a Galícia, Portugal i França.

- **Competència Centreeuropea:** Firmes globals com BASF o Bakelite Synthetics operen al mercat europeu i tenen un gran control sobre els preus de referència globals, tot i que concentren les seves grans plantes al nord d'Europa.

Anàlisi de posicionament

- **Preu:** A nivell industrial, el mercat del formaldehid es mou en contractes B2B (Business to Business) els quals funcionen mitjançant acords directes a mitjà o llarg termini entre la planta productora i el client industrial sense passar per canals de distribució comercial ni consumidors finals. Aquests contractes operen sota dues premisses fonamentals corresponents a l'assegurament d'un volum fix de subministrament de forma contínua i l'establiment de fórmules de preu indexades o revisables de mutu acord.

El preu del producte fluctua ja que està directament lligat a la cotització altament volàtil del metanol com s'ha analitzat prèviament. L'objectiu és competir mitjançant l'eficiència local i els contractes de preu fix a mig termini per garantir estabilitat.

- **Qualitat i certificacions:** La química moderna exigeix complir els estàndards mediambientals europeus. Els competidors disposen de potents segells de sostenibilitat que els permeten estabilitzar la seva posició de mercat i, sovint, mantenir uns preus més alts. El correcte disseny de procés, juntament amb la implementació de les normatives ISO 9001 i ISO 1400, és el que pot justificar el valor del producte i pot atraure compradors.
- **Logística:** És l'avantatge competitiu principal. El formaldehid comercial anomenat formalina presenta un problema fonamental en el seu transport, ja que tendeix a precipitar si la seva temperatura baixa. Això obliga a transportar el producte exclusivament en cisternes amb sistemes de manteniment de calor, la qual cosa eleva enormement els costos logístics i redueix el radi d'acció rendible a menys de 300-400 km. En situar la planta al polígon petroquímic de Tarragona s'assegura un posicionament imbatible. En primer lloc, la proximitat al Port de Tarragona optimitza l'economia del procés, permetent la recepció directa del metanol per via marítima a gran escala. En segon lloc, la col·locació dins d'aquesta zona industrial facilita la integració de serveis i l'excel·lent connectivitat mitjançant l'AP-7, l'A-27 i el corredor Mediterrani fet que permet garantir un subministrament eficient i segur, minimitzant els sobre costos de transport respecte a competidors allunyats d'aquest nucli central.

7.2.4.1 Anàlisi de l'evolució del principal indicador: Ercros

Per a un correcte posicionament estratègic i financer d'aquest projecte, és imprescindible realitzar un estudi profund i detallat d'Ercros, ja que es tracta del principal competidor a nivell local i el clar referent en el mercat estatal del formaldehid i els seus derivats. Comprendre la seva situació financera, l'evolució de les seves vendes i l'impacte dels costos operatius permet anticipar les dinàmiques i barreres reals del sector.

Segons els informes anuals de vendes de 2025 de la seva pàgina web [8], Ercros va vendre 910.000 tones de productes, una quantitat lleugerament inferior a les 938.000 tones venudes el 2024, cosa que suposa una disminució del 2,9%. L'import de les vendes de productes va ascendir a 603,36 milions d'euros el 2025 tenint una disminució del 6,2% respecte de l'any anterior corresponent a una caiguda del preu mitjà i un menor volum de tones venudes.

El resultat brut d'explotació del 2025 va ser de 16,59 milions d'euros, en comparació amb els 2,30 milions positius de l'exercici 2024.

L'anàlisi de les dades d'Ercros ens ofereix una visió real del mercat. Els valors dels resultats econòmics indiquen una oportunitat en el mercat que MF pot aprofitar per absorbir demanda local. A més, conèixer la seva estructura i la sensibilitat a la caiguda de preus ens permet anticipar els moviments del sector per a minimitzar els riscos financers.

7.2.5 Anàlisis DAFO

L'anàlisi DAFO el qual es pot veure a la imatge 7.3, és l'acrònim de Fortaleses, Amenaces, Debilitats i Oportunitats. És una eina metodològica estratègica utilitzada per a avaluar la viabilitat i el posicionament d'un projecte, tecnologia o organització en el mercat.

Aquesta metodologia divideix l'estudi en dues dimensions ben diferenciades:

1. **Anàlisi Interna:** Identifica els factors intrínsecs del disseny de la planta i del procés sobre els quals l'equip d'enginyeria té un control directe. Es troben dins d'aquest apartat les fortaleses i febleses.
2. **Anàlisi Externa:** Avalua l'entorn socioeconòmic, normatiu i de mercat que la planta no pot controlar, però dels quals s'ha de protegir o treure'n avantatge. Es troben dins d'aquest apartat les oportunitats i amenaces.



Figura 7.3. Estructura i components de l'anàlisi DAFO de la planta de producció. [7]

1. Fortaleses: Són els factors interns positius.

- Ubicació estratègica i integració logística: Com s'ha analitzat, la localització al polígon petroquímic de Tarragona, la planta té accés directe al port marítim fet que redueix dràsticament els costos associats.
- Avantatge competitiu en la distribució: El formaldehid comercial tendeix a polimeritzar si disminueix la seva temperatura, fet que limita el seu transport per carretera a radis curts. Estar al nucli industrial de Catalunya i a l'eix de l'Ebre permet un subministrament ràpid, reduint al mínim els sobre costos.
- Alta puresa del producte: L'ús del procés Formox amb catalitzador d'òxid de ferro-molibdè genera un formaldehid amb una concentració de metanol residual pràcticament nul·la. Això representa un avantatge qualitatiu pels clients més exigents.
- Accés a serveis auxiliars: La infraestructura del complet petroquímic permet la contractació i integració immediata de serveis de xarxa a costos més competitius que una planta aïllada.

2. Febleses: Són els factors interns negatius.

- Dependència crítica d'una única matèria primera: El cost de producció del formaldehid està totalment lligat a la cotització i disponibilitat del metanol, fet que exposa els marges de benefici a la volatilitat del mercat.
- Inversió inicial elevada: La tecnologia Formox requereix reactors multitubulars complexos i sistemes de control de temperatura molt precisos a causa del fort caràcter exotèrmic de la reacció, la qual cosa eleva el cost d'implantació.
- Perillositat intrínseca del procés: El maneig de formaldehid el qual és tòxic i cancerigen i metanol altament inflamable i tòxic, requereix estrictes mesures i inversions en seguretat, monitoratge de fugues i emmagatzematge.

3. Oportunitats: Són els factors externs positius.

- Mercat global en creixement sostingut: Amb una previsió de creixement anual compost, la demanda de formaldehid està assegurada gràcies al desenvolupament de sectors clau com la construcció, l'automoció i la sanitat.
- Sinergies dins la zona: Estar envoltat d'altres indústries químiques a Tarragona obre la possibilitat d'establir acords comercials B2B directes.
- Noves normatives de descarbonització: El desenvolupament del metanol verd obre l'oportunitat en el futur de produir un formaldehid sostenible, avançant-se a les exigències mediambientals europees i capturant clients disposats a pagar un preu elevat.

4. Amenaces: Són els factors externs negatius.

- Competidors locals consolidats: Grans empreses amb grans economies ja assentades a la regió representen una forta competència.
- Regulacions mediambientals i sanitàries estrictes: L'enduriment de les normatives de la Unió Europea sobre els límits d'exposició professional i les emissions de compostos orgànics volàtils pot exigir costoses actualitzacions tecnològiques a la planta a mig termini.
- Desenvolupament de substituïts: La recerca activa en adhesius i resines lliures de formaldehid pot contraure certes àrees del mercat tradicional a llarg termini.

L'anàlisi DAFO demostra que, si bé la planta s'enfronta a mercats de matèries primeres volàtils i a una regulació estricta, l'elecció de la tecnologia Formox i la ubicació estratègica al polígon de Tarragona neutralitzen les principals barreres logístiques del producte.

7.2.6 Matriu Came

L'anàlisi DAFO actua com el pas previ i fonamental per al desenvolupament de la matriu Came. Aquesta matriu creuada permet transformar el diagnòstic obtingut en accions d'enginyeria i estratègies reals. Les aplicacions d'aquest sistema són les següents:

1. **Corregir les Febleses:** Estratègies de reactivació.

- Mitigar la dependència del metanol: Es requereix implementar una política de contractes de subministrament a llarg termini i preu tancat amb els importadors del

port, a més de dissenyar una capacitat d'emmagatzematge òptima que permeti comprar en moments de mercat favorable.

- Optimitzar l'elevada inversió inicial: Es pot dissenyar una xarxa d'intercanviadors de calor per aprofitar el fort caràcter exotèrmic de la reacció Formox i generar vapor d'alta pressió a partir d'aquest excés tèrmic per a ús intern o per a la seva venda per a esmorteir la inversió inicial.
- Maximitzar la seguretat del procés: Integrar sistemes automatitzats de control d'última generació així com detectors de fuites d'alta sensibilitat per al metanol i el formaldehid, garantint el compliment de la normativa d'accidents.

2. **Afrontar les Amenaces:** Estratègies de defensa.

- Competir amb els operadors consolidats: Posicionar el producte en sectors de mercat de gamma alta on es requereixi una puresa excel·lent, aprofitant la selectivitat superior del catalitzador de ferro-molibdè.
- Anticipar-se a les restriccions sanitàries i REACH: Dissenyar la planta assegurant sistemes de captació de gasos i d'absorció d'alta eficiència que redueixin les emissions per sota dels límits legals exigits per la UE.
- Protegir-se davant de productes substituïts: Diversificar la gamma de clients buscant diferents sectors, disminuint la dependència del sector de taulells i resines de fusta.

3. **Mantenir les Fortaleses:** Estratègies de defensa del negoci.

- Explotar la integració amb el port: Mantenir les connexions i la infraestructura logística directa per assegurar que el flux de metanol per via marítima funcioni com un avantatge de cost logístic permanent.
- Garantir el subministrament a temps: Mantenir una flota logística optimitzada o acords amb transportistes locals especialitzats, garantint el lliurament del formaldehid a la temperatura òptima i sense risc de polimerització.
- Garantir la qualitat Formox: Establir un protocol estricte de control de qualitat a la sortida de l'absorbidor per certificar de manera contínua l'absència de metanol, fidelitzant els clients que depenen d'aquesta especificació tècnica.

4. **Explotar les Oportunitats:** Estratègies d'atac o desenvolupament.

- Aprofitar el creixement del mercat: Establir aliances comercials B2B preferents aprofitant la reactivació industrial dels sectors de la construcció i l'automoció per tancar contractes de subministrament previs a la posada en marxa de la planta.

- Liderar la transició cap al "Formaldehid Verd": Planificar la flexibilitat tècnica del reactor per poder absorbir biometanol a mesura que les productores en generin disponibilitat, capturant el mercat amb valor elevat lliure de petroli.

7.3 Forma jurídica de l'empresa

Per a la constitució de l'empresa, se selecciona la forma jurídica de Societat Anònima la qual es representa amb les sigles S.A. Aquesta decisió es fonamenta en criteris tècnics, financers i legals associats a la magnitud d'un projecte d'alta inversió.

A continuació, es detallen les característiques i la justificació d'aquesta l'elecció:

- **Responsabilitat Limitada:** La responsabilitat dels socis i accionistes queda limitada exclusivament al capital aportat a la societat. Atès que el sector químic presenta riscos operatius i financers inherents, aquesta estructura protegeix el patrimoni personal dels fundadors davant de qualsevol eventualitat o deute futur de l'empresa.
- **Capital social i finançament (CAPEX):** La legislació espanyola exigeix un capital social mínim de 60.000 € per a les S.A. el qual ha de ser totalment subscrit i desemborsat en almenys un 25% en el moment de la constitució. Tenint en compte l'elevat cost d'implantació, el capital social de MF és superior a aquest mínim legal. La Societat Anònima facilita la divisió del capital en accions, fet que permet l'entrada de fons de capital risc, socis industrials de l'entorn o l'accés a crèdits sindicats.
- **Imatge i prestigi comercial:** Operar sota les sigles "S.A." transmet una imatge de solidesa financera, transparència i solvència en el mercat industrial, la qual cosa és crítica a l'hora de negociar contractes de subministrament a llarg termini.
- **Règim Fiscal:** Com a personalitat jurídica pròpia, la societat tributa sota l'Impost sobre Societats, aplicant el tipus general vigent el qual es troba en 25% actualment. Això permet aplicar deduccions fiscals, com ara bonificacions per inversions en recerca, desenvolupament i innovació tecnològica i per la implementació de tecnologies de caràcter mediambiental.

7.3.1 Avaluació comparativa i selecció de l'estructura

Per tal de determinar la forma jurídica adient, es realitza un anàlisi comparatiu entre les dues figures mercantils més rellevants per a aquest tipus d'activitat: la Societat Anònima (S.A.) i la Societat Limitada (S.L.). Aquest exercici comparatiu és essencial, ja que el funcionament intern i les possibilitats de finançament de cada tipus de societat divergeixen notablement. A

continuació, s'exposen els criteris comparatius detallats a la Taula 1, per tal de confirmar quina s'adapta millor als requisits financers d'un projecte d'aquesta magnitud.

Taula 7.1. Anàlisi comparatiu de criteris tècnics i financers per a la selecció de la forma jurídica

Característica	Societat Anònima (S.A.)	Societat Limitada (S.L.)
Capital mínim	60.000 €	3.000 €
Transmissió de capital	Lliure, facilita l'entrada d'inversors	Restringida, requereix consentiment
Perfil d'inversió	Ideal per a projectes d'alta intensitat	Orientada a petites empreses i negocis familiars
Gestió i control	Exigent	Senzilla i més econòmica

Per a concloure, tot i que la Societat Limitada ofereix una gestió més senzilla i econòmica en la seva fase inicial les limitacions que imposa per a la transmissió de capital i la captació de grans inversors fan que l'estructura de la Societat Limitada sigui insuficient per afrontar els reptes d'aquesta magnitud.

7.4 Avaluació de la viabilitat econòmica

En aquest apartat es presenten i s'analitzen de forma detallada les estimacions econòmiques de les diferents partides financeres que regeixen el projecte.

La determinació precisa d'aquestes magnituds és un factor crític i decisiu, ja que la viabilitat depèn de l'execució real de la construcció, així com la posterior posada en marxa.

Els factors clau que es tenen en compte per avaluar la rendibilitat del model de negoci es divideixen en tres grans blocs:

- **La inversió inicial:** que engloba el capital immobilitzat, el capital circulant i les despeses prèvies de posada en marxa.
- **Els costos de producció i administració:** que defineixen els costos operatius anuals.
- **Els ingressos per vendes:** derivats de la comercialització del formaldehid.

Per tal de determinar la rendibilitat i el risc del projecte de forma rigorosa, s'ha de fer ús de paràmetres financers clau com el Valor Actual Net (VAN), la Taxa Interna de Retorn (TIR) i el període de recuperació del capital (*Payback*).

7.4.1. Inversió inicial

La inversió inicial es defineix com el capital total necessari que cal mobilitzar de forma prèvia a l'inici de l'activitat productiva. Aquests recursos econòmics es destinen al complex industrial on es durà a terme el procés, a l'adquisició dels inventaris i matèries primeres per operar, i a sufragar tant els costos tècnics de l'arrancada de les instal·lacions com els tràmits administratius i legals previs a l'exercici de l'activitat empresarial.

Per a la planta, la inversió inicial es configura i es desglossa en grans partides que s'estimen i es quantifiquen a continuació:

7.4.1.1 Capital immobilitzat

El capital immobilitzat és la inversió en capital fix que comprèn la totalitat dels recursos econòmics requerits per a dur a terme el disseny, l'adquisició, la construcció i el muntatge de tots els actius que constitueixen el complex industrial.

Aquesta partida es divideix tradicionalment en dues categories principals:

- **Costos directes:** inclouen els costos dels equips de procés dimensionats, el muntatge d'aquests, les canonades, la instrumentació i control, les instal·lacions elèctriques, l'obra civil i els edificis, així com els serveis auxiliars de la planta.
- **Costos indirectes:** engloben les despeses d'enginyeria i supervisió, els costos de construcció, les taxes, els beneficis del contractista i la part destinada a imprevistos.

Per a la determinació quantitativa d'aquest bloc econòmic en el projecte s'utilitza el mètode Vian o mètode factorial de Vian Ortuño.

7.4.1.2 Cost del terreny

El cost del terreny representa la partida econòmica destinada a l'adquisició de la superfície física sobre la qual es projecta la planta. Des del punt de vista financer, el terreny posseeix una naturalesa singular respecte a la resta d'actius fixos de la inversió degut a que es considera un actiu no devaluable. Com que el sòl industrial no pateix desgast físic al llarg del temps, no està subjecte a amortització lineal.

Per tant, l'impacte econòmic d'aquesta partida s'estructura en dues fases clarament diferenciades:

1. **Desemborsament inicial:** El cost total de la propietat es paga íntegrament a l'inici del projecte com a part del capital immobilitzat requerit per a l'arrancada de l'activitat.
2. **Recuperació com a valor residual:** En finalitzar la vida útil de la planta al cap de 15 anys, el terreny manté el seu valor patrimonial intacte. Per aquest motiu, es

comptabilitza com un ingrés o flux positiu en el darrer any del projecte en concepte de valor residual, recuperant-se així el 100% de la inversió.

Aquest valor es podria obtenir per mitjà de l'aplicació de percentatges amb el mètode de Vian però no és un valor perfecte. D'acord amb els requeriments d'espai per a les unitats de procés, zones d'emmagatzematge, oficines i distàncies de seguretat definides per a la planta, s'ha determinat una necessitat de superfície total de 53.720 m². Segons els indicadors de mercat vigents per a sòl industrial urbanitzat d'ús químic en el polígon de Tarragona, s'estableix un cost unitari de 95 €/m². El cost d'adquisició del terreny es calcula per mitjà del producte d'aquests dos valors, el valor total del terreny es mostra a la Taula 2.

Taula 7.2. Representació del valor unitari i total del terreny.

Cost unitat	Unitats	Total terreny
95	53720	5103400

7.4.1.3 Cost dels equips

El cost de compra dels equips principals del procés constitueix la base de l'avaluació econòmica de la planta, ja que representa el nucli de la inversió a partir del qual es desenvolupen els càlculs factorials posteriors.

Per a la determinació acurada del cost d'adquisició de cadascun dels elements, se segueix una metodologia normalitzada dividida en tres etapes de correcció tècnica:

- 1. **Aplicació de les correlacions de Sinnott i Towler:** En primera instància, el cost base dels equips és calcula utilitzant les equacions empíriques de cost detallades per Sinnott i Towler [1] derivades del mètode de Guthrie. Aquestes correlacions permeten estimar el preu d'adquisició en funció d'una variable característica de disseny de l'equip, com ara la superfície de bescanvi, el volum o el cabal. A la figura 7.4 es pot veure una petita part d'aquestes correlacions.

Equipo	Unidades para tamaño, S	S _{inferior}	S _{superior}	a	b	n	Nota
Agitadores & mezcladores							
Hélice	potencia motor, kW	5,0	75	15 000	990	1,05	
Mezclador de cinta en espiral	potencia motor, kW	5,0	35	27 000	110	2,0	
Mezclador estático	L/s	1,0	50	500	1030	0,4	
Calderas							
15 a 40 bar	kg/h vapor de agua	5000	200 000	106 000	8,7	1,0	
10 a 70 bar	kg/h vapor de agua	20 000	800 000	110 000	4,5	0,9	

Figura 7.4. Extracte dels paràmetres i correlacions de Sinnott i Towler per a l'estimació del cost dels equips.

L'expressió matemàtica general utilitzada és la següent:

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

On:

S= valor característic de l'equip.

a,b i n= constants característiques del mètode de Sinnott-Towler.

- **2. Actualització temporal del cost:** Les constants bibliogràfiques de Sinnott i Towler prenen com a referència econòmica l'any 2007 el qual s'ha de corregir per l'efecte de la inflació i l'evolució dels mercats financers fins a l'any actual de disseny. Aquesta actualització temporal es realitza mitjançant l'aplicació de l'índex de costos CEPCI (*Chemical Engineering Plant Cost Index*).
- **3. Factor de correcció per material de construcció:** Les equacions base de disseny estan calculades originalment per a equips fabricats en acer al carboni. No obstant això, a causa de la naturalesa de les substàncies químiques implicades en el procés per evitar fenòmens de corrosió, degradació mecànica o contaminació dels corrents, es requereix l'ús d'acer inoxidable en pràcticament la totalitat de la línia de procés. Per tal d'incorporar aquest requisit metal·lúrgic, s'aplica un factor de material que suposa un increment del 30% sobre el cost base obtingut en els passos anteriors.

Mitjançant la combinació seqüencial d'aquestes tres correccions tècniques, s'obté el cost final d'adquisició optimitzat de cada actiu mecànic. La suma agregada de tots els elements de MF dona com a resultat un Cost total d'equips de 10.182.229,81 €.

7.4.1.3. Bescanviadors de calor i aerorefrigeradors (Sèrie E i AC)

El càlcul del cost econòmic de compra dels bescanviadors de carcassa i tubs i de l'aerorefrigerador es realitza mitjançant Sinnott i Towler per mitjà de la nomenclatura de «Intercanviadors carcassa i tubs, tubs en U».

La variable de capacitat considerada per a aquest grup d'equips és la superfície de transmissió tèrmica expressada en metres quadrats. D'acord amb la base de dades utilitzada, les constants empíriques de disseny adoptades són $a = 24.000$, $b = 46$ i un exponent d'escala de $n = 1,2$. Els valors obtinguts per a cadascun es detallen a continuació a la taula 3:

Taula 7.3. Representació del cost dels bescanviadors i l'air cooler per mitjà de Sinnot Towler

Equip	Tipus / Nota	CE (2007)	CE(2026)	CE total
E-201	Bescanviador carcassa i tubs	115695,6	177413,8	198348,7
E-202	Bescanviador carcassa i tubs	48190,5	73897,9	82617,9
E-203	Bescanviador carcassa i tubs	31596,0	48451,0	54168,2
AC-201	Air Cooler	587656,7	901144,0	1007479,0
E-301	Bescanviador carcassa i tubs	34933,6	53569,0	59890,1
E-302	Bescanviador carcassa i tubs	31751,4	48689,3	54434,6

7.4.1.4. Mescladors estàtics

Per a l'estimació del cost dels mescladors estàtics integrats en les línies de corrent, s'ha aplicat la correlació específica corresponent a la nomenclatura de «Mesclador estàtic». En aquesta tipologia d'equips, el paràmetre característic de disseny es defineix mitjançant el cabal volumètric total de pas expressat en litres per segon. Les constants de correlació econòmica utilitzades són $a = 500$, $b = 1.030$ i un coeficient d'escala de $n = 0,4$. Els resultats es recullen en la taula 4:

Taula 7.4. Representació del cost dels mescladors per mitjà de Sinnot Towler

Equip	Tipus / Nota	CE (2007)	CE(2026)	CE total
M-201	Mesclador estàtic	29817,51841	45723,76984	51119,2
M-601	Mesclador estàtic	1605,70419	2462,272273	2752,8

7.4.1.5. Tanques d'emmagatzematge

L'avaluació econòmica del conjunt de tanques d'emmagatzematge de la planta s'obté per mitjà de Sinnot-Towler sota la nomenclatura bibliogràfica de «Tanc amb sostre cònic». El paràmetre de mida emprat per a l'escalat de costos és el volum nominal útil d'emmagatzematge en metres cúbics. Per a aquesta configuració mecànica, s'apliquen de manera uniforme les constants de cost $a = 5.000$, $b = 1.400$ i un exponent d'escala de $n = 0,7$. L'inventari de costos d'aquests dipòsits es presenta tot seguit a la taula 5:

Taula 7.5. Representació del cost dels tancs d'emmagatzematge per mitjà de Sinnott Towler

Equip	Tipus / Nota	CE (2007)	CE(2026)	CE total
T-101	Tanc emmagatzematge	56445,95561	86478,69514	96683,2
T-102	Tanc emmagatzematge	56445,95561	86478,69514	96683,2
T-103	Tanc emmagatzematge	56445,95561	86478,69514	96683,2
T-104	Tanc emmagatzematge	56445,95561	86478,69514	96683,2
T-601	Tanc emmagatzematge	71786,09359	109980,7353	122958,5
T-602	Tanc emmagatzematge	71786,09359	109980,7353	122958,5
T-603	Tanc emmagatzematge	71786,09359	109980,7353	122958,5
T-604	Tanc emmagatzematge	71786,09359	109980,7353	122958,5

7.4.1.6. Reactor Catalític

A causa de la complexitat de disseny del reactor catalític de la planta, l'estimació del cost d'adquisició es desglossa analíticament en dues fraccions diferents per tal de garantir una aproximació financera rigorosa:

- **Reactor catalític interior:** S'assimila a la nomenclatura de «Intercanviadors carcassa i tubs, tubs en U», prenent com a variable de capacitat la superfície de transferència dels tubs en metres quadrats. Les constants utilitzades són $a = 24.000$, $b = 46$ i $n = 1,2$.
- **Reactor catalític carcassa:** El cos o contingut del reactor es valora sota la nomenclatura de «Recipients a pressió vertical ai304», fent servir com a paràmetre de disseny la massa total del recipient d'acer expressada en quilograms. Les constants d'ajust emprades són $a = 15.000$, $b=68$ i $n = 0,85$.

Els costos calculats per al reactor principal es mostren a la Taula 6:

Taula 7.6. Representació del cost del reactor per mitjà de Sinnott Towler

Equip	Tipus / Nota	CE (2007)	CE(2026)	CE total
R-101	Reactor catalític interior	151763,6679	232722,4864	260183,7
R-101	Reactor catalític carcassa	100677,6547	154384,4746	172601,8

7.4.1.7. Torres d'absorció i rebliment estructurat

L'estimació del cost de compra de les columnes d'absorció del procés s'ha realitzat diferenciant el cost del cos cilíndric de la columna respecte al seu rebliment intern d'alta transferència:

- **Columnes d'absorció:** S'ha aplicat la correlació de «Recipients a pressió vertical ai304», on la variable de disseny és el pes mecànic buit de l'estructura en quilograms. Les constants econòmiques aplicades són $a = 15.000$, $b = 68$ i $n = 0,85$.
- **Rebliment de les torres:** S'ha calculat mitjançant la nomenclatura de «Emplenat estructurat ai 304», prenent com a variable el volum total requerit de material intern en metres cúbics. Per a aquesta partida, les constants queden definides per $a = 0$, $b = 6.900$ i $n = 1$.

A la Taula 7, es detalla l'impacte econòmic d'aquestes unitats d'operació:

Taula 7.7. Representació del cost de les torres d'absorció per mitjà de Sinnot Towler

Equip	Tipus / Nota	CE (2007)	CE(2026)	CE total
C-301	Torre absorció principal	59080,2512	90596,80188	101287,2
C-301	Torre absorció principal relleno	73140	112156,769	125391,3
C-302	Torre absorció secundaria	67357,84129	103290,0991	115478,3
C-302	Torre absorció sec relleno	91770	140725,0027	157330,6

7.4.1.8. Sistemes auxiliars de refrigeració

Els equips encarregats del subministrament i gestió de serveis tèrmics de la planta s'han valorat de manera independent mitjançant les seves correlacions industrials:

- **Chiller:** S'ha modelat amb la nomenclatura de «Refrigerador mecànic ple». La variable de mida es defineix a partir de la potència tèrmica demandada expressada en quilowatts, aplicant unes constants de cost de $a = 21.000$, $b = 2.100$ i $n = 0,9$.
- **Torre de refrigeració:** S'ha utilitzat la nomenclatura de «Torre de refredament», fent servir com a paràmetre de disseny el cabal d'aigua de circulació requerit expressat en litres per segon. Les constants de disseny econòmic són $a = 150.000$, $b = 1.300$ i $n = 0,9$.

Els costos derivats d'aquest bloc de serveis es recullen a la Taula 8:

Taula 7.8. Representació del cost del chiller i la torre de refrigeració per mitjà de Sinnot Towler

Equip	Tipus / Nota	CE (2007)	CE(2026)	CE total
CH-701	Chiller	542192,5809	831426,963	929535,3
TR-701	Torre de refrigeració	180513,7184	276809,3441	309472,8

7.4.1.9. Bombes centrífugues

L'estimació del cost d'adquisició del conjunt de bombes centrífugues encarregades de l'impuls i transport de líquids i corrents químics de la planta s'ha dut a terme sota la nomenclatura de

«Bombes centrífugues d'una sola etapa». Per a aquests equips, la variable característica de disseny és el cabal volumètric de bombament expressat en litres per segon.

Les constants d'escalat econòmic extreïdes de les correlacions de Sinnott i Towler són $a = 6.900$, $b = 206$ i un exponent d'escala de $n = 0,9$. Els costos resultants es detallen a la Taula 9:

Taula 7.9. Representació del cost de les bombes centrífugues per mitjà de Sinnot Towler

Equip	Tipus / Nota	CE (2007)	CE(2026)	CE total
P-101A	Bomba centrífuga	7265,327903	11141,04052	12455,7
P-101B	Bomba centrífuga	7265,327903	11141,04052	12455,7
P-201A	Bomba centrífuga	7637,9602	11712,45472	13094,5
P-201A	Bomba centrífuga	7637,9602	11712,45472	13094,5
P-102A	Bomba centrífuga	6973,875801	10694,11235	11956,0
P-102B	Bomba centrífuga	6973,875801	10694,11235	11956,0
P-401A	Bomba centrífuga	15855,86754	24314,23126	27183,3
P-401B	Bomba centrífuga	15855,86754	24314,23126	27183,3

7.4.1.10. Compressors centrífugs

Per a l'estimació de la partida econòmica associada als compressors de procés de la planta, s'ha utilitzat de forma sistemàtica la correlació de Sinnott i Towler corresponent a la nomenclatura de «Compressors centrífugs». En aquesta tipologia d'equips, el paràmetre característic de disseny o capacitat es defineix mitjançant la potència operativa requerida, expressada en el full de càlcul en quilowatts-hora. D'acord amb la base de dades bibliogràfica adoptada, les constants empíriques d'ajust són $a = 490.000$, $b = 16.800$ i un exponent de desproporció d'escala de $n = 0,6$. Els costos de compra obtinguts per a aquests blocs dinàmics, es recullen de forma desglossada a continuació:

Taula 7.10. Representació del cost dels compressors per mitjà de Sinnot Towler

Equip	Tipus / Nota	CE (2007)	CE(2026)	CE total
K-201 A	Compressor	1072807,459	1645100,06	1839221,9
K-201 B	Compressor	1072807,459	1645100,06	1839221,9
K-301 A	Compressor	1005761,807	1542288,689	1724278,8
K-301 B	Compressor	1005761,807	1542288,689	1724278,8

7.4.1.11. Escalfadors elèctrics de circulació

Per a l'estimació de la partida econòmica associada als escalfadors de procés de la planta, s'ha utilitzat de forma sistemàtica la correlació de Sinnott i Towler corresponent a la nomenclatura d'«Escalfadors elèctrics de circulació».

En aquesta tipologia d'equips de transferència tèrmica i manteniment tèrmic de fluids, el paràmetre característic de disseny o capacitat es defineix mitjançant la potència operativa requerida, expressada en quilowatts. D'acord amb la base de dades bibliogràfica adoptada, les constants empíriques d'ajust són $a = 490.000$, $b = 16.800$ i un exponent de desproporció d'escala de $n = 0,6$.

Els costos de compra obtinguts per a aquests blocs tèrmics, es recullen a la Taula 11:

Taula 7.11. Representació del cost dels escalfadors per mitjà de Sinnott Towler

Equip	Típus / Nota	CE (2007)	CE(2026)	CE total
S-101 A	Escalfador	1345791,77	2063708,733	2307226,4
S-101 B	Escalfador	1345791,77	2063708,733	2307226,4

7.4.1.4. Estimació del cost d'accessoris, vàlvules i instrumentació de camp

Es requereix la integració del conjunt d'elements auxiliars que són indispensables per garantir el control segur, la regulació de les variables operatives i el transport dels fluids.

Aquesta partida econòmica inclou les vàlvules manuals, les vàlvules automàtiques de control d'operació, els elements de filtració en línia i els sensors analítics de nivell, temperatura, pressió i cabal.

A diferència dels grans actius de la planta, el cost d'adquisició d'aquests elements es determina de forma directa a partir de preus reals de mercat. Per a l'obtenció d'una valoració econòmica rigorosa i actualitzada a la realitat industrial, s'han consultat els catàlegs tècnics i les llistes de preus vigents de tres fabricants líders mundials en el sector de la valvuleria i l'automatització de processos:

- **SAMSON Group:** Font utilitzada com a referència per a la selecció i valoració econòmica del conjunt de vàlvules de la planta. [4]
- **IFM electronic:** Fabricant de referència consultat per a l'especificació i determinació dels costos unitaris dels elements de sensorització i posicionament industrial de camp. [3]

- **Endress+Hauser:** Proveïdor tecnològic emprat com a base per a la valoració dels sistemes de mesura instrumental avançada de variables crítiques de procés, incloent-hi els mesuradors de cabal i elements analítics de control. [2]

El còmput global d'aquesta partida compta amb 114 unitats totals d'accessoris instal·lats al llarg de les línies de la planta, fet que representa una inversió total de 89.470,00 €.

A continuació, es detalla en la Taula 12 l'inventari complet de vàlvules i sensors del projecte, especificant les unitats requerides, el preu unitari obtingut segons la llista de proveïdors i el cost total derivat:

Taula 7.12. Inventari dels accessoris de les instal·lacions de MF amb els seus costos totals

Accessoris	Unitats	Preu Unitari (€)	Cost Total (€)
Vàlvula de bola manual (ATEX)	29	250 €	7.250 €
Vàlvula de bola amb diafragma	4	1.100 €	4.400 €
Vàlvula de papallona manual (ATEX)	40	300 €	12.000 €
Vàlvula de papallona amb diafragma	5	1.300 €	6.500 €
Vàlvula antiretorn (ATEX)	10	150 €	1.500 €
Vàlvula on/off (ATEX)	8	450 €	3.600 €
Vàlvula reguladora	8	1.800 €	14.400 €
Vàlvula de purga (Inox, ATEX)	4	90 €	360 €
Vàlvula d'agulla (Inox)	1	180 €	180 €
Filtre en Y	4	120 €	480 €
Sensors de nivell	12	900	10800
Sensors de temperatura	16	450	7200
Sensors de pressió	16	700	11200
Sensors de cabal	8	1200	9600
TOTAL ESTIMAT	114	-	89.470 €

7.4.2 Mètode de Vian

Per a la determinació quantitativa de la inversió inicial total per al projecte de MF, s'utilitza el mètode Vian o mètode factorial de Vian Ortuño.

El mètode de Vian Ortuño és un procediment factorial d'estimació econòmica àmpliament reconegut en l'enginyeria de processos per a la determinació del capital immobilitzat en plantes químiques.

Aquest mètode es basa en el principi fonamental que el cost total d'una instal·lació industrial es pot correlacionar amb el cost d'adquisició dels seus equips principals de procés. El procediment metodològic s'estructura en les fases següents:

- **Determinació del cost base dels equips:** S'estima el cost de compra en el mercat de tots els equips principals de la planta de procés, considerant els materials de construcció i les condicions d'operació.
- **Aplicació de factors multiplicadors:** Sobre aquest cost base, s'apliquen de forma seqüencial un seguit de factors empírics tabulats per Vian. Aquests coeficients varien matemàticament en funció de la naturalesa.
- **Càlcul de costos indirectes:** El mètode incorpora percentatges fixos per cobrir les despeses d'enginyeria, de construcció, els honoraris del contractista i una partida destinada a imprevistos tècnics o econòmics.

D'aquesta manera s'obté una estimació acurada i normalitzada del capital immobilitzat requerit. A continuació, es detallen en la Taula 13 els valors obtinguts, els factors aplicats i el desglossament econòmic final derivat de l'aplicació d'aquest mètode:

Taula 7.13. Representació del cost total del capital immobilitzat per mitjà del mètode de Vian.

Concepte	Factor	Cost (€)	Cost en M
Cost total d'equips	100% CE	16520961,29	16,52
Instal·lació d'equips	50% CE	8260480,64	8,26
Canons i vàlvules (Tuberises)	40% CE	9912576,77	9,91
Instrumentació i control	20% CE	3304192,26	3,30
Instal·lació elèctrica	10% % CE	991257,68	0,99
Terrenys i edificis	-	5103400,00	5,10
Aïllaments i pintura	5% CE	826048,06	0,83
Instal·lacions auxiliars	30% CE	4956288,387	4,96
Capital físic o primari	Sumatori	49875205,09	49,88
Projecte o direcció d'obra	20% Capital físic	9975041,019	9,98
Capital directe o secundari	Capital físic + projecte	59850246,11	59,85
Enginyeria i supervisió	10% CE	1652096,13	1,65
Contingències	8% CE	1321676,90	1,32
Capital immobilitzat total	—	62824019,15	62,82

A partir d'aquest valor, es pot obtenir el valor de la inversió total amb l'obtenció de la posada en marxa i el capital circulant.

7.4.3 Posada en marxa

Les despeses de posada en marxa defineixen el conjunt d'inversions econòmiques necessàries per cobrir el període de transició comprès entre la finalització de la construcció i el muntatge de la planta, i l'inici de la producció.

Aquesta partida contempla costos crítics com el calibratge de la instrumentació, les proves hidràuliques de pressió en canonades i reactors, la formació del personal d'operació i el consum inicial de matèries primeres i serveis auxiliars durant les fases de test d'arrencada.

D'acord amb els criteris estàndard en l'enginyeria de processos industrials, aquesta despesa s'estima fixant un coeficient del 10% sobre el capital immobilitzat total obtingut en el mètode de Vian. L'aplicació d'aquest percentatge determina un requeriment econòmic de 6.282.401,915 € per a la posada en marxa.

7.4.4. Capital circulant

El capital circulant o capital de treball es defineix com la quantitat de fons a curt termini que la planta requereix de forma immediata per finançar les operacions diàries abans de començar a percebre els primers ingressos derivats de la comercialització del producte final. Aquest fons de maniobra és indispensable per garantir la solvència financera inicial, cobrint el finançament dels estocs de matèries primeres, els salaris de la plantilla de treballadors i el cost corrent dels serveis energètics i auxiliars.

En quant a les patents, aquestes no es tenen en compte per al procés ja que a MF, s'agafen patents amb més de 15 anys de publicació per tant, aquest cost es nul per al projecte.

El volum de capital circulant es dimensiona aplicant un factor equivalent al 15% sobre el capital immobilitzat total. Mitjançant aquest procediment de càlcul, el fons necessari per al correcte funcionament operatiu de la planta queda establert en 9.423.602,872 €.

7.4.5. Inversió inicial total

La inversió inicial total constitueix l'agregació de tots els capitals i recursos financers que s'han de mobilitzar i desemborsar des de la fase de disseny fins que el complex industrial és plenament actiu i autosuficient. Aquest indicador consolida en un únic balanç tant les inversions en actius fixos com els requeriments de liquiditat operativa corrent.

S'obté mitjançant la integració conjunta de les partides del capital immobilitzat total i el fons de maniobra o capital circulant calculat anteriorment. Amb tot això, la inversió inicial total necessària per a l'execució i explotació de la planta química té un valor de 72.247.622,02 €.

7.4.6. Estimació dels costos d'operació

Els costos d'operació o despeses operatives (*OPEX, Operational Expenditures*) defineixen el conjunt de fluxos econòmics i despeses que la planta industrial ha de sufragar de forma contínua durant la seva vida útil per garantir la producció normalitzada del producte.

A diferència de la inversió en capital fix, l'OPEX es comptabilitza anualment i es divideix en funció de la seva dependència o independència respecte al volum real de producció.

Per a la determinació exhaustiva de les despeses operatives de la planta, l'anàlisi es desglossa en costos variables, costos fixos, despeses generals de planta i d'empresa.

7.4.6.1. Costos variables totals (A)

Els costos variables són aquells que varien de forma directa al règim d'operació i al volum de producció de la planta. Dins d'aquest bloc, s'integren tant el consum de matèries primeres com els serveis auxiliars dels equips:

- **Metanol:** La matèria primera representa el cost principal d'explotació del procés, registrant un valor anual de 17.328.326 €. S'obté amb el proveïdor Honeywell.
- **Catalitzador:** Correspon a la suma anual de substitució i manteniment del llit catalític del reactor, xifrat en 2.041.308 €. S'obté amb el proveïdor de Johnson Matthey.
- **Hitec Salt:** El fluid de transferència tèrmica utilitzat per al control de la temperatura en el reactor té un impacte econòmic de 7.776.000 €. S'obté de Coastal Chemical.
- **Serveis energètics i fluids de xarxa:** Inclou el consum de corrent elèctric per a la maquinària i compressors, l'aigua de refrigeració per a les torres de bescanviadors, l'aigua de procés aportada a la xarxa i el subministrament industrial de nitrogen.
- **Aire de procés:** El cost d'adquisició és de 0 €, atès que es capta directament de l'atmosfera sense requerir transaccions comercials de subministrament.

Els valors econòmics s'obtenen per mitjà de l'obtenció del consum per hora multiplicat pel cost per kg establert segons el mercat corresponent i es mostren a la Taula 14.

Taula 7.14. Representació dels costos operacionals anuals variables

Concepte	Base de Càlcul	Cost per kg	Cost Anual
A. Costos variables	-	-	-
Metanol	6251,2	0,35 €	17.328.326 €
Catalitzador	2835,15	15,00 €	2.041.308 €
Electricitat	60955488	0,0005 €	30.478 €
Hitec Salt	360000	0,9000 €	7.776.000 €
Aigua de bescanviadors	181754	0,0015 €	6.543 €
Aigua de procés / xarxa	3975	0,0020 €	62.964 €
Aire	15316	0,0000 €	0 €
Nitrogen	675,7575758	0,0600 €	40,5455 €
Costos variables totals	-	-	27.245.619 €

Com a resultat de l'agregació de tots aquests conceptes de consum, el sumatori de Costos variables totals (A) se situa en 27.245.619 €/any.

7.4.6.2. Costos fixos totals (B)

Els costos fixos defineixen aquelles obligacions financeres i despeses estructurals que romanen constants. Es troben les següents despeses:

- **Mà d'obra d'operació (MDO):** Import destinat a sufragar les retribucions brutes i les cotitzacions de seguretat social de la plantilla estructural dels 55 treballadors, representant un total de 2.263.660 €/any. Els costos associats a la mà d'obra d'operació es poden veure en la Taula 18.
- **Manteniment i reparacions:** Assignat sota un criteri estàndard equivalent al 3% del Capital Fix total de la planta, fet que suposa una partida anual de 1.884.720,574 €.
- **Subministraments d'operació:** Corresponent a les despeses auxiliars en utilatges, consumibles de taller i EPIs, estimat en un 15% sobre el valor del manteniment obtenint un valor anual de 282.708,0862 €.
- **Assegurances i taxes:** Cobertura de responsabilitat civil i tributs de l'activitat obtenint el 1,5% del Capital Fix, suposant un valor de 9423602,872€/any.

Els resultats dels costos fixos totals es poden observar a la Taula 15:

Taula 7.15. Representació dels costos fixos anuals.

B. Costos fixos	Base de Càlcul / Consum	Cost anual (€/any)
Mà d'obra d'operació (MDO)	-	2263660
Manteniment i reparacions	3% del Capital Fix	1884720,6
Subministraments d'operació	15% del Manteniment	282708,1
Assegurances i taxes	1,5% del Capital Fix	9423602,9
Costos fixos totals	-	11591031,5

El subtotal comptable per al capital fix i la gestió de subministraments s'estableix en 11.591.031,53 €/any.

7.4.6.3. Despeses generals i cost de fabricació (C)

Dins d'aquest bloc es consoliden els costos de suport intern de la infraestructura industrial, calculats mitjançant un factor econòmic del 55% aplicat sobre el sumatori de la mà d'obra d'operació i el manteniment. Aquesta partida registra un valor de 2.281.609,316 €/any. Els valors s'observen a la taula 7.16.

Taula 7.16. Representació dels costos anuals de despeses generals

C. Despeses generals	Base de Càlcul / Consum	Cost anual (€/any)
Plant Overhead	55% de (MDO + Manteniment)	2281609,3
Cost de fabricació	(A+B+C)	41118260 €

Mitjançant la integració conjunta de totes les partides de manufactura directa i indirecta es determina el Cost de Fabricació (A+B+C), el qual assoleix una magnitud econòmica de 41.118.260 €/any.

7.4.6.4. Despeses d'Empresa i OPEX Anual

Per a obtenir el balanç final de despeses operatives, s'incorporen les despeses administratives associades a la gestió corporativa, serveis jurídics i tràmits comercials exteriors, valorades en un 10% del Cost de Fabricació i s'observa a la taula 7.17.

Taula 7.17. Representació del cost anual associat a les despeses administratives de MF.

D. Despeses empresa	Base de Càlcul / Consum	Cost anual (€/any)
Despeses administratives	10% del Cost de Fabricació	4111826

L'estudi econòmic operacional es xifra exactament en 45.230.086 €/any.

7.4.7. Estimació dels costos de personal i mà d'obra operativa

El cost associat al personal i a la mà d'obra representa una de les partides més rellevants dins dels costos operatius fixos de la planta industrial. Aquest concepte econòmic engloba la totalitat de les despeses recurrents que l'empresa ha de sufragar per garantir la correcta explotació de l'activitat, cobrint des de les posicions de gestió directiva fins a les tasques operatives de producció, manteniment, seguretat i serveis auxiliars.

Per a quantificar aquesta partida, se segueix la següent metodologia de càlcul:

- **Determinació del salari brut base:** Les retribucions anuals per a cada perfil professional s'assignen prenent com a referència els imports i categories regulades en els convenis col·lectius vigents de la indústria.
- **Càrregues socials obligatòries:** Sobre el salari brut de cada treballador, s'aplica una taxa fixa del 33% en concepte de cotitzacions a la Seguretat Social (S.S.) a càrrec de l'empresa. Aquest percentatge cobreix les contingències comunes, d'accidents de treball, malalties professionals i desocupació que exigeix el marc normatiu.

Mitjançant la integració de l'organigrama complet de la planta el qual es pot observar al capítol 1 de les especificacions del projecte, es defineix una plantilla òptima constituïda per un total de 55 treballadors, la qual està distribuïda de forma estratègica en nou àrees clau:

Direcció de Planta, Producció, Qualitat i Laboratori, Enginyeria i Manteniment, HSE (Seguretat i Medi Ambient), Logística i Magatzem, Administració i RRHH, Utilities i Serveis Generals, i finalment, Neteja i serveis auxiliars.

Com a resultat d'aplicar les retribucions de conveni i el coeficient del 33% de la Seguretat Social a la totalitat d'operaris i tècnics, el cost anual total de la mà d'obra de la planta es xifra exactament en 2.263.660 €. Es recull en la Taula 7.18 el desglossament de la plantilla, el nombre de treballadors, el salari brut, el cost de la Seguretat Social i l'impacte econòmic net sobre el pressupost:

Taula 7.18. Representació dels salaris anuals dels treballadors

Departament	Càrrec	Nº. treb	Salari Brut	S.S	Cost Anual
Direcció de Planta	Director de Planta	1	75.000 €	24.750 €	99.750 €
Producció	Cap de Producció	1	50.000 €	16.500 €	66.500 €
Producció	Responsables de torn	5	38.000 €	12.540 €	252.700 €
Producció	Operadors de planta	15	28.000 €	9.240 €	558.600 €
Producció	Auxiliars de procés	5	23.000 €	7.590 €	152.950 €
Qualitat i Lab.	Cap de Qualitat	1	45.000 €	14.850 €	59.850 €
Qualitat i Lab.	Analistes de laboratori	4	27.000 €	8.910 €	143.640 €
Enginyeria y Mant.	Cap d'Enginyeria i Mant.	1	48.000 €	15.840 €	63.840 €
Enginyeria y Mant.	Enginyer de procés	1	38.000 €	12.540 €	50.540 €
Enginyeria y Mant.	Tècnics de manteniment mecànic	4	32.000 €	10.560 €	170.240 €
Enginyeria y Mant.	Tècnics d'instrumentació i electricitat	2	32.000 €	10.560 €	85.120 €
HSE	Responsable HSE	1	40.000 €	13.200 €	53.200 €
HSE	Tècnic de seguretat i medi ambient	2	30.000 €	9.900 €	79.800 €
Logística i Magatzem	Responsable de logística	1	38.000 €	12.540 €	50.540 €
Logística i Magatzem	Operadors de càrrega i descàrrega	4	25.000 €	8.250 €	133.000 €
Administració i RRHH	Responsable administratiu i RRHH	1	35.000 €	11.550 €	46.550 €
Administració i RRHH	Administratius	2	26.000 €	8.580 €	69.160 €
Utilities i Serveis Generals	Operadors de utilities	2	24.000 €	7.920 €	63.840 €
Neteja i serveis auxiliars	Operaris de serveis generals	2	24.000 €	7.920 €	63.840 €
		55			2.263.660 €

7.4.8. Anàlisi d'ingressos per comercialització de producte

El pilar fonamental i la gran fortalesa que garanteix la viabilitat econòmica i financera d'aquest projecte industrial es troba en la capacitat de generació d'ingressos derivats de la venda directa del producte final, el formaldehid. Aquest flux de caixa positiu constitueix l'única via d'entrada de capital operatiu destinada a amortitzar la inversió inicial total, cobrir els costos d'operació i assegurar la rendibilitat del complex químic a llarg termini. Per a la fixació del preu de venda del formaldehid se segueix la següent estratègia comercial:

- **Estratègia d'entrada al mercat:** Atesa la condició de la planta com a nou competidor en un sector industrial ja establert, s'ha optat per adoptar una política de preus altament competitiva. Això permet minimitzar les barreres d'entrada i assegurar la col·locació ràpida de la producció en el mercat regulat.
- **Valor de mercat conservador:** D'acord amb les dades sectorials actuals, es determina un preu fix de 600 €/tona. Aquest valor se situa en la franja mitja-baixa dels preus de mercat per garantir un escenari financer sòlid i resistent en cas de futures fluctuacions o cicles econòmics desfavorables.

Considerant la capacitat de disseny operatiu de la planta fixada en una producció anual de 100.000 tones de formaldehid, el producte d'aquest volum pel preu de venda unitari assignat determina el potencial econòmic brut del projecte. Mitjançant aquest procediment, els ingressos totals per vendes de la planta es xifren exactament en 60.000.000 €/any.

Aquest flux constant de facturació esdevé la base de partida necessària per a la construcció dels balanços de caixa i el càlcul dels indicadors de rendibilitat clau.

A continuació, es detalla en la Taula 19 el balanç simplificat que recull el volum de producció estimat, la tarifa comercialitzada i el còmput global de facturació anual que es traslladarà posteriorment als estudis de rendibilitat dinàmica:

Taula 7.19. Representació dels ingressos anuals de MF per mitjà de la venda del formaldehid.

Tones de formaldehid	Preu (€/tona)	Ingressos anuals	Ingresos en M
100000	600	60.000.000 €	60

7.4.9. Amortització de l'immobilitzat

L'amortització es defineix com la distribució sistemàtica i gradual del cost d'un actiu immobilitzat al llarg de la seva vida útil estimada. Aquest concepte econòmic reflecteix la pèrdua de valor del capital fix deguda a l'ús operatiu, al pas del temps o a l'obsolescència

tecnològica. En l'avaluació financera d'un projecte, l'amortització actua com una despesa la qual redueix el benefici brut per disminuir la base imposable dels impostos, tot i que no implica una sortida real de diners en efectiu.

Per a aquest projecte, s'aplica un mètode d'amortització lineal, on el cost del capital fix es deprecia de manera uniforme durant tot el període operatiu. La fórmula utilitzada en el model financer és:

On els paràmetres es defineixen de la següent manera:

- **Capital immobilitzat total:** valor calculat amb un total de 62.824.019,15€.
- **És el capital circulant:** valor calculat anteriorment amb un total de 9.423.602,872 € introduït en valor positiu. Com que el capital circulant es recupera completament al final de la vida del projecte, es resta del capital immobilitzat per ajustar correctament el valor net real subjecte a depreciació.
- **Vida útil operativa estimada de la planta de formaldehid:** quinze anys estimats, període sobre el qual es divideix el cost d'amortització anual.

S'obté un valor de l'amortització de 3.560.027,752, que apareixeran en valor negatiu als fluxos nets de caixa.

7.4.10. Impost sobre beneficis

L'impost sobre beneficis o impost de societats és un tribut directe que grava la renda i els guanys econòmics nets obtinguts durant un exercici fiscal determinat.

S'aplica com un percentatge fix sobre el benefici brut reflectit en el balanç, un cop ja s'han deduït tant els costos variables i fixos d'operació com les amortitzacions anuals corresponents.

En l'estudi econòmic d'aquest complex químic es defineixen les següents condicions:

- **Tipus impositiu del 25%:** Es fixa una taxa impositiva del 25%, que es correspon amb el marc fiscal i el gravamen general vigent per a societats industrials.
- **Desplaçament fiscal:** D'acord amb la pràctica comptable i la normativa fiscal real, l'impost es calcula sobre els guanys d'un exercici determinat (Any n), però la seva liquidació i pagament efectiu a l'Administració Tributària es realitza i es resta durant el següent exercici fiscal (Any $n+1$).

7.4.11. Flux de Caixa Net (*Net Cash Flow*)

El Flux de Caixa Net (NCF) és l'indicador financer que reflecteix la quantitat neta de diners en efectiu que genera o consumeix la planta industrial durant cada exercici fiscal. A diferència del benefici comptable pur, el NCF es basa estrictament en les entrades i sortides reals de

liquiditat, esdevenint la base fonamental per avaluar la viabilitat econòmica del projecte. En l'estructura del model financer de la planta de formaldehid, el NCF es calcula a partir de la següent relació de termes:

A continuació es detallen els termes operatius que configuren el balanç:

- **Capital immobilitzat:** La despesa inicial es distribueix negativament durant la fase inicial del projecte, els dos primers anys representen la construcció de la planta.
- **Capital circulant:** El fons operatiu per garantir la continuïtat de les activitats diàries de la planta es troba l'any 1 en forma negativa.
- **Ingressos:** Els ingressos derivats de la comercialització del formaldehid, es troben en forma de fluxos positius anualment.
- **Costos operacionals:** Es troben en forma de fluxos negatius que engloben la totalitat de les despeses operatives anuals de la planta.
- **Impostos sobre beneficis (25%):** El gravamen fiscal aplicat sobre el rendiment econòmic brut de l'empresa, com es justifica prèviament.

Per a la correcta estructuració dels fluxos de caixa nets del projecte, s'apliquen de manera sistemàtica els criteris següents:

- **Temporalitat del projecte:** El recompte cronològic de la vida econòmica de la planta es computa de forma correlativa a partir de l'any zero en endavant.
- **Signe dels fluxos monetaris:** Els ingressos operatius s'anoten amb signe positiu en l'exercici anual en què es generen, mentre que els costos operatius i les inversions de capital es registren amb signe negatiu.
- **Tractament de l'amortització:** Els costos totals inclouen les amortitzacions de la maquinària i dels actius. No obstant això, aquesta partida es desglossa i s'anota per separat, ja que és una despesa comptable que no representa una sortida real de caixa.
- **Càlcul del Benefici Brut i Base Imposable:** Els costos totals es resten de les vendes de la planta per determinar el benefici brut. Aquest valor actua com a base imposable per al càlcul de la taxa impositiva corresponent a cada exercici.
- **Temporalitat dels impostos:** Els impostos es computen amb signe negatiu i s'imputen sistemàticament en l'exercici anual següent amb el pagament a any vençut.
- **Gestió de pèrdues fiscals:** En cas que un exercici registri un benefici negatiu, la base d'aquell any es considera zero i, per tant, l'any següent no es tenen impostos.

- **Tancament del projecte i liquidació:** El valor residual dels actius i la recuperació del capital circulant es consideren fluxos d'entrada positius que es recuperen un cop finalitzada l'activitat de la planta.
- **Exercici addicional de tancament:** L'estructura de la taula econòmica s'estén un any més enllà de la vida operativa útil del projecte. En aquest últim any afegit es registren tant les recuperacions de capital com el pagament dels últims impostos pendents de l'any vençut anterior.

Els fluxos de caixa nets al llarg de la vida útil es poden observar a les següents taules:

Taula 7.20. Representació dels fluxos de caixa (NCF) corresponents als anys 0-4.

Any	0	1	2	3	4
Capital immob.	-31412009,6	-31412009,6			
Capital circulant		-9423602,9			
Valor residual					
Ingressos			60000000	60000000	60000000
Costos			-45230086,2	-45230086,15	-45230086,2
Amortització			-4188267,9	-4188267,943	-4188267,9
Benefici brut			10581645,9	10581645,91	10581645,9
Impostos sobre beneficis			0	2645411,477	2645411,5
NCF (€)	-31.412.009€	-40.835.612 €	14.769.913 €	12.124.502 €	12.124.502 €

Taula 7.21. Representació dels fluxos de caixa (NCF) corresponents als anys 5-9.

Any	5	6	7	8	9
Capital immob.					
Capital circulant					
Valor residual					
Ingressos	60000000	60000000	60000000	60000000	60000000
Costos	-45230086,2	-45230086,2	-45230086,2	-45230086,2	-45230086,2
Amortització	-3560027,8	-3560027,8	-3560027,8	-3560027,8	-3560027,8
Benefici brut	11209886,1	11209886,1	11209886,1	11209886,1	11209886,1
Impostos sobre beneficis	2802471,5	2802471,5	2802471,5	2802471,5	2802471,5
NCF (€)	11.967.442 €	11.967.442 €	11.967.442 €	11.967.442 €	11.967.442 €

Taula 7.22. Representació dels fluxos de caixa (NCF) corresponents als anys 10-14.

Any	10	11	12	13	14
Capital immob.					
Capital circulant					
Valor residual					
Ingressos	60000000	60000000	60000000	60000000	60000000
Costos	-45230086,2	-45230086,2	-45230086,2	-45230086,2	-45230086,2
Amortització	-3560027,8	-3560027,8	-3560027,8	-3560027,8	-3560027,8
Benefici brut	11209886,1	11209886,1	11209886,1	11209886,1	11209886,1
Impostos sobre beneficis	2802471,5	2802471,5	2802471,5	2802471,5	2802471,5
NCF (€)	11.967.442 €	11.967.442 €	11.967.442 €	11.967.442 €	11.967.442 €

Taula 7.23. Representació dels fluxos de caixa (NCF) corresponents als anys 15-16.

Any	15	16
Capital immobilitzat		
Capital circulant		9423602,872
Valor residual		5103400
Ingressos	60000000	
Costos	-45230086,2	
Amortització	-3560027,8	
Benefici brut	11209886,1	
Impostos sobre beneficis	2802471,5	2802471,5
NCF (€)	11.967.442 €	11.724.531€

7.4.11.1 Anàlisi i interpretació de l'evolució del NCF

A partir de la distribució reflectida en els fluxos econòmics de les Taules 20-23, es poden extreure conclusions sobre la recuperació del capital i la rendibilitat del projecte:

- **Fase de construcció i inversió:** Durant els dos primers anys, el NCF presenta valors completament negatius. Això respon estrictament al fet que la planta es troba en fase d'obra civil, muntatge d'equips i integració de sistemes. No es genera cap mena d'ingrés operatiu i s'injecta la totalitat de la inversió fixa i el capital circulant indispensable per arrencar la producció. Aquest període acumula el dèficit màxim del projecte, que arriba als -72.247.622,02 €

- **Fase d'estabilització operativa:** L'any 2 s'inicia la producció comercial, generant un NCF positiu molt elevat de 14.769.913,85 € a causa del fet que encara no s'ha de liquidar l'impost sobre beneficis de l'exercici anterior. A partir de l'Any 3, un cop regularitzat el desplaçament del pagament del 25% d'impostos, el flux de caixa net s'estabilitza en un valor recurrent i altament saludable de 11.967.442,33 €.
- **Punt d'inflexió i generació de beneficis acumulats:** L'evolució del compte global evidencia la gran fortalesa del projecte. L'elevat marge operacional assolit gràcies a la comercialització del formaldehid permet reduir dràsticament el deute inicial cada any. És precisament durant l'any 7 quan el compte global surt completament dels números vermells i esdevé positiu per primera vegada, això vol dir que es recupera la inversió inicial al sisè any de vendes.

7.4.12. Corbes de sensibilitat del Valor Actual Net

Les corbes del Valor Actual Net o perfils del VAN són gràfiques d'anàlisi dinàmic i de sensibilitat que descriuen el comportament i la fluctuació del valor actualitzat del projecte en funció de les variacions contínues aplicades sobre la taxa de descompte o cost d'oportunitat del capital. Per a la construcció i traçat d'aquesta corba, es computa de manera iterativa el valor del VAN per a diferents percentatges d'interès mitjançant l'aplicació de l'expressió general de descompte de capitals:

$$VAN(r) = \sum_{t=1}^{15} \frac{NCF_t}{(1+r)^t} - I_0$$

On:

- NCF: Flux de caixa net registrat en cadascun dels anys de l'estudi.
- r: Taxa de descompte o taxa d'actualització variable que s'utilitza com a variable independent en l'eix d'abscisses.
- n: Horitzó temporal de vida útil de la instal·lació (15 anys).

La corba resultant la qual es pot veure a la figura 7.5ves tradueix gràficament com una funció contínua i monòtonament decreixent. L'anàlisi d'aquesta representació aporta dues dades de gran rellevància diagnòstica per al TFG: el guany net nominal acumulat del projecte i el valor de la Taxa Interna de Rendiment, aportant una verificació visual de la solidesa del model econòmic dissenyat.

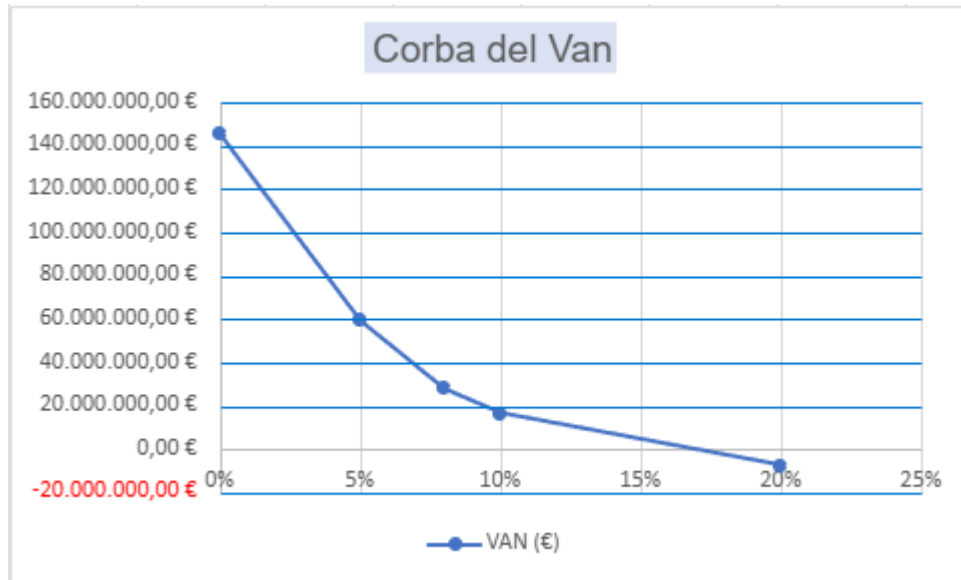


Figura 7.5. Representació de la corba del VAN per a diferents taxes d'interès de MF.

Els valors que s'obtenen del VAN per a unes taxes de descompte del 8 i 10%:

$$\begin{aligned} \text{VAN}_{8\%} = & -31.412.009,58 + \frac{-40.835.612,45}{(1 + 0,08)} + \frac{14.769.913,85}{(1 + 0,08)^2} + \sum_{t=3}^{15} \frac{11.967.442.33}{(1 + 0,08)^t} \\ & + \frac{11.724.531,35}{(1 + 0,08)^{16}} = 27.956.287,17 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VAN}_{10\%} = & -31.412.009,58 + \frac{-40.835.612,45}{(1 + 0,10)} + \frac{14.769.913,85}{(1 + 0,10)^2} + \sum_{t=3}^{15} \frac{11.967.442.33}{(1 + 0,10)^t} \\ & + \frac{11.724.531,35}{(1 + 0,10)^{16}} = 16.478.222,99 \text{ €} \end{aligned}$$

Com es pot observar a les equacions, es compleix el criteri de viabilitat de $\text{VAN} > 0$. L'obtenció d'un valor actual net de 27,96 M€ i de 16,48M€ amb les corresponents taxes d'interès, demostren de forma robusta que el projecte és altament rendible. Aquests valors positius confirmen que la planta no només amortitza completament la forta inversió de capital injectada durant els primers anys, sinó que supera el rendiment mínim exigít pel cost d'oportunitat del capital.

7.4.13 Taxa Rendibilitat Intrínseca

La Taxa Interna de Rendiment o Taxa de Rendibilitat Intrínseca (*TIR*) [6], és un indicador financer clau utilitzat per determinar la rendibilitat intrínseca i el potencial de generació de riquesa del projecte industrial. Es defineix conceptualment com aquella taxa d'interès o de descompte que fa que el Valor Actual Net de la totalitat dels fluxos de caixa projectats al llarg de la vida útil de la planta sigui exactament igual a zero.

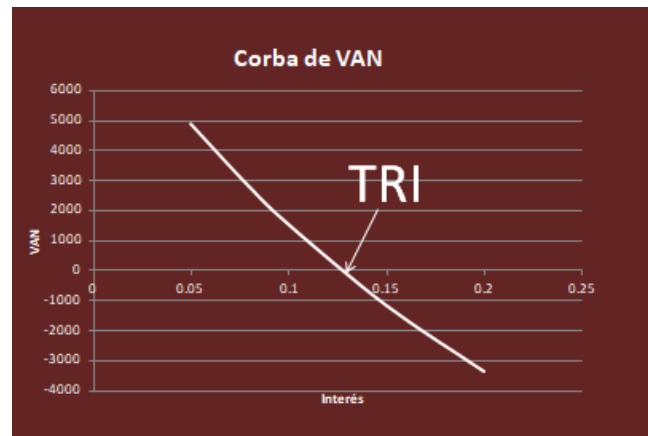


Figura 7.6. Representació de la Taxa de Rendibilitat Intrínseca determinada per mitjà de la curva del VAN.

Matemàticament, la TIR es calcula resolent equacions polinòmiques i, des d'un punt de vista pràctic també es pot determinar mitjançant l'ús d'algoritmes numèrics iteratius a través de la funció integrada d'Excel =TIR(), obtenint per a aquest projecte un valor numèric final del 15,4%. Alternativament, aquest valor es podria haver determinat de manera qualitativa mitjançant l'anàlisi gràfica anterior del VAN, identificant visualment el punt on la corba travessa l'eix de les abscisses, però la funció d'Excel permet assolir una precisió superior i un càlcul més rigorós en el context d'aquest estudi econòmic.

Gràcies a l'observació dels resultats obtinguts, el projecte presenta una clara rendibilitat econòmica i viabilitat financera. El motiu principal és que la Taxa Interna de Retorn obtinguda amb el 15,4% és significativament superior a la taxa de descompte o cost d'oportunitat del capital establerta per al projecte, la qual se situa en un rang de l'8-10%.

Des del punt de vista de la inversió, atès que es compleix la condició de disseny $TIR > \text{taxa de descompte}$, s'assegura que el projecte no només és capaç de recuperar tot el capital invertit en la fase inicial i cobrir els costos operatius, sinó que generarà un rendiment net addicional per sobre del mínim exigint pels inversors. Aquesta diferència positiva es tradueix directament en un Valor Actual Net positiu, confirmant que l'execució de planta de procés afegeix valor econòmic a l'empresa.

7.4.14. Període de recuperació de la inversió

El període de recuperació denominat Payback, és un paràmetre de mesura del risc que defineix el temps necessari perquè l'empresa recuperi el capital totalment desemborsat durant la fase inicial de construcció i posada en marxa a partir dels fluxos de caixa nets positius generats per l'activitat comercial.

A les següents equacions es pot veure la forma matemàtica d'obtenció d'aquest període de recuperació de la inversió:

$$\text{Payback} = \text{Any Anterior} + \frac{\text{Inversió pendent de recuperar}}{\text{Flux de caixa de l'any de recuperació}}$$

$$\text{Payback} = 6 + \frac{9.607.938,87\text{€}}{11.967.442,33\text{€}} = 6.80$$

Tal com s'observa, el període de recuperació és de 6,80 anys, per tant, es recupera la inversió inicial al novè mes del sisè any. El fet que la inversió es recuperi abans de la meitat de la vida útil operativa de la planta, referma la viabilitat econòmica i redueix dràsticament el risc financer global del projecte d'inversió.

7.5 Referències bibliogràfiques

- [1] Sinnott, R. K., i Towler, G. (2012). *Diseño en ingeniería química* (5a ed.). Recuperat el 1 de maig de 2026 de la Eitorial Reverté.
- [2] Endress+Hauser AG. (2026). *Sistemas de medida i automatització del procés: Catàleg de productes i tarifes*. Recuperat el 15 de maig de [Flow, level, liquid analysis, optical analysis, pressure, temperature measurement, software and system products | Endress+Hauser](#)
- [3] ifm electronic gmbh. (2026). *Sensors i sistemes de posicionament per a la indústria química: Catàleg tècnic*. Recuperat el 15 de maig de [Productos Industriales VVA Industrial](#)
- [4] SAMSON AG. (2026). *Válvulas de regulación i accessoris ATEX: Tarifes i especificacions industrials*. Recuperat el 15 de maig de [SAMSON AG](#)
- [5] Adroit Market Research. (2021). *Methanol market*. Recuperat el 20 de maig de <https://www.adroitmarketresearch.com/industry-reports/methanol-market>.
- [6] ChemAnalyst. (2026). *Report de preus del formaldehid i derivats a Europa*. Recuperat el 10 de maig de <https://www.adroitmarketresearch.com/industry-reports/methanol-market>
- [7] Emprèn Pyme. (s.d.). *Análisis DAFO: Definición y estructura estratégica*. Recuperat el 22 de maig de <https://emprendepyme.net/analisis-dafo>
- [8] Ercros. (2026). *Informes anuals de gestió i vendes de la divisió de derivats del clor*. Recuperat el 1 de juny de [Nota de resultados del ejercicio 2025 | Ercros](#)
- [9] Directiva 2010/75/UE del Parlament Europeu i del Consell, de 24 de novembre de 2010, sobre les emissions industrials (prevenció i control integrats de la contaminació). Recuperat el 2 de juny de *Diari Oficial de la Unió Europea*, L 334, 17 de desembre de 2010, 17–119.
- [10] Directiva 2012/18/UE del Parlament Europeu i del Consell, de 4 de juliol de 2012, relativa al control dels riscos inherents als accidents greus en què intervinguin substàncies perilloses (Seveso III). Recuperat el 2 de juny de *Diari Oficial de la Unió Europea*, L 197, 24 de juliol de 2012, 1–37.

[11] Reial Decret 117/2003, de 31 de gener, sobre limitació d'emissions de compostos orgànics volàtils degudes a l'ús de dissolvents en determinades activitats. Recuperat el 3 de juny de *Butlletí Oficial de l'Estat*, 33, 7 de febrer de 2003.

[12] Reial Decret 840/2015, de 21 de setembre, pel qual s'aproven mesures de control dels riscos inherents als accidents greus en què intervinguin substàncies perilloses. Recuperat el 17 de maig de *Butlletí Oficial de l'Estat*, 227, 22 de setembre de 2015.

[13] Reglament (CE) núm. 1907/2006 del Parlament Europeu i del Consell, de 18 de desembre de 2006, relatiu al registre, l'avaluació, l'autorització i la restricció de les substàncies i mescles químiques (REACH). Recuperat el 17 de maig de *Diari Oficial de la Unió Europea*, L 396, 30 de desembre de 2006, 1–849.