



PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ETILBENZÈ

TREBALL DE FI DE GRAU

Enginyeria Química

Tutor: Rafa Bosch

Nina Chavchavadze
Sonia Guerrero Estrada
Carlos López Giraldez
Pau Millàs Garcia
María Fernanda Tomé Cabrera
Pau Vila González

UAB

Universitat Autònoma de Barcelona

e escola
d'enginyeria

PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ETILBENZÈ

CAPÍTOL 07:
AVALUACIÓ
ECONÒMICA

Tutor: Rafa Bosch

Nina Chavchavadze
Sonia Guerrero Estrada
Carlos López Giraldez
Pau Millàs Garcia
María Fernanda Tomé Cabrera
Pau Vila González

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

e escola
d'enginyeria

ÍNDEX

7. Avaluació econòmica.....	8
7.1. Introducció.....	8
7.2. Estudi de mercat.....	9
7.3. Valorització econòmica de la planta.....	13
7.3.1. Capital immobilitzat.....	13
7.3.1.1. Cost del terreny.....	14
7.3.1.2. Cost dels equips.....	14
7.3.1.2.1. Tancs d'emmagatzematge.....	16
7.3.1.2.2. Tancs pulmó.....	17
7.3.1.2.3. Mescladors.....	19
7.3.1.2.4. Bescanviadors de calor.....	21
7.3.1.2.5. Reactors.....	23
7.3.1.2.6. Columnes de destil·lació.....	24
7.3.1.2.7. Condensadors.....	26
7.3.1.2.8. Evaporadors.....	27
7.3.1.2.9. Bombes.....	28
7.3.1.2.10. Compressors.....	30
7.3.1.2.11. Turbines.....	30
7.3.1.2.12. Forn.....	31
7.3.1.2.13. Chiller.....	32
7.3.1.2.14. Torres de refrigeració.....	33
7.3.1.2.15. Tanc criogènic de nitrogen.....	33
7.3.1.2.16. Torxa.....	34
7.3.1.2.17. Descalcificadores.....	34
7.3.1.2.18. Turbina de gas.....	35
7.3.1.2.19. Torre d'absorció de CO ₂	35
7.3.1.2.20. Altres.....	35
7.3.1.3. Mètode de Vian.....	36
7.3.2. Capital circulant.....	38

7.3.3. Posada en marxa.....	38
7.4. Estimació del cost de producció.....	39
7.4.1. Costos de fabricació (M).....	39
7.4.1.1. Matèries primeres (M1).....	40
7.4.1.2. Mà d'obra directa (M2).....	40
7.4.1.3. Patents (M3).....	42
7.4.1.4. Mà d'obra indirecta (M4).....	43
7.4.1.5. Serveis (M5).....	43
7.4.1.7. Reparacions i manteniment (M7).....	44
7.4.1.8. Laboratoris (M8).....	45
7.4.1.9. Envasat (M9).....	45
7.4.1.10. Expedició (M10).....	45
7.4.1.11. Directius i servei tècnic (M11).....	45
7.4.1.12. Amortització (M12).....	45
7.4.1.13. Lloguers (M13).....	46
7.4.1.14. Impostos (M14).....	46
7.4.1.15. Assegurances (M15).....	46
7.4.2. Costos generals (G).....	47
7.4.2.1. Costos d'administració i gerència (G1).....	47
7.4.2.2. Costos comercials (G2).....	48
7.4.2.3. Despeses d'investigació i serveis tècnics (G3).....	48
7.4.2.4. Despeses financeres (G4).....	48
7.4.3. Costos totals de producció.....	49
7.5. Ingressos per vendes.....	49
7.6. Rendibilitat de la planta.....	50
7.6.1. Amortització.....	50
7.6.2. Net Cash Flow (NCF).....	51
7.6.3. Valor Actual Net (VAN) i Taxa de Rendibilitat Interna (TIR).....	55
7.6.4. Temps de retorn (Pay-back).....	56
7.7. Estudi de sensibilitat.....	57
7.7.1. Increment del cost unitari del benzè i l'etilè.....	57



7.7.2. Disminució del preu de venda del etilbenzè.....	61
7.8. Viabilitat del projecte.....	64
7.9. Bibliografia.....	65

7. Avaluació econòmica

7.1. Introducció

En aquest capítol es determina la viabilitat econòmica del projecte, és a dir, de la construcció i operació de la planta de producció d'etilbenzè de BenzEt S.L. mitjançant el càlcul de diverses variables i paràmetres transcendents en l'àmbit econòmic.

Inicialment, es realitza un estudi de mercat del producte fabricat per tal de garantir un preu de venda competitiu, seguint l'estratègia *competitive pricing*, on se selecciona el preu del producte basat en el mercat i la competència. D'aquesta manera s'assegura a la planta un flux estable de clients, podent posicionar-la líder en el sector. ^[1]

Seguidament, es du a terme la valorització econòmica de la planta, determinant la inversió del capital immobilitzat i circulat que comporta la construcció i operació de planta. També es determina la despesa econòmica que suposa la posada en marxa. D'aquesta manera s'obté la inversió inicial total del projecte.

A més a més, s'estimen els costos de producció totals de l'empresa, comptabilitzant els diferents paràmetres que conformen els costos de fabricació i els costos generals de la planta.

Totes aquestes despeses s'han de veure compensades amb els ingressos per vendes del projecte, els quals també proporcionaran els beneficis de l'empresa en menor o major quantitat.

Finalment, es determina la rendibilitat de la planta mitjançant el càlcul dels fluxos nets de caixa (NCF) i les variables VAN i TIR, les quals representen el valor actual net i la taxa de rendibilitat interna, respectivament. A més, es coneix el temps de retorn per tal de conèixer el temps necessari des de la posada en marxa de la planta per recuperar la inversió inicial d'aquesta.

Sent coneixedors de les dades esmentades anteriorment es pot determinar la viabilitat de la planta, havent de realitzar també l'estudi de sensibilitat pertinent per prevenir futures fluctuacions de les despeses i beneficis calculats al llarg del capítol.

7.2. Estudi de mercat

Per definició un estudi de mercat és el conjunt d'accions que una empresa utilitza en l'àmbit comercial per així obtenir informació actualitzada respecte de quatre elements essencials: el producte a vendre, el preu escollit, els clients potencials i la competència de mercat.

El mercat global de l'etilbenzè se situa en una producció de 48 milions de tones l'any a escala mundial, assolint un volum de vendes de 19.320 milions de dòlars (18.160 milions d'euros) l'any 2022, any on encara eren presents els impactes negatius causats per la pandèmia de COVID-19 viscuda el 2020. D'igual manera es preveu un CAGR del 3,4% entre l'any 2022 i 2028, aquest paràmetre mostra la taxa de creixement anual compost on es veu el creixement dels ingressos, vendes o inversions al llarg del període de temps estipulat. ^[2]

Els principals productors d'etilbenzè a escala mundial són la regió asiàtica amb un 45% de la producció mundial, encapçalada per la Xina, el Japó i l'Índia, seguida per altres països com els Estats Units d'Amèrica, Alemanya, Brasil i Aràbia Saudí. Respecte a la regió europea, els principals productors són Alemanya, França i Itàlia.

A la *Figura 7.1* es mostra la previsió de creixement del mercat d'etilbenzè mundialment per regió entre els anys 2022 i 2027 on es pot observar com Àsia i el Pacífic continuen tenint un creixement alt en el sector i Europa s'inclou entre les regions amb un creixement intermedi la qual cosa proporciona seguretat i estabilitat respecte de la implementació d'aquest projecte.

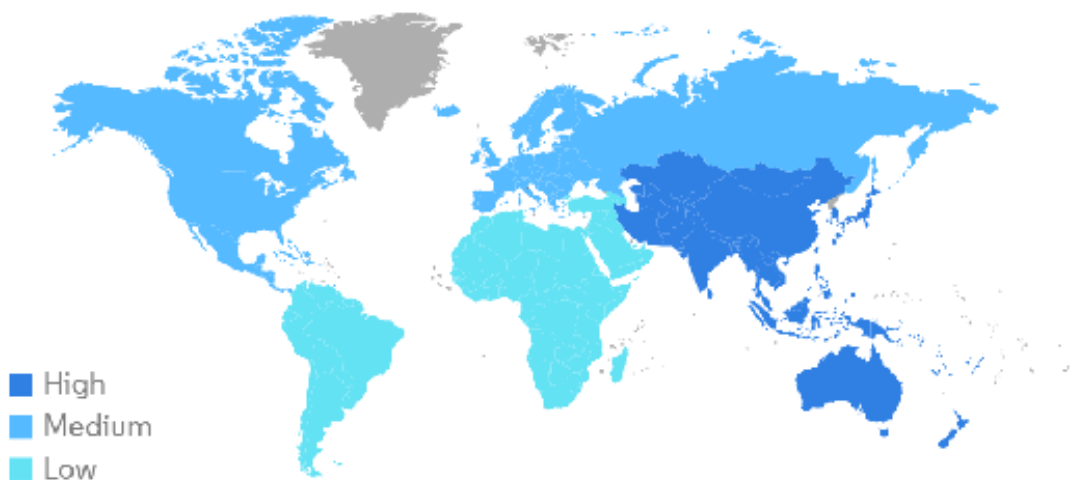


Figura 7.1. Creixement del mercat d'etilbenzè per regions des del 2022 fins al 2027. ^[2]

L'evolució del mercat de l'etilbenzè està directament relacionat amb les seves aplicacions i el mercat de les substàncies produïdes a partir d'aquest. L'ús que predomina respecte de la resta és la producció d'estirè, utilitzat en una gran varietat d'indústries per sintetitzar polímers com per exemple el poliestirè, resines o altres elastòmers. Aquests productes tenen un ampli rang d'usos en moltes indústries, principalment en l'embalatge de productes de baix cost.

Els principals països exportadors d'estirè en 2021 van ser els Països Baixos, Turquia, Bèlgica i Grècia, alguns dels quals són relativament propers a Espanya. La demanda d'aquest producte té un creixement continu gràcies al mercat de pneumàtics, el qual va incrementar les vendes a la Xina un 30% en 2021 i també l'increment del consumisme any rere any, el qual provoca que hi hagi una major necessitat d'embalatges i conseqüentment un major requisit d'estirè i etilbenzè. Altres aplicacions amb menor impacte són l'ús a pintures, a l'asfalt o com a additiu a la benzina. [2] [3]

Ethylbenzene Market Leaders

- 1 LyondellBasell Industries Holdings B.V.
- 2 INEOS
- 3 Honeywell International Inc
- 4 Chevron Phillips Chemical Company LLC
- 5 Dow

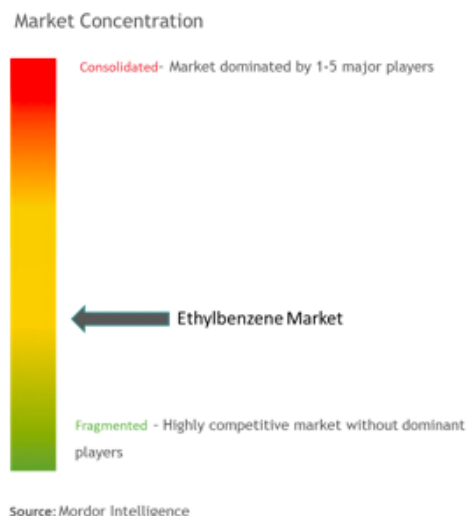


Figura 7.2. Líders mundials en la producció d'etilbenzè i concentració de mercat. [2]

Actualment, el mercat de l'etilbenzè no es troba summament concentrat, és a dir, no està dominat exclusivament per una petita agrupació d'empreses, tot i tampoc situar-se en un punt d'alta competitivitat on no hi ha dominació de mercat. Tal com es pot observar a la *Figura 7.2* les empreses líders en producció d'etilbenzè a escala mundial són LyondellBasell amb sede als Països Baixos i diferents fàbriques distribuïdes arran del món incloent una a

Tarragona. També trobem INEOS al Regne Unit i Honeywell, Dow Chemicals i Chevron als Estats Units. [4]

Les indústries esmentades es troben principalment a Amèrica del Nord, al Regne Unit i també al nord d'Europa, la qual cosa facilita a BenzEt S.L. l'adquisició de clients a les regions dels sud d'Europa, part d'Europa central, Àfrica i Àsia occidental. [5]

Una altra variable a estudiar és el preu de compra de les matèries primeres necessàries com ara bé l'etilè al 50% en fase gas i el benzè líquid amb una puresa aproximadament del 99% i també el preu de venda del producte principal, l'etilbenzè líquid amb una puresa del 99,8%. La rendibilitat de la planta depèn en gran mesura de la situació del mercat de totes aquestes substàncies, ja que si la despesa en matèries primeres suposa un major cost que els ingressos obtinguts a través de la venda del producte la planta no serà viable.

Respecte al benzè, a la *Figura 7.3* es pot observar la fluctuació del preu d'aquest des de gener de 2018 fins al juny del 2023 per diferents regions del món. A més, s'inclou la predicció del preu seguint la tendència fins al juny de 2024. Tal com es mostra aquest ha variat des dels 300 \$/tn fins als 1.250 \$/tn, trobant-se actualment en un preu mitjà de 850 \$/tn. [6]

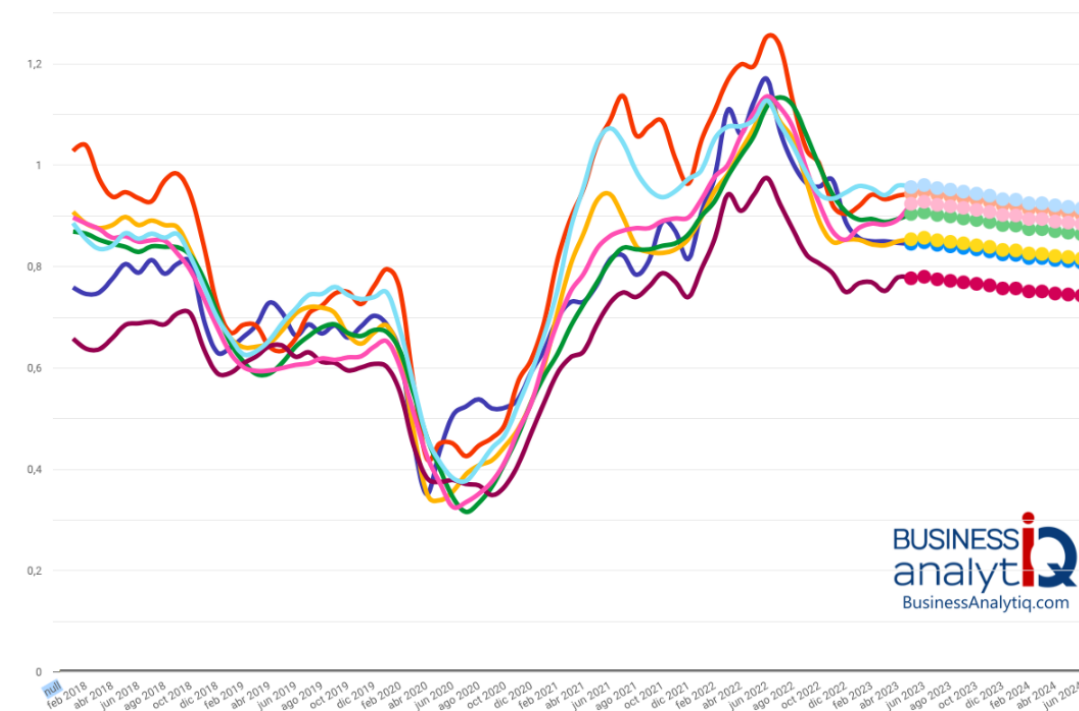


Figura 7.3. Històric del preu de venda del benzè pur des de 2018 fins a 2024. [6]

Tal com es pot observar a la Figura anterior la tendència del preu de venda és decreixent, estimant-se un preu de venda aproximat de 800 \$/tn per mitjans de 2024. La planta no es trobarà operativa fins a 2026, la qual cosa dificulta l'estimació del preu en aquest període de temps. De totes maneres, si es segueix la tendència presentada i alhora es tenen presents les dades anteriors en 2020 (punt de canvi dràstic dels preus a causa de la pandèmia mundial de COVID-19 i que no representa els pròxims anys) s'estima que el preu de compra del benzè al 2026 serà de 790 \$/tn, el que representa actualment uns 735 €/tn.

Pel cas de l'etilè, a la *Figura 7.4* es mostra l'històric del preu de venda d'aquest des de 2015 fins a 2023, incloent-hi també la tendència del preu fins a 2024 per a diferents regions d'arreu del món. En aquest cas, els preus de venda presentats no són representatius a l'etilè que la planta de BenzEt S.L. importa, ja que a la *Figura 7.4* es mostra el preu de l'etilè pur i l'utilitzat al procés productiu és etilè gas diluït al 50% que a més es transporta per canonada, la qual cosa redueix els costos. [7]

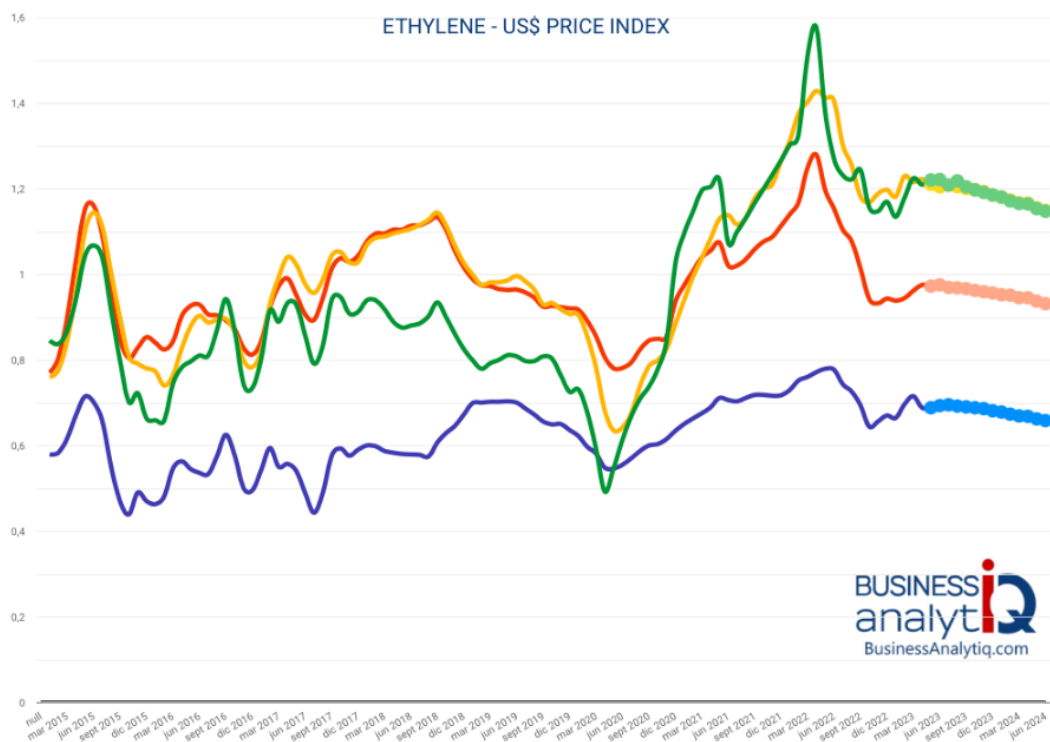


Figura 7.4. Històric del preu de venda de l'etilè pur des de 2015 fins a 2024. [7]

Seguint la tendència marcada i l'històric de preus previs a l'any 2020 es pot estimar que a l'any 2026, quan s'inicia la producció a la planta, el preu global de l'etilè pur serà de 860 \$/tn (800 €/tn aproximadament). Considerant les característiques esmentades anteriorment respecte l'etilè que importa BenzEt S.L. es redueix el preu un 35% respecte de l'estimat, obtenint aleshores un preu d'importació d'etilè de 520 €/tn.

També cal estudiar el preu global per tona del etilbenzè i així aconseguir un preu competitiu enfront de la resta d'empreses productores d'aquesta substància. Aquest factor serà vital en la viabilitat de l'empresa degut a que és una variable amb molta influenciable en els ingressos que rep la planta, ja que si no hi ha clients potencials el projecte és completament inviable.

El preu global d'exportació del l'etilbenzè ha fluctuat els darrers anys entre els 1.100 i 1.850 dòlars per tona, trobant-se actualment en un preu de 1.392 \$/tn. No s'ha trobat l'històric de preus dels darrers anys ni la futura tendència del preu de venda de l'etilbenzè, d'aquesta manera es considera que el preu d'exportació l'any 2026 per BenzEt S.L. serà de 1.150 €/tn adquirint aleshores un preu molt competitiu al mercat. ^[8]

7.3. Valorització econòmica de la planta

En aquest apartat es determina el cost que suposa la inversió inicial de la planta, aquesta inversió inclou tant les despeses prèvies com el capital immobilitzat, el capital circulat i el cost de la posada en marxa.

7.3.1. Capital immobilitzat

El capital immobilitzat és aquell que es destina als béns de producció i, com el seu propi nom indica, agrupa el conjunt d'actius no movibles que formen part del patrimoni de l'empresa, el qual permet desenvolupar l'activitat normal d'aquesta. Entre els béns de producció a adquirir s'inclou el terreny on situa la planta industrial, el cost de tots els equips, canonades i accessoris, juntament amb la seva corresponent instal·lació, costos de caràcter administratiu.

Es disposa de diferents mètodes per estimar el cost que comporta el capital immobilitzat com ara bé els mètodes globals, de factor únic o de factor múltiple. En aquest cas s'ha utilitzat el mètode de factor múltiple, específicament el mètode VIAN, ja que ha demostrat obtenir un menor percentatge d'error i conseqüentment més fiabilitat.

7.3.1.1. Cost del terreny

Per conèixer el cost que suposa l'adquisició de la parcel·la es realitza el pertinent estudi del cost de terreny a la ubicació on es situa la planta industrial, en aquest cas a la Canonja, Tarragona.

S'ha analitzat el preu en €/m² de diferents parcel·les industrials en venda actualment al polígon industrial de la Canonja, estimant així un cost mitjà de 100 €/m². Sabent que l'àrea de la parcel·la en la qual es basa el disseny de tota la planta és de 53.235 m², aleshores el cost aproximat del terreny és de 5.323.500 €.

El càlcul realitzat per obtenir el preu del terreny es mostra a continuació:

$$\text{Cost del terreny} = \text{Àrea parcel·la} \cdot \text{Preu unitari} = 53.235 \text{ m}^2 \cdot 100 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} = 5.323.500\text{€}$$

7.3.1.2. Cost dels equips

Per tal d'estimar el cost de tots els equips i la maquinària que es requereix a la planta es poden fer servir un seguit de mètodes com per exemple el mètode de Williams, el mètode algorítmic de Couper o un mètode basat en correlacions de Sinnott & Towler. Com que tots els mètodes compten amb diverses restriccions de dimensionament d'equips, en aquest estudi s'han fet servir dos dels tres mètodes esmentats anteriorment: el mètode algorítmic de Couper i el mètode de les correlacions de Sinnott & Towler. Ambdós estimen el cost de l'equip en funció de paràmetres de disseny d'aquest.

Seguint el mètode algorítmic de Couper s'estima el preu a través de diferents equacions les quals difereixen segons l'equip, a més, aquestes tenen en compte altres dades com per exemple el material de fabricació de l'equip a través de paràmetres inclosos a les equacions.

En canvi, respecte al mètode de les correlacions de Sinnott & Towler, estima el preu basant-se en un model d'equació general on el cost es calcula amb $C_e = a + b \cdot S^n$ sent C_e el cost de l'equip, S el paràmetre característic de l'equip i a , b i n constants que depenen del tipus d'equip.

Cal destacar dos aspectes fonamentals d'aquests dos mètodes:

Primerament, el mètode de les correlacions de Sinnott & Towler proporciona l'estimació del preu d'alguns equips fets amb acer inoxidable del tipus 304 (AISI 304), la qual cosa no és

un inconvenient perquè la totalitat dels equips de la planta estan dissenyats utilitzant aquest material de fabricació. Si no hauria d'aplicar-se un factor adimensional multiplicant-lo pel cost estimat en AISI 304, però tal com s'ha esmentat, aquest no serà necessari.

D'altra banda, els preus proporcionats per ambdós mètodes no estan actualitzats, és a dir, l'estimació no correspon al preu que s'obté en l'actualitat. Pel cas del mètode algorítmic de Couper s'estima el preu en dòlars (USD) de l'any 2002 i el mètode de les correlacions de Sinnott & Towler també en dòlars (USD) però de l'any 2006. Per actualitzar els costos de capital requerits d'una data passada a l'actualitat es fa servir el *Chemical Engineering Plant Cost Index*, més comunament anomenat CEPCI. A la Taula 7.1 es mostra el CEPCI dels anys 2002, 2006 i 2022, que són els que s'utilitzaran per actualitzar els diferents costos dels equips.

Taula 7.1. Índex anual CEPCI.

Any	CEPCI
2002	395,6
2006	509,7
2022	816,0

Un altre aspecte a modificar dels costos donats per ambdós mètodes és la divisa, aquesta ve donada en dòlars pels dos casos, aleshores s'aplica el factor de conversió corresponent al valor que té actualment 1 dòlar dels Estats Units en euros. A l'actualitat (juny de 2023) 1 USD equival a 0,93 EUR.

L'equació seguida per actualitzar els costos dels equips, juntament amb el canvi de divisa es presenta a continuació.

$$C = C_e \cdot \frac{816,0}{CEPCI_x} \cdot \frac{0,93\text{€}}{1\$}$$

On C és el cost en euros actualitzat, C_e és el cost donat pels mètodes d'estimació i $CEPCI_x$ és l'índex CEPCI de l'any corresponent al mètode emprat.

A continuació s'estimen els preus dels diferents equips a instal·lar a la planta de BenzEt S.L.

7.3.1.2.1. Tancs d'emmagatzematge

A la planta industrial de BenzEt S.L es disposa de 12 tancs d'emmagatzematge, concretament 9 tancs d'emmagatzematge de benzè líquid a l'àrea A-200 de 185 m³ i 3 tancs d'emmagatzematge d'etilbenzè líquid a l'àrea A-700.

Per tal d'estimar el cost dels tancs s'empra el mètode de les correlacions de Sinnott & Towler, ja que el mètode algorítmic de Couper no és vàlid en aquest cas al superar-se el límit superior del volum dels tancs, sent aquest de 80 m³. Per tancs amb sostre cònic l'equació general queda com $C_e = 5000 + 1400 \cdot V^{0,7}$, on C_e és el cost de l'equip en USD l'any 2006 i V és el volum del tanc en m³.

Seguidament, es mostra l'exemple de càlcul del cost del tanc T-201 amb el mètode esmentat. El volum del tanc T-201 és de 185 m³, per tant, el càlcul a realitzar és:

$$C_e = 5000 + 1400 \cdot 185^{0,7} = 59093,89 \$ (2006)$$

Ara només és necessari fer el canvi de divisa i l'actualització del preu:

$$C_{T-201} = 59093,89 \$ \cdot \frac{818,0}{509,7} \cdot \frac{0,93€}{1\$} = 87983,47 € (2022)$$

En aquest cas, com tots els tancs d'emmagatzematge tenen el mateix volum i s'ha fet servir el mateix mètode per tots 9, el càlcul pot aplicar-se a la resta de tancs de l'àrea. A la Taula 7.2 es mostra el cost de la resta de tancs d'emmagatzematge de la planta amb els diferents paràmetres utilitzats a l'equació general i el cost total que comporta la implantació d'aquests equips, que és de 1.055.801,63€.

Taula 7.2. Estimació del cost dels tancs d'emmagatzematge en euros i actualitzats l'any 2022.

Equip	S = V(m3)	a	b	n	Cost en USD (2006)	Cost en EUR (2022)
T-201	185,00	5.000,00	1.400,00	0,70	59.093,89	87.983,47
T-202	185,00	5.000,00	1.400,00	0,70	59.093,89	87.983,47
T-203	185,00	5.000,00	1.400,00	0,70	59.093,89	87.983,47
T-204	185,00	5.000,00	1.400,00	0,70	59.093,89	87.983,47
T-205	185,00	5.000,00	1.400,00	0,70	59.093,89	87.983,47

Equip	S = V(m3)	a	b	n	Cost en USD (2006)	Cost en EUR (2022)
-------	-----------	---	---	---	--------------------	--------------------

T-206	185,00	5.000,00	1.400,00	0,70	59.093,89	87.983,47
T-207	185,00	5.000,00	1.400,00	0,70	59.093,89	87.983,47
T-208	185,00	5.000,00	1.400,00	0,70	59.093,89	87.983,47
T-209	185,00	5.000,00	1.400,00	0,70	59.093,89	87.983,47
T-701	185,00	5.000,00	1.400,00	0,70	59.093,89	87.983,47
T-702	185,00	5.000,00	1.400,00	0,70	59.093,89	87.983,47
T-703	185,00	5.000,00	1.400,00	0,70	59.093,89	87.983,47
Cost total tancs emmagatzematge (€)						1.055.801,63

7.3.1.2.2. Tancs pulmó

Hi ha 4 tancs pulmó distribuïts al llarg de la planta, entre ells trobem el tanc pulmó d'etilè (T-210) i els tancs de reflux de cadascuna de les columnes de destil·lació (T-601, T-602 i T-603).

Per estimar el cost d'aquests equips s'empra el mètode algorítmic de Couper. Cal destacar que com que els tancs tenen diferents característiques no s'han estimat fent servir la mateixa equació.

Pel cas dels tancs T-602, T-603 en treballar a pressió atmosfèrica s'han considerat tancs d'emmagatzematge, utilitzant la següent expressió:

$$C_e = 1,218 \cdot F_M \cdot \exp[2,631 + 1,3673 \cdot \ln(V) - 0,06309 \cdot (\ln(V))^2]$$

On C_e és el cost de l'equip en USD l'any 2002, F_M un factor adimensional que depèn del material de l'equip i és 2,4 per AISI 304 i finalment V és el volum del tanc en galons (US gal).

Pel cas del tanc T-210 es considera un tanc a pressió horitzontal, per tant, s'utilitza l'equació corresponent, sent aquest la següent:

$$C_e = F_M \cdot C_B + C_A$$

$$C_B = 1,218 \cdot \exp[8,571 - 0,2330 \cdot \ln(W) + 0,04333 \cdot (\ln(W))^2]$$

$$C_A = 1669 \cdot D^{0,2029}$$

on C_e és el cost de l'equip en dòlars (USD) de l'any 2002, F_M el factor addimensional que depèn del material i és 1,7 per AISI 304, W el pes de la carcassa del tanc en lliures (lb) i D el diàmetre exterior del tan en peus (ft).

Finalment, el tanc T-601 s'ha considerat tanc a pressió vertical, calculant el cost seguint les equacions corresponents:

$$C_e = F_M \cdot C_B + C_A$$

$$C_B = 1,218 \cdot \exp[9,100 - 0,2889 \cdot \ln(W) + 0,04576 \cdot (\ln(W))^2]$$

$$C_A = 300 \cdot D^{0,7306} \cdot L^{0,7068}$$

on C_e és el cost de l'equip en dòlars (USD) de l'any 2002, F_M el factor adimensional que depèn del material i és 1,7 per AISI 304, W el pes de la carcassa del tanc en lliures (lb), D el diàmetre exterior del tanc en peus (ft) i L és la longitud del tanc en peus (ft).

Aquests preus després han de ser actualitzats a l'any 2022 i cal fer el canvi de divisa a euros.

A continuació, es mostra l'exemple de càlcul d'estimació de cost del tanc pulmó d'etilè T-210. Primerament, es realitza la correcció d'unitats de les dades necessàries.

$$W = 23717 \text{ kg} \cdot \frac{2,20 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} = 52287,03 \text{ lb}$$

$$D = 2,639 \text{ m} \cdot \frac{3,28 \text{ ft}}{1 \text{ m}} = 8,66 \text{ ft}$$

Un cop les variables tenen les unitats indicades s'introdueixen a les equacions, sabent que $F_M = 1,7$, ja que el tanc està fet d'acer inoxidable tipus 304.

$$C_B = 1,218 \cdot \exp[8,571 - 0,2330 \cdot \ln(52287,03) + 0,04333 \cdot (\ln(52287,03))^2] = 85079,65$$

$$C_A = 1669 \cdot 8,66^{0,7306} = 2586,3$$

$$C_e = F_M \cdot C_B + C_A = 1,7 \cdot 85079,65 + 2586,3 = 147221,71 \text{ \$ (2002)}$$

Un cop es coneix el cost de l'equip aquest s'actualitza i es modifica la divisa:

$$C_{T-210} = 147221,71 \$ \cdot \frac{818,0}{395,6} \cdot \frac{0,93€}{1\$} = 282415,6 € (2022)$$

A la *Taula 7.3* i a la *Taula 7.4* es mostren els diferents paràmetres de disseny utilitzats per estimar el cost de cadascun dels tancs pulmó de la planta i l'equivalent al cost en euros i a l'any 2022.

Taula 7.3. Estimació del cost dels tancs pulmó considerats tancs d'emmagatzematge en euros i actualitzats l'any 2022.

Equip	Fm	V (m3)	V (US gal)	Cost en USD (2002)	Cost en EUR (2023)
T-602	2,40	10,70	2.826,64	39.541,98	75.853,44
T-603	2,40	9,21	2.433,02	37.385,24	71.716,16
Cost tancs pulmó (€)					147.569,60

Taula 7.4. Estimació del cost dels tancs pulmó a pressió en euros i actualitzats l'any 2022.

Equip	Fm	W (lb)	D (ft)	L (ft)	Cost en USD (2002)	Cost en EUR (2023)
T-210	1,70	52.287,04	8,66	-	147.221,71	282.415,60
T-601	1,70	1.996,95	8,56	17,06	39.693,97	76.145,00
Cost tancs pulmó (€)						68.500,00

Sumant les dues quantitats que representen el cost dels tancs pulmó en euros de les dues taules mostrades anteriorment es pot determinar el cost estimat total dels tancs pulmó de la planta, el qual és de 216.069,60 €.

7.3.1.2.3. Mescladors

Hi ha diversos mescladors a la planta, principalment de dos tipus, mescladors que poden considerar-se estàtics i, d'altra banda, també hi ha un tanc agitat. Ambdós tipus s'han calculat utilitzant el mètode de les correlacions de Sinnott & Towler però amb diferents expressions de l'equació general.

Pel cas dels mescladors estàtics l'equació general queda com $C_e = 500 + 1030 \cdot Q^{0,4}$ on C_e és el cost de l'equip en USD l'any 2006 i Q és el cabal en L/s que circula pel mesclador, sent aquest últim el paràmetre característic.

A continuació, es mostra un exemple de l'estimació del cost d'un mesclador estàtic com ara bé el M-401. El cabal que travessa el mesclador és de 30,06 L/s, per tant, el càlcul a realitzar és:

$$C_e = 500 + 1030 \cdot 30,06^{0,4} = 4518,27 \$ (2006)$$

Ara només és necessari fer el canvi de divisa i l'actualització del preu:

$$C_{M-401} = 4518,27 \$ \cdot \frac{818,0}{509,7} \cdot \frac{0,93€}{1\$} = 6727,14 € (2022)$$

A la *Taula 7.5* es mostra l'estimació del cost de la resta dels mescladors estàtics juntament amb els diferents paràmetres utilitzats per calcular-ho i l'actualització del preu.

Taula 7.5. Estimació del cost dels mescladors estàtics en euros i actualitzats a l'any 2022.

Equip	S = Q (L/s)	a	b	n	Cost en USD (2006)	Cost en EUR (2022)
M-401	30,06	500,00	1.030,00	0,40	4.518,27	6.727,14
M-402	34,91	500,00	1.030,00	0,40	4.765,96	7.095,93
M-403	39,61	500,00	1.030,00	0,40	4.987,21	7.425,34
M-301	24,68	500,00	1.030,00	0,40	4.213,19	6.272,92
Cost mescladors estàtics (€)						27.521,32

El cost del tanc agitat s'estima mitjançant la suma de dos preus a calcular, d'una banda, el cost de l'agitador i, d'altra banda, el cost del propi tanc.

L'equació general per estimar el preu del tanc és $C_e = 15000 + 68 \cdot Q^{0,85}$ on C_e és el cost de l'equip en USD l'any 2006 i Q és el cabal en L/s que circula pel tanc, sent aquest últim el paràmetre característic. A la *Taula 7.6* es mostren els diferents paràmetres, el cost en dòlars de l'any 2006 obtingut i finalment el cost en euros l'any 2022.

En canvi, per estimar el preu de l'agitador mecànic l'expressió queda com $C_e = 15000 + 990 \cdot P^{1,05}$ on C_e és el cost de l'equip en USD l'any 2006 i P és la potència del motor en kW. A la *Taula 7.7* es mostren els diferents paràmetres, el cost en dòlars de l'any 2006 estimat i finalment el cost en euros l'any 2022.

Taula 7.6. Estimació del cost del tanc del mesclador M-601 en euros i actualitzats l'any 2022.

Equip	S = Q (L/s)	a	b	n	Cost en USD (2006)	Cost en EUR (2022)
M-601	1.578,00	15.000,00	68,00	0,85	50.554,93	75.270,02

Taula 7.7. Estimació del cost de l'agitador del mesclador M-601 en euros i actualitzats l'any 2022.

Equip	S = P (kW)	a	b	n	Cost en USD (2006)	Cost en EUR (2022)
M-601	1,35	15.000,00	990,00	1,05	16.359,87	24.357,82

El cost total dels mescladors s'obté amb la suma del cost total dels mescladors estàtics i el preu del tanc i l'agitador que conformen el tanc agitat, aquest cost total aleshores és de 127.149,15 €.

7.3.1.2.4. Bescanviadors de calor

A la planta de BenzEt S.L. consten 7 bescanviadors de calor, sense tenir en compte els condensadors o reboilers de les columnes de destil·lació. Per estimar el seu preu s'ha fet servir el mètode algorítmic de Couper, utilitzant l'equació corresponent als bescanviadors de carcassa i tubs amb capçal fix.

Les equacions utilitzades es presenten a continuació:

$$C_e = 1,218 \cdot f_D \cdot f_M \cdot f_P \cdot C_B$$

$$C_B = \exp[8,821 - 0,30863 \cdot \ln(A) + 0,0681 \cdot (\ln(A))^2]$$

$$f_D = \exp[-1,1156 + 0,0906 \cdot \ln(A)] \text{ (Equació per capçal fixe)}$$

$$f_M = g_1 + g_2 \cdot \ln(A) \text{ (Equació per acer inoxidable 304)}$$

$$f_P = 0,7771 + 0,04981 \cdot \ln(A) \text{ (Equació per rang de pressions 100-300 psig)}$$

$$f_P = 1,0305 + 0,07140 \cdot \ln(A) \text{ (Equació per rang de pressions 300-600 psig)}$$

on C_e és el cost estimat de l'equip en USD l'any 2002, A l'àrea de bescanvi de calor efectiva en sqft i g_1 i g_2 són paràmetres que depenen del material de l'equip, en aquest cas acer inoxidable 304.

Seguidament, es presenta l'exemple de càlcul del cost del bescanviador de calor E-401, la seva àrea de bescanvi efectiva és de 51,50 m² (554,35 sqft) i el seu rang de pressions

oscil·la entre els 100 i els 300 psig. Coneixent els paràmetres de disseny s'estima el preu a través de les equacions presentades anteriorment.

$$C_B = \exp[8,821 - 0,30863 \cdot \ln(554,35) + 0,0681 \cdot (\ln(554,35))^2] = 14607,79$$

$$f_D = \exp[-1,1156 + 0,0906 \cdot \ln(554,35)] = 0,58$$

$$f_M = 0,8193 + 0,16 \cdot \ln(554,35) = 1,83$$

$$f_P = 0,7771 + 0,04981 \cdot \ln(554,35) = 1,09$$

$$C_e = 1,218 \cdot f_D \cdot f_M \cdot f_P \cdot C_B = 1,218 \cdot 0,58 \cdot 1,83 \cdot 1,09 \cdot 14607,79 = 20639,69 \$ (2002)$$

Finalment, s'actualitza el preu i es modifica la divisa:

$$C_{E-401} = 20639,69 \$ \cdot \frac{818,0}{395,6} \cdot \frac{0,93€}{1\$} = 39593,14 € (2022)$$

A la *Taula 7.8* es mostra l'estimació del cost dels bescanviadors de calor de la planta de BenzEt S.L. juntament amb els seus corresponents paràmetres de disseny, a la *Taula 7.9* es poden observar els resultats obtinguts de les diferents variables utilitzades per realitzar el càlcul dels diferents equips.

Taula 7.8. Estimació del cost dels bescanviadors de calor en euros i actualitzats l'any 2022.

Equip	A (m2)	A (sqft)	Rang de pressions (psig)	Cost en USD (2002)	Cost en EUR (2022)
E-401	51,50	554,34	100-300	20.639,69	39.593,14
E-402	40,00	430,56	100-300	17.035,33	32.678,91
E-403	69,20	744,86	100-300	26.097,17	50.062,24
E-404	894,70	9.630,46	100-300	317.845,74	609.723,91
E-405	360,40	3.879,31	100-300	118.753,15	227.804,32
E-501	24,80	266,94	300-600	16.404,86	31.469,47
E-601	24,80	266,94	100-300	12.112,32	23.235,09
Cost bescanviadors de calor (€)					1.014.567,07

Taula 7.9. Paràmetres calculats per estimar el cost dels bescanviadors de calor de la planta.

Equip	Cb	fd	fp	fm	g1	g2
E-401	14.607,79	0,58	1,09	1,83	0,8193	0,16
E-402	12.761,71	0,57	1,08	1,79	0,8193	0,16
E-403	17.296,87	0,60	1,11	1,88	0,8193	0,16
E-404	122.988,19	0,75	1,23	2,29	0,8193	0,16
E-405	55.315,17	0,69	1,19	2,14	0,8193	0,16
E-501	10.121,48	0,54	1,43	1,71	0,8193	0,16
E-601	10.121,48	0,54	1,06	1,71	0,8193	0,16

Tal com es pot observar a la *Taula 7.8* el cost total dels bescanviadors de calor és de 1.014.567,07 €.

7.3.1.2.5. Reactors

A la planta consten quatre reactors, tres reactors multitubulars (R-401, R-402 i R-403) on es du a terme la reacció d'alquilació i un reactor també multitubular on es realitza la transalquilació (R-501).

Per estimar el cost dels reactors es fa servir el mètode algorítmic de Couper utilitzant les equacions relacionades amb recipients verticals a pressió les quals es mostren a continuació:

$$C_e = F_M \cdot C_B + C_A$$

$$C_B = 1,218 \cdot \exp[9,100 - 0,2889 \cdot \ln(W) + 0,04576 \cdot (\ln(W))^2]$$

$$C_A = 300 \cdot D^{0,7306} \cdot L^{0,7068}$$

Com a exemple de càlcul s'estima el cost del reactor R-401, modificant primer les unitats.

$$W = 234421 \text{ kg} \cdot \frac{2,20 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} = 516809,84 \text{ lb}$$

$$D = 4,232 \text{ m} \cdot \frac{3,28 \text{ ft}}{1 \text{ m}} = 13,88 \text{ ft}$$

$$L = 17,6 \text{ m} \cdot \frac{3,28 \text{ ft}}{1 \text{ m}} = 38,06 \text{ ft}$$

$$C_B = 1,218 \cdot \exp[9,100 - 0,2889 \cdot \ln(516809,84) + 0,04576 \cdot (\ln(516809,84))^2] = 670699,57$$

$$C_A = 300 \cdot 13,88^{0,7306} \cdot 38,06^{0,7068} = 511,58$$

$$C_e = 1,7 \cdot 670699,57 + 511,58 = 1140700,85 \$ (2002)$$

Finalment, s'actualitza el preu i es modifica la divisa:

$$C_{R-401} = 1104700,85 \$ \cdot \frac{818,0}{395,6} \cdot \frac{0,93€}{1\$} = 2188207,93€ (2022)$$

A la *Taula 7.10* es mostra el cost estimat de la resta de reactors, juntament amb els paràmetres de disseny d'aquests. El cost total dels reactors és de 7.180.298,50 €.

Taula 7.10. Estimació del cost dels reactors en euros i actualitzats l'any 2022.

Equip	W (lb)	L (ft)	D (ft)	Fm	Cost en USD (2002)	Cost en EUR (2022)
R-401	516.809,84	38,06	13,88	1,70	1.140.700,85	2.188.207,93
R-402	531.179,57	38,06	14,17	1,70	1.169.719,90	2.243.875,21
R-403	573.340,77	38,71	15,00	1,70	1.254.945,57	2.407.363,74
R-501	51.905,64	31,82	6,20	1,70	177.684,08	340.851,61
Cost reactors (€)						7.180.298,50

7.3.1.2.6. Columnes de destil·lació

Per estimar el cost de les tres columnes de destil·lació es fa servir el mètode algorítmic de Couper, les equacions a utilitzar corresponen a les columnes de destil·lació de plats perforats i es presenten a continuació.

$$C_e = 1,218 \cdot [f_1 \cdot C_B + N \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot C_t + C_{pl}]$$

$$C_B = 1,218 \cdot \exp[7,123 + 0,1478 \cdot \ln(W) + 0,02488 \cdot (\ln(W))^2 + 0,01580 \cdot (L/D) \cdot \ln(T_b/T_p)]$$

$$C_t = 457,7 \cdot \exp(0,1739 \cdot D)$$

$$C_{pl} = 249,6 \cdot D^{0,6332} \cdot L^{0,6016}$$

On N és el número de plats de la columna, W el pes de la carcassa en lliures (lb), D el diàmetre dels plats en peus (ft), L la longitud de la columna en peus (lb), Tb el gruix de la carcassa a cues en mil·límetres i Tp el gruix requerit de la carcassa a la pressió d'operació.

També hi ha uns altres 4 paràmetres presents a les equacions:

- $f_1 = 1,7$. Depèn del material utilitzat, en aquest cas acer inoxidable 304.
- $f_2 = 1,189 + 0,0577 \cdot D$. Depèn del material utilitzat, en aquest cas acer inoxidable 304.
- $f_3 = 0,95$. Depèn del tipus de plat utilitzat, en aquest cas plats perforats.
- $f_4 = \frac{2,25}{(1,0414)^N}$. Si la columna té un nombre de plats menor a 20.
- $f_4 = 1$. Si la columna té un nombre de plats superior a 20.

A continuació es mostra l'exemple de càlcul del cost de la columna C-601.

$$C_B = 1,218 \cdot \exp[7,123 + 0,1478 \cdot \ln(5822,41) + 0,02488 \cdot (\ln(5822,41))^2 + 0,01580 \cdot (23,40/7,36) \cdot \ln(6,30/6,10)] = 35296,22$$

$$C_t = 457,7 \cdot \exp(0,1739 \cdot 7,36) = 1646,02$$

$$C_{pl} = 249,6 \cdot 7,36^{0,6332} \cdot 23,30^{0,6016} = 11021,08$$

$$C_e = 1,218 \cdot [1,70 \cdot 35296,22 + 7 \cdot 1,61 \cdot 0,95 \cdot 1,69 \cdot 1646,02 + 11021,08] = 122948,15 \$ (2002)$$

Finalment s'actualitza el preu i es canvia la divisa:

$$C_{C-601} = 122948,15 \$ \cdot \frac{818,0}{395,6} \cdot \frac{0,93€}{1\$} = 235851,60€ (2022)$$

A la *Taula 7.11* i *Taula 7.12* es mostren els costos de les tres columnes de destil·lació de la planta i els diferents paràmetres utilitzats per calcular els costos, respectivament. El cost total estimat de les columnes de destil·lació és de 1.892.398,89 €.

Taula 7.11. Estimació del cost de les columnes de destil·lació en euros i actualitzats l'any 2022.

Equip	W (lb)	D (ft)	N	L (ft)	Tb (mm)	Tp (mm)	Cost en USD (2002)	Cost en EUR (2022)
C-601	7.993,74	7,32	7,00	23,30	8,50	8,00	137.543,90	263.850,64
C-602	33.822,00	11,05	27,00	67,91	8,00	7,10	438.060,21	840.331,48
C-603	15.667,15	9,60	47,00	91,86	6,00	5,00	410.893,10	788.216,77
Cost columnes de destil·lació (€)								1.892.398,89

Taula 7.12. Paràmetres calculats per estimar el cost de les columnes de destil·lació.

Equip	Cb	Ct	Cpl	f1	f2	f3	f4
C-601	35.296,22	1.646,02	11.021,08	1,70	1,61	0,95	1,69
C-602	105.617,24	3.126,94	33.603,12	1,70	1,83	0,95	1,00
C-603	64.165,69	2.430,02	39.161,64	1,70	1,74	0,95	1,00

7.3.1.2.7. Condensadors

Cada columna de destil·lació compta amb un condensador, per tant, en total hi ha 3 condensadors a la planta. Per tal d'estimar el seu cost es fa servir el mètode algorítmic de Couper, considerant-se bescanviadors de calor de carcassa i tubs amb capçal fix i fet amb acer inoxidable tipus 304. Les equacions utilitzades són les mateixes que les que s'han fet servir pels bescanviadors de calor de la planta i es presenten a continuació.

$$C_e = 1,218 \cdot f_D \cdot f_M \cdot f_P \cdot C_B$$

$$C_B = \exp[8,821 - 0,30863 \cdot \ln(A) + 0,0681 \cdot (\ln(A))^2]$$

$$f_D = \exp[-1,1156 + 0,0906 \cdot \ln(A)] \text{ (Equació per capçal fixe)}$$

$$f_M = g_1 + g_2 \cdot \ln(A) \text{ (Equació per acer inoxidable 304)}$$

$$f_P = 0,7771 + 0,04981 \cdot \ln(A) \text{ (Equació per rang de pressions 100-300 psig)}$$

$$f_P = 1,0305 + 0,07140 \cdot \ln(A) \text{ (Equació per rang de pressions 300-600 psig)}$$

on C_e és el cost estimat de l'equip en USD l'any 2002, A l'àrea de bescanvi de calor efectiva en sqft i g_1 i g_2 són paràmetres que depenen del material de l'equip, per l'acer inoxidable 304 $g_1=0,8193$ i $g_2=0,16$.

A la *Taula 7.13* es mostra l'estimació del cost dels condensadors de la planta de BenzEt S.L. juntament amb els seus corresponents paràmetres de disseny. També es pot observar el preu total dels condensadors, el qual és de 468.884,51€.

Taula 7.13. Estimació del cost dels condensadors en euros i actualitzats l'any 2022.

Equip	A (m2)	A (sqft)	Cb	fd	fp	fm	Cost en USD (2002)	Cost en EUR (2022)
Cd-601	338,60	3.644,66	52.580,49	0,69	1,19	2,13	111.430,70	213.757,67
Cd-602	302,10	3.251,77	47.991,78	0,68	1,18	2,11	99.320,74	190.527,10
Cd-603	94,00	1.011,81	20.869,05	0,61	1,12	1,93	33.675,49	64.599,74
Cost total condensadors (€)								468.884,51

7.3.1.2.8. Evaporadors

Els 3 evaporadors utilitzats a les columnes de destil·lació s'han estimat seguint el mètode algorítmic de Couper, considerant-se evaporadores de circulació forçada i d'acer inoxidable tipus 304. L'equació utilitzada es presenta a continuació.

$$C_e = 1,218 \cdot f_M \cdot \exp[5,9785 - 0,6056 \cdot \ln(A) + 0,08514 \cdot (\ln(A))^2]$$

On C_e és el cost de l'equip en dòlars l'any 2002, A és l'àrea de bescanvi efectiva en sqft i f_m és un factor que depèn del material i pel cas de l'acer és igual a 1.

A la *Taula 7.14* es mostra l'estimació del cost dels evaporadors de la planta, juntament amb els seus corresponents paràmetres de disseny. També es pot observar el preu total dels evaporadors, el qual és de 3.115.979,63 €.

Taula 7.14. Estimació del cost dels evaporadors en euros i actualitzats l'any 2022.

Equip	Fm	A (m3)	A (sqft)	Cost en USD (2002)	Cost en EUR (2023)
V-601	1,00	138,20	1.487,57	541.891,72	1.039.511,59
V-602	1,00	189,20	2.036,53	667.774,90	1.280.993,46
V-603	1,00	88,50	952,61	414.676,55	795.474,58
Cost tancs pulmó (€)					3.115.979,63

7.3.1.2.9. Bombes

El cost de les bombes de tota la planta s'han estimat a través del mètode de les correlacions de Sinnott & Towler.

Pel cas de les bombes l'equació general queda com $C_e = 6900 + 206 \cdot Q^{0,9}$ on C_e és el cost de l'equip en USD l'any 2006 i Q és el cabal en L/s que impulsa la bomba, sent aquest últim el paràmetre característic. Cal destacar que les bombes amb nomenclatura P-XXXX A/B el cost de l'equip obtingut es multiplica per dos ja que això implica la compra de dos bombes iguals les quals es col·loquen en paral·lel tot i que només hi ha una operativa alhora.

A continuació, es mostra un exemple de l'estimació del cost de les bombes P-2011 A/B, el cabal que impulsa és de 10,67 L/s, per tant, el càlcul a realitzar és:

$$C_e = 2 \cdot (6900 + 206 \cdot 10,67^{0,9}) = 17269,33 \$ (2006)$$

Ara només és necessari fer el canvi de divisa i l'actualització del preu:

$$C_{P-2011 A/B} = 17269,33 \$ \cdot \frac{818,0}{509,7} \cdot \frac{0,93€}{1\$} = 33127,77 € (2022)$$

A la *Taula 7.15* es mostra l'estimació del cost de la resta de bombes juntament amb els diferents paràmetres utilitzats per calcular-ho i l'actualització del preu. En aquesta també es pot observar el cost estimat total de totes les bombes de la planta, que és de 1.400.078,19 €.

Taula 7.15. Estimació del cost de les bombes en euros i actualitzats l'any 2022.

Equip	S = Q (L/s)	a	b	n	Cost en USD (2006)	Cost en EUR (2022)
P-2011 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-2021 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-2031A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-2041 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-2051 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-2061 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91

Equip	S = Q (L/s)	a	b	n	Cost en USD (2006)	Cost en EUR (2022)
P-2071 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-2081 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-2091 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-2012 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-2022 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-2032 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-2042 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-2052 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-2062 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-2072 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-2082 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-2092 A/B	10,67	6.900,00	206,00	0,90	17.268,35	33.125,91
P-3011 A/B	25,82	6.900,00	206,00	0,90	21.484,36	41.213,48
P-4011 A/B	41,22	6.900,00	206,00	0,90	25.508,89	48.933,74
P-4012 A/B	49,69	6.900,00	206,00	0,90	27.653,98	53.048,67
P-6011 A/B	88,31	6.900,00	206,00	0,90	37.042,71	71.059,08
P-6012 A/B	38,83	6.900,00	206,00	0,90	24.896,39	47.758,78
P-6021 A/B	269,17	6.900,00	206,00	0,90	77.174,81	148.044,54
P-6031 A/B	193,83	6.900,00	206,00	0,90	60.961,02	116.941,60
P-6022 A/B	34,89	6.900,00	206,00	0,90	23.876,64	45.802,60
P-6023 A/B	8,20	6.900,00	206,00	0,90	16.537,35	31.723,62
P-6024 A/B	19,39	6.900,00	206,00	0,90	9.869,76	18.933,17
P-6032 A/B	31,92	6.900,00	206,00	0,90	11.550,33	22.157,00
P-6033 A/B	16,28	6.900,00	206,00	0,90	18.875,36	36.208,62
P-6034 A/B	3,16	6.900,00	206,00	0,90	14.960,79	28.699,30
P-6025 A/B	15,11	6.900,00	206,00	0,90	9.272,65	17.787,74
P-7011 A/B	16,28	6.900,00	206,00	0,90	18.875,36	36.208,62
P-7021 A/B	16,28	6.900,00	206,00	0,90	18.875,36	36.208,62
P-7031 A/B	16,28	6.900,00	206,00	0,90	18.875,36	36.208,62
Cost total bombes (€)						1.400.078,19

7.3.1.2.10. Compressors

A la planta hi ha un compressor situat a l'àrea A-300. El cost d'aquest equip s'ha calculat amb el mètode algorítmic de Coupler, considerant-se un compressor centrífug, l'equació utilitzada es presenta a continuació.

$$C_e = 7,90 \cdot (HP)^{0,62}$$

On C_e és el cost de l'equip en K\$ a l'any 2002 i HP és la potència del compressor en cavalls de força.

A continuació, es mostra un exemple de l'estimació del cost del compressor Co-3011, la seva potència és de 0,52 kW que equival a 0,69 HP per tant, el càlcul a realitzar és:

$$C_e = 7 \cdot 0,69^{0,62} = 6,27997 \text{ K\$ (2002)} = 6279,97 \text{ \$ (2002)}$$

Ara només és necessari fer el canvi de divisa i l'actualització del preu:

$$C_{Co-3011} = 6279,97 \text{ \$} \cdot \frac{818,0}{395,6} \cdot \frac{0,93\text{€}}{1\$} = 12.046,87 \text{ € (2022)}$$

A la *Taula 7.16* es mostren els diferents paràmetres utilitzats per calcular-ho i l'actualització del preu. En aquesta també es pot observar el cost estimat total dels compressors de la planta.

Taula 7.16. Estimació del cost dels compressors en euros i actualitzats a l'any 2022.

Equip	P (kW)	P (HP)	Cost en USD (2002)	Cost en EUR (2022)
Co-3011	0,52	0,69	6.279,97	12.046,87

7.3.1.2.11. Turbines

Respecte les turbines d'expansió de la planta, aquestes aconseguen generar energia per tal d'utilitzar-la en punts de necessitat i així tenir un estalvi energètic i conseqüentment econòmic. S'han calculat amb el mètode algorítmic de Couper, l'equació utilitzada es presenta a continuació.

$$C_e = 0,378 \cdot (HP)^{0,81}$$

On C_e és el cost de l'equip en K\$ l'any 2002 i HP és la potència del compressor en cavalls de força.

A continuació, es mostra un exemple de l'estimació del cost de la turbina NT-2011, la seva potència és de 744,43 kW que equivalen a 998,3 HP, per tant, el càlcul a realitzar és:

$$C_e = 0,378 \cdot 998,3^{0,81} = 101,59953 \text{ K\$ (2002)} = 101599,53 \text{ \$ (2002)}$$

Ara només és necessari fer el canvi de divisa i l'actualització del preu:

$$C_{NT-3011} = 101599,53 \text{ \$} \cdot \frac{818,0}{395,6} \cdot \frac{0,93\text{€}}{1\text{\$}} = 194898,51 \text{ € (2022)}$$

A la *Taula 7.17* es mostra l'estimació del cost de la resta de turbines juntament amb els diferents paràmetres fets servir per calcular-ho i l'actualització del preu. En aquesta també es pot observar el cost estimat total de tots els compressors de la planta, que és de 214.738,32 €.

Taula 7.17. Estimació del cost de les turbines en euros i actualitzats l'any 2022.

Equip	P (kW)	P (HP)	Cost en USD (2002)	Cost en EUR (2022)
NT-2011	744,43	998,30	101.599,53	194.898,51
NT-5011	5,56	7,46	1.924,09	3.690,98
NT-4011	34,39	46,12	8.418,30	16.148,84
Cost turbines (€)				214.738,32

7.3.1.2.12. Forn

Per estimar el cost del forn situat a l'àrea A-300 s'ha fet servir el mètode de les correlacions de Sinnott & Towler. Per forns l'equació general queda com $C_e = 68500 + 93000 \cdot P^{0,80}$, on C_e és el cost de l'equip en USD a l'any 2006 i P és la potència requerida en MW.

Seguidament, es mostra l'exemple de càlcul del cost del forn H-301 amb el mètode esmentat. La potència és de 28,33 MW, per tant, el càlcul a realitzar és:

$$C_e = 68500 + 93000 \cdot 28,33^{0,8} = 141833,52 \$ (2006)$$

Ara només és necessari fer el canvi de divisa i l'actualització del preu:

$$C_{H-301} = 1418333,52 \$ \cdot \frac{818,0}{509,7} \cdot \frac{0,93€}{1\$} = 2111722,47 € (2022)$$

D'aquesta manera, el cost total dels forns de la planta és de 2.111.722,47€.

7.3.1.2.13. Chiller

Pel cas del càlcul del cost del chiller de l'àrea de serveis A-100 s'estima a partir del mètode algorítmic de Couper, considerant-lo un equip de refrigeració. L'equació corresponent es mostra a continuació.

$$C_e = 178 \cdot F \cdot Q^{0,65}$$

On C_e és el cost estimat de l'equip en K\$ l'any (2002), Q és la potència dissipada en Btu/hr i F és un factor que depèn de la temperatura a la qual refreda en °C. Pel cas del chiller Ch-101, com refreda fins als -30°C, el valor corresponent de F és 2,65.

A la *Taula 7.18* es mostren els diferents paràmetres utilitzats i el cost obtingut en EUR l'any 2022, que és de 5.083.535,79 €.

Taula 7.18. Estimació del cost del chiller en euros i actualitzats l'any 2022.

Equip	P (kW)	S = P (M Btu/h)	F	Cost en USD (2002)	Cost en EUR (2022)
Ch-101	4.169,00	14,23	2,65	2.650.019,45	5.083.535,79

7.3.1.2.14. Torres de refrigeració

A la planta de BenzEt S.L. s'han dissenyat tres torres de refrigeració, situades a l'àrea de serveis A-100. Per estimar el seu cost s'ha fet servir el mètode de les correlacions de Sinnott & Towler.

Per torres de refrigeració l'equació general queda com $C_e = 150000 + 1300 \cdot Q^{0,90}$, on C_e és el cost de l'equip en USD l'any 2006 i Q és el cabal d'aigua en m³/h.

Seguidament, es mostra l'exemple de càlcul del cost de la torre de refrigeració TR-101 amb el mètode esmentat. El cabal és de 2528 m³/h, per tant, el càlcul a realitzar és:

$$C_e = 150000 + 1300 \cdot 2528^{0,9} = 1651214,38 \$ (2006)$$

Ara només és necessari fer el canvi de divisa i l'actualització del preu:

$$C_{TR-101} = 1651214,38 \$ \cdot \frac{818,0}{509,7} \cdot \frac{0,93€}{1\$} = 2458453,14 € (2022)$$

A la *Taula 7.19* es mostra l'estimació del cost de la resta de les torres de refrigeració juntament amb els diferents paràmetres utilitzats per calcular-ho i l'actualització del preu. També es pot observar el cost total de les torres de refrigeració, el qual és de 7.375.359,43 €.

Taula 7.19. Estimació del cost de les torres de refrigeració en euros i actualitzats l'any 2022.

Equip	S = Q (m ³ /h)	a	b	n	Cost en USD (2006)	Cost en EUR (2022)
TR-101	2.528,00	150.000,00	1.300,00	0,90	1.651.214,38	2.458.453,14
TR-102	2.528,00	150.000,00	1.300,00	0,90	1.651.214,38	2.458.453,14
TR-103	2.528,00	150.000,00	1.300,00	0,90	1.651.214,38	2.458.453,14
Cost torres de refrigeració (€)						7.375.359,43

7.3.1.2.15. Tanc criogènic de nitrogen

A l'àrea de serveis també consta un tanc criogènic de nitrogen, proporcionat per l'empresa Linde, la qual no proporciona informació respecte el cost dels seus tancs. Com a conseqüència s'estima el preu amb el mètode algorítmic de Couper per tal d'aproximar un cost del tanc.

Es fan servir les equacions relacionades amb recipients verticals a pressió les quals es mostren a continuació:

$$C_e = F_M \cdot C_B + C_A$$

$$C_B = 1,218 \cdot \exp[9,100 - 0,2889 \cdot \ln(W) + 0,04576 \cdot (\ln(W))^2]$$

$$C_A = 300 \cdot D^{0,7306} \cdot L^{0,7068}$$

A la *Taula 7.20* es mostra l'estimació del cost del tanc juntament amb els diferents paràmetres utilitzats per calcular-ho i l'actualització del preu. També es pot observar el cost total del tanc de nitrogen, el qual és de 144.298,86 €.

Taula 7.20. Estimació del cost del tanc de nitrogen en euros i actualitzats l'any 2022.

Equip	Fm	W (lb)	L (ft)	D (ft)	Cost en USD (2002)	Cost en EUR (2023)
T-102	1,70	10.824,70	23,46	5,25	75.222,21	144.298,86

7.3.1.2.16. Torxa

Per tal de conèixer el preu de la torxa situada a l'àrea de tractament de residus A-1500 es du a terme una extensiva recerca per tal d'aconseguir un proveïdor amb un preu competitiu. Finalment, es decideix fer la compra de la torxa cremadora de gas tancada de ZORG model FAII 1800 amb capacitat de cremar fins a 1800 m³/h. El cost de l'equip és de 119.100 €. ^[9]

7.3.1.2.17. Descalcificadors

El cost dels descalcificadors ve estipulat pel proveïdor Culligan. Al no proporcionar el preu dels equips s'estima a partir del cost d'altres descalcificadors de les mateixes característiques del mercat. Els resultats obtinguts mostren que el cost aproximat de cadascun dels equips és de 25.000 € actualment. D'aquesta manera al tenir dos equips iguals el cost total de les descalcificadors és de 50.000 €.

7.3.1.2.18. Turbina de gas

Respecte del cost de la turbina de gas situada a l'àrea A-300, la qual aporta el total de l'energia requerida per la planta s'ha cercat el preu de venda del model SGT A-35 que és de 1.500.000 €.

7.3.1.2.19. Torre d'absorció de CO₂

Donat que el proveïdor no comunica el preu de l'equip s'ha estimat el cost de la torre d'absorció situada a l'àrea de tractament de residus gasosos A-1500 a partir de l'estudi de preus de torres d'absorció de diòxid de carboni amb amines MEA que admeten cabals i composicions similars a les requerides al nostre procés. El cost estimat de tot el sistema d'absorció, desabsorció i el conjunt d'equips proporcionat pel proveïdor Schlumberger és de 1.000.000 €.

7.3.1.2.20. Altres

Hi ha altres elements a considerar com maquinària i aparells de la planta, per exemple l'estació transformadora de la planta, el grup electrogen i la despesa que comporta la compra de tots els elements de seguretat distribuïts per la parcel·la.

Després de realitzar un estudi del preu aproximat d'aquests elements s'obtenen els costos mostrats a la *Taula 7.21*.

Taula 7.21. Estimació del cost de l'estació transformadora i els elements de seguretat.

Altres	Cost EUR (2022)
Elements de seguretat	700.000,00
Estació transformadora	80.000,00
Grup electrogen	181.500,00

Un cop feta l'estimació del cost de tota la maquinària i aparells de la planta a la *Taula 7.22* es mostra el cost desglossat per equips i alhora el cost total de tots ells.

Taula 7.22. Costos representatius dels equips, maquinària i aparells de la planta.

Maquinària i aparells	Cost EUR (2022)
Tancs emmagatzematge	1.055.801,63
Tancs pulmó	147.569,60
Mescladors	127.149,15
Bescanviadors de calor	1.014.567,07
Columnes de destil·lació	1.892.398,89
Reactors	7.180.298,50
Evaporadors	3.115.979,63
Condensadors	468.884,51
Forn	2.111.722,47
Bombes	1.400.078,19
Compressors	12.046,87
Turbines	214.738,32
Torres de refrigeració	7.375.359,43
Chiller	5.083.535,79
Tanc de nitrogen	144.298,86
Descalcificadores	50.000,00
Torxa	119.100,00
Torre d'absorció	1.000.000,00
Elements de seguretat	700.000,00
Estació transformadora	80.000,00
Grup electrogen	181.500,00
Turbina de gas	1.500.000,00
Cost total (€)	34.975.028,92

S'obté un cost total de tots els equips, aparells i maquinària de la planta de 34.975.028,92€.

7.3.1.3. Mètode de Vian

El mètode de Vian calcula el capital immobilitzat a invertir inicialment en la planta a partir del cost estimat de la maquinària i aparells de la planta, el qual s'ha mostrat a la *Taula 7.22* anteriorment. La resta de paràmetres s'obtenen en funció del valor dels equips a través de diverses equacions estipulades.

A la *Taula 7.23* es mostren els diferents paràmetres a tenir en compte juntament amb la seva corresponent descripció, l'equació genèrica a utilitzar segons el mètode de Vian,

l'equació seleccionada d'acord amb les necessitats de la planta de BenzEt S.L i finalment el cost que comporta aquell paràmetre en euros i actualitzat l'any 2022.

L'únic paràmetre que no és funció de la maquinària i aparells és el cost dels terrenys (paràmetre I7), aquest cost ve determinat pel preu esmentat en l'apartat 7.3.1.1.

Taula 7.23. Estimació del capital immobilitzat mitjançant el mètode de Vian.

Paràmetre	Descripció	Equació genèrica	Equació BenzEt S.L.	Cost (€)
I1	Maquinària i aparells	X	X	34.975.028,92
I2	Instal·lació	0,35X - 0,5X	0,45X	15.738.763,01
I3	Canonades i vàlvules	Sòlids: 0,1X	-	0,00
		Fluids: 0,6X	0,6X	20.985.017,35
I4	Instrumentació	0,05X - 0,3X	0,15X	5.246.254,34
I5	Aïllaments	0,03X - 0,1X	0,05X	1.748.751,45
I6	Instal·lació elèctrica	0,1X - 0,2X	0,15X	5.246.254,34
I7	Terrenys i edificis	Terrenys: valoració concreta	-	5.323.500,00
		Edif. interiors: 0,2X - 0,3X	0,2X	6995005,784
		Edif. mixtes: 0,12X - 0,15X	0,12X	4197003,47
		Edif. exteriors: 0,05X	0,05X	1748751,446
I8	Instal·lacions auxiliars	0,25X - 0,7X	0,4X	13.990.011,57
Y	-	Sumatori de I1 a I8	Sumatori de I1 a I8	116.194.341,67
I9	Projecte i direcció d'obra i muntatge	0,2Y - 0,3Y	0,25Y	29.048.585,42
Z	-	Y + I9	Y + I9	145.242.927,09
I10	Contractista	0,04Z - 0,1Z	0,06Z	8.714.575,63
I11	Despeses no previstes	0,1Z - 0,3Z	0,15Z	21.786.439,06
TOTAL CAPITAL IMMOBILITZAT (€)				175.743.941,77

Finalment, el capital immobilitzat a invertir és de 175.743.941,77 €.

7.3.2. Capital circulant

El capital circulant és aquell que cal invertir per tal que s'iniciï el procés de producció a la planta, és a dir, és necessari per posar-la operativa i començar així a obtenir beneficis. Per tal que els actius puguin considerar-se capital circulant han de poder convertir-se en diners en un període inferior a dotze mesos. Estan caracteritzats pel seu ús en el procés productiu i per les seves interaccions amb el producte final, d'aquesta manera, s'inclouen per exemple les matèries primeres, serveis i sous dels treballadors. Cal destacar que aquests diners invertits es recuperen al tancar la planta. ^[10]

Es fa servir el mètode global per aconseguir l'estimació del capital circulant, d'aquesta manera el capital circulant és entre un 10% i un 30% del capital immobilitzat. En aquest cas s'ha determinat que el percentatge a aplicar és del 15%.

Per tant, el capital circulant es calcula com:

$$\begin{aligned} \text{Capital circulant} &= 0,15 \cdot \text{Capital immobilitzat} = 0,15 \cdot 175.743.941,77\text{€} \\ \text{Capital circulant} &= 26.361.591,27\text{€} \end{aligned}$$

7.3.3. Posada en marxa

La posada en marxa és un altre aspecte a tenir per calcular la inversió de la planta, ja a que durant el temps on el procés s'estabilitza i arriba a l'estat estacionari hi ha una despesa de matèries primeres i serveis entre d'altres que no es recuperen. En aquest paràmetre resideix la importància de realitzar la posada en marxa de la forma més eficient possible.

El cost que suposa la posada en marxa és insignificant respecte el cost que comporta el capital immobilitzat, és per això que de vegades és simplement menyspreat. A causa de la complexitat del procés i la posada en marxa i considerant així les possibles despeses causades per aquesta es considera que aquest cost suposa un 5% del capital immobilitzat.

Aleshores el cost de la posada en marxa es calcula com:

$$\begin{aligned} \text{Cost posada en marxa} &= 0,01 \cdot \text{Capital immobilitzat} = 0,01 \cdot 175.743.941,77\text{€} \\ \text{Cost posada en marxa} &= 1.757.439,42\text{€} \end{aligned}$$

7.3.4. Inversió inicial total de la planta

La inversió inicial total de la planta és la suma del capital immobilitzat, el capital circulant i el cost de la posada en marxa determinats als apartats anteriors. A la *Taula 7.24* es mostra el cost que suposa la inversió total de la planta conjuntament amb els diferents costos que la componen.

Taula 7.24. Inversió inicial total de la planta de BenzEt S.L.

	Cost (€)
Capital immobilitzat	175.743.941,77
Capital circulant	26.361.591,27
Cost de la posada en marxa	1.757.439,42
INVERSIÓ INICIAL TOTAL	203.862.972,46

7.4. Estimació del cost de producció

En aquest apartat es calcula la despesa que suposa la producció de la planta, aquest cost és la suma dels costos de fabricació (M) i els costos generals (G). Alhora aquests dos costos estan dividits en diferents partides, les quals es mostren a la *Taula 7.25* i *Taula 7.26* i a més són calculades en aquest apartat a través del mètode de VIAN.

7.4.1. Costos de fabricació (M)

Segons el mètode escollit les diferents partides que formen els costos de fabricació es classifiquen segons siguin costos directes o costos indirectes, indicant també si aquests són fixos o variables.

Els costos fixos són aquells que són independents de la producció de la planta, en canvi, els costos variables sí que depenen i es troben en funció de la producció.

Els costos directes són aquells atribuïts al producte i els costos indirectes són aquells atribuïts a la producció i no al producte en concret.

A la *Taula 7.25* es poden observar tots els paràmetres classificats que formen part dels costos de fabricació com ara bé les matèries primeres, mà d'obra directa, patents o serveis generals entre d'altres.

Taula 7.25. Classificació dels paràmetres que conformen els costos de fabricació.

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

A continuació s'estima el cost de tots els paràmetres presentats a la *Taula 7.25* on alguns d'aquests es calcula el cost per se i uns altres depenen del cost de paràmetres ja estimats.

7.4.1.1. Matèries primeres (M1)

En aquest apartat es presenta el cost que comporta la importació de matèries primeres cada any de producció a través del cost unitari actual de les matèries segons la previsió del mercat global l'any 2026 i el consum requerit per la planta anualment. Aquestes dades poden analitzar-se a la *Taula 7.26*, els costos unitaris presentats s'han extret de l'estimació realitzada a l'apartat 7.2 on es mostra l'estudi de mercat fet.

Taula 7.26. Estimació del cost anual de matèries primeres.

Matèria primera	Cost unitari (€/tn)	Producció anual (tn/any)	Cost anual (€/any)
Benzè	735,00	282.961,14	207.976.437,90
Etilè	520,00	196.039,37	101.940.471,36
Cost total M1			309.916.909,26

7.4.1.2. Mà d'obra directa (M2)

La mà d'obra directa inclou el cost que suposen tots els treballadors de la planta, incloent els seus sous anuals bruts i el percentatge corresponent a pagar a la Seguretat Social, el qual és del 23,6% del sou brut de cadascun dels treballadors.

Com que la planta està operativa 350 dies a l'any les 24 hores del dia s'ha decidit implementar 5 torns de treball: 3 torns de 8 hores cadascun de dilluns a divendres repartits en matí (6h-14h), tarda (14h-22h) i nit (22h-6h) i 2 torns de treball els caps de setmana de 12 hores cadascun repartits en dia (6h-18h) i nit (18h-6h).

A continuació es presenta a la *Taula 7.27* els diferents llocs de treball juntament amb el nombre de treballadors i els diferents costos que impliquen a l'empresa (sou brut, despesa de la seguretat social i cost total).

Taula 7.27. Estimació del cost anual de mà d'obra directa.

Departament	Lloc de treball	Nº de treballadors	Sou anual brut (€/any)	Seguretat social (€/any)	Cost (€/any)
Direcció	Director general	1	90.000,00	21.240,00	111.240,00
	Director tècnic	1	60.000,00	14.160,00	74.160,00
	Director comercial	1	50.000,00	11.800,00	61.800,00
	Director de RRHH	1	50.000,00	11.800,00	61.800,00
	Director financer	1	50.000,00	11.800,00	61.800,00
	Director de planta	1	75.000,00	17.700,00	92.700,00
	Director de seguretat i qualitat	1	50.000,00	11.800,00	61.800,00
	Secretaria de direcció general	1	40.000,00	9.440,00	49.440,00
Producció	Encarregat de torn	4	32.000,00	7.552,00	158.208,00
	Operari de producció	10	25.000,00	5.900,00	309.000,00
	Cap de magatzem	2	32.000,00	7.552,00	79.104,00
	Operari de magatzem	4	25.000,00	5.900,00	123.600,00
Qualitat	Tècnic de control de qualitat	4	35.000,00	8.260,00	173.040,00
	Auxiliar de control de qualitat	4	25.000,00	5.900,00	123.600,00
Seguretat	Tècnic de seguretat	4	32.000,00	7.552,00	158.208,00

Departament	Lloc de treball	Nº de treballadors	Sou anual brut (€/any)	Seguretat social (€/any)	Cost (€/any)
Comercial i marketing	Cap de marketing	1	32.000,00	7.552,00	39.552,00
	Auxiliar de marketing	1	25.000,00	5.900,00	30.900,00
	Auxiliar de comercial	4	25.000,00	5.900,00	123.600,00
Financer	Contable	4	30.000,00	7.080,00	148.320,00
Manteniment i neteja	Cap de manteniment	1	32.000,00	7.552,00	39.552,00
	Operari de manteniment	4	25.000,00	5.900,00	123.600,00
	Cap de neteja	1	32.000,00	7.552,00	39.552,00
	Operari de neteja	4	25.000,00	5.900,00	123.600,00
Logística	Cap logística	1	32.000,00	7.552,00	39.552,00
	Personal entrades	4	25.000,00	5.900,00	123.600,00
	Personal sortides	4	25.000,00	5.900,00	123.600,00
Recursos Humans (RRHH)	Personal RRHH	2	25.000,00	5.900,00	61.800,00
Cost total mà d'obra directa (M2)					2.716.728,00

7.4.1.3. Patents (M3)

Tant les patents com els models d'utilitat són títols atorgats per l'Estat que donen al seu titular el dret d'impedir temporalment a altres la fabricació, venda o ús comercial de la invenció protegida. En el cas d'una planta industrial si es fa servir una patent, cal pagar quotes mensuals fins que aquesta caduqui. Pel cas de les patents la seva data de caducitat té lloc al cap de 20 anys des de la seva implementació, aleshores a partir d'aquesta data la invenció passa a ser domini públic i de lliure ús, per tant, no s'ha de continuar pagant. Pel cas dels models d'utilitat, que són patents d'invenccions en menor escala com per exemple millores d'eines ja patentades, la data de caducitat és de 10 anys. ^[11]

Les patents i models d'utilitat utilitzats per l'empresa de BenzEt S.L. estan referits al disseny del procés productiu i al catalitzador utilitzat principalment. Aquestes tenen una antiguitat

superior als 20 anys, d'aquesta manera no hi ha costos de patents al llarg de la vida útil de la planta. Aleshores $M3=0$ €/any.

7.4.1.4. Mà d'obra indirecta (M4)

La mà d'obra indirecta és aquella que no participa ni intervé directament en el procés de producció i fabricació però és necessària per donar suport o direcció a aquesta, segons el mètode fet servir s'estima que el cost que comporta la mà d'obra indirecta és entre un 12% i un 45% de la mà d'obra directa. Pel cas de la planta de BenzEt s'ha decidit que el percentatge representatiu respecte la mà d'obra directa serà del 20%, sent el cost aleshores de 543.345,60 €/any.

A continuació es mostra el procés de càlcul de M4.

$$M4 = M2 \cdot 0,2 = 2.716.728,00€ \cdot 0,2 = 543.345,60€/any$$

7.4.1.5. Serveis (M5)

El subministrament anual dels serveis de la planta té un cost, el qual és diferent per cada tipus de servei. Cal destacar que pel cas de l'aigua glicolada al 30% i l'aire comprimit no hi ha cap despesa anual. Respecte a l'aire comprimit la mateixa planta pot abastar-se gràcies al compressor d'aire, el qual té un consum elèctric considerat en el pertinent cost del servei. En canvi, respecte a l'aigua glicolada al 30% la planta ha aconseguit un circuit tancat on no és necessari l'addició de més fluid refrigerant. A la *Taula 2.27* es mostra el cost unitari, el consum i el cost anual de cada servei, juntament amb el cost total de tots els serveis, el qual és el paràmetre M5.

Taula 7.27. Estimació del cost anual dels serveis.

Servei	Cost unitari	Consum	Cost anual (€/any)
Nitrogen (L)	0,15	5225,8	783,87
Electricitat (kWh)	0,00	632.000,00	0,00
Aigua de xarxa (m3)	1,29	423.360,00	545.330,02
Cost total (M5)			546.113,89

El cost unitari de l'electricitat presentat a la *Taula 7.27* no correspon a la taxa industrial actual de la llum, la qual és aproximadament de 0,180 €/kWh, això té lloc ja que la turbina

de gas situada a l'àrea de serveis A-100 és capaç de generar tota l'energia necessària que consumeix la planta. D'aquesta manera el cost anual de l'electricitat és nul.

7.4.1.6. Subministraments (M6)

Es consideren subministraments tots aquells productes que tenen un ús freqüent i regular a la planta necessaris per a la producció però que no són considerats matèries primeres com ara bé el catalitzador de zeolita ZSM-5. Els costos relacionats amb subministres es situen entre un 0,2% i un 1,5% del capital immobilitzat de la planta. Pel cas de la planta de BenzEt S.L. s'ha establert que el percentatge serà del 0,5% més el cost del catalitzador, aleshores el cost de M6 és de 888.931,11 €.

Cal destacar que el cost del catalitzador s'ha determinat sabent que el consum és de 36,6 tones a l'any i que actualment té un cost de 279 € per tona aproximadament ^[12], d'aquesta manera el cost resultant del producte de les dues variables és de 10.211,4 €/any.

A continuació es mostra el càlcul realitzat.

$$M6 = Capital\ immobilitzat \cdot 0,005 + Catalitzador = 175.743.941,77€ \cdot 0,005 + 10.211,4\ €/any = 888.931,11€/any$$

7.4.1.7. Reparacions i manteniment (M7)

Les reparacions i el manteniment anual tant de les instal·lacions com dels diferents equips que conformen la planta es tenen presents en el cost de producció anual sent aquest entre un 2% i un 10% del capital immobilitzat. S'ha decidit que la despesa és del 5% del capital immobilitzat, sent aleshores el paràmetre M7 de 8.787.197,09 €/any.

A continuació es mostra el càlcul realitzat.

$$M7 = Capital\ immobilitzat \cdot 0,05 = 175.743.941,77€ \cdot 0,05 = 8.787.197,09€/any$$

7.4.1.8. Laboratoris (M8)

Els costos dels laboratoris situats a l'àrea A-1100 on es realitzen proves de control de qualitat de matèries primeres i de producte es situen entre el 5% i el 25% del cost de mà d'obra directa. En aquest cas es considera un 10% del cost de mà d'obra, sent aleshores una despesa anual de 271.672,80€/any.

A continuació es mostra el càlcul realitzat.

$$M8 = M2 \cdot 0,1 = 2.716.728,00 \text{ €} \cdot 0,1 = 271.672,80\text{€/any}$$

7.4.1.9. Envasat (M9)

Es menyspreen els costos relacionats amb l'envasat de producte degut a que aquest s'exporta a través de camions cisterna sense cap tipus d'envàs i embalatge. Aleshores $M9=0\text{€/any}$.

7.4.1.10. Expedició (M10)

El cost d'expedició està relacionat amb el transport que exporta el producte sintetitzat, aquest no és fàcilment calculable degut a la fluctuació de preus de les companyies de transport i les distàncies de transport. D'aquesta manera s'estima que M10 és un 5% de la mà d'obra directa, sent aleshores de 135.836,40 €/any.

A continuació es mostra el càlcul realitzat.

$$M10 = M2 \cdot 0,05 = 2.716.728,00 \text{ €} \cdot 0,05 = 135.836,40\text{€/any}$$

7.4.1.11. Directius i servei tècnic (M11)

El cost que comporten els sous i el percentatge corresponent dels directius i el servei tècnic de la planta ja està inclòs en el cost de la mà d'obra directa (M2).

7.4.1.12. Amortització (M12)

L'amortització es defineix com la reducció del valor d'un actiu o un passiu amb el pas del temps, aquest terme es detalla i es calcula a l'apartat 7.6, per tant, no es té en compte en els costos de producció.

7.4.1.13. Lloguers (M13)

No es realitza cap lloguer de terrenys, equips o serveis a la planta, és per això que $M13=0\text{€/any}$.

7.4.1.14. Impostos (M14)

Els diferents impostos tant locals com mediambientals degut a les emissions efectuades a l'atmosfera es veuen reflectits en aquest cost el qual oscil·la entre el 0,5% i l'1% del capital immobilitzat. Pel cas de la planta de BenzEt S.L. aquest impost és del 0,7%, per tant M14 és de 1.230.207,59 €/any. A continuació es mostra el càlcul realitzat.

$$M14 = \text{Capital immobilitzat} \cdot 0,007 = 175.743.941,77\text{€} \cdot 0,007 = 1.230.207,59\text{€/any}$$

7.4.1.15. Assegurances (M15)

En el cost de les assegurances s'inclouen les assegurances contra robatoris, incendis o responsabilitat civil. Normalment, s'estima que són un 1% del capital immobilitzat, adquirint doncs un valor de 1.757.439,42€/any. A continuació es mostra el càlcul realitzat.

$$M15 = \text{Capital immobilitzat} \cdot 0,01 = 175.743.941,77\text{€} \cdot 0,01 = 1.757.439,42\text{€/any}$$

Un cop estimat el cost de tots els paràmetres que conformen els costos de fabricació es sumen per tal d'obtenir el cost total de fabricació anual de la planta (M). A la *Taula 7.28* es presenta el cost de cada paràmetre i la suma d'aquests.

Taula 7.28. Cost estimat dels diferents costos de fabricació i el cost total de fabricació (M)

Paràmetre	Definició	Cost (€/any)
M1	Matèries primeres	309.916.909,26
M2	Mà d'obra directa	2.716.728,00
M3	Patents	0,00
M4	Mà d'obra indirecta	543.345,60
M5	Serveis	546.113,89
M6	Subministres	888.931,11
M7	Reparacions i manteniment	8.787.197,09
M8	Laboratoris	271.672,80
M9	Envasat	0,00
M10	Expedició	135.836,40

Paràmetre	Definició	Cost (€/any)
M11	Directius i servei tècnic	0,00
M12	Amortització	0,00
M13	Lloguers	0,00
M14	Impostos	1.230.207,59
M15	Assegurances	1.757.439,42
Costos de fabricació totals (M)		326.794.381,15

7.4.2. Costos generals (G)

Els costos generals són aquells relacionats amb l'administració, les vendes i despeses comercials o financeres. També es divideixen en costos fixos o variables i tots es calculen en funció del cost de producció anual. Com a cost fix hi ha els costos d'administració i gerència (G1) i els costos variables són els costos comercials (G2), les despeses d'investigació i serveis tècnics (G3) i les despeses financeres (G4). A continuació s'estima el cost de cadascun per tal d'obtenir així el cost general anual total (G).

7.4.2.1. Costos d'administració i gerència (G1)

Els costos d'administració es generen degut a la activitat d'administració, organització i direcció de l'empresa i no estan relacionats amb la producció o fabricació de la planta. Són imprescindibles per mantenir el correcte funcionament de l'empresa a nivell intern i els costos es concentren en departaments com ara bé comptabilitat o recursos humans.

S'estima que aquest cost és des d'un 5% fins a un 20% dels costos de fabricació (M). Pel cas de la planta de BenzEt S.L. el percentatge seleccionat ha estat d'un 5% de M, aleshores el cost estimat és de 16.339.719,06€/any.

A continuació es mostra el càlcul realitzat.

$$G1 = M \cdot 0,05 = 326.794.381,15\text{€} \cdot 0,05 = 16.339.719,06\text{€/any}$$

7.4.2.2. Costos comercials (G2)

Els costos comercials són aquells que provenen de les despeses en publicitat, màrqueting i viatges comercials d'empleats, regals a la clientela, comissions de venda i despeses de correu, telèfon o Internet de les oficines, entre d'altres.

Aquest cost s'estima entre un 3% i un 6% dels costos de fabricació, pel qual s'ha escollit un percentatge del 3%. Aleshores els costos comercials (G2) resulten de 9.803.831,43€/any. A continuació es mostra el càlcul realitzat.

$$G2 = M \cdot 0,03 = 326.794.381,15\text{€} \cdot 0,03 = 9.803.831,43\text{€/any}$$

7.4.2.3. Despeses d'investigació i serveis tècnics (G3)

Les despeses relacionades amb l'investigació i els diferents serveis tècnics fets a l'empresa són del 0,5% dels costos de fabricació, sent aleshores de 1.633.971,91€/any. A continuació es mostra el càlcul realitzat.

$$G3 = M \cdot 0,005 = 326.794.381,15\text{€} \cdot 0,005 = 1.633.971,91\text{€/any}$$

7.4.2.4. Despeses financeres (G4)

Aquest cost està relacionat amb els préstecs bancaris de l'empresa, tenint en compte que no s'ha previst la realització de cap préstec el valor del cost financer és de 0€/any.

Un cop determinat el cost de tots els paràmetres que conformen els costos generals de la planta es calculen els costos generals totals (G), a la *Taula 7.29* es pot observar el valor d'aquest.

Taula 7.29. Cost estimat dels diferents costos de generals el cost general total (G)

Paràmetre	Definició	Cost (€/any)
G1	Costos d'administració i gerència	16.339.719,06
G2	Costos comercials	9.803.831,43
G3	Despeses d'investigació i serveis tècnics	1.633.971,91
G4	Despeses financeres	0,00
Costos generals totals (G)		27.777.522,40

7.4.3. Costos totals de producció

Els costos totals de producció anual són la suma dels costos totals de fabricació anual (M) i els costos totals generals anuals (G), a la Taula 7.30 es mostren les tres despeses.

Taula 7.30. Costos de fabricació, generals i de producció anuals.

	Cost (€/any)
Costos de fabricació (M)	326.794.381,15
Costos generals (G)	27.777.522,40
Costos de producció	354.571.903,55

Això vol dir que les despeses anuals de la planta amb la producció de etilbenzè estimada són de 354.571.903,55 €/any.

7.5. Ingressos per vendes

El principal ingrés de la planta prové de la venda del seu producte principal, l'etilbenzè. Per tal de conèixer quin és el valor d'aquest ingrés anual s'ha realitzat el pertinent estudi respecte al preu unitari de l'etilbenzè, tenint en compte la previsió de la variació d'aquest preu fins el 2026 que és la data aproximada per a quan està previst iniciar el procés de producció i conseqüentment començar a generar ingressos a través de la venda i l'exportació del producte. Aquest estudi s'ha realitzat a l'estudi de mercat d'aquest capítol concloent que el cost unitari el 2026 està previst per ser de 1.150 €/tn.

Coneixent el preu unitari per tona de l'etilbenzè només i sabent la producció anual d'etilbenzè per la planta de BenzEt S.L. la qual és de 374.347,45 tones a l'any es pot obtenir a través del producte de les dues variables el valor de la venda anual en €/any. Finalment, resulta una estimació dels ingressos per vendes de 430.499.567,50 €/any.

A més a més, la generació d'energia de la turbina de gas és major a les necessitats de la planta, provocant que també es puguin assolir ingressos per aquesta banda. Sabent que l'energia restant generada és de 209.368.000 kWh/any i que es preveu una disminució del preu de l'electricitat per a les indústries a l'any 2026 a 0,11€/kWh, es pot calcular també quin serà l'ingrés proporcionat. Aquest ingrés per vendes és de 23.530.047,50 €/any.

A la *Taula 7.31* es mostren els diferents ingressos de la planta i també l'ingrés total per vendes, el qual és de 453.530.047,50 €/any.

Taula 7.31. Ingressos per vendes de la planta de BenzEt S.L.

Producte	Producció (tn/any)	Cost unitari (€/tn)	Venta anual (€/any)
Etilbenzè	374.347,45	1.000,00	374.347.450,00
Electricitat	209.368.000,00	0,11	23.030.480,00
Ingressos per vendes totals (€/any)			397.377.930,00

7.6. Rendibilitat de la planta

A continuació s'estudia la rendibilitat del projecte de disseny de la planta industrial de BenzEt S.L. Per definició la rendibilitat financera relaciona el benefici econòmic amb els recursos propis necessaris per obtenir aquest lucre els quals suposen una inversió. D'aquesta manera, si el benefici econòmic aconseguit amb el projecte és major que la inversió que suposa el projecte és rendible, de forma contrària, si el benefici és menor a la inversió no és rendible.

Aquest terme té una gran importància i és decisiu a l'hora d'iniciar un projecte pel fet que si aquest, després de realitzar-se l'avaluació econòmica pertinent, resulta no ser rendible la probabilitat que el projecte es dugui a terme decreix pràcticament del tot.

Per tal d'avaluar la rendibilitat de la planta dissenyada en la present memòria es calculen els diferents fluxos de caixa nets (NCF), amb els quals s'obtenen el VAN i el TIR.

7.6.1. Amortització

L'amortització, tal com s'ha definit a l'apartat 7.4.1.12, fa referència a la reducció del valor d'un actiu o un passiu amb el pas del temps i és una forma de quantificar la pèrdua de valor de béns o d'un deute.

Pel cas de la planta industrial objecte de disseny d'aquest projecte es tria una amortització de tipus lineal, l'equació corresponent es presenta a continuació.

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

On A és l'amortització anual en euros, I és el capital immobilitzat en euros, V_R és el valor residual de la planta en euros i t és la vida útil de la planta en anys.

La vida útil correspon al nombre màxim d'anys que la planta pot estar operativa i el valor residual de la planta és el valor monetari que té la planta al finalitzar la seva vida útil i que l'empresa recupera.

La vida útil d'una planta industrial es sol preveure d'entre 15 i 20 anys, en aquest cas, al mantenir una producció molt elevada i constant durant 350 dies s'entén que el desgast dels diferents equips de la planta no permeten allargar la vida útil d'aquesta més de 15 anys. Per tant, es defineix una vida útil de 15 anys.

El valor residual es sol estimar que és la suma del 5% del capital immobilitzat (sense tenir en compte el cost del terreny) més el cost del terreny ja que aquest es pot vendre un cop finalitza la vida útil de la planta, recuperant la part corresponent de la inversió. ^[13]

A continuació es realitza el càlcul del cost anual que suposa l'amortització seguint l'equació mostrada anteriorment:

$$A = \frac{I - V_R}{t} = \frac{175.743.941,77\text{€} - 13.495.595,20\text{€}}{15} = 10.816.556,44\text{€}$$

7.6.2. Net Cash Flow (NCF)

El flux net de caixa és la quantitat neta d'efectiu que genera i gasta l'empresa en un període de temps concret, aquest pot ser positiu si hi ha guanys (beneficis) o negatiu si hi ha pèrdues.

A continuació es calculen els NCF al llarg de la vida útil de planta, però prèviament es mostren algunes de les consideracions que s'han tingut en compte pel seu càlcul:

Tal com s'especifica al capítol 1 (especificacions del projecte) la construcció de la planta té una durada de dos anys, d'aquesta manera la planta no obté ingressos fins l'any 3 i la vida de la planta s'inicia en aquest mateix any, obtenint aleshores els ingressos corresponents del valor residual i capital circulant l'any 17 (2 anys de construcció + 15 anys de vida útil). També cal destacar que al construir-se la planta en dos anys la despesa que comporta el capital immobilitzat es distribueix en parts iguals en aquests dos primers anys.

Un altre aspecte a tenir en compte són els impostos. Si es dona el cas en què a l'any N s'obtenen beneficis positius, l'any N+1 es consideren impostos del 36% sobre la base imposable de l'any N. En el cas contrari, si el benefici obtingut és negatiu o nul, la base imposable es considera 0, no havent de pagar l'any següent cap impost.

Finalment, es consideren constants els preus unitaris esmentats al llarg del capítol i que tota la producció de la planta es ven completament, provocant ambdós fets que els ingressos anuals per vendes de la planta es mantinguin constants.

A continuació es mostren els fluxos de caixa a la *Taula 7.32*.

Taula 7.32. Fluxos nets de caixa de la planta industrial en 17 anys.

Any	0	1	2	3	4	5
Capital immobilitzat (€)	-87.871.970,89	-87.871.970,89				
Capital circulant (€)		-26.361.591,27				
Valor residual (€)						
Ingrés anual (€)			397.377.930,00	397.377.930,00	397.377.930,00	397.377.930,00
Cost anual (€)			-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55
Amortització (€)			-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44
Benefici brut (€)			31.989.470,01	31.989.470,01	31.989.470,01	31.989.470,01
Base imposable (€)	0,00	0,00	31.989.470,01	31.989.470,01	31.989.470,01	31.989.470,01
Impostos (€)	0,00	0,00	0,00	-11.516.209,20	-11.516.209,20	-11.516.209,20
NCF (€)	-87.871.970,89	-114.233.562,16	42.806.026,45	31.289.817,25	31.289.817,25	31.289.817,25

Any	6	7	8	9	10	11
Capital immobilitzat (€)						
Capital circulant (€)						
Valor residual (€)						
Ingrés anual (€)	453.530.047,50	453.530.047,50	453.530.047,50	453.530.047,50	453.530.047,50	453.530.047,50
Cost anual (€)	-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55
Amortització (€)	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44
Benefici brut (€)	88.141.587,51	88.141.587,51	88.141.587,51	88.141.587,51	88.141.587,51	88.141.587,51
Base imposable (€)	88.141.587,51	88.141.587,51	88.141.587,51	88.141.587,51	88.141.587,51	88.141.587,51
Impostos (€)	-31.730.971,50	-31.730.971,50	-31.730.971,50	-31.730.971,50	-31.730.971,50	-31.730.971,50
NCF (€)	67.227.172,45	67.227.172,45	67.227.172,45	67.227.172,45	67.227.172,45	67.227.172,45

Any	12	13	14	15	16	17
Capital immobilitzat (€)						
Capital circulant (€)						26.361.591,27
Valor residual (€)						13.495.595,20
Ingrés anual (€)	453.530.047,50	453.530.047,50	453.530.047,50	453.530.047,50	453.530.047,50	
Cost anual (€)	-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55	
Amortització (€)	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	
Benefici brut (€)	88.141.587,51	88.141.587,51	88.141.587,51	88.141.587,51	88.141.587,51	
Base imposable (€)	88.141.587,51	88.141.587,51	88.141.587,51	88.141.587,51	88.141.587,51	
Impostos (€)	-31.730.971,50	-31.730.971,50	-31.730.971,50	-31.730.971,50	-31.730.971,50	-31.730.971,50
NCF (€)	67.227.172,45	67.227.172,45	67.227.172,45	67.227.172,45	67.227.172,45	8.126.214,97

Els NCF s'han determinat com:

$$NCF = Cap.immobilitzat + Cap.circulant + V_R + Cost\ anual + Ingrés\ anual + Impostos$$

El benefici brut, que és igual a la base imposable, s'ha calculat com:

$$Benefici\ brut = Cost\ anual + Ingrés\ anual + Amortització$$

Els impostos sobre el benefici s'han determinar com:

$$Impostos = 0,36 \cdot Base\ imposable$$

7.6.3. Valor Actual Net (VAN) i Taxa de Rendibilitat Interna (TIR)

En aquest apartat es determina el VAN per diferents interessos i també el TIR, ambdós paràmetres expressen la rendibilitat de la planta i estan relacionats amb els diferents fluxos nets de caixa.

El VAN és aleshores un criteri d'inversió que consisteix en actualitzar els ingressos i despeses d'un projecte o inversió per tal de conèixer quan es guanya o es perd amb aquesta. Si el VAN és positiu representa que l'empresa té ganàncies, en cas contrari, si el valor és negatiu la empresa té pèrdues i no és rendible. ^[14]

La equació per calcular el VAN es presenta a continuació:

$$VAN = \sum_{n=1}^t \frac{NCF_n}{(1+i)^n}$$

On VAN és el valor actual net en euros, NCF_n els flux net de caixa de l'any n en euros i "i" és l'interès percentual.

S'estudia el valor del VAN a diferents interessos, els valors obtinguts respecte l'interès es mostren a la *Figura 7.5* En aquesta es pot observar com el valor del VAN decreix a mesura que s'aplica un interès major, passant de ser positiu a negatiu.

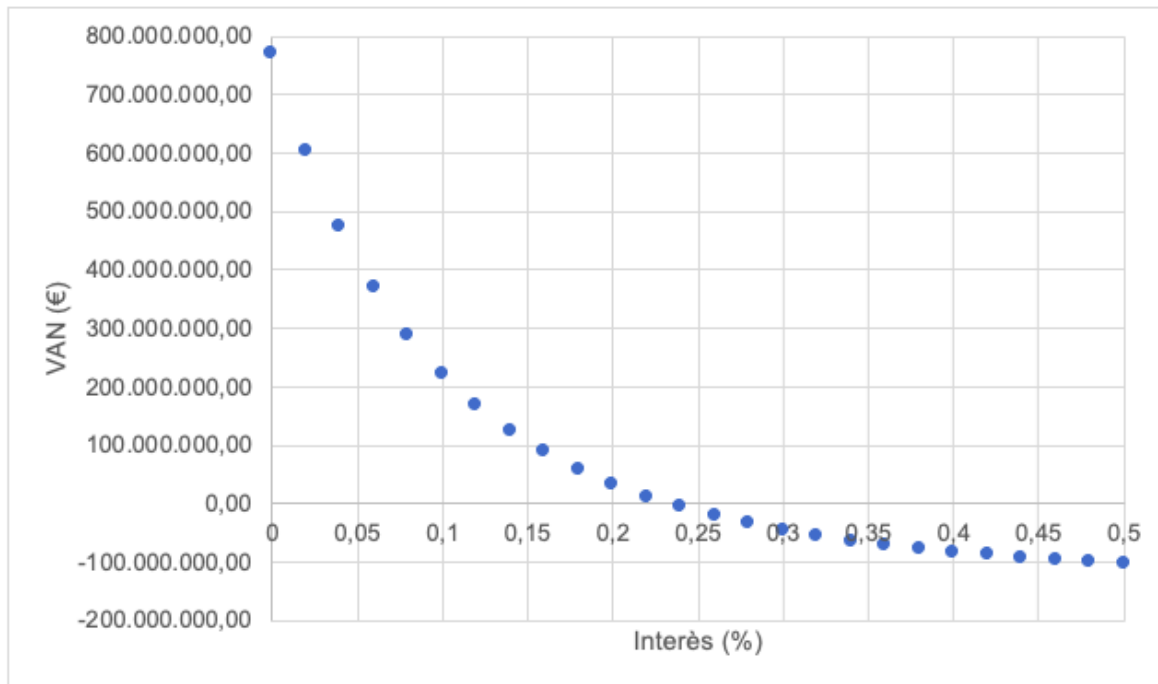


Figura 7.5. Valor del VAN per diferents tipus d'interès.

El TIR és el valor de l'interès pel qual el VAN és igual a zero, d'aquesta manera tal com es pot observar a la anterior figura el valor del TIR és del 0,233%. Això vol dir que per interessos majors als TIR el VAN serà negatiu i per tant la planta no serà rendible, en canvi, per un tipus d'interès menor el VAN serà positiu, sent alhora el projecte rendible i generant beneficis al llarg de la vida útil de la planta.

7.6.4. Temps de retorn (Pay-back)

El pay-back o temps de retorn es defineix com el període de temps, normalment anys, que es triga en recuperar la inversió feta al inici d'un projecte. Aquest paràmetre es calcula amb diferents equacions segons els fluxos nets de caixa siguin iguals o diferents a través dels anys, per cas de la planta de BenzEt S.L. els fluxos de caixa són diferents aleshores es fa servir l'equació presentada a continuació pel càlcul del pay-back.

$$Pay - back = a + \frac{I_0 - b}{NCF_t}$$

On I_0 és la quantitat d'inversió inicial en euros, a és l'any al qual es recupera la inversió inicial, b és el sumatori dels fluxes nets de caixa des de l'inici del projecte fins l'any a en euros i NCF_t és el valor del flux net de caixa l'any on es recupera la inversió inicial en euros.

Aleshores el valor del pay-back es calcula com:

$$\text{Pay - back} = 8 + \frac{202.105.533,04 - 230.544.929,92}{31.289.817,25} = 7,09$$

Per tant, això implica que es triguen 7,09 anys en recuperar la inversió realitzada, aquest és un valor important a l'hora de cercar inversors.

7.7. Estudi de sensibilitat

A continuació es realitza un estudi de sensibilitat on s'observa com afecten a la rendibilitat de la planta els diferents canvis que poden patir els paràmetres a com ara bé l'increment del preu de les matèries primeres importades o una baixada considerable del preu de venda del producte.

Només són estudiats aquests dos casos degut a que són els principals factors que afecten negativament a la rendibilitat de la planta (segons el VAN, el TIR i el pay-back), ja que el cas contrari com pot ser un augment del preu del etilbenzè i l'electricitat o una reducció en el cost de les matèries primeres és evident que augmenta la rendibilitat de la planta degut a que el VAN i el TIR són majors i alhora es redueix el pay-back ja que la inversió inicial es recupera abans.

7.7.1. Increment del cost unitari del benzè i l'etilè.

S'estudia com afecta a la viabilitat de la planta un increment del 30% en el cost de les matèries primeres. D'aquesta manera la despesa anual respecte les matèries primeres (M1) ascendeix a 402.891.982,04 €/any.

Aquest fet comporta un augment en altres costos com el cost total de fabricació, els costos generals i conseqüentment el cost de producció, els nous valors adquirits es mostren a la *Taula 7.33*.

Taula 7.33. Costos de fabricació, generals i de producció amb un increment del 30% del cost de les matèries primeres.

	Cost (€/any)
Costos de fabricació (M)	419.769.453,93
Costos generals (G)	35.680.403,58
Costos de producció	455.449.857,52

Això implica un nou fluxos nets de caixa i conseqüentment diferents valors del VAN , TIR i pay-back. Els nous valors obtinguts es presenten a continuació.

Taula 7.34. NCF amb un 30% d'augment del cost de les matèries primeres.

Any	0	1	2	3	4	5
Capital immobilitzat (€)	-87.871.970,89	-87.871.970,89				
Capital circulant (€)		-26.361.591,27				
Valor residual (€)						
Ingrés anual (€)			397.377.930,00	397.377.930,00	397.377.930,00	397.377.930,00
Cost anual (€)			-455.449.857,52	-455.449.857,52	-455.449.857,52	-455.449.857,52
Amortització (€)			-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44
Benefici brut (€)			-68.888.483,96	-68.888.483,96	-68.888.483,96	-68.888.483,96
Base imposable (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Impostos (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NCF (€)	-87.871.970,89	-114.233.562,16	-58.071.927,52	-58.071.927,52	-58.071.927,52	-58.071.927,52

Any	6	7	8	9	10	11
Capital immobilitzat (€)						
Capital circulant (€)						
Valor residual (€)						
Ingrés anual (€)	397.377.930,00	397.377.930,00	397.377.930,00	397.377.930,00	397.377.930,00	397.377.930,00
Cost anual (€)	-455.449.857,52	-455.449.857,52	-455.449.857,52	-455.449.857,52	-455.449.857,52	-455.449.857,52
Amortització (€)	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44
Benefici brut (€)	-68.888.483,96	-68.888.483,96	-68.888.483,96	-68.888.483,96	-68.888.483,96	-68.888.483,96
Base imposable (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Impostos (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NCF (€)	-58.071.927,52	-58.071.927,52	-58.071.927,52	-58.071.927,52	-58.071.927,52	-58.071.927,52



Any	12	13	14	15	16	17
Capital immobilitzat (€)						
Capital circulant (€)						26.361.591,27
Valor residual (€)						13.495.595,20
Ingrés anual (€)	397.377.930,00	397.377.930,00	397.377.930,00	397.377.930,00	397.377.930,00	
Cost anual (€)	-455.449.857,52	-455.449.857,52	-455.449.857,52	-455.449.857,52	-455.449.857,52	
Amortització (€)	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	
Benefici brut (€)	-68.888.483,96	-68.888.483,96	-68.888.483,96	-68.888.483,96	-68.888.483,96	
Base imposable (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Impostos (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NCF (€)	-58.071.927,52	-58.071.927,52	-58.071.927,52	-58.071.927,52	-58.071.927,52	39.857.186,47

Tots els fluxos nets de caixa calculats són negatius excepte per l'últim any amb la recuperació del capital circulant i el valor residual, això implica que la planta no és gens rendible. El VAN per qualsevol interès és negatiu, fins i tot per un interès del 0%, sent de -1.102.915.396,03€. El pay-back obtingut és negatiu degut a que mai es recupera la inversió.

Es conclou que un augment del 30% de les matèries primeres afecta greument a la rendibilitat de la planta, fent que aquesta no sigui rendible.

7.7.2. Disminució del preu de venda del etilbenzè.

S'estudia com afecta a la viabilitat de la planta una disminució del 30% del preu de venda del etilbenzè. D'aquesta manera els ingressos per venda anuals disminueixen fins els 285.073.695,00€/any.

Això implica un nou fluxos nets de caixa i conseqüentment diferents valors del VAN , TIR i pay-back. Els nous valors obtinguts es presenten a continuació.

Taula 7.35. NCF amb una disminució del 30% del cost del etilbenzè

Any	0	1	2	3	4	5
Capital immobilitzat (€)	-87.871.970,89	-87.871.970,89				
Capital circulant (€)		-26.361.591,27				
Valor residual (€)						
Ingrés anual (€)			285.073.695,00	285.073.695,00	285.073.695,00	285.073.695,00
Cost anual (€)			-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55
Amortització (€)			-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44
Benefici brut (€)			-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99
Base imposable (€)	0,00	0,00	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99
Impostos (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NCF (€)	-87.871.970,89	-114.233.562,16	-69.498.208,55	-69.498.208,55	-69.498.208,55	-69.498.208,55

Any	6	7	8	9	10	11
Capital immobilitzat (€)						
Capital circulant (€)						
Valor residual (€)						
Ingrés anual (€)	285.073.695,00	285.073.695,00	285.073.695,00	285.073.695,00	285.073.695,00	285.073.695,00
Cost anual (€)	-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55
Amortització (€)	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44
Benefici brut (€)	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99
Base imposable (€)	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99
Impostos (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NCF (€)	-69.498.208,55	-69.498.208,55	-69.498.208,55	-69.498.208,55	-69.498.208,55	-69.498.208,55



Any	12	13	14	15	16	17
Capital immobilitzat (€)						
Capital circulant (€)						26.361.591,27
Valor residual (€)						13.495.595,20
Ingrés anual (€)	285.073.695,00	285.073.695,00	285.073.695,00	285.073.695,00	285.073.695,00	
Cost anual (€)	-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55	-354.571.903,55	
Amortització (€)	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	-10.816.556,44	
Benefici brut (€)	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99	
Base imposable (€)	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99	-80.314.764,99	
Impostos (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NCF (€)	-69.498.208,55	-69.498.208,55	-69.498.208,55	-69.498.208,55	-69.498.208,55	39.857.186,47

Tots els fluxos nets de caixa calculats tornen a ser negatius excepte per l'últim any amb la recuperació del capital circulant i el valor residual, això implica que la planta tampoc és rendible per aquest cas. El VAN per qualsevol interès és negatiu, fins i tot per un interès del 0%, sent de -1.285.735.892,61€. El pay-back obtingut és negatiu degut a que mai es recupera la inversió.

Es conclou que la disminució del 30% del preu de venda del etilbenzè afecta greument a la rendibilitat de la planta, fent que aquesta no sigui rendible i el projecte no sigui viable.

7.8. Viabilitat del projecte

En aquest apartat es presenten les diferents conclusions a les quals s'ha arribat recollint les dades exposades i l'estudi econòmic realitzat al llarg de tot el capítol.

Primerament, cal destacar que segons l'anàlisi realitzat sobre la rendibilitat del projecte es pot afirmar que la planta de BenzEt S.L. és rendible ja que es generen beneficis. Aquests es comencen a obtenir pràcticament un cop finalitzat el sisè any d'operació de la planta. A més a més, el benefici obtingut al llarg de tota la vida útil de la planta és de 307,1 milions d'euros.

També segons l'estudi de sensibilitat realitzat s'ha pogut observar com l'encariment del preu de les matèries primeres o l'abaratiment del preu del producte compromet la rendibilitat del projecte, provocant que el VAN sigui negatiu per qualsevol interès en ambdós casos i conseqüentment no es generi cap benefici sinó únicament despeses. D'aquesta manera és de vital importància per la sostenibilitat del projecte realitzar recerques exhaustives de forma contínua al llarg de la vida útil de la planta respecte dels millors preus de compra i venda de matèries primeres i productes, respectivament, amb els quals s'obtingui un major benefici econòmic.

7.9. Bibliografia

- [1] E.Regevsky. (2021, 12 novembre). *Competitive Pricing strategy, ¿cómo funciona? - SB Shopping Basket*. SB Shopping Basket. <https://sbshoppingbasket.com/blog/competitive-pricing/#:~:text=Competitive%20Pricing%2C%20%C2%BFa%20qu%C3%A9%20nos.un%20producto%20similar%20suelen%20utilizar.>
- [2] *Ethylbenzene Market Insights*. (s. d.). <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/ethylbenzene-market>
- [3] *Global Ethylbenzene Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type, By Application, and Segment, Forecasts 2028*. (s. d.). <https://reports.valuates.com/market-reports/QYRE-Auto-6X7522/global-ethylbenzene>
- [4] *Ethylbenzene Prices: Latest Price, Pricing, News, Market Analysis*. (s. d.). <https://www.procurementresource.com/resource-center/ethylbenzene-price-trends>
- [5] *Global benzene prices 2022 | Statista*. (2023, 15 maig). Statista. <https://www.statista.com/statistics/1171072/price-benzene-forecast-globally/>
- [6] Mike. (2023a). Benzene price index. *businessanalytiq*. <https://businessanalytiq.com/procurementanalytics/index/benzene-price-index/>
- [7] Mike. (2023c). Ethylene price index. *businessanalytiq*. <https://businessanalytiq.com/procurementanalytics/index/ethylene-price-index/>
- [8] IndexBox, Inc. (2023). Global Ethylbenzene Market 2023. *www.indexbox.io*. <https://www.indexbox.io/store/world-ethylbenzene-market-analysis-forecast-size-trends-and-insights/>
- [9] ZORG. (s. d.). *Zorg Biogas GmbH | Antorcha de gas cerrada FAI 1800*. https://zorg-biogas.com/es/catalogo-de-equipos/antorchas-de-biogas/fai_1800
- [10] *¿Qué es el Capital Circulante? Definición - Glosario Billin*. (2020, 9 abril). Billin. <https://www.billin.net/glosario/definicion-capital-circulante/>

[11] Nbenito. (s. d). 06 - *Cuestiones basicas patentes y modelos utilidad*.
<http://www.oepm.es/cs/OEPMSite/contenidos/Folletos/06-cuestiones-basicas-patentes-modelos.html#:~:text=Veinte%20a%C3%B1os%20desde%20la%20fecha,cualquier%20persona%20puede%20utilizarla%20libremente.>

[12] *Buy Synthetic Zeolite Zsm-5 Catalyst Price from Gongyi Yalv Material Co., Limited, China* | *Tradewheel.com.* (s. d.).
<https://www.tradewheel.com/p/synthetic-zeolite-zsm-5-catalyst-price-255266/>

[13] Sánchez, A. D. (2022). Valor residual. *Economipedia*.
<https://economipedia.com/definiciones/valor-residual.html#:~:text=En%20ocasiones%20el%20valor%20residual,de%20su%20valor%20de%20adquisici%C3%B3n.>

[14] Morales, V. V. (2022). Valor actual neto (VAN). *Economipedia*.
<https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto>