



APARTADO 07

Evaluación Económica



Índice

7.1. Introducción	3
7.1.1. Estudio del mercado	3
7.2. Inversión Inicial	4
7.2.1. Cálculo costes previos	4
7.2.2. Cálculo del capital inmovilizado	5
7.2.2.1. Costes de equipos	6
7.2.2.2. Cálculo del coste de equipos	7
7.2.2.3. Cálculo de la instalación de los equipos	26
7.2.3. Capital circulante	28
7.2.4. Puesta en marcha	28
7.3. Costes de operación	29
7.3.1. Costes de fabricación	30
7.3.1.1. Materias primas (M1)	30
7.3.1.2. Mano de obra directa (M2)	31
7.3.1.3. Patentes (M3)	31
7.3.1.4. Mano de obra indirecta (M4)	32
7.3.1.5. Servicios (M5)	32
7.3.1.6. Suministros (M6)	32
7.3.1.7. Mantenimiento (M7)	33
7.3.1.8. Laboratorios (M8)	33
7.3.1.9. Envasado (M9)	33
7.3.1.10. Expediciones (M10)	33
7.3.1.11. Técnicos y directivos (M11)	34
7.3.1.12. Amortización (M12)	34
7.3.1.13. Alquileres (M13)	34
7.3.1.14. Impuestos y tasas (M14)	34
7.3.1.15. Seguros (M15)	35
7.3.2. Gastos generales	35
7.3.2.1. Gastos comerciales (G1)	35
7.3.2.2. Gastos de gerencia (G2)	35
7.3.2.3. Gastos financieros (G3)	36
7.3.2.4. Gastos de investigación y servicios técnicos (G4)	36
7.4. Ingresos por ventas y Rentabilidad de la planta	37
7.4.1. Ingresos por ventas	37
7.4.2. Rentabilidad de la planta	37
7.4.2.1. Cálculo del Net Cash Flow	37
7.4.2.2. Cálculo del VAN y del TIR	41
7.5. Viabilidad de la planta	43

7. Evaluación Económica

7.1. Introducción

Para llevar a cabo la construcción de la planta química se ha de tener en cuenta como un factor importante la viabilidad económica de la planta, ya que se ha de conocer el aspecto económico. Es por ello que se realiza un balance económico de todos los costes y beneficios que se obtengan. Estos se determinan a partir del tiempo necesario para amortizar la inversión inicial.

En este caso se supone una vida útil de planta de 15 años y se asume que todo el VAM producido (70000 Tn/año) se utiliza como materia prima para crear polímeros de acetato de polivinilo con la finalidad de producir adhesivos.

7.1.1. Estudio del mercado

El monómero de acetato de vinilo ha atraído un enorme interés en las últimas décadas como un intermedio químico para la producción de diversos polímeros, tales como el acetato de polivinilo y alcohol polivinílico utilizados en adhesivos, lacas, películas laminadas, entre otros.

La producción mundial de VAM en el año 2003 fue de cinco millones de toneladas. Desde ese entonces la adquisición del producto aumentó considerablemente.

Las evaluaciones económicas en 2008 revelaron un precio de unos 1500€ por tonelada.

En mayo de 2014 disminuyen las ventas de VAM en el país, debido a que muchos demandantes eligen como proveedor a Asia debido a sus bajos precios. A finales de año el precio de VAM cede en unos 70€/Tn.

Al inicio del 2015, debido a la debilidad de la demanda y la caída de las materias primas se registra un fuerte descenso llegando por debajo de los 1000 €/Tn. En marzo del mismo año se detiene la deriva bajista y se visualizan leves subidas para los siguientes.

En el año 2015, el precio del producto se ha mantenido entre subidas y bajadas. Y finaliza el año con un precio alrededor de los 1300 €/Tn. Inicia el año 2016 con un precio de 1270€/Tn. Precio al que se venderá el VAM producido.

7.2. Inversión Inicial

La inversión inicial es el capital necesario que se ha de aportar para poder poner en marcha la ejecución del proyecto y así la actividad industrial.

La inversión inicial se estructura en los siguientes cuatro componentes:

- Costes previos
- Capital inmovilizado
- Capital circulante
- Puesta en marcha

A continuación, se introduce cada uno de ellos.

7.2.1. Cálculo costes previos

Los costes previos es la cantidad monetaria previa al inicio del proyecto y de la construcción de la planta. En relación al capital necesario en etapas posteriores es una cantidad pequeña. Está asociada a las gestiones administrativas y gestorías, los estudios del mercado, publicidad y las actividades necesarias de investigación.

El cálculo de los costos previos es un factor importante para la evaluación económica independientemente de que el proyecto finalmente sea o no viable.

En este caso, no se ha tenido en cuenta ya que como se ha mencionado antes la cantidad es pequeña y prácticamente menospreciable respecto al total de la inversión inicial total. Excepto, el coste de la parcela, el cual no se incluye en el capital inmovilizado y asumiendo que no pierde valor con el tiempo por lo tanto significaría capital no amortizable.

El precio de terreno industrial en el municipio Martorell es de 200 €/m². El terreno de polígono industrial Estels, donde que construirá la planta química tiene una superficie de 53 235 m².

Por lo tanto, el coste de compra de terreno es directo y se obtiene según la siguiente expresión:

$$\text{Coste}_{\text{parcela}} = A_{\text{parcela}} \cdot \text{Precio}/\text{m}^2 \quad \text{Ecuación 7.1}$$

Dónde:

- $\text{Coste}_{\text{parcela}}$: Coste total de la parcela (€).
- A_{parcela} : Área de la parcela (m²).
- Precio/m²: Precio por metro cuadrado del terreno en Martorell (€/m²).

Sustituyendo los valores:

$$\text{Coste}_{\text{parcela}} = 53\,235 \text{ m}^2 \cdot 200 \text{ €/m}^2 = 10647000 \text{ €}$$

Como se observa se obtiene un coste de parcela de **10 647 000 €**.

7.2.2. Cálculo del capital inmovilizado

El capital inmovilizado supone una gran cantidad monetaria y por lo tanto gran parte de la inversión inicial. Está destinado para la adquisición de los equipos de la planta, instrumentos, maquinaria y así como también del catalizador, es decir, elementos necesarios para construir físicamente la planta y llevar a cabo la producción.

Este importe con el tiempo irá disminuyendo, debido al uso de los equipos y por lo tanto, de su envejecimiento.

El capital inmovilizado es un capital amortizable y se puede calcular según tres métodos:

- a) **Métodos globales:** se consideran métodos rápidos dado que se trata de unos cálculos rápidos (entre 5 y 30 min.). Suponen un error entre el 50 y el 100%, de manera que no resultan fiables.

Dentro del método global se puede encontrar el factor universal, el método del coeficiente de inmovilización unitario y el método de Williams.

- b) **Métodos de factor único:** Este método trata de una serie de cálculos que requiere más tiempo, supone unas 30 horas. En cambio, al anterior método, el porcentaje de error se encuentra entre el 20 y el 50 %.

Este método también es llamado del *factor de Lang* y solo se utiliza en plantas estándares, por lo tanto, significa baja fiabilidad.

- c) **Métodos de factor múltiple:** Para este método se requieren más de 30 horas para la estimación del capital inmovilizado. Es más fiable que los anteriores ya que supone un error entre el 10 y el 20%.

Existen dos métodos: el Vian y el Happel.

Para el cálculo del capital inmovilizado necesario se utilizará el método de Happel el cual consiste en un conjunto de métodos de determinación del coste de los equipos diferenciados según el tipo y otros factores.

Este método tiene en cuenta costes de compra y costes de instalación del año 1970, en dólares. El valor de CEPCI para el año 1970 es 125.7.

Además, tiene en cuenta los costos de compra y de la instalación, expresados en unidades monetarias americanas (Dólar, \$). Se tiene en cuenta la conversión de dólar a euro, por lo tanto : 1 \$ = 0.92€.

7.2.2.1. Costes de equipos

Como se ha mencionado, se utilizará el método Happel. El método se basa en la estimación del coste del equipo a partir de una variable característica.

Para poder determinar el precio actual de los equipos utilizados en la planta se dispone de diferentes recursos, tales como:

- **Catálogos:** La mayoría de veces el precio del equipo viene determinado por la empresa donde se ha adquirido, por lo tanto no haría falta ningún cálculo.
- **Regla de Williams:** Consiste en calcular el precio del equipo comparándolo con un equipo similar que tenga una magnitud parecida a la del equipo en cuestión. Para ello se utiliza la siguiente *Ecuación 7.2*:

$$C_E = C_{E,\text{conocido}} \cdot \left(\frac{S_E}{S_{E,\text{conocido}}} \right)^b \quad \text{Ecuación 7.2}$$

Dónde:

- C_E : Coste del equipo a conocer.
- $C_{E,\text{conocido}}$: Coste del equipo conocido.
- S_E : Magnitud característica del equipo a determinar su coste.
- $S_{E,\text{conocido}}$: Magnitud característica del equipo de coste conocido.
- b : Exponente de Williams. Normalmente corresponde a un valor de 0.6.
- **Método Algorítmico (Couper, Apéndice C):** Se trata en la aplicación de sencillos algoritmos. Se tendría que actualizar el coste ya que el método es del año 2002. Teniendo en cuenta que CEPCI (2002)=395.6 .

- **Método de las Correlaciones (Sinnot-Touler):** Este método corresponde al año 2006 ($CEPCI_{2006}=509.7$) y viene definido por la siguiente *Ecuación 7.3* :

$$C_E = a + b \cdot S^n \quad Ecuación 7.3$$

Dónde:

- a, b i n: Constantes.
-
-
- S: Magnitud característica del equipo.

- **Índice CEPCI (Chemical Engineering Plan Cost Index):** Sirve para calcular el coste del año actual de un equipo a partir de un coste conocido del mismo en años anteriores. Se obtiene mediante la siguiente *Ecuación 7.4*:

$$C_{E,actual} = C_{E,año\ X} \cdot \left(\frac{CEPCI_{actual}}{CEPCI_{E,año\ X}} \right) \quad Ecuación 7.4$$

Dónde:

- C_E , actual: Coste del equipo a conocer del año actual.
- C_E , año X: Coste del equipo en un año anterior “X”.
- $CEPCI_{actual}$: Índice del año actual.
- $CEPCI_{E,año\ X}$: Índice de un año anterior “X”.

Esta fijado el valor del CEPCI correspondiente al año 2015 siendo este 573.74 aproximadamente.

- **Metodología Happel:** Como se ha mencionado anteriormente se utilizara este método para la determinación del capital inmovilizado.

7.2.2.2. Cálculo del coste de equipos

Se determinan los costes de los diferentes equipos utilizados para el proceso de producción del VAM antes de aplicar el método de Happel. Para ello, se emplean los diferentes métodos anteriormente mencionados.

A continuación, se procede a la estimación de los diferentes equipos:

a) Tanques de almacenamiento

Para el debido cálculo del coste de tanques de almacenamiento de las materias primas y también de los productos se empleara el método algorítmico. Se harán los cálculos teniendo en cuenta el volumen de los equipos mediante las siguientes ecuaciones:

- Si $1300 < V < 21000$ gal

$$C(\$) = 1.218 \cdot F_M \cdot e^{[2.631 + 1.3673 \cdot \ln(V) - 0.06309 \cdot (\ln V)^2]} \quad \text{Ecuación 7.5}$$

- Si $2100 < V < 11000000$ gal

$$C(\$) = 1.218 \cdot F_M \cdot e^{[11.662 - 0.6104 \cdot \ln(V) + 0.04536 \cdot (\ln V)^2]} \quad \text{Ecuación 7.6}$$

Dónde:

- V : Volumen del equipo (gal).
- F_M : Factor de coste según el materia de construcción. Se obtiene de la siguiente figura.

Material of Construction	Cost Factor F_M
Stainless steel 316	2.7
Stainless steel 304	2.4
Stainless steel 347	3.0
Nickel	3.5
Monel	3.3
Inconel	3.8
Zirconium	11.0
Titanium	11.0
Brick-and-rubber-or brick-and-polyester-lined steel	2.75
Rubber- or lead-lined steel	1.9
Polyester, fiberglass-reinforced	0.32
Aluminium	2.7
Copper	2.3
Concrete	0.55

Figura 7.1. Factor de coste F_M .

Seguidamente se hacen los cálculos para cada tanque y se actualiza los costes mediante el índice CEPCI según la *Ecuación 7.4*. Se utiliza un factor multiplicador del coste de la instalación del equipo de 1.5. Los resultados obtenidos del coste de los equipos se muestran en la siguiente *Tabla 7.1*:

Tabla 7.1. Costes de los tanques de almacenamiento.

	V(m ³)	V(gal)	F _M	C (2002) (\$)	C _{Total} (2002) (\$)	C _{Total} (2015) (\$)
T-101	204.62	45010.01	2.70	100683.07	151024.61	219031.50
T-102	204.62	45010.01	2.70	100683.07	151024.61	219031.50
T-103	171.80	37790.63	2.70	94645.87	141968.80	205897.83
T-105	171.80	37790.63	2.70	94645.87	141968.80	205897.83
T-104	171.80	37790.63	2.70	94645.87	141968.80	205897.83
T-701	193.26	42511.16	2.70	98639.31	147958.97	214585.39
T-702	193.26	42511.16	2.70	98639.31	147958.97	214585.39
T-703	193.26	42511.16	2.70	98639.31	147958.97	214585.39
					TOTAL (\$)	1699512.64
					TOTAL (€)	1563551.63

b) Tanque de mezcla

De la misma manera que en apartado anterior se procede a calcular el coste de los tanques de mezcla usando la *Ecuaciones 7.5* y *Ecuación 7.6*.

-
- Si $1300 < V < 21000$ gal

$$C(\$) = 1.218 \cdot F_M \cdot e^{[2.631 + 1.3673 \cdot \ln(V) - 0.06309 \cdot (\ln V)^2]}$$

- Si $2100 < V < 11000000$ gal

$$C(\$) = 1.218 \cdot F_M \cdot e^{[11.662 - 0.6104 \cdot \ln(V) + 0.04536 \cdot (\ln V)^2]}$$

En este caso el factor multiplicador de los costes de instalación será 1.8. Se obtiene como resultado la siguiente tabla:

Tabla 7.2. Costes de los tanques que mezcla.

	V(m ³)	V(gal)	F _M	C (2002) (\$)	C _{Total} (2002) (\$)	C _{Total} (2015) (\$)
M-201	12.56	2762.81	2.70	44114.38	79405.89	115162.63
M-202	88.83	19539.83	2.70	71105.42	127989.75	185623.96
M-401	35.34	7773.70	2.70	60303.70	108546.67	157425.59
					TOTAL (\$)	458212.18
					TOTAL (€)	421555.21

c) Tanque pulmón

Se calcula el coste de los tanques pulmón usando la *Ecuaciones 7.5* y *Ecuación 7.6*. El factor multiplicador del coste es 1.8.

- Si $1300 < V < 21000$ gal

$$C(\$) = 1.218 \cdot F_M \cdot e^{[2.631 + 1.3673 \cdot \ln(V) - 0.06309 \cdot (\ln V)^2]}$$

- Si $2100 < V < 11000000$ gal

$$C(\$) = 1.218 \cdot F_M \cdot e^{[11.662 - 0.6104 \cdot \ln(V) + 0.04536 \cdot (\ln V)^2]}$$

En la siguiente *Tabla 7.3* se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 7.3. Costes de los tanques pulmón.

	V(m ³)	V(gal)	F _M	C (2002) (\$)	C _{Total} (2002) (\$)	C _{Total} (2015) (\$)
TP-201	100.00	21996.88	2.70	79543.80	143178.83	207652.74
TP-401	5.30	1165.83	2.70	30654.52	55178.13	80025.02
TP-501	67.50	14847.89	2.70	68462.47	123232.45	178724.44
TP-402	5.30	1165.83	2.70	30654.52	55178.13	80025.02
TP-403	24.50	5389.23	2.70	54824.32	98683.78	143121.42
TP-404	5.30	1165.83	2.70	30654.52	55178.13	80025.02
TP-405	5.30	1165.83	2.70	30654.52	55178.13	80025.02
				TOTAL (\$)	849598.69	
				TOTAL (€)	781630.79	

d) Reactor

Para el cálculo del coste del reactor se usa el método algorítmico. Se utilizan las siguientes ecuaciones para determinar el coste:

$$C (\$) = F_M \cdot C_b + C_a \quad \text{Ecuación 7.7}$$

$$C_b = 1.218 \cdot e^{[9.100 - 0.2889 \cdot \ln(W) + 0.04576 \cdot (\ln W)^2]} \quad \text{Ecuación 7.8}$$

$$C_a = 300 \cdot D^{0.7396} \cdot L^{0.7066} \quad \text{Ecuación 7.9}$$

Dónde:

- W: Peso del equipo (lb).
- F_M: Factor de coste según el materia de construcción.

- D: Diámetro del equipo (ft).
- L: Altura del equipo (ft).

El factor multiplicador de los costes de la instalación del equipo de un reactor multitubular es 1.6. Se obtiene el coste del reactor R-201, tal como se muestra en la *Tabla 7.4*.

Tabla 7.4. Coste del reactor multitubular de lecho fijo.

	F _M	C _a	C _b	W(kg)	W(lb)	L(m)	L(ft)	D(m)	D(ft)	C (2002) (\$)	C _{Total} (2002) (\$)	C _{Total} (2015) (\$)
R-201	2.10	27089.83	228774.98	147472.95	324440.49	9.20	30.18	5.55	18.20	507517.27	812027.64	1177686.39
											TOTAL (\$)	1177686.39
											TOTAL (€)	1083471.48

e) Columnas de separación

La estimación del precio de las columnas de separación se realizará a partir del sistema de cálculo para columnas de platos.

El coste del equipo está en función del número de platos, la distancia entre platos, así como el diámetro y la altura de la columna.

- Columna de destilación. Para calcular su coste se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$C(\$) = 1.218 \cdot [f_1 \cdot C_b + N \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot C_t + C_{p1}] \quad \text{Ecuación 7.10}$$

$$C_b = 1.218 \cdot e^{[7.123 + 0.1478 \cdot \ln(W) + 0.02488(\ln W)^2]} \quad \text{Ecuación 7.11}$$

$$C_t = 457.7 \cdot e^{(0.1739 \cdot D_{plato})} \quad \text{Ecuación 7.12}$$

$$C_{p1} = 249.6 \cdot D^{0.6332} \cdot L^{0.6016} \quad \text{Ecuación 7.13}$$

Dónde:

- N: Número de platos.
- W: Peso del equipo (lb).
- D: Diámetro de la columna (ft).
- L: Longitud de la columna (ft).
- f1 y f2: Factor del coste en función del material (*Figura 7.2*).
- f3: Factor en función del tipo de plato (*Figura 7.3*).
- f4=2.25/(1.0414)^N

Material	f_1	f_2
Stainless steel, 304	1.7	$1.189 + 0.0577D$
Stainless steel, 316	2.1	$1.401 + 0.0724D$
Carpenter 20CB-3	3.2	$1.525 + 0.0788D$
Nickel-200	5.4	
Monel-400	3.6	$2.306 + 0.1120D$
Inconel-600	3.9	
Incoloy-825	3.7	
Titanium	7.7	

Figura 7.2. Factor f1 y f2.

Tray Types	f_3
Valve	1.00
Grid	0.80
Bubble cap	1.59
Sieve (with downcorner)	0.95

Figura 7.3. Facto f3 del tipo de plato.

- Columna de absorción. Se utiliza la *Ecuación 7.10* y *Ecuación 7.12*, pero teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones:

$$C_b = 1.218 \cdot e^{6.629 + 0.1826 \cdot \ln(W) + 0.02297 \ln(W)^2} \quad \text{Ecuación 7.14}$$

$$C_{p1} = 300 \cdot D^{0.7396} \cdot L^{0.7068} \quad \text{Ecuación 7.15}$$

Para ambos costes se utiliza un factor multiplicador de 2.1. A continuación, en la *Tabla 7.5* se obtiene el coste de la columna de destilación C-402. En la *Tabla 7.6* se muestra el coste de la columna de absorción C-401. En cuanto al cálculo del coste de la columna C-301 se supone un 50% del coste de la primera, debido a que el diseño se hizo teóricamente con el fin de hacer una recuperación energética.

Tabla 7.5. Coste de la columna de destilación.

	D(m)	D(ft)	L(m)	L(ft)	W(Kg)	W(lb)	f ₁	f ₂	C _b	C _t	N	C _{p1}	f ₃	f ₄	C (2002) (\$)	C _{Total} (2002) (\$)	C _{Total} (2015) (\$)
C-402	1.98	6.50	8.14	26.70	4150.34	9130.75	2.10	1.87	44533.71	1279.29	12	5889.31	0.95	1.38	167050.70	350806.46	508775.78
	D _{plato} (m)	D(ft)														TOTAL (\$)	508775.78
	1.80	5.91														TOTAL (€)	468073.7214

Tabla 7.6. Costes de las columnas de absorción.

	D(m)	D(ft)	L(m)	L(ft)	W(Kg)	W(lb)	f ₁	f ₂	C _b	C _t	N	C _{p1}	f ₃	f ₄	C (2002) (\$)	C _{Total} (2002) (\$)	C _{Total} (2015) (\$)
C-401	1.68	5.50	18.45	60.52	12608.60	27738.92	2.10	1.80	66070.09	1073.18	29	19229.17	0.95	0.69	237366.84	498470.36	722933.22
	D _{plato} (m)	D(ft)															
	1.49	4.90															
C-301	Coste: 50 % de la columna de absorción C-401.															361466.61	
															TOTAL (\$)	1084399.83	
															TOTAL (€)	997647.8425	

f) Intercambiadores de calor

Para calcular los costes de los intercambiadores de calor se emplea el método algorítmico. Se utilizan las siguientes ecuaciones para ello.

$$C(\$) = 1.218 \cdot f_d \cdot f_m \cdot f_p \cdot C_b \quad \text{Ecuación 7.16}$$

$$C_b = e^{[8.821 - 0.30863(\ln A) + 0.0681 \cdot (\ln A)^2]} \quad \text{Ecuación 7.17}$$

$$f_m = g_1 + g_2 \cdot (\ln A) \quad \text{Ecuación 7.18}$$

Dónde:

- C : Coste del intercambiador de calor (\$)
- A: Área de intercambio (ft^2).
- f_d , f_p , g_1 y g_2 : Son constantes tabuladas según las siguientes figuras:

Type	f_d
Fixed-head	$\exp[-1.1156 + 0.0906(\ln A)]$
Kettle reboiler	1.35
U-tube	$\exp[-0.9816 + 0.0830(\ln A)]$

Figura 7.4. Factor f_d según el tipo de intercambiador.

Pressure Range (psig)	f_p
100-300	$0.7771 + 0.04981(\ln A)$
300-600	$1.0305 + 0.07140(\ln A)$
600-900	$1.1400 + 0.12088(\ln A)$

Figura 7.5. Factor f_p según la presión de operación.

Material	g_1	g_2
Stainless steel 316	0.8603	0.23296
Stainless steel 304	0.8193	0.15984
Stainless steel 347	0.6116	0.22186
Nickel 200	1.5092	0.60859
Monel 400	1.2989	0.43377
Inconel 600	1.2040	0.50764
Incoloy 825	1.1854	0.49706
Titanium	1.5420	0.42913
Hastelloy	0.1549	0.51774

Figura 7.6. Valores de g_1 y g_2 según el tipo de material.

A continuación, se obtiene el coste que suponen los intercambiadores de calor y usando un factor multiplicador del coste de instalación de 2.1, como se observa en la *Tabla 7.7*.

Tabla 7.7. Costes de los intercambiadores de calor.

	Tipo	Área (m ²)	Área (ft ²)	Material	P (bar)	P(psi)	C _b	f _d	f _p	g ₁	g ₂	f _m	C (2002) (\$)	C _{Total} (2002) (\$)	C _{Total} (2015) (\$)
E-201	BFM	95.4	1026.50	SS 316L	3	43.50	21060.98	0.65	1.12	0.8603	0.23296	2.48	46611.96	88562.72	128442.81
E-202	BEM	41	441.16	SS 316L	11.72	169.94	12923.91	0.61	1.08	0.8603	0.23296	2.28	23681.64	44995.12	65256.58
SG-201	BFM	17.7	190.45	SS 316L	4.83	70.04	8755.65	0.57	1.04	0.8603	0.23296	2.08	13178.53	25039.22	36314.46
E-301	BEM	25.2	271.15	SS 316L	11.03	159.94	10193.50	0.59	1.06	0.8603	0.23296	2.17	16685.75	31702.93	45978.87
E-302	BFM	38.57	415.01	SS 316L	3.45	50.03	12522.38	0.61	1.08	0.8603	0.23296	2.26	22627.05	42991.39	62350.56
E-303	BFM	97.2	1045.87	SS 316L	8.97	130.07	21313.26	0.65	1.12	0.8603	0.23296	2.48	47363.52	89990.69	130513.80
E-401	BFM	21.4	230.26	SS 316L	3.45	50.03	9480.98	0.58	1.05	0.8603	0.23296	2.13	14931.73	28370.29	41145.53
C-402A	BEM	75.3	810.23	SS 316L	3.45	50.03	18188.91	0.64	1.11	0.8603	0.23296	2.42	38213.09	72604.86	105299.08
C-402B	BKU	89.5	963.02	SS 316L	3.45	50.03	20228.89	0.65	1.12	0.8603	0.23296	2.46	44148.48	83882.10	121654.49
E-402	BEM	25.9	278.68	SS 316L	3.45	50.03	10321.74	1.35	1.06	0.8603	0.23296	2.17	38982.08	74065.95	107418.09
														TOTAL(\$)	844374.27
														TOTAL(€)	776824.33

g) Decantador

Para el cálculo del coste del decantador se utilizan las ecuaciones *Ecuación 7.5* y *Ecuación 7.6*.

- Si $1300 < V < 21000$ gal

$$C(\$) = 1.218 \cdot F_M \cdot e^{[2.631 + 1.3673 \cdot \ln(V) - 0.06309 \cdot (\ln V)^2]}$$

- Si $2100 < V < 11000000$ gal

$$C(\$) = 1.218 \cdot F_M \cdot e^{[11.662 - 0.6104 \cdot \ln(V) + 0.04536 \cdot (\ln V)^2]}$$

El coste del decantador D-301 se asume que es el mismo que el D-401, debido a que se diseña teóricamente como parte de la integración energética.

En la siguiente *Tabla 7.8* se obtiene el coste de los decantadores:

Tabla 7.8. Coste de los decantadores.

	V(m ³)	V(gal)	F _M	C (2002) (\$)	C _{Total} (2002) (\$)	C _{Total} (2015) (\$)
D-401	3.10	681.90	2.70	23316.98	41970.57	60870.05
D-301	Coste: 100% del coste del decantador D-401.				60870.05	
				TOTAL (\$)	121740.10	
				TOTAL (€)	112000.89	

h) Bombas

El coste de las bombas se obtiene a partir del método de correlaciones *Sinnott-Touler*. Por lo se hará uso de la *Ecuación 7.3*.

$$C(\$) = a + b \cdot S^n$$

Dónde:

- S: Parámetro característico, en este caso la el caudal (L/s).
- a, b y n: Constantes tabuladas.

A continuación en la *Tabla 7.9*, se obtienen los costes.

Tabla 7.9. Coste de las bombas del proceso.

	Caudal (kg/h)	Densidad (kg/m ³)	S(L/s)	a	b	n	C (2006) (\$)	C _{Total} (2015) (\$)
P-101	6781.77	1066	1.77	6900	206	0.9	7243.89	8154.03
P-401	24020.68	1066	6.26	6900	206	0.9	7973.35	8975.14
P-201	13291.20	921.63	4.01	6900	206	0.9	7618.29	8575.47
P-402	57.07	965.7	0.02	6900	206	0.9	6905.10	7772.67
P-403	18903.85	937.4	5.60	6900	206	0.9	7871.31	8860.28
							TOTAL (\$)	25704.65
							TOTAL (€)	23648.28

i) Compresores

Para conocer el precio de los compresores se utiliza la correlación de **Sinnot-Touler**, mediante la *Ecuación 7.3*.

$$C(\$) = a + b \cdot S^n$$

Dónde:

- S: Parámetro característico, en este caso, la potencia (kW).
- a, b y n: Constantes tabuladas.

Como se puede observar, en la *Tabla 7.10* se obtiene los resultados.

Tabla 7.10. Coste de los compresores.

	S (kW)	a	b	n	C (2002) (\$)	C _{Total} (2015) (\$)
CR-201	701.93	490000	16800	0.6	1347206.71	1516473.18
CR-202	324.02	490000	16800	0.6	1029078.95	1158375.04
CR-203	213.76	490000	16800	0.6	910015.33	1024351.97
CR-301	3510.94	490000	16800	0.6	2741973.76	3086482.30
CR-501	367.88	490000	16800	0.6	1071745.44	1206402.25
					TOTAL(\$)	7992084.74
					TOTAL(€)	7352717.96

j) Agitadores

Se determina el coste de los agitadores utilizados en los tanques de mezcla utilizando la correlación de **Sinnot-Touler**, mediante la *Ecuación 7.3*.

$$C(\$) = a + b \cdot S^n$$

Dónde:

- S: Parámetro característico, en este caso, la potencia (kW).
- a, b y n: Constantes tabuladas.

Como se puede observar, en la *Tabla 7.11* se obtiene los resultados.

Tabla 7.11. Coste de los agitadores de los tanques de mezcla.

	S (kW)	a	b	n	C (2002) (\$)	C _{Total} (2015) (\$)
AG -201	8.36	15000.00	990.00	1.05	24203.47	27244.46
AG -401	18.36	15000.00	990.00	1.05	36023.33	40549.39
					TOTAL(K\$)	67793.85
					TOTAL(€)	62370.34

k) Torres de refrigeración

Para conocer el precio de las torres de refrigeración se utiliza la correlación de **Sinnott-Touler**, mediante la *Ecuación 7.3*.

$$C(\$) = a + b \cdot S^n$$

Dónde:

- S: Parámetro característico, en este caso, el caudal (L/s).
- a, b y n: Constantes tabuladas.

Como se puede observar, en la *Tabla 7.12* se obtiene los resultados.

Tabla 7.12. Coste de las torres de refrigeración.

	Caudal (kg/h)	Densidad (kg/m ³)	S(L/s)	a	b	n	C (2006) (\$)	C _{Total} (2015) (\$)
TR-301	4655	1000	1.29	150000	1300	0.9	151638.32	170690.54
TR-302	4655	1000	1.29	150000	1300	0.9	151638.32	170690.54
TR-401	82217	1000	22.84	150000	1300	0.9	171713.84	193288.40
							TOTAL (\$)	534669.48
							TOTAL (€)	491895.93

I) Calderas

Se determina el coste de las calderas a partir de la correlación de ***Sinnot-Touler***, mediante la *Ecuación 7.3*.

$$C(\$) = a + b \cdot S^n$$

Dónde:

- S : Parámetro característico, en este caso, el caudal (L/s).
- a, b y n : Constantes tabuladas.

Como se puede observar, en la *Tabla 7.13* se obtiene los resultados.

Tabla 7.13. Coste de las calderas.

	Caudal (kg/h)	Densidad (kg/m ³)	S(L/s)	a	b	n	C (2006) (\$)	C _{Total} (2015) (\$)
CO-201	70524	1005	19.49	106000	8.7	1	106169.59	119509.00
CO-401	392040	1005	108.36	106000	8.7	1	106942.72	120379.27
CO-402	392040	1005	108.36	106000	8.7	1	106942.72	120379.27
							TOTAL(\$)	360267.54
							TOTAL(€)	331446.14

m) Electrógeno

Se determina el coste de los electrógenos mediante la correlación de **Sinnot-Touler**, usando la *Ecuación 7.3*.

$$C(\$) = a + b \cdot S^n$$

Dónde:

- S: Parámetro característico, en este caso, la potencia (kW).
- a, b y n: Constantes tabuladas.

Se eligen unos valores de las constantes a, b y n de los equipos de motores ya que no aparecen como tal en la tabla de valores tabulados. En la *Tabla 7.14*, se obtiene los resultados.

Tabla 7.14. Coste que supone el grupo electrógeno.

	S (kW)	a	b	n	C (2002) (\$)	C _{Total} (2015) (\$)
GE	715	-950	1770	0.6	90368.11	101722.18
					TOTAL (\$)	101722.18
					TOTAL (€)	93584.41

n) Estación transformadora

Se obtiene el coste de la estación transformadora a partir del uso de la correlación de **Sinnot-Touler**, usando la *Ecuación 7.3*.

$$C(\$) = a + b \cdot S^n$$

Dónde:

- S: Parámetro característico, en este caso, la potencia (kW).
- a, b y n: Constantes tabuladas.

De la misma manera que en el caso anterior, se eligen unos valores de las constantes a, b y n de los equipos de motores. En la *Tabla 7.15*, se obtiene los resultados.

Tabla 7.15. Coste de la estación transformadora.

	S (kW)	a	b	n	C (2002) (\$)	C _{Total} (2015) (\$)
TS	630	-950	1770	0.6	83690.38	94205.45
					TOTAL(\$)	94205.45
					TOTAL (€)	86669.01

o) Descalcificadoras

Para el agua de reposición de las torres de refrigeración será necesario instalar descalcificadoras. Por eso se decide instalar dos equipos, ya que se trabaja en continuo y en caso de fallo de un equipo se puede seguir el proceso con el segundo equipo. De los catálogos de Erie Aquatecnic se obtiene el precio del equipo, siendo este un valor de 3949€. Por lo tanto, el coste final será: **7898€**.

p) Balanzas

Para la obtención del precio de las balanzas de los camiones cuando realizan la operación de carga y descarga, se utiliza como herramienta catálogos.

El precio de cada balanza es de 10575€, por lo tanto supone un coste total de **21150€**.

7.2.2.3. Cálculo de la instalación de los equipos

Después de determinar el coste de todos los equipos, se procede a utilizar el método de Happel para finalmente conocer el capital inmovilizado de la planta.

El procedimiento se hará siguiendo la *Figura 7.7*, donde los porcentajes a aplicar se han de elegir dentro de los rangos que se muestran. Dependerá del equipo, según su complejidad se escogerá un porcentaje máximo aunque esto suponga mayores costos de mano de obra e instalación.

Mètode Happel		
Concepte	Material	Ma d'obra
Recipients	A	10% d'A
Torres, fabricades al terreny	B	30 a 35% de B
Torres prefabricades	C	10 a 15% de C
Bescanviadors	D	10% de D
Bombes, compressorrs ..	E	10% d'E
Instruments	F	10 a 15% de F
Suma d'A a F	G	
Allàment	H=5 a 10% de G	150% d'H
Canórides	I=40 a 50% de G	100% d'I
Cimentacions	J=3 a 5% de G	150% de J
Edificacions	Terrenys +K (4% de G)	
Estructures	L=4% de G	70% de K
Material contra incendis	M=1/2 a 1% de G	20% de L
Electricitat	N= 3 a 6% de G	500 a 800% de M
Pintura i neteja	O= 1/2 a 1% de G	150% de N
Suma de material i ma d'obra		P
Costos d'equips especials instal·lats		Q
Suma de P i Q		R
Despeses generals	30% de R	
Honoraris d'enginyeria (10% del cost total de construcció)	13% de R	
Contingències(10% del cost total de construcció)	13% de R	
Inversió total		156% de R

Figura 7.7. Método de Happel.

Se realizan los cálculos para determinar la inversión total necesaria para el proceso de producción. Siguiendo el método, finalmente se obtiene como resultado la siguiente *Tabla 7.16*:

Tabla 7.16. Resultados del método de Happel.

	Concepto	Material	Mano de obra
A	Recipientes	3962210.00	396221.00
B	Torres, fabricadas en el terreno	-	-
C	Torres prefabricadas	1957617.49	293642.62
D	Intercambiadores	1108270.47	110827.05
E	Bombas, Compresores	7438736.58	743873.66
F	Agitadores y Instrumentos	1054214.69	158132.20
G	Suma de A a F	15521049.23	-
H	Aislamiento	1552104.92	2328157.38
I	Tuberías	7760524.62	7760524.62
J	Cimentaciones	776052.46	1164078.69
K	Edificaciones	620841.97	434589.38
L	Estructuras	620841.97	124168.39
M	Material contra incendios	155210.49	1241683.94
N	Electricidad	931262.95	1396894.43
O	Pintura y limpieza	155210.49	1241683.94
P	Suma de material y mano de obra	45487576.42	
Q	Coste de equipos especiales instalados		271671.77
R	Suma de P y Q	45759248.18	
	Gastos generales	13727774.45	
	Honorarios de ingeniería	5948702.264	
	Contingencias	5948702.264	
INVERSIÓN (€)		71384427.16	

Se obtiene una inversión de **71.38 M€**. Además, se ha de tener en cuenta el precio del catalizador ya que forma parte del capital inmovilizado. Para ello se tiene en cuenta la vida útil del catalizador.

En la siguiente *Tabla 7.17*, se obtiene el coste del catalizador:

Tabla 7.17. Coste del catalizador.

Catalizador	Vida útil	Q (Tn/año)	Precio (€/Tn)	Coste (€/año)
Paladio	1 año	30.73084	980.72	30138.35
Total (€)				30138.35

Sumando el coste del catalizador a la inversión que se ha obtenido, por último se tiene un capital inmovilizado de **71414565.51€**.

CAPITAL INMOVILIZADO TOTAL (M€)	71.42
--	-------

7.2.3. Capital circulante

El capital circulante corresponde a la cantidad monetaria destinada al funcionamiento del negocio, y la cual se ha de disponer desde el momento inicial y en todo momento para asegurar la actividad de la empresa.

Este importe incluye los sueldos de los empleados, las adquisiciones del material, el coste del envasado y los servicios, entre otros.

El capital circulante es un capital variable y no amortizable que se encuentra en movimiento durante la vida útil de la planta y se recupera al final de esta. Se puede calcular a partir de los siguientes métodos:

- **Método global:** Se estima entre el 10-30% del capital inmovilizado.
- **Ciclo de producción:** Consiste en dividir en diferentes apartados la planta y calcular el capital circulante utilizando la siguiente *Ecuación 7.19*:

$$CC = \frac{q}{12} \cdot (m1' + 0.5 \cdot M1 \cdot f + 2 \cdot M1 + 0.5 \cdot V1) \quad \text{Ecuación 7.19}$$

En este caso, se utiliza el método global como un 20% del capital inmovilizado para determinar el capital circulante. Se obtiene como resultado:

$$CC = 0.20 \cdot I = 0.20 \cdot 71384427.16\text{€} = 14282912.1\text{€}$$

Se obtiene como capital circulante la cantidad de **14.28 M€**.

7.2.4. Puesta en marcha

El capital asociado a la puesta en marcha se basa en los gastos que puedan producirse como la limpieza de equipos, reparaciones, modificaciones, perdidas de reactivo y producto. Además, de posible aumento de la mano de obra o de los costes, entre otros.

Sin embargo, estos costes no se tendrán en cuenta ya que suponen una pequeña cantidad respecto el capital inmovilizado y el capital circulante. Aunque, si se tiene en cuenta el coste de la parcela calculado en el apartado 7.2.1. Siendo el valor de **10647000€ (10.65 M€)**, que corresponde a la puesta en marcha.

Finalmente se obtiene la inversión total que se hará para el proyecto, la cual incluye el capital inmovilizado, el capital circulante y el coste de la puesta en marcha. Se obtiene:

INVERSIÓN TOTAL (€)	96344478.62
---------------------	-------------

La inversión total es de **96.34 M€**.

7.3. Costes de operación

Los costes de operación están referidos a los valores de los bienes y prestaciones utilizados por la empresa con el fin de llevar a cabo la producción del VAM, en este caso. Estos costes incluyen los costes de fabricación y manufactura definidos por la variable M (*Figura 7.8*) y además los costes de administración, de ventas y generales, en los cuales se incluye los costes de laboratorios, administración y operarios, entre otros. Estos últimos se definen con la variable G (*Figura 7.9*).

Los costes de operación se pueden clasificar en diferentes tipos:

- **Costes directos:** Son aquello que corresponde a un coste imputable a un determinado producto, proceso o sección.
- **Costes indirectos:** Son costes que no pueden ser directamente atribuibles a un determinado producto, a no ser que la planta produzca un único producto.
- **Costes fijos:** Son costes que no dependen de la cantidad producida. Están relacionados con el hecho de abrir la planta cada día ya supone estos costes.
- **Costes variables:** Son costes que aumentan a media que incrementa la producción. Se incluye dentro los costes de las materias primas, la mano de obra directa y las patentes. Se puede clasificar en diferentes tipos:
 - o **Progresivos:** Son costes que aumentan con la producción.
 - o **Regresivos:** Son costes que aumentan con la producción pero no de manera lineal, es decir, manera más lenta.

Costes directos	Costes indirectos o gastos generales de fabricación
1. Materias primas.	4. Mano de obra indirecta.
2. Mano de obra directa.	5. Servicios generales.
3. Patentes.	6. Suministros.
	7. Conservación.
	8. Laboratorio.
	9. Envasado.
	10. Expedición.
(variables)	(variables)
	11. Directivos y empleados.
	12. Amortización.
	13. Alquileres.
	14. Impuestos (fábrica).
	15. Seguros (fábrica).
	(fijos)

Figura 7.8. Costes de manufactura.

1. Gastos comerciales.	2. Gerencia.
	3. Gastos financieros.
	4. Investigación y Servicios técnicos.
(variables)	(fijos)

Figura 7.9. Coste de los gastos.

7.3.1. Costes de fabricación

Los costes de fabricación se basan en tres componentes principales: las materias primeras, mano de obra directa y los servicios. Se utiliza el método Vian.

7.3.1.1. Materias primas (M1)

El coste de la materia prima incluye todos los costes que supone la obtención, transporte, almacenamiento de la materia prima. Los valores obtenidos vienen dados por información de datos del mercado que posiblemente pueden variar.

En la siguiente *Tabla 7.18*, se muestra el coste que supone la materia prima teniendo en cuenta la cantidad requerida de cada uno de ellos.

Tabla 7.18. Costes de las materias primas (M1).

Materia Prima	Precio (€/Tn)	Q (Tn/Año)	Coste(€/Año)
Etileno	670	24872.23	16664396.08
Oxígeno	580	17215.67	9985090
Ácido acético	506	48828.76	24707350.29
TOTAL (€)			51356835.9

Como se puede observar, se obtiene **M1= 51.36 M€/año**.

7.3.1.2. Mano de obra directa (M2)

La mano de obra directa es la que únicamente está relacionada con el proceso de producción. En este caso, los costes hacen referencia al sueldo de todos los trabajadores de la planta. Se considera una jornada laboral por cada trabajador de 2400 horas anuales, ya que la planta opera 300 días al año y suponiendo que la jornada laboral de cada uno es de 8 horas.

En la siguiente *Tabla 7.19*, se muestran los sueldos de los diferentes cargos en la planta y el número de personas que constituyen la plantilla de trabajadores.

Tabla 7.19. Costos de mano de obra (M2).

Cargo empresarial	Nº Trabajadores	Sueldo (€/h)	Coste total (€)
Directivos	2	40	192000
Técnicos Especialistas	4	18	172800
Jefes de sección	12	13	374400
Operarios	50	11	1320000
Personal de oficina			
Administración	12		374400
Marketing	6		187200
Recursos humanos	2		62400
Calidad	2		62400
Publicidad	5		156000
Contabilidad	5		156000
Informática	3		93600
Técnicos de laboratorio	10	9	216000
Técnicos de mantenimiento	4	12	115200
Personal de limpieza	8	10	192000
Personal de seguridad	6	8	115200
Personal de recepción	2	8	38400
Personal en prácticas	1	5	12000
		TOTAL (€)	3840000

Se obtiene: **M2= 3.84 M€/año**

7.3.1.3. Patentes (M3)

Si el proceso en cuestión utiliza alguna patente que aun está en vigor se tiene que pagar por ello. Normalmente el precio a pagar supone entre 1-5% de ventas anuales.

En este caso, se han consultado patentes y libros para obtener información sobre las diferentes condiciones de operación. Por lo tanto, el proceso global realizado no se encuentra bajo ninguna patente que está en vigor.

Se obtiene: **M3= 0 €/año.**

7.3.1.4. Mano de obra indirecta (M4)

La mano de obra no estará relacionada con el proceso productivo, las funciones que son realizadas dan término a los servicios generales de la planta química. Se calcula su valor entre 12-45% del valor de la mano de obra directa (M2). Se elige un valor del 12%.

$$M4 = 0.12 \cdot M2 = 0.12 \cdot 3216000\text{€} = 385920\text{€}$$

7.3.1.5. Servicios (M5)

Los costes de los servicios son de aquellos necesarios para garantizar el funcionamiento de la planta. En la *Tabla 7.20*, se muestran los costes que suponen dichos servicios.

Tabla 7.20. Costes de los servicios (M5).

Servicios	Valor	Precio (€/año)	Coste (€/Año)
Gas natural (m3)	2443.5	0.06	146.61
Agua de servicios (m3)	89876.6	2.03	182449.5
Nitrógeno (m3)	704.68	4.987	3514.238105
Aceite térmico (Therminol 66) (Kg)	469332	5.881	2760141.5
Diesel (Electrógenos) (L)	459360	1.14	523670.4
Electricidad (kW)	1423008	0.14	199221.12
TOTAL (€)			3669143.36

Por lo tanto, **M5= 3.67M€.**

7.3.1.6. Suministros (M6)

Este parámetro hace referencia a las adquisiciones regulares que no forman parte ni de materias primas ni de servicios. Algunos ejemplos serían el papel para oficinas, el

material de seguridad y el material de limpieza. Los suministros suponen entre un 0.2-1% del capital inmovilizado. Se elige un valor de 0.5%.

$$M6 = 0.005 \cdot I = 0.005 \cdot 71414565.51 \text{€} = 357072.83 \text{€}$$

7.3.1.7. Mantenimiento (M7)

Se incluye en este apartado el coste de todas las revisiones periódicas, reparaciones y substituciones de piezas que no se realizan por empresas externas. No se tienen en cuenta aquí las inversiones por ampliación de la planta ni las modificaciones de equipos que supongan una mejora en la operación de estos. El coste de mantenimiento supone entre un 2-10% del coste del capital inmovilizado. En este caso se elige 3%.

$$M7 = 0.03 \cdot I = 0.03 \cdot 71414565.51 \text{€} = 2142436.97 \text{€}$$

7.3.1.8. Laboratorios (M8)

En la planta de producción de VAM se tienen laboratorios I+D y laboratorios de control de calidad. En los laboratorios de control de calidad se controla tanto la entrada como la salida de materias para evaluar su calidad y en el laboratorio I+D, se investiga sobre posibles mejoras en el proceso. Supone entre un 5-25% de la mano de obra (M2). Se elige un 10%.

$$M8 = 0.10 \cdot M2 = 0.10 \cdot 3216000 \text{€} = 321600 \text{€}$$

7.3.1.9. Envasado (M9)

Este coste incluye los gastos económicos de personal, dispositivos y materiales necesarios para la actividad de envasado. El valor del coste se escoge un 10% del capital inmovilizado.

$$M9 = 0.10 \cdot I = 0.10 \cdot 71414565.51 \text{€} = 7141456.55 \text{€}$$

7.3.1.10. Expediciones (M10)

Incluye el coste que supone tener el producto en el depósito de almacenamiento y de su peligrosidad, la forma de envasado y la naturaleza del producto. Este coste no se

cuantifica en este caso, debido a que resulta difícil dar un porcentaje para las expediciones.

$$\mathbf{M10 = 0€}$$

7.3.1.11. Técnicos y directivos (M11)

Es el coste de los gerentes y jefes que trabajan en la planta. Generalmente se calcula con un porcentaje entre 10-40% de los costes de la mano de obra directa (M2). Se elige un valor de 10%.

$$\mathbf{M11 = 0.10 \cdot M2 = 0.10 \cdot 3216000€ = 321600 €}$$

7.3.1.12. Amortización (M12)

Consiste en tener en cuenta la amortización de todos los equipos de la planta y depende de la duración dado que está asociado a la pérdida del valor inmovilizado. Este coste se tendrá en cuenta cuando se realicen los balances económicos de la planta, es decir, en el NCF (Net Cash Flow).

$$\mathbf{M12 = 0€}$$

7.3.1.13. Alquileres (M13)

Únicamente se tendrían en cuenta si se tienen alquileres. Si el terreno se compra, como es el caso, este valor no se amortiza porque al final de la vida útil de la planta se recupera el valor.

$$\mathbf{M13 = 0€}$$

7.3.1.14. Impuestos y tasas (M14)

Se incluyen todos los impuestos menos los asociados a tener un beneficio, es decir, son los impuestos normales por el funcionamiento de la empresa. Supone un 0.5% del capital inmovilizado.

$$\mathbf{M14 = 0.005 \cdot I = 0.005 \cdot 71414565.51€ = 357072.83 €}$$

7.3.1.15. Seguros (M15)

Para la construcción de la planta que se lleva a cabo se necesitan seguros. El valor de este parámetro supone el 1% del capital inmovilizado y no tiene en cuenta el valor de los seguros del personal debido a que está incluido en el precio de la mano de obra.

$$M15 = 0.01 \cdot I = 0.01 \cdot 71414565.51 \text{ €} = 714145.65 \text{ €}$$

Por lo tanto, obtenidos estos valores, los costes de fabricación totales se obtendrán a partir de la siguiente *Ecuación 7.20*:

$$M = \sum_{i=0}^{15} M_i \quad \text{Ecuación 7.20}$$

Finalmente, se obtiene **M = 70806964.09 € (70.81 M€)**.

7.3.2. Gastos generales

Los gastos generales o de administración y ventas junto a los costes de fabricación conforman los cotes de operación. Y como se ha observado en la Figura 7.9, existen 4 tipos de gastos que se calculan a continuación.

7.3.2.1. Gastos comerciales (G1)

Estos costes tienen en cuenta los gastos económicos de los agentes comerciales, viajes, publicidad y marketing y se establece un porcentaje entre el 5-20% de los costes de fabricación (M). Se elige un valor del 5%.

$$G1 = 0.05 \cdot M = 0.05 \cdot 70806964.09 \text{ €} = 3540348.20 \text{ €}$$

7.3.2.2. Gastos de gerencia (G2)

Incluye el sueldo del gerente, el de los empleados de administración y los costes de oficinas asociados a la gerencia. Se establece entre un 3-6% de los costes de fabricación. Se elige un 3%.

$$G2 = 0.03 \cdot M = 0.03 \cdot 70806964.09 \text{ €} = 2124208.92 \text{ €}$$

7.3.2.3. Gastos financieros (G3)

Son los cotes a pagar por préstamos a entidades financieras en función del porcentaje de tipo de interés. Normalmente se establece un 8% del capital prestado.

Se asume que no hay necesidad de préstamos, por lo tanto no hay costes.

$$G3=0 \text{ €}$$

7.3.2.4. Gastos de investigación y servicios técnicos (G4)

Las empresas necesitan invertir parte de su beneficio en el asesoramiento sobre nuevas vías de investigación para el desarrollo, ya que este parámetro tiene una gran influencia en el avance de la empresa. Dicho parámetro supone un valor entre 0-5%, se elige un valor del 3%.

$$G4=0.03 \cdot M=0.03 \cdot 70806964.09 \text{ €}=2124208.92 \text{ €}$$

Finalmente, se suman todos los componentes de los gastos generales para obtener un valor global mediante la siguiente *Ecuación 7.21*:

$$G = \sum_{i=0}^4 G_i \quad \text{Ecuación 7.21}$$

Por lo tanto, se obtiene: **G= 7788766.05€ (7.79 M€)**.

Para conocer los costos anuales de producción se suman los costes de fabricación (M) y los gastos generales (G). Se obtiene lo siguiente:

$$G + M = \quad 78595730.14 \text{ €}$$

El coste total de producción anual será de **78.60 M€**.

7.4. Ingresos por ventas y Rentabilidad de la planta

7.4.1. Ingresos por ventas

El objetivo principal de VAM Industry es la producción de acetato de vinilo monómero, que se hará servir como materia prima para la producción de polímeros. No obstante, se obtiene como subproducto CO₂, el cual no se comercializa y es enviado directamente a la atmósfera.

Para conocer los ingresos anuales de la empresa, se ha tenido en cuenta el número de horas trabajadas, ya que la planta opera 300 días al año, y la cantidad anual de VAM producido.

En la *Tabla 7.21*, se muestra el producto obtenido en la producción y por lo tanto el valor de los ingresos anuales por su venta.

Tabla 7.21. Ingresos por ventas.

Producto	Precio (€/Tn)	Producción anual (Tn/año)	Ingresos (€)
VAM	1270	69457.5576	88211098.15
TOTAL (€)			88211098.15

Se obtiene un ingreso anual de **88.21 M€**.

7.4.2. Rentabilidad de la planta

Finalmente, se estudia la viabilidad económica de la planta industrial a partir del análisis del NCF (Net Cash Flow), el TIR (Tasa Interna de Retorno) y el VAN (Valor Actual Neto).

7.4.2.1. Cálculo del Net Cash Flow

El método de Net Cash Flow, o también conocido como el flujo neto de caja, consiste en la cuantificaciones tanto de los costes y de los ingresos que se producen en la planta desde que se hace la inversión inicial. De esta forma se podrá conocer la viabilidad de la empresa con la obtención de beneficios, si es el caso. Se hace un análisis anticipado y posteriormente se restaran la amortización y los impuestos. En los impuestos se ha considerado que el valor es de un 36% sobre la base imponible.

Para el cálculo de NCF se tiene en cuenta:

- **Vida útil de la planta:** se considera una vida útil de la planta de 15 años. Por lo tanto al final de la vida útil se recupera el capital circulante, así como también el valor de terreno.
- **Construcción de la planta:** se considera que la duración de la construcción de la planta es de 1 año.
- **Valor residual:** es la cantidad de dinero que se puede recuperar al final de la vida útil de la planta. En este proyecto se considera que no hay valor residual y que solo se recupera el valor de la parcela donde se construye la planta. Esto se debe a que normalmente las ganancias de las plantas químicas vienen dadas por la maquinaria vendida. Por lo tanto, VR =0.
- **Ventas y costes:** se considera que el precio del producto se mantiene durante la vida útil de la planta y que los costes son los mismos durante este tiempo.
- **Amortización:** es el coste de la planta que se asocia a la pérdida de valor de inmovilizado. Es una amortización regresiva, ya que es la más utilizada en la industria. Se escoge saldo decreciente.

A partir de la *Ecuación 7.22* y *Ecuación 7.23*, se obtiene la amortización por suma de dígitos.

$$A_i = I \cdot \frac{(t-(t-1))}{z} \quad Ecuación 7.22$$

Dónde:

- A_i : Amortización en el año “i”.
- t : Vida útil de la planta (15 años).

$$z = \frac{t(t+1)}{2} \quad Ecuación 7.23$$

Se obtiene : $z= 120$

En la *Tabla 7.22*, se muestran los valores calculados para la amortización a partir de las ecuaciones anteriores.

Tabla 7.22. Valores de la amortización.

t	Ai (M€)
1	8.93
2	8.33
3	7.74
4	7.14
5	6.55
6	5.95
7	5.36
8	4.76
9	4.17
10	3.57
11	2.98
12	2.38
13	1.79
14	1.19
15	0.60

Una vez obtenidos los valores de la amortización, seguidamente se muestran los resultados del NFC correspondiente a la planta de producción de VAM en la *Tabla 7.23*:

Tabla 7.23. Calculo del NFC en M€.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
C. Inmovilizado	-71.41																0
C. Circulante		-14.28															14.28
Terrenos	-10.65																10.65
Valor residual	0																
Ventas		88.21	88.21	88.21	88.21	88.21	88.21	88.21	88.21	88.21	88.21	88.21	88.21	88.21	88.21		
Costes		-78.60	-78.60	-78.60	-78.60	-78.60	-78.60	-78.60	-78.60	-78.60	-78.60	-78.60	-78.60	-78.60	-78.60		
Amortización		-8.93	-8.33	-7.74	-7.14	-6.55	-5.95	-5.36	-4.76	-4.17	-3.57	-2.98	-2.38	-1.79	-1.19	-0.60	
Beneficio bruto		0.69	1.28	1.88	2.47	3.07	3.66	4.26	4.85	5.45	6.04	6.64	7.23	7.83	8.43	9.02	
Base imponible			-0.25	-0.46	-0.68	-0.89	-1.10	-1.32	-1.53	-1.75	-1.96	-2.18	-2.39	-2.60	-2.82	-3.03	
NCF sin impuestos	-82.06	-4.67	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62		
NCF	-82.06	-4.67	9.37	9.15	8.94	8.72	8.51	8.30	8.08	7.87	7.65	7.44	7.23	7.01	6.80	6.58	21.68

7.4.2.2. Cálculo del VAN y del TIR

El VAN y el TIR son métodos actualizados que tienen en cuenta el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial. De esta manera, se tiene una idea real del riesgo que supone el proyecto.

El VAN consiste en sumar todos los valores actuales de los futuros ingresos y costes que se produzcan. Para calcular este parámetro, se realiza una actualización del dinero en función del interés capital (i) y de los años de la vida útil de la planta (t). Por lo tanto, el VAN se obtiene a partir de la siguiente *Ecuación 7.24*:

$$VAN = NCF_0 + \sum_{n=1}^{n=t} \frac{NFC}{(1+i)^t}$$

Un valor elevado del VAN corresponde más rentabilidad del proyecto. Si el valor de este es 0, implica que no se gana ni se pierde. Y si finalmente este valor es negativo significaría que el proyecto no es viable por lo tanto no tendría sentido llevarlo a cabo.

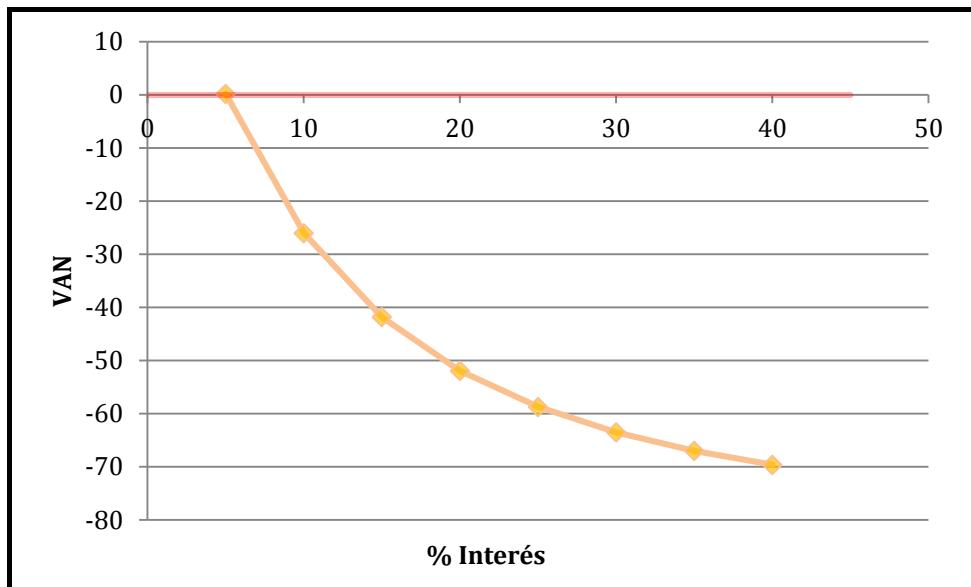
Con el TIR se determina el interés a partir del cual la empresa empieza a tener beneficios ($VAN=0$). Es importante que el valor del TIR sea elevado ya que esto implicaría que se consiguen beneficios altos, aunque los intereses también lo sean.

A continuación, en la *Tabla 7.24* se representan los resultados del VAN obtenidos para cada año de funcionamiento de la planta y según el interés comprendidos en un rango entre 5 y 40%.

Tabla 7.24. VAN

% Interés	VAN (€/Año)
5	0.20
10	-26.02
15	-41.83
20	-51.93
25	-58.73
30	-63.51
35	-66.99
40	-69.62

En la siguiente *Gráfica 7.1* se puede observar la evolución del VAN respecto los diferentes intereses y además el valor del TIR.



Gráfica 7.1. Evolución del VAN en función del interés.

El valor obtenido del TIR es el siguiente:

$$\text{TIR} = 5 \%$$

7.5. Viabilidad de la planta

Como se observa en el NFC, se obtienen beneficios desde el primer año, aunque estos son mínimos, y puede ser como consecuencia que en este estudio económico no se analizan ciertas áreas del proceso las cuales se representan como una Black Box, como es el caso de la purificación de gases que supondría una gran parte en el cálculo de los costes de operación.

En cuanto al TIR, interesa que este valor sea elevado porque significaría que a pesar de pagar un interés elevado, se obtienen beneficios. Por lo tanto, teóricamente, para considerar que un proyecto es rentable este valor debe comprender un rango entre 15-20%. En este caso, el valor del TIR es de 5 %, tal como se puede observar en la *Gráfica 7.1*, cuando corresponde a un VAN de valor 0.

Como se ha mencionado, el valor del TIR es muy bajo y la planta sería viable si el interés fuese bajo, pero actualmente debida a la situación económica no resultaría rentable.

Aunque no se haya tenido en cuenta, la producción de CO₂ que se obtiene como subproducto también tiene relevancia en la viabilidad de la planta, debido a que se produce un caudal elevado que se emite a la atmósfera y por lo tanto supone un coste que suma a los obtenidos.

Se ha observado que influye mucho el coste de las materias primas, ya que para llegar a la producción deseada se necesita mucha cantidad. Además influye el hecho que la conversión es baja (24.9%), obteniendo a partir de mucho caudal de entrada, un caudal de producto pequeño.

Aunque los beneficios obtenidos sean positivos, desde el primer año, para llevar a cabo el proyecto sería necesario adoptar mejoras para aminorar los costes de manufactura y fabricación, de esta manera buscando alternativas para que la planta resulte finalmente más rentable.