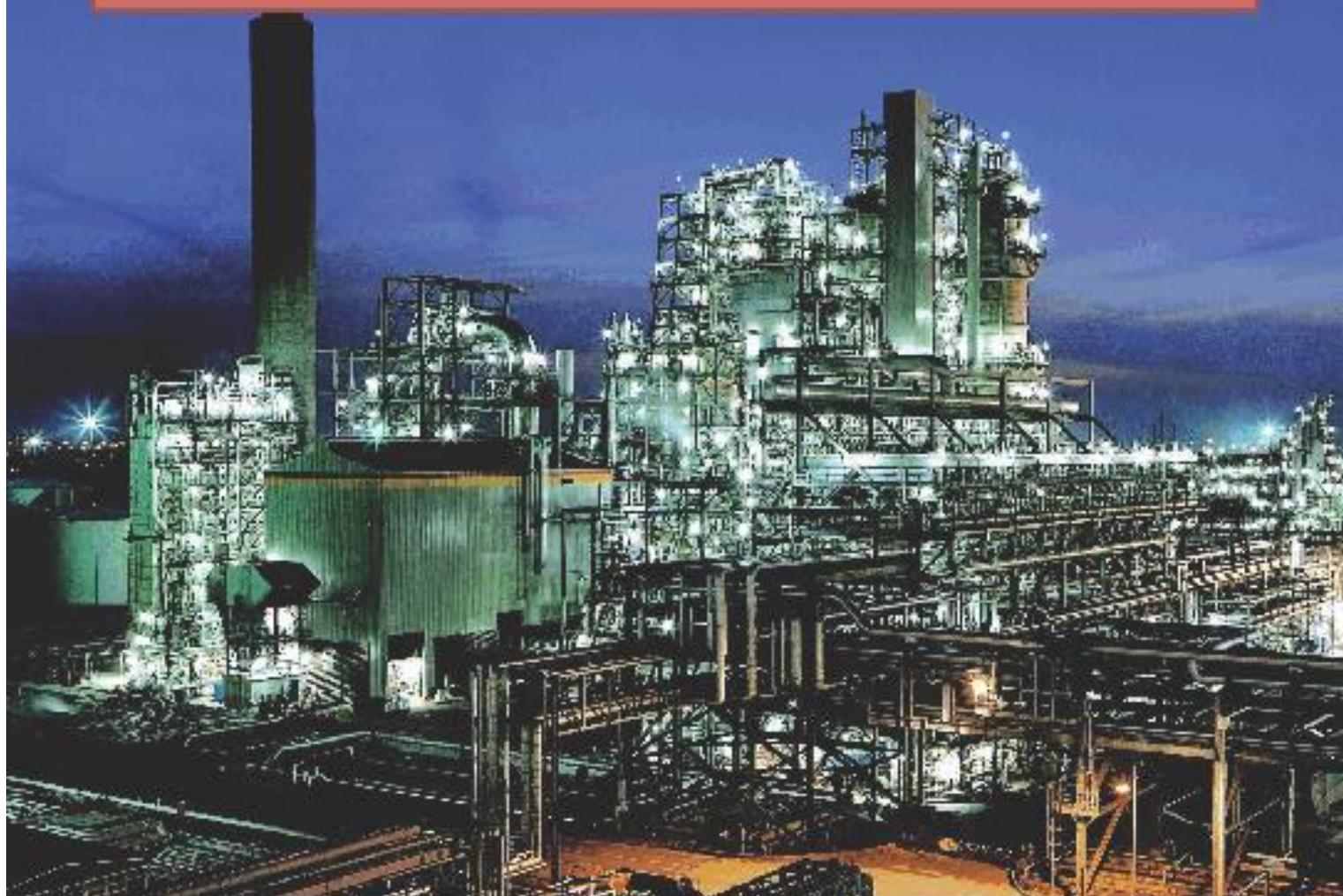


**2012**

# **PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ACRILONITRILLO**



Carolina Alonso Lara  
Adrià Checa Aranda  
Marc Giménez Soligó  
Esther Martínez Font  
Adela Paz Fernández

Tutor : Javier Lafuente Sancho

# 7. Evaluación económica

7. Evaluación económica

7.1. INTRODUCCIÓN .....	4
7.2. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PLANTA: ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL .....	4
7.2.1. Estimación del capital inmovilizado .....	5
7.2.2 Estimación del capital circulante.....	19
7.3 ESTIMACIÓN DEL COSTE DE PRODUCCIÓN .....	20
7.3.1     Estimación de los costes de fabricación (M) .....	20
7.3.2     Estimación de los costes de administración y ventas (G) .....	24
7.4     VENTAS Y RENTABILIDAD DEL NEGOCIO.....	25
7.4.1     Ingresos por ventas .....	25
7.4.2     Rentabilidad de la planta .....	25

## 7. EVALUACIÓN ECONÓMICA

---

### 7.1. INTRODUCCIÓN

Al realizar la evaluación económica de la planta se estudia la viabilidad del proyecto a partir del net cash flow (NCF) y el estudio del valor actual neto (VAN).

### 7.2. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PLANTA: ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL

La inversión inicial hace referencia al capital desembolsado antes de empezar la actividad empresarial. Es la cantidad de dinero destinado a la compra de bienes o servicios que permitirán obtener más bienes o servicios pasado un cierto periodo de tiempo de inversión mayor a un año. Los componentes de la inversión inicial son los siguientes:

- Costes previos: se refiere a la parte de investigación del producto (calidad del producto, métodos de fabricación, entre otros) y a la constitución de la empresa. Supone un coste bajo comparado con el capital inmovilizado. Estos tipos de costes son conocidos con anterioridad al diseño de la planta, en este proyecto no se han tenido en cuenta.
- Capital inmovilizado: lleva el peso importante de la inversión inicial. Se refiere a la adquisición de los medios transformadores, como por ejemplo: equipos, catalizadores de vida larga, entre otros. El valor de estos medios decrece con el tiempo, por lo que es un capital amortizable.
- Capital circulante: es el capital referente al buen funcionamiento del negocio, el dinero del cual se puede hacer uso en cualquier momento. Este dinero está en constante movimiento y sufre continuas transformaciones, a pesar de esto tiene un valor más o menos fijo. Este capital no requiere de amortización, se recupera prácticamente en su totalidad al cierre de la empresa. Se refiere a las materias primas, salarios, entre otros.
- Puesta en marcha de la planta: se refiere al incremento de mano de obra, reparaciones y modificaciones que habrá que hacer al inicio de la actividad. Se considera una inversión cuando hace referencia a una planta nueva, como es el caso.

### 7.2.1. Estimación del capital inmovilizado

Existen diferentes métodos para la estimación del capital inmovilizado:

- Métodos globales: se requiere información acerca de la planta como los diagramas de proceso, el lay out, los equipos, el personal necesario, entre otros. Estima el capital inmovilizado con un error entre el 50 y el 100% y en un tiempo de entre 5 y 30 minutos. Se consideran métodos globales los métodos de factor universal, coeficiente inmovilización unitario y el método de Williams.
- Métodos de factor único: se necesita información del diagrama de proceso y de ingeniería, así como datos de equipos. Este método tiene un error entre el 20 y el 50% y se demora una media hora en la estimación del capital inmovilizado.
- Métodos de factor múltiple: es el método con menor error, entre el 10 y el 20%, a cambio el tiempo de estimación es mayor, más de 50 horas. Se estima el capital inmovilizado a partir del método del Vian, para la estimación del capital inmovilizado referente a maquinaria y a equipos se utiliza el método de Happel y para la estimación de equipos que requiere de caldererías (como tanques de almacenaje) se utiliza el método Ponderal.

Para este proyecto se ha realizado la estimación del capital inmovilizado usando métodos de factor múltiple.

El método de Vian consiste en listar las diferentes partes de la que se forma el capital inmovilizado y asignar a cada una de ellas un coste. La tabla 7.2.1 muestra las diferentes partes del capital inmovilizado consideradas por el método de Vian.

**Tabla 7.2.1. Estimación del capital inmovilizado (Método de Vian)**

I1: Maquinaria y equipos	X
I2: Gastos de instalación de I1	(0.35-0.45-0.50)·X
I3: Tuberías y válvulas	Sólidos: 0.10·X Líquidos: 0.60·X I3=2.5·Coste válvulas
I4: Instrumentos de medida y control	(0.05-0.3)·X
I5: Aislamientos térmicos	(0.03-0.07-0.10)·X
I6: Instalación eléctrica	(0.10-0.20)·X I6=2·Coste motor
I7: Terrenos y edificios	Edificaciones: Int (0.2-0.3) Mixt (0.12-0.15) Ext (0.05)
I8: Instalaciones auxiliares	(0.25-0.40-0.70)·X
Capital físico o primario	$Y=\sum_{i=1}^8 I_i$
I9: Honorarios del proyecto y dirección del montaje	Proyecto: 0.12·Y Dirección: 0.06·Y Compra: 0.02·Y
Capital directo o secundario	$Z=\sum_{i=1}^9 I_i$
I10: Contrata de obras	(0.04-0.10)·Z
I11: Gastos no previstos	(0.10-0.30)·Z

Tal como se observa en la tabla 7.2.1 la primera parte del capital inmovilizado que se ha de estimar es la de maquinaria y equipos, para realizar esta estimación se recurre al método Happel y a precios encontrados directamente en catálogos.

Es importante tener en cuenta que el método Happel estima los precios de los equipos referentes al año 1970, por lo tanto es necesaria la actualización de los precios como la conversión a euros de estos mismos. Para llevar a cabo esta actualización de precios se usa los índices de CEPCI (ChemicalEngineeringPlantCostIndex) correspondientes a los años 1970 y 2009, éste último es el más actualizado encontrado.

$$\text{CEPCI}_{1970}=125.7$$

$$\text{CEPCI}_{2009}=521.9$$

Para la actualización del precio de los equipos se usa la ecuación (7.1)

$$\text{Coste}_{2009} = \text{Coste}_{1970} \cdot \left( \frac{\text{CEPCI}_{2009}}{\text{CEPCI}_{1970}} \right) \quad (7.1)$$

Para la conversión de dólares a euros se ha utilizado la equivalencia actual:

$$1\$ \text{ EE.UU} = 0.75 \text{ euros}$$

- Tanques de almacenaje:

Como ya se ha comentado anteriormente para determinar el coste de los tanques de almacenaje se usa el método ponderal. Este método consiste en calcular el coste de los tanques a partir del peso de estos y diferentes coeficientes.

Primero se debe calcular el peso definitivo a partir de la ecuación (7.2)

$$\text{Peso definitivo [kg]} = \text{Peso primario [kg]} \cdot \text{Factor (tabulado)} \quad (7.2)$$

El peso primario es el peso conocido del tanque y el factor se halla tabulado, para depósitos muy grandes toma el valor de 1.1 y para depósitos pequeños de 1.3.

Una vez calculado el peso definitivo se ha de calcular el coste, para ello se usa la ecuación (7.3)

$$\text{Coste[ptas]} =$$

$$\text{Peso definitivo[kg]} \cdot \text{factor de calidad}_{\text{actualizado}} \cdot \text{factor de mecanización}_{\text{actualizado}} \quad (7.3)$$

Para los tanques que son de acero AISI 304 los factores son los siguientes:

$$\text{Factor de calidad}_{1990} = 486$$

$$\text{Factor de mecanización}_{1989} = 2$$

Los índices CEPCI para los años 1990 y 1989 son 357.6 y 355.4 respectivamente.

Una vez calculados los costes, actualizados los resultados y convertidos a euros se obtiene la tabla 7.2.2.

Tabla 7.2.2. Coste de los tanques de almacenamiento.

EQUIPO	UNIDADES	PESO [kg]	PESO DEFINITIVO [kg]	COSTE [ptas]	COSTE ACTUALIZADO [€]	COSTE TOTAL [€]
T-101/T-102	2	49404	59285	121370794	731149	1462299
T-103/106	4	26249	31499	64486918	388475	1553902
T-301	1	2191	2629	5382390	32424	32424
T-401	1	485	582	1192238	7182	7182
T-402	1	32	39	79302	478	478
T-403	1	119	143	293330	1767	1767
T-501	1	108	129	264833	1595	1595
T-502	1	1101	1322	2705812	16300	16300
T-503	1	100	120	246235	1483	1483
T-901/904	4	15171	18206	37271715	224528	898114
T-905/T-905	2	2513	3015	6173079	37187	74374
T-907/T-908	2	2	2481	2977	6094833	36716
T-909	1	127	152	311756	1878	1878
<b>COSTE TOTAL [€]</b>						<b>4125230</b>

Para los tanques pulmón el coste se determina de forma diferente debido a que son tanques agitados y tanques de proceso. Usando el método de Happel se puede estimar su coste, la ecuación (7.4) permite el cálculo del coste del recipiente y la ecuación (7.5) el coste del agitador.

$$\text{Coste}_{\text{recipiente}} = 57 \cdot (\text{Volumen [gal]})^{0.82} \quad (7.4)$$

$$\text{Coste}_{\text{agitador}} = 2000 \cdot (\text{Potencia [Hp]})^{0.56} \quad (7.5)$$

La tabla 7.2.3 muestra el coste de estos equipos

Tabla 7.2.3. Coste de los tanques agitados y tanques de proceso.

EQUIPO	UNIDADES	VOLUMEN [gal]	POTENCIA [Hp]	COSTE [\$]	COSTE [€]	COSTE ACTUAL [€]
M-301	1	3699	11.4	55863	41898	170957
M-401	1	3170	11.8	50310	37733	153963
M-501	1	528	3.07	13471	10103	41225
<b>COSTE TOTAL [€]</b>						<b>366145</b>

- Intercambiadores de calor

Para estimar el coste de los intercambiadores de calor se ha utilizado la ecuación (7.6)

$$\text{Coste} = 105 \cdot (\text{Área [ft}^2\text{]})^{0.62} \quad (7.6)$$

La tabla 7.2.4 muestra los resultados obtenidos para los intercambiadores de la planta

**Tabla 7.2.4. Coste de los intercambiadores de calor.**

EQUIPO	UNIDADES	ÁREA [ft <sup>2</sup> ]	COSTE [\$]	COSTE 1970 [€]	COSTE ACTUALIZADO TOTAL [€]
K-201	1	48971	48971	48971	48971
K-202	1	31755	31755	31755	31755
E-201	1	16069	16069	16069	16069
E-202	1	13677	13677	13677	13677
E-203	1	131759	131759	131759	131759
E-301	1	15873	15873	15873	15873
E-302	1	15873	15873	15873	15873
E-303	1	11716	11716	11716	11716
E-304	1	8955	8955	8955	8955
K-401	1	24305	24305	24305	24305
K-402	1	1124	1124	1124	1124
CO-401	1	18690	18690	18690	18690
CO-402	1	3155	3155	3155	3155
E-401	1	34751	34751	34751	34751
E-402	1	191593	191593	191593	191593
E-403	1	155647	155647	155647	155647

Planta de producción de acrilonitrilo

7. Evaluación económica

E-404	1	18188	18188	18188	18188
E-405	1	18902	18902	18902	18902
E-406	1	28395	28395	28395	28395
E-407	1	2019	2019	2019	2019
K-501	1	7608	7608	7608	7608
K-502	1	17438	17438	17438	17438
K-503	1	4214	4214	4214	4214
CO-501	1	196611	196611	196611	196611
CO-502	1	70476	70476	70476	70476
CO-503	1	14124	14124	14124	14124
E-501	1	3756	3756	3756	3756
E-502	1	2413	2413	2413	2413
E-503	1	2595	2595	2595	2595
E-504	1	2019	2019	2019	2019
<b>COSTE TOTAL [€]</b>					1112671

- Columnas de destilación y absorción

Para estimar el coste de las columnas de destilación y absorción que hay en la planta se ha utilizado la tabla 7.2.5, esta tabla es la que proporciona el método Happel para el cálculo del coste de columnas. En ella se observa el coste de la columna y el número de platos para columnas con diferentes números de platos.

**Tabla 7.2.5. Estimación de costes: columnas**

Nº de platos	Coste de una columna de 6 ft de diámetro vacía [ \$ ]	Coste de los platos [ \$ ]
10	11000	1400
20	19400	2800
50	35200	7000

La tabla 7.2.5 muestra datos para una columna de 6 ft de diámetro, para normalizar a columnas de diferentes diámetros existe la relación de Williams, ecuación (7.7)

$$Coste_{equipo} = Coste_{equipoconocido} \cdot \left( \frac{S_{equipo}}{S_{equipoconocido}} \right)^b \quad (7.7)$$

S hace referencia a la propiedad característica del equipo, en este caso el diámetro  $b = 0.65$

Para calcular el coste de los platos solamente se ha de multiplicar el número de platos por lo que cuesta un plato (140 \$), según la tabla 7.2.5.

La tabla 7.2.6 muestra el coste de las diferentes columnas de destilación que hay en la planta

Tabla 7.2.6. Coste de las columnas de platos

EQUIPO	UNIDADES	NUMERO DE PLATOS	COSTE PLATO S [\$]	COSTE COLUMNA [\$]	COSTE [€]	COSTE ACTUAL [€]
C-401	1	40	5600	46875	35156	143449
C-502	1	40	5600	48208	36154	147519
A-401	1	13	1820	15293	11470	46800
<b>COSTE TOTAL [€]</b>						<b>337769</b>

Para las columnas de relleno se tiene en cuenta el coste del relleno en vez de los platos.

Tabla 7.2.7. Coste de las columnas de relleno

EQUIPO	UNIDAD ES	ALTURA DEL RELLENO [ft]	COSTE COLUMNA [\$]	COSTE [€]	COSTE ACTUAL [€]
C-402	1	20	61950	22925	93541
C-501	1	40	112700	98799	403135
C-503	1	40	112700	76412	311786
Q-301/Q-302			61950	65909	268933
<b>COSTE TOTAL [€]</b>					<b>1077396</b>

- Bombas y compresores

El coste de bombas y compresores depende de la potencia del motor, para ello se ha usado la ecuación (7.8) para bombas y (7.9) para compresores

$$\text{Coste compra} = 1400 \cdot \left(\frac{P}{10}\right)^n \quad (7.8)$$

donde es n es 0.37 para potencias menores de 10 HP y equivale a 0.63 para potencias mayores o iguales.

$$\text{Coste compra} = 645 \cdot (P)^{0.8} \quad (7.9)$$

La tabla 7.2.8 muestra los costes referentes a bombas y compresores

Tabla 7.2.8. Costes de bombas y compresores.

Ítem	Potencia [kW]	Unidades	COSTE [\$]	COSTE [€]	COSTE ACTUAL [€]
P-101	2,2	2	1,02	0,77	3,1
P-201	40,2	2	4,00	3,00	12,2
P-301	0,33	2	0,51	0,38	1,6
P-303	2,78	2	1,12	0,84	3,4
P-305	3,49	2	1,22	0,91	3,7
P-307	0,41	2	0,55	0,41	1,7
P-309	0,22	2	0,44	0,33	1,3
P-311	15,5	2	2,19	1,64	6,7
P-313	13,4	2	2,00	1,50	6,1
P-319	0,01	2	0,14	0,10	0,4

Planta de producción de acrilonitrilo

7. Evaluación económica

P-321	0,54	2	0,61	0,46	1,9
P-323	0,54	2	0,61	0,46	1,9
P-401	1,83	2	0,96	0,72	2,9
P-403	0,88	2	0,73	0,55	2,2
P-405	6,21	2	1,50	1,13	4,6
P-407	3,54	2	1,22	0,92	3,7
P-409	0,21	2	0,43	0,32	1,3
P-411	0,08	2	0,30	0,23	0,9
P-413	0,17	2	0,40	0,30	1,2
P-415	22,1	2	2,74	2,06	8,4
P-417	0,44	2	0,57	0,42	1,7
P-419	0,1	2	0,33	0,24	1,0
P-421	0,02	2	0,18	0,14	0,6
P-423	1,52	2	0,89	0,67	2,7
P-425	73,5	2	5,84	4,38	17,9
P-427	5,52	2	1,44	1,08	4,4
P-429	57,4	2	5,00	3,75	15,3
P-431	16,75	2	2,30	1,73	7,0
P-433	40,33	2	4,00	3,00	12,3
P-435	52,52	2	4,73	3,55	14,5
P-437	30,49	2	3,36	2,52	10,3
P-439	0,38	2	0,54	0,40	1,6
P-442	2,96	2	1,14	0,86	3,5
P-444	0,21	2	0,43	0,32	1,3

Planta de producción de acrilonitrilo

7. Evaluación económica

P-501	1,41	2	0,87	0,65	2,7
P-503	0,1	2	0,33	0,24	1,0
P-505	0,7	2	0,67	0,50	2,1
P-507	0,44	2	0,57	0,42	1,7
P-509	0,17	2	0,40	0,30	1,2
P-511	0,21	2	0,43	0,32	1,3
P-513	0,09	2	0,31	0,24	1,0
P-515	0,32	2	0,50	0,38	1,5
P-517	0,21	2	0,43	0,32	1,3
P-519	65,36	2	5,43	4,07	16,6
P-521	285,4	2	13,74	10,30	42,0
P-523	28,03	2	3,18	2,39	9,7
P-525	2,47	2	1,07	0,80	3,3
P-527	1,79	2	0,95	0,71	2,9
P-529	2,25	2	1,03	0,78	3,2
P-531	0,89	2	0,73	0,55	2,2
P-533	1	2	0,77	0,57	2,3
P-535	3,65	2	1,24	0,93	3,8
P-537	0,58	2	0,63	0,47	1,9
P-601	15,5	1	1,10	0,82	3,4
P-602	13,4	1	1,00	0,75	3,1
P-603	22,3	1	1,38	1,03	4,2
P-604	16,7	1	1,15	0,86	3,5
P-605	73,5	1	2,92	2,19	8,9

Planta de producción de acrilonitrilo

7. Evaluación económica

P-606	5,52	1	0,72	0,54	2,2
P-607	57,4	1	2,50	1,88	7,7
P-608	16,75	1	1,15	0,86	3,5
P-609	40,33	1	2,00	1,50	6,1
P-610	52,52	1	2,36	1,77	7,2
P-611	30,49	1	1,68	1,26	5,1
P-612	0,38	1	0,27	0,20	0,8
P-613	65,36	1	2,71	2,04	8,3
P-614	285,4	1	6,87	5,15	21,0
P-615	28,03	1	1,59	1,19	4,9
P-616	2,47	1	0,53	0,40	1,6
P-617	1,79	1	0,47	0,36	1,5
P-618	2,25	1	0,52	0,39	1,6
P-619	0,89	1	0,37	0,27	1,1
P-620	3,48	1	0,61	0,46	1,9
P-621	10,01	1	0,90	0,67	2,7
P-622	16,56	1	1,14	0,86	3,5
P-623	3	1	0,57	0,43	1,7
P-624	501,53	1	3,82	2,87	11,7
P-701	0,11	2	0,34	0,25	1,0
P-703	0,01	2	0,14	0,10	0,4
P-901	0,75	2	0,69	0,52	2,1
P-903	0,01	2	0,14	0,10	0,4
P-905	0,03	2	0,21	0,16	0,6

Planta de producción de acrilonitrilo

7. Evaluación económica

P-1301	0,31	2	0,50	0,37	1,5
P-1303	3,06	2	1,16	0,87	3,5
P-1305	0,4	2	0,55	0,41	1,7
<b>COSTE TOTAL [€]</b>					436322

Ítem	Potencia [kW]	Unidades	COSTE [\$]	COSTE [€]	COSTE ACTUAL [€]
S-201	1537,75	2	361755	271316	1107065
S-203	843,15	2	223681	167761	684524
S-301	185,13	2	66510	49883	203538
S-303	20,69	2	11522	8641	35259
S-401	89,56	2	37205	27903	113856
S-601	6,85	1	2379	1784	7281
S-602	87,82	1	18313	13734	56041
S-603	403,33	1	62002	46501	189742
S-604	48,72	1	11430	8572	34978
V-701	246,81	2	83714	62785	256186
S-801	317,64	2	102436	76827	313482
S-802	0,6	2	678	509	2076
S-803	50,23	2	23425	17569	71686
<b>COSTE TOTAL [€]</b>					3075714

- Reactores

Los reactores se han considerado como recipientes de proceso y a parte se ha estimado del coste de los tres ciclones que hay en cada uno de ellos. De modo que el coste de los reactores es 1048756 euros y el de los ciclones 9200 euros, así resulta que el coste total de los dos reactores es de 1057956 euros.

A continuación se listan los costes de los equipos que se han obtenido mediante catálogo en la tabla 7.2.9

**Tabla 7.2.9. Listado de equipos obtenidos mediante catálogo.**

<b>Ítem</b>	<b>Coste de compra [€]</b>
RC-701	600000
F-201	816,5
TF-601/TF-602	176216
CV-801	1156000
CR-301/CR-302	700000
TR-201	4500000
BA-101/BA-102/BA-901/BA-902	161600
CT-301	3000
CF-301	90000
DS-601/DS-602/DS-603	12600
CH-601/CH-602/CH-603/CH-604/CH-605	1000000
R-701/R-702/SD-701	4500000
Aire comprimido	25000

Una vez estimado el coste de la parte I1, se puede seguir aplicando el método de Vian para la estimación del capital inmovilizado. Para ello hay que seguir calculando todas las partes (Ii) que se muestran en la tabla 7.2.1.

De manera que I1, que es la calculada con el método Happel, vale 24514435€

I2: Costes de instalación de I1; incluye todos los costes de instalación como material, mano de obra, accesorios, soportes y estructuras entre otros. Para este proyecto se ha calculado

$$I2 = 0.45 \cdot X = 11031496 \text{ €}$$

I3: Tuberías y válvulas; donde están los costes de accesorios(no aislamientos), válvulas y tuberías necesaria para la instalación. En este caso se ha calculado de la siguiente manera

$$I3 = 0.6 \cdot X = 14708661 \text{ €}$$

I4: Instrumentos de medida y control; donde se incluyen indicadores, registradores, válvulas de regulación y otros elementos necesarios para el control. Calculado como se muestra a continuación

$$I4 = 0.3 \cdot X = 7354331 \text{ €}$$

I5: Aislantes térmicos; incluye material y mano de obra, se calcula de la siguiente forma

$$I5 = 0.07 \cdot X = 1716011 \text{ €}$$

I6: Instalación eléctrica; donde están los costes de motores, subestaciones transformadoras, entre demás cosas. En este caso se ha calculado como sigue

$$I6 = 0.15 \cdot X = 3677165 \text{ €}$$

I7: Terrenos y edificios; en este caso se ha considerado una edificación mixta de manera que se calcula

$$I7 = 0.15 \cdot X = 3677165 \text{ €}$$

I8: Instalaciones auxiliares; incluye servicios como agua, luz y vapor por ejemplo. Para este proyecto se ha calculado como se muestra a continuación

$$I8 = 0.4 \cdot X = 9805774 \text{ €}$$

Con todas estas partes se calcula el capital físico, Y el cual tiene un valor de 76485038 €

I9: Honorarios del proyecto y dirección del montaje; esta parte se halla dividida en tres

Costes del proyecto:  $0.12 \cdot Y = 9178205 \text{ €}$

Dirección de obra:  $0.06 \cdot Y = 4589102 \text{ €}$

Gestión de compras:  $0.02 \cdot Y = 1529701 \text{ €}$

De la siguiente manera se obtiene un valor de

$$I9 = 15297008 \text{ €}$$

Y a la vez se estima el valor del capital secundario Z, siendo éste

$$Z = Y + I9 = 91782046 \text{ €}$$

I10: Contrata de obras; es función de la complejidad, tamaño y localización de la planta.

Para este proyecto se ha considerado de la siguiente manera

$$I10 = 0.06 \cdot X = 1470866 \text{ €}$$

I11: Gastos no previstos; incluye gastos asociados a errores, a la gestión, a una puesta en marcha superior a la prevista. Para este proyecto se ha considerado como sigue

$$I11 = 0.2 \cdot X = 4902887 \text{ €}$$

Así se estima que el capital inmovilizado para la planta de producción de acrilonitrilo que contempla este proyecto es de 98155799 €

### 7.2.2 Estimación del capital circulante

Para la estimación del capital circulante se pueden utilizar dos métodos: el método global o el método de ciclo de producción. Para este proyecto se ha utilizado el método global, este método considera como capital circulante un porcentaje de entre el 10 y el 30% del capital inmovilizado. Considerando para este caso que el capital circulante representa un 20% del capital inmovilizado se obtiene lo siguiente

$$\text{Capital circulante} = 0.20 \cdot \text{Capital inmovilizado} = 19631160 \text{ €}$$

Este capital circulante se forma por el capital circulante disponible y el realizable. El primero es aquel que corresponde a dinero disponible en depósitos bancarios o cajas, letras o acciones. El segundo se refiere a materias primas almacenadas, productos en el ciclo de fabricación, producto acabado todavía sin vender, producto pendiente de cobrar, recambios, entre otros.

Para determinar la suma del capital circulante también se deberá sumar el precio de la parcela al valor calculado. Teniendo en cuenta la ubicación de la planta (Tarragona) se estima que el precio por metro cuadrado de suelo industrial es de 350 €. La parcela donde se encuentra la planta de acrilonitrilo tiene un área de 53235 m<sup>2</sup>, por lo cual, el valor de la parcela será de 18632250 €. Así el capital circulante asciende al valor de 38263410 €.

### 7.3 ESTIMACIÓN DEL COSTE DE PRODUCCIÓN

Los costes de producción se refieren al valor expresado en dinero de los bienes y prestaciones usados por la empresa para conseguir la producción del/os producto/s que se quiere comercializar.

Los costes de producción pueden ser debidos a la fabricación (M) o a la administración y ventas (G) y además se pueden dividir en cuatro tipos de costes diferentes:

- Costes directos; son aquellos costes claramente imputables a un producto, proceso o sección de la planta. Son por ejemplo: las materias primas, la mano de obra, las patentes y algunos costes comerciales.
- Costes indirectos; estos en cambio no se pueden atribuir en su totalidad a un producto, es el caso de servicios generales, suministros, entre otros.
- Costes fijos; son los que no dependen de la cantidad de producto producida, como es el caso de alquileres, empleados, por ejemplo.
- Costes variables; estos sí dependen de la producción. A su vez se clasifican en:
  - o Proporcionales; estos costes variables aumentan proporcionalmente con la producción, es el caso de materias primas, envasado o expedición.
  - o Regulados; estos aumentan en mayor o menor medida que los proporcionales y se distinguen en dos grupos:
    - Progresivos; varían en función de la producción de manera más exagerada que los proporcionales, un ejemplo es el coste de la mano de obra.
    - Regresivos; varían en función de la producción de manera menos notoria que los costes proporcionales, es el caso de los costes de laboratorio por ejemplo.

En la planta de producción de acrilonitrilo tratada en este proyecto, además del producto principal, se generan subproductos los cuales se venderán a precio de mercado. Estos subproductos son de baja producción respecto al producto principal, el acrilonitrilo, por lo cual los costes de producción de estos se considerarán nulos ya que se cargarán en su totalidad al producto principal. De la misma manera que los beneficios obtenidos con la venta de estos subproductos se cargarán en su totalidad al producto principal. En resumen, se considerará que los subproductos no generan ni costes ni beneficios.

#### 7.3.1 Estimación de los costes de fabricación (M)

##### 7.3.1.1 Costes de fabricación directos y variables

M1: Materias primas; es el coste de las materias primas, almacenadas, necesarias para llevar a cabo el proceso de producción, incluye transporte, almacenamiento e impuestos. Las materias primas de la planta de acrilonitrilo son el propileno, el amoniaco (el aire también lo es, pero no se considera en este apartado ya que el coste es nulo) y el catalizador, una mezcla de óxido de bismuto y óxido de molibdeno. Además también se

debe de tener en cuenta el ácido sulfúrico necesario para el quench, la hidroquinona, con la cual se estabiliza el acrilonitrilo, el agua oxigenada y el sulfato de hierro.

Debido a que en planta también se producen subproductos, los cuales son sulfato de amonio, acetonitrilo y cianuro de hidrogeno, se debe de tener en cuenta que los ingresos debidos a la venta de estos subproductos se deberán descontar a los costes de materias primas. Por lo tanto, los costes de materias primas quedan resumidos tal como muestra la tabla 7.3.1

Tabla 7.3.1. Costes de las materias primas

Materia prima	Precio [€/Tn]	Consumo [Tn/año]	Coste [€/año]
Propileno	754.7	52618	39710502.7
Amoníaco	316	21254.4	6716390.4
Catalizador	50040.5	104.322	5220325
Ácido sulfúrico	43	6750.7	290281
Hidroquinona	6048	0.02	113.2
Agua oxigenada	678	6936	4702608
Sulfato de hierro	69.5	1978	137471
Subproductos	Precio [€/Tn]	Producción [Tn/año]	Coste [€/año]
Sulfato de amonio	231	47545.2	10982941.2
Cianuro de hidrogeno	2080	4608	9584640

**Coste total de materias primas, M1 [€/año]****36210110**

M2: Mano de obra directa; hace referencia a la mano de obra adscrita al proceso de fabricación. En la planta de producción de acrilonitrilo habrá 4turnos de trabajo, en cada turno habrá 10trabajadores. Por lo tanto la plantilla de la planta es de 40 trabajadores, incluyendo operarios, mecánicos, especialistas y técnicos. El sueldo medio de un operario de la industria química es de 27000 €/año, por lo tanto el coste debido a mano de obra directa alcanza el valor de 1080000 €

M3: Patentes; las patentes se pagan en concepto de derechos de explotación de un proceso desarrollado por otra empresa, en este caso el proceso no se encuentra bajo ninguna patente, por lo cual los costes referidos a ésta son nulos.

### **7.3.1.2 Costes de fabricación indirectos y variables**

M4: Mano de obra indirecta; se trata del personal de fabricación adscrito a tareas no productivas, como es el caso de supervisores, personal de mantenimiento, por poner algunos ejemplos. Este coste se calcula como un tanto poriento de la mano de obra directa, siendo de entre el 15 y el 45% de esta. Para este proyecto se ha considerado el 30%, por lo cual el valor de costes de mano de obra indirecta es de 324000€

M5: Servicios generales; estos se distinguen en servicios internos y externos. Los servicios internos se tienen en cuenta como parte de la producción, los externos son aquellos servicios de los cuales se tiene un consumo y un precio de servicio). En este apartado solo se consideran los servicios generales externos, que son: electricidad, agua, gas natural. En la tabla 7.3.2 se muestra el consumo y el coste de cada uno de ellos.

El gas natural solo será necesario para la puesta en marcha de la planta, teniendo en cuenta el número de parada que se realizará al año (3paradas) y el consumo requerido por los equipos, se estima el consumo requerido anualmente.

También se debe de tener en cuenta que parte del vapor generado en la planta se utiliza para generar electricidad, la cual se vende a la compañía eléctrica, hecho que se ve reflejado en los costes anuales de este servicio (\*).

**Tabla 7.3.2. Costes de los servicios generales**

Servicio	Precio	Consumo	Coste [€]
Electricidad	0.12 €/W	10905.5 kW-3800 kW*	852.7
Agua	1.6 €/m <sup>3</sup>	792000 m <sup>3</sup>	1267200
Gas natural	0.053 €/m <sup>3</sup>	22320000 m <sup>3</sup>	1182960

M6: Suministros; estos costes se refieren a aquellos productos que se adquieren con regularidad, como es el caso de lubricantes, aceite de motores, material de limpieza, entre otros. Estos costes se calculan entre el 0.2 y el 1.5% del capital inmovilizado, para este caso en concreto se ha considerado un 0.6% del capital inmovilizado, por lo cual los costes debidos a suministros alcanzan un valor de 588935 €

M7: Conservación; es el coste referido al mantenimiento y las revisiones de la planta, se calcula como un porcentaje del capital inmovilizado en función de las condiciones de operación, si son suaves, moderadas o extremas. Para la industria química se considera condiciones moderadas por lo cual el cálculo supone entre el 5 y el 7% del capital inmovilizado. Para este proyecto se ha tomado el valor del 6% por lo que los costes debidos a la conservación tienen un valor de 64800 €

M8: Laboratorio; los costes de laboratorio de control de calidad, tanto de producto como de materias primas, se consideran entre el 5 y el 25% de los costes de mano de obra directa (M2). Para esta planta se ha considerado el 20% de M2, así los costes de laboratorio son de 216000€

M9: Envasado; el coste de envasado es función de como se distribuye el producto y de las ventas, para este proyecto el valor de estos costes es nulo ya que el producto se vende como líquido a granel y es recogido por camiones cisterna.

M10: Expedición; estos costes son derivados del transporte del producto de planta al comprador. Son función del tipo de producto y del transporte necesario, para este caso se ha considerado que los costes de expedición son nulos, debido a que se cargan en su totalidad al comprador del producto.

### ***7.3.1.3 Costes de fabricación indirectos y fijos***

M11: Directivos y empleados; son los costes de salarios de directivos y técnicos, se calculan entre el 10 y el 40% de los costes de mano de obra directa (M2). Para este proyecto se ha estimado el 20% por lo que el valor de los costes de directivos y empleados alcanza la cifra de 216000€

M12: Amortización; si se considera un amortización de tipo lineal, entonces ésta se calcula dividiendo el valor del capital inmovilizado por el tiempo de vida de la planta. La amortización únicamente se tiene en cuenta en los beneficios, por lo cual no se tiene en cuenta en el cálculo de costes de fabricación sino cuando se haga el Net Cash Flow (NCF).

M13: Alquileres; debido a que el terreno es comprado y no se tiene ningún otro tipo de alquiler, los costes referidos a éste son nulos.

M14: Impuestos (fábrica); tiene en cuenta los impuestos sobre agua, luz, alcantarillado, entre otros; pero no los impuestos sobre beneficios. Se calcula como un 1% del capital inmovilizado, por lo cual el valor de este coste es de 981558€

M15: Seguros (fábrica); son los costes derivados de los seguros de equipos e instalaciones, se calcula como el 1% del capital inmovilizado y su valor es de 981558€

Por lo tanto los costes de fabricación (M) ascienden a 43113974€

### 7.3.2 Estimación de los costes de administración y ventas (G)

#### 7.3.2.1 Costes de administración y ventas variables

G1: Gastos comerciales; son los gastos de agentes comerciales, publicidad y márquetin, entre otros. Se calcula entre el 5 y el 20% de los costes de fabricación (M). Para industrias, como la de este proyecto, que no venden directamente al consumidor se suele asumir el 5% de los costes de fabricación. Por lo tanto los costes de gastos comerciales tienen un valor de 2155699€.

#### 7.3.2.2 Costes de administración y ventas fijos

G2: Gerencia; son los costes administrativos y de las oficinas de administración, se calcula entre el 3 y el 6% de los costes de fabricación. Para este caso se ha considerado el 5% de M por lo que el valor es de 2155699€

G3: Gastos financieros; se refiere a los costes de tener capital prestado por bancos, a los intereses asociados. En este caso no se ha considerado ningún tipo de préstamo bancario por lo que su valor es nulo.

G4: Investigación y servicios técnicos; son costes derivados del departamento de investigación, además de los costes en asesoramiento del producto. Se calcula como un porcentaje del capital inmovilizado, entre el 2 y el 4%, en este caso se ha estimado un 3% de ese capital, obteniendo un valor para los costes de investigación y servicios técnicos de 2944674€

Así los costes de administración y ventas (G) alcanzan la cifra de 7256072€

Los costes de producción se calculan sumando los costes de fabricación (M) y los costes de administración y ventas (G), así se obtiene que los costes son de 50370046€

## 7.4 VENTAS Y RENTABILIDAD DEL NEGOCIO

### 7.4.1 Ingresos por ventas

El precio del acrilonitrilo en el mercado es de 2000 €/Tn, en la planta se producen 46915.2 Tn anualmente de las cuales se venden con seguridad en el mercado 45000Tn por lo tanto los ingresos por ventas son de 90000000€/año.

### 7.4.2 Rentabilidad de la planta

Para el estudio de la rentabilidad de la planta se realiza el Net Cash Flow (NCF) y se hace un estudio del Valor Actual Neto (VAN).

#### 7.4.2.1 Net Cash Flow (NCF)

El NCF estudia el movimiento de dinero que entra y sale de la empresa, éste se realiza para un periodo de tiempo determinado.

El cálculo del NCF se realiza en dos partes, primero se calcula el NCF sin impuestos, para ello se utiliza la ecuación (7.10)

$$NCF_{\text{sin impuestos}} = \text{Ventas} - \text{Costes} \quad (7.10)$$

Y en segundo lugar se calcula el NCF teniendo en cuenta impuestos y la amortización, a partir de la ecuación (7.11)

$$NCF_{\text{con impuestos}} = (-I - CC + R + X)_n + (V - C)_n - t\% \cdot (V - (C + A))_{n-1} \quad (7.11)$$

donde:

I es el capital inmovilizado

CC es el capital circulante

R es el valor residual

X ingresos o gastos atípicos relacionados con la inversión

V son las ventas

C son los costes totales de producción (M+G)

T es la tasa de impuestos

$V - (C + A)$  es la base imponible

Para este proyecto se realiza el NCF para los 15 años de vida de la planta.

---

7. Evaluación económica

Se considera que durante el tiempo de vida de la planta toda la producción tiene salida al mercado y que el terreno se puede vender, en el año 15+1, por el mismo precio que fue adquirido.

Se estima un periodo de construcción de la planta (durante el que no se produce) de 2 años. Durante este periodo se reparte la inversión de capital inmovilizado equitativamente.

Referente a impuestos se considera el 36% sobre la base imponible del año anterior.

Para la amortización, ésta se calcula usando la ecuación 7.12. No se tiene en cuenta el valor residual (R), por lo que se debe determinar que el capital inicial es (I-R).

$$A_t = \frac{I}{t_v}(7.12)$$

donde:

$A_t$  es la amortización en el año t

I es el capital inmovilizado

$t_v$  es el tiempo de vida de la planta

La tabla 7.4.1 muestra los resultados obtenidos del NCF para la planta de producción de acrilonitrilo.

Tabla 7.4.1. Net Cash Flow (NCF) para la planta de acrilonitrilo.

AÑO	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>INMOVILIZADO</b>	-4,91E+07	-4,91E+07							
<b>CIRCULANTE</b>		-3,83E+07							
<b>VENTAS</b>		9,00E+07							
<b>COSTES</b>		-5,04E+07							
<b>NCF sin impuestos</b>	-4,91E+07	-4,91E+07	1,37E+06	3,96E+07	3,96E+07	3,96E+07	3,96E+07	3,96E+07	3,96E+07
<b>AMORTIZACIÓN</b>		3,99E+06							
<b>BENEFICIO BRUTO</b>		3,96E+07							
<b>BASE IMPONIBLE</b>		3,56E+07							
<b>IMPUESTOS</b>		1,28E+07							
<b>NCF</b>	-4,91E+07	-4,91E+07	1,37E+06	2,68E+07	2,68E+07	2,68E+07	2,68E+07	2,68E+07	2,68E+07

Planta de producción de acrilonitrilo

7. Evaluación económica

AÑO	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>INMOVILIZADO</b>									
<b>CIRCULANTE</b>									
<b>VENTAS</b>	9,00E+07								
<b>COSTES</b>	-5,04E+07								
<b>NCF sin impuestos</b>	3,96E+07	3,83E+07							
<b>AMORTIZACIÓN</b>	3,99E+06								
<b>BENEFICIO BRUTO</b>	3,96E+07								
<b>BASE IMPONIBLE</b>	3,56E+07								
<b>IMPUESTOS</b>	1,28E+07								
<b>NCF</b>	2,68E+07	2,54E+07							

#### 7.4.2.2 Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es la suma de los valores actuales, de los futuros ingresos netos y de los costes, es decir, de los términos del NCF. Éste siempre se calcula sobre un interés, el que se obtendría de tener el capital inmovilizado en el banco, por lo tanto interesa obtener un valor del VAN positivo y lo más alto posible. También se puede representar una curva de VAN y así estimar el valor de interés que hace rentable la inversión, esto último es lo que se ha hecho para este proyecto. La ecuación (7.13) es la que se usa para calcular los valores representados en la figura 7.1

$$VAN = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (7.13)$$

donde

i es el interés y n el año considerado.

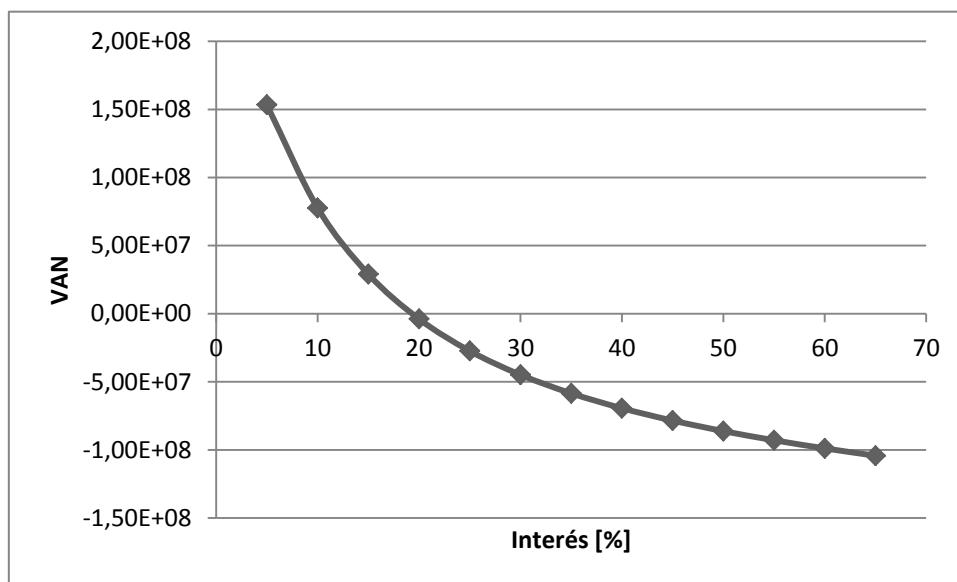


Figura 7.1 Curva del VAN en función de diferentes valores de interés

El valor de i que hace que VAN sea igual a 0 se denomina TIR (Tasa Interna de Retorno), éste muestra el punto o valor de i a partir del cual la empresa empieza a tener beneficios. En este caso este valor se halla en un interés del 20 %.

El valor de TIR obtenido es lo suficientemente alto como para considerar rentable la inversión en la planta de producción de acrilonitrilo.