

CAPÍTULO 7: EVALUACIÓN ECONÓMICA

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CLORURO DE VINILO



7.1 INTRODUCCIÓN.....	1
7.2 ESTUDIO DE MERCADO.....	2
7.2.1 ESTUDIO DE MERCADO DEL CLORURO DE VINILO	2
7.3 ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL	3
7.3.1 ESTIMACIÓN DEL CAPITAL INMOBILIZADO	4
7.3.1.1 ESTIMACIÓN DE LOS COSTES DE LOS EQUIPOS	4
7.3.1.1.1 COSTE DE LOS TANQUES DE ALMACENAJE	5
7.3.1.1.2 RECIPIENTES DE PROCESO	6
7.3.1.1.3 INTERCAMBIADORES DE CALOR	7
7.3.1.1.4 REACTORES	8
7.3.1.1.5 EQUIPOS DE SEPARACIÓN, COLUMNAS DE DESTILACIÓN	8
7.3.1.1.6 COMPRESORES	9
7.3.1.1.7 BOMBAS	9
7.3.1.1.8 VALVULA DE EXPANSIÓN.....	10
7.3.1.1.9 DESCALCIFICADORAS.....	10
7.3.1.1.10 CALDERAS DE VAPOR	10
7.3.1.1.11 TORRES DE REFRIGERACIÓN	11
7.3.1.1.12 CHILLERS.....	11
7.3.1.1.13 CONDENSADORES EVAPORATIVOS.....	11
7.3.1.1.14 TRATAMIENTO Y SEGURIDAD	12
7.3.1.1.15 ESTACIÓN TRANSFORMADORA Y GENERADOR	12
7.3.2 ESTIMACIÓN DEL CAPITAL INMOVILIZADO (CI).....	13
7.3.3 ESTIMACIÓN CAPITAL CIRCULANTE	16
7.3.4 INVERSIÓN INICIAL	17
7.4 ESTIMACIÓN DE LOS COSTES DE PRODUCCIÓN	17
7.4.1 COSTES DE FABRICACIÓN	17
7.4.1.1 COSTES DE FABRICACIÓN DIRECTOS	18
7.5 ESTIMACIÓN DE LOS COSTES DE VENTAS.....	24
7.5.1 COSTES DE ADMINISTRACION Y VENTAS VARIABLES.....	24
7.5.2 COSTES DE ADMINISTRACION Y VENTAS FIJOS.....	24
7.6 ESTIMACIÓN DE LAS VENTAS	25
7.7 RENTABILIDAD DE LA PLANTA	26
7.7.1 FLUJOS DE CAJA	26
7.7.1.1 CÁLCULO DE LA AMORTIZACIÓN ANUAL.....	27
7.7.2 RENDIMIENTO ECONÓMICO	31
7.7.2.1 VALOR ACTUAL NETO (VAN) Y LA TASA DE RENTABILIDAD INTRÍNSICA (TIR)	31
7.7.2.2 PERIODO DE REEMBOLSO	32
7.8 BIBLIOGRAFÍA.....	33

7.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se va a determinar la viabilidad del proyecto, para saber si se trata de un proyecto rentable, esto se hará a partir de una valoración económica que consistirá en hacer un balance económico de los costes y beneficios que tendrá la construcción y la operación de la planta durante su vida útil.

Primero se hará una estimación de la inversión inicial que se necesitará para iniciar el proyecto, para ello se estimará el coste de todos los equipos y aparatos que son necesarios, así como de los gastos de administración, tratamiento de los residuos y otros gastos.

Seguidamente, se ha realizará un estudio de mercado de todos los compuestos que intervienen en la planta de producción de cloruro de vinilo, para conocer los costes de las materias primeras y los beneficios que se obtendrán en este proyecto.

Finalmente, se ha estudiado si el proyecto resultara rentable mediante el método Net Cash Flow (NCF), que consiste en estudiar todos los flujos de caja que tendrá la planta durante su construcción, operación y desmantelamiento de planta. También se ha calculado el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial, así como el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de rentabilidad (TIR).

La viabilidad económica a la hora de poner en marcha un proyecto es uno de los puntos más importantes, ya que las posibilidades de que se lleve a cabo el proceso están directamente proporcionadas con la viabilidad económica y los beneficios que se prevean para la planta.

7.2 ESTUDIO DE MERCADO

7.2.1 ESTUDIO DE MERCADO DEL CLORURO DE VINILO

Previamente a realizar una valoración económica, hay que llevar a cabo un estudio de mercado sobre el producto principal, en este caso es el Cloruro de Vinilo.

El producto principal de OSMAN Industries, como se ha comentado más detalladamente en el Capítulo 1. Especificaciones del proyecto, se trata de un gas incoloro e inestable que es utilizado principalmente para la fabricación del policloruro de vinilo (PVC) o resinas.

Actualmente, se usa en su mayoría para la fabricación del PVC. En este proyecto se ha supuesto que el 100% del cloruro de vinilo producido irá destinado como materia primera del plástico conocido como PVC. El precio de este monómero en la actualidad tiene un valor de 725 \$/tonelada.

El cloruro de vinilo está entre los veinte derivados del petróleo que más se producen en todo el mundo, cada año se fabrican alrededor de 13.000 millones de kilogramos. Entre los principales países productores se encuentran China y Estados Unidos, pero existen otros países, como México, que también lo hacen. A continuación, se muestra una figura del consumo mundial del cloruro de vinilo:

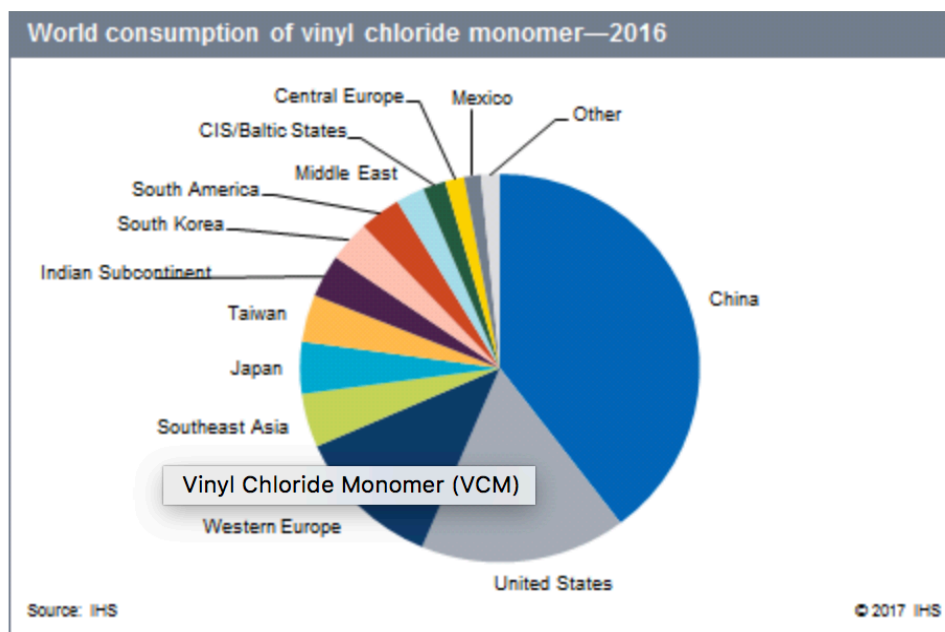


Figura 1 Consumo mundial del monómero del cloruro de vinilo en 2016

La estadística del consumo mundial que se ha encontrado pertenece al año 2016, como se observa en la figura 1 China es el país que tiene un mayor consumo en la actualidad, con un 45% del total aproximadamente. Hay que mencionar que China, corresponde a uno de los principales productores de cloruro de vinilo monómero.

Los estudios de mercado prevén que, en los países desarrollados industrialmente, este consumo aumente ya que el policloruro de vinilo se trata de un polímero que es muy barato en el mercado y es muy versátil, y actualmente tiene muchos usos. Los analistas de Technavio, una empresa especializada en análisis de mercado, pronostican que el mercado mundial del monómero de cloruro de vinilo crecerá un 5,40% durante el período 2017-2021.

7.3 ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL

Generalmente, cuando se tiene en mente poner en marcha un proyecto es necesario la inversión de un capital, con el cual se obtendrán aquellos recursos necesarios para mantener el correcto funcionamiento de la planta. En este apartado se hará una estimación de todos los costes que comportará la inversión inicial. Dicha inversión consta de los siguientes cuatro apartados:

- **Gastos previos:** Se trata de una pequeña parte del capital que se tiene que aportar antes de realizar cualquier proyecto, todo y que este no salga rentable. Incluye escrituras, permisos y este tipo de gastos burocráticos. Como es una inversión muy poco importante en relación al capital inmovilizado y circulante, no se tendrá en cuenta de cara a esta evaluación económica.
- **Capital inmovilizado:** Esta inversión tiene en cuenta la compra de los terrenos, edificios, equipos, accesorios y otros bienes que son imprescindibles en la planta para la producción del cloruro de vinilo. Es el coste más importante de todos y, a excepción de los terrenos no se suele recuperar la cantidad de este capital. La estimación completa y el método de cálculo de este capital se desarrolla en el apartado 7.3.2 de este capítulo.
- **Capital circulante:** Es la parte del capital que se destina la compra de las materias primas, mensualidades de los trabajadores, facturas... Este capital se recupera cuando acaba el ciclo de producción y la empresa obtiene ingresos a partir de la venta del producto. La estimación completa y el método de cálculo de este capital se desarrolla en el apartado 7.3.3 de este capítulo.

- **Puesta en marcha:** Es la parte del capital que se destina a poner en marcha la planta hasta que en esta se consigue el producto en las condiciones deseadas de cantidad y pureza. En esta memoria se ha supuesto que este tipo de costes está incluido dentro del apartado de gastos no previstos dentro del método de Vian, aplicado para el cálculo del capital inmovilizado, ya que se trata de una fracción del capital muy pequeño respecto a la inversión global.

7.3.1 ESTIMACIÓN DEL CAPITAL INMOBILIZADO

Para el cálculo del capital inmovilizado existen diferentes métodos para su estimación:

-Método global:

Se consideran métodos rápidos dado que se trata de cálculos entre 5 y 30 min, este método no es muy utilizado debido a que supone un error entre el 50 y 100%. Se utilizan para los cálculos el método del coeficiente de inmovilización o el método de Williams.

-Método de factor único o factor de Lang:

Este método trata de una serie de cálculos que requieren unos cálculos un poco más elaborados, supone unas 30 horas de dedicación. Este método reduce el error a un rango entre 20 y 50%. Este método solo se utiliza en plantas estándares debido a su baja fiabilidad.

-Métodos de factor múltiple:

Este método proporciona valores con un error de 10 a un 20%, es el más utilizado ya que es el más fiable de los tres y el que más dedicación necesita, aproximadamente 30 horas. Se puede hacer de dos maneras distintas el cálculo el método Happel o el método de Vian, en este proyecto se ha utilizado el método de Vian.

Este método basa la estimación de los equipos que se instalarán en la planta de los cuales no se conoce el precio en una serie de correlaciones. Una vez calculado el coste de los equipos, se calculan el resto de partidas como pueden ser instalación de equipos, instrumentos de control... es decir, todos los apartados que conforman el capital inmovilizado.

7.3.1.1 ESTIMACIÓN DE LOS COSTES DE LOS EQUIPOS

Se considera maquinaria y equipos todos los aparatos como los reactores, intercambiadores de calor, mezcladores, tanques de almacenaje, columnas de destilación flash, absorción, calderas, torres de refrigeración, compresores entre otros. Se ha escogido el método de Vian para hacerlo como se ha comentado anteriormente.

Para estimar o determinar el coste total de la maquinaria y equipos que se necesitan en la planta para su correcto funcionamiento, se han utilizado diferentes correlaciones en función del equipo:

- Para los que disponían un catálogo se ha utilizado el precio correspondiente.
- Para los equipos diseñados con el software ASPEN EXCHANGER 8.4, todos los intercambiadores de calor, se ha utilizado el coste que estima el programa.
- Para los equipos de los cuales solo se dispone datos técnicos se ha utilizado el método de las correlaciones de Ray-Sinnot

El método del Ray-Sinnot utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 1: Ray-Sinnot

$$C_e = a + b * S^n$$

- C_e , coste del equipo en \$
- S , parámetro característico del equipo
- a, b, n , Constantes determinadas del método dependiendo del equipo

El parámetro de S tiene un límite inferior y superior. Cuando este se encuentra fuera del rango de operación o el método no proporciona datos de cierto tipo de equipos, se ha calculado mediante el método de Couper, que varia la ecuación en función del equipo a estimar.

El método de Ray Sinnot, trabaja con precios del 2007 en dólares, por lo que se tiene que actualizar por tal de conocer el precio actual y finalmente, se ha pasado a euros con la relación actual de conversión 1\$=0,849 €. En el caso de los parámetros obtenidos con el método de Couper, los precios proporcionados corresponden al año 2002, por lo que se ha tenido que actualizar con su índice correspondiente.

Índice año 2002, $CEPCI_{2002}$: 395,6

Índice año 2007, $CEPCI_{2007}$: 509,7

Índice año 2017, $CEPCI_{2017}$: 573,1

7.3.1.1.1 COSTE DE LOS TANQUES DE ALMACENAJE

El precio de los tanques de almacenaje de cloruro de vinilo y el de 1,2-dicloroetano se han calculado mediante el método de estimación de costes de Ray-Sinnot, a partir de la ecuación 1.

Ejemplo de calculo del precio de un tanque de almacenaje del cloruro de vinilo:

$$C_{\text{equipo}}(2017) = C_{\text{equipo conocido}}(\text{año 2007}) * \frac{CEPCI(2017)}{CEPCI(2007)}$$

$$C_e = (a + b * S^n) = (5000 + 1400 * (79,70)^{0,7} = 35001,90 \$$$

$$C_{\text{equipo}}(2017) = 39355,69 * \frac{573,1}{509,7} = 33423,60 €$$

Tabla 1: Precio de los tanques de almacenaje calculados con el método Ray-Sinnot

Equipos	S (m3)	a	B	n	Coste 2007(\$)	Ce 2017(\$)	Ce 2017(€)
B-401	79,70	5000	1400	0,7	35.001	39.355	33.424
B-402	79,70	5000	1400	0,7	35.001	39.355	33.424
B-403	5,06	5000	1400	0,7	9.357	10.521	8.935
B-601	98,96	5000	1400	0,7	39.910	44.874	38.110
Ce tanques (€)							113.893

7.3.1.1.2 RECIPIENTES DE PROCESO

Los recipientes del proceso incluyen el mezclador, los depósitos de reflujo y la columna de destilación Flash. El coste de estos equipos se ha estimado a partir de las correlaciones del manual de Couper. Las ecuaciones aplicadas han estado las siguientes:

Ecuación 2: Cálculo de los recipientes de proceso método Couper

$$C_e = F_m * C_B + C_A$$

Ecuación 2.1: Cálculo del parámetro C_A

$$C_A = 300 * D^{0,7396} * L^{0,7068}$$

Ecuación 2.2: Cálculo del parámetro C_B

$$C_B = 1,218 * \exp [9,10 - 0,2889 * \ln(W) + 0,04576 * (\ln(W))^2]$$

- F_m , Factor de corrección del material
- D , diámetro del recipiente, en ft
- L , altura del recipiente, en ft
- W , es el peso del recipiente, en lb

En la tabla 2, se muestran los precios obtenidos para los recipientes de proceso calculado por el método de las correlaciones del manual de Couper.

Tabla 2: Precio de los recipientes utilizados en el proceso

Equipo	CA	CB	Ce 2002(\$)	Ce 2017(\$)	Ce 2017(€)
M-101	1.945	15.445	34.381	49.807	42.300
B-201	418	10.197	21.831	31.626	26.859
B-202	375	9.418	20.152	29.194	24.794
F-301	192	9.577	20.304	29.414	24.981
Ce recipientes (€)					118.934

7.3.1.1.3 INTERCAMBIADORES DE CALOR

El precio de los intercambiadores de calor se ha obtenido a partir del programa Aspen Exchanger Design & Rating V8.4, a partir del cual se ha obtenido su diseño. En la tabla 3, se recoge el precio de todos los intercambiadores usados en la planta:

Tabla 3: Precio de los intercambiadores de calor calculados por el Aspen Hysys

Equipo	Código	Coste total (€)
Intercambiador de carcasa y tubos	E-101	21.029
Intercambiador de carcasa y tubos	E-102	13.913
Intercambiador de carcasa y tubos	E-103	11.420
Intercambiador de carcasa y tubos	E-201	17.677
Intercambiador de carcasa y tubos	E-202	105.505
Intercambiador de carcasa y tubos	E-203	53.481
Intercambiador de carcasa y tubos	E-204	11.228
Intercambiador de carcasa y tubos	E-205	8.948
Intercambiador de carcasa y tubos	E-301	8.648
Ce de los intercambiadores de calor (€)		251.849

7.3.1.1.4 REACTORES

En la planta de OSMAN Industries se han instalado tres reactores multitubulares en paralelo, al tratarse de un reactor multibular modelo del apéndice escogido ha como si

se tratase de un intercambiador de calor, el precio de estos ha sido calculado a partir de la ecuación de Ray-Sinnot, los parámetros obtenidos son los siguientes:

Tabla 4: Precio de los reactores multitubular calculados con el método Ray-Sinnot

Equipo	S (m2)	a	b	n	Coste (\$)	Ce 2017(\$)	Ce 2017(€)
R-101	39,96	24000	46	1,20	27.843	31.307	26.588
R-102	39,96	24000	46	1,20	27.843	31.307	26.588
R-103	39,96	24000	46	1,20	27.843	31.307	26.588
Ce de los reactores multitubulares (€)							79.765

7.3.1.1.5 EQUIPOS DE SEPARACIÓN, COLUMNAS DE DESTILACIÓN

El precio de las columnas de destilación y de absorción que hay en la planta se ha calculado mediante la ecuación 1. Las columnas que se utilizan son de relleno por lo que se han estimado dos precios el que corresponde a la carcasa y el del relleno, el coste del relleno se ha determinado mediante el Aspen Hysys 8.1, se considera que al calcular el valor del recipiente ya esta sobredimensionado para tener en cuenta los posibles accesorios que pueda necesitar la columna.

Tabla 5: Precio de las columnas de destilación calculados con el método Ray-Sinnot

Equipo	Partes	S (kg)	a	b	n	Coste (\$)	Ce 2017(\$)	Coste (€)
CD-201	Recipiente	1.213	15.000	68	0,85	43.425	48.826	41.466
	Relleno							1.500
CD-202	Recipiente	1.532	15.000	68	0,85	49.666	55.843	47.426
	Relleno						0	1.680
CA-301	Recipiente	261	15.000	68	0,85	22.699	25.522	21.676
	Relleno							450
Ce de las columnas de destilación (€)								114.198

7.3.1.1.6 COMPRESORES

El precio de los compresores que se utilizan a lo largo de la planta, se ha calculado a partir de la ecuación de Ray-Sinnot, a continuación, en la tabla 6 se muestran los valores obtenidos:

Tabla 6: Precio de los compresores calculados con el método Ray-Sinnot

Equipo	Pot.(kW)	S, (HP)	a	b	n	Ce 2002(\$)	Ce 2017(\$)	Ce 2017(€)
N-101A	0,036	0,048	490000	16800	0,6	0,21	0,24	0,20
N-101B	0,036	0,048	490000	16800	0,6	0,21	0,24	0,20
K-101-A	1,401	1,879	490000	16800	0,6	2,83	3,19	2,71
K-101-B	1,401	1,879	490000	16800	0,6	2,83	3,19	2,71
K-201-A	0,0604	0,0810	490000	16800	0,6	0,30	0,34	0,29
K-201-B	0,0604	0,0810	490000	16800	0,6	0,30	0,34	0,29
K-601	15,000	20,115	490000	16800	0,6	15,25	17,14	14,56
K-602	15,000	20,115	490000	16800	0,6	15,25	17,14	14,56
Ce de los compresores (€)								35,51

7.3.1.1.7 BOMBAS

En la planta de producción de cloruro de vinilo, se utilizan bombas para la descarga y distribución el 1,2-dicloroetano, se ha estimado de la misma manera que el apartado anterior con la ecuación 1. En la tabla 7, se muestran los precios obtenidos por cada bomba.

Tabla 7: Precio de las bombas calculados con el método Ray-Sinnot

Equipo	S, (L/s)	a	b	n	Ce 2007 (\$)	Ce 2017 (\$)	Ce 2017 (€)
N-401 A	0,0156	6900	206	0,9	6.904	7.763	6.594
N-401 B	0,0156	6900	206	0,9	6.904	7.763	6.594
Ce de las bombas (€)							13.187

7.3.1.1.8 VALVULA DE EXPANSIÓN

El precio de las válvulas de expansión utilizadas para bajar la presión del gas de proceso, se ha buscado de manera bibliográfica ya que el manual no contempla el cálculo de este equipo, los valores encontrados se presentan en la tabla 8.

Tabla 8: Precio de las válvulas de expansión

Equipo	Ce 2017(€)
EX-301	4,24
EX-302	6,96
Ce de las válvulas de expansión (€)	11,20

7.3.1.1.9 DESCALCIFICADORAS

Para el sistema de descalcificación del agua el proveedor del equipo ya proporcionaba el precio, por lo que se ha utilizado para obtener un valor más exacto.

Tabla 9: Coste de las diferentes descalcificadoras de la planta

EQUIPO	Ce 2017 (€)
AD-601A	10000
AD-601B	10000
AD-602A	10000
AD-602B	10000
Ce de las descalcificadoras (€)	40000

7.3.1.1.10 CALDERAS DE VAPOR

El precio de las calderas utilizadas en el área de servicios en OSMAN Industries, se ha obtenido con la aplicación de la ecuación 1, los valores obtenidos se observan en la tabla número 10.

Tabla 10: Precio de las calderas calculados con el método Ray-Sinnot

Equipo	S (kg/h)	a	b	n	Ce 2007(\$)	Ce 2017(\$)	Ce 2017(€)
CV-601A	7000	11000	4,5	0,9	23.995	21.341	18.124
CV-601B	7000	11000	4,5	0,9	23.995	21.341	18.124
Ce de las calderas de vapor (€)							36.249

7.3.1.1.11 TORRES DE REFRIGERACIÓN

Para determinar el precio de las torres de refrigeración que se utilizan a lo largo de la planta, se ha vuelto a utilizar la ecuación de Ray-Sinnot, en la siguiente tabla se muestran los precios:

Tabla 11: Precio de las torres de refrigeración calculados con el método Ray-Sinnot

Equipo	S (L/s)	a	b	n	Ce 2007(\$)	Ce 2017(\$)	Ce 2017(€)
TR-601A	11,17	150000	1300	0,9	161.403	181.479	154.125
TR-601B	11,17	150000	1300	0,9	161.403	181.479	154.125
Ce de las torres de refrigeración (€)							308.250

7.3.1.1.12 CHILLERS

El precio de los equipos de frío se ha calculado con la ecuación X, obtenida del apéndice de Couper.

Ecuación 3: Método de Couper para Chillers

$$C = 178 * F * Q^{0,65}$$

F , parámetro que es función de la temperatura del refrigerante

Q , es la potencia requerida por el equipo de frío (MBTU/h), tiene que estar en un rango entre $0,5 < Q < 400$

Tabla 12: Precio de los chillers calculados con el método Ray-Sinnot

Equipo	Q (MBTU/hr)	F	Ce 2002(\$)	Ce 2017(\$)	Ce 2017(€)
CH-601A	1.450	2,65	53.528	77.546	65.858
CH-601B	1.450	2,65	53.528	77.546	65.858
Ce de los chillers (€)					131.715

7.3.1.1.13 CONDENSADORES EVAPORATIVOS

El coste de los condensadores evaporativos encargados de la refrigeración del reactor, se ha encontrado a partir del catalogo proporcionado por la casa BAC, a continuación, se muestran los precios en la tabla 13:

Tabla 13: Precio de los equipos de los condensadores evaporativos

EQUIPO	CÓDIGO	Ce 2017(€)
Condensador evaporativo	CE-601A	2.465
Condensador evaporativo	CE-601B	2.465
Ce de los condensadores evaporativos (€)		4.930

7.3.1.1.14 TRATAMIENTO Y SEGURIDAD

La determinación del precio de la oxidación térmica, el equipo de protección contra incendios se ha buscado información en diferentes paginas de internet, las cuales están especificadas en la bibliografía del apartado, la estimación de los precios se muestra a continuación:

Tabla 14: Precio de los diferentes equipos

EQUIPO	CÓDIGO	Ce 2017(€)
RTO	RTO-501	440.350
Equipos de tratamiento del agua	---	5000
Protección contra incendios	---	800.000
Filtro carbón activo	FC-501	10000
Ce de tratamiento y seguridad (€)		1.255.350

7.3.1.1.15 ESTACIÓN TRANSFORMADORA Y GENERADOR

Los gastos que supone la estación transformadora y el generador eléctrico dependen de la potencia que tengan, se ha buscado que los costes a los que asciende estos dos equipos corresponden a:

Tabla 15: Precio estimado de la estación transformadora y generadores

Ce de la estación transformadora y generador (€)	100000
---	---------------

A continuación, en la tabla 16 se muestra una tabla resumen con el coste total de los equipos y aparatos necesarios para llevar a cabo el proceso de producción de cloruro de vinilo.

Tabla 16: Coste total de todos los equipos y aparatos de la planta

Equipo	Ce 2017 (€)
Tanques de almacenamiento	113.893
Recipientes	118.934
Intercambiadores de calor	251.849
Reactores	79.765
Columnas de separación	114.198
Compresores	35,51
Bombas	13.187
Válvulas de expansión	11,20
Descalcificadoras	40.000
Calderas de vapor	36.249
Torre de refrigeración	308.250
Chillers	131.715
Condensadores evaporativos	4.930
Tratamiento residuos y seguridad	1.255.350
Estación transformadora y generador	100.000
Ce total (€)	2.568.367

7.3.2 ESTIMACIÓN DEL CAPITAL INMOVILIZADO (CI)

Para estimar el capital inmovilizado se ha utilizado el método de Vian, un método de factor múltiple que consiste en una estimación que tiene como punto de partida el coste total de la maquinaria y accesorios utilizados a lo largo del proceso, y que permite calcular la estimación del coste de instalación y todos los otros costes inmovilizados a partir del primero. A continuación, en la tabla 17 se muestra como es la aplicación del método y como se calcula cada apartado.

Tabla 17: Método de Vian

	Partida	Porcentaje
I1	Maquinaria y equipos	X
I2	Instalación	0,35-0,50*X
I3	Tuberías y válvulas	0,6*X
I4	Instrumentación	0,05-0,3*X
I5	Aislamiento	0,03-0,1*X
I6	Instalación eléctrica	0,1-0,2*X
I7	Terrenos	--

	Edificaciones interiores	$0,2-0,3*X$
	Edificaciones mixtas	$0,12-0,15*X$
	Edificaciones exteriores	$0,05*X$
I8	Instalaciones auxiliares	$0,25-0,7*X$
Y	Capital físico o primario	$\sum_i^8 I_i$
I9	Proyecto, dirección mano de obra y montaje	$0,2-0,3*Y$
Z	Capital secundario o directo	$Y+I9$
I10	Contratista	$0,04-0,10*Z$
I11	Gastos no previstos	$0,10-0,30*Z$

- **I1, Maquinaria y equipos:** Contabiliza los equipos que componen la planta, calculado previamente en el apartado 7.2.1.1.

- **I2, Instalación:** Hace referencia a la instalación de la maquinaria y los equipos, teniendo en cuenta la mano de obra, así como el material necesario. Se aplica un porcentaje del 40% respecto I1 ya que son equipos grandes que requieren un montaje complejo.

- **I3, Tuberías y válvulas:** Corresponde al coste de la instalación de tuberías y válvulas. Se asigna un 0,6 de I1 ya que solamente circula fluido y no sólido por las tuberías.

- **I4, Instrumentación:** Incluye el coste de los elementos que forman el sistema de control tanto sensor, válvulas de regulación, PLC, etc. Este valor se estima dando un valor del 0,2 respecto a todos los costes de los equipos.

- **I5, Aislamientos:** Incluye tanto el precio del material de aislamiento como la mano de obra del aislamiento que se aplica a las instalaciones. Se aplica un valor medio del 7%.

- **I6, Instalación eléctrica:** Hace referencia al coste de los motores eléctricos, así como de las subestaciones transformadoras. Se calcula utilizando un 15% de I1.

- **I7, Terrenos y edificios:** Consta de diferentes apartados como son terrenos y las edificaciones. Las edificaciones se clasifican en exteriores, interiores o mixtos ya que las instalaciones interiores tienen un coste más elevado que las exteriores.

En este caso, como las edificaciones de la planta son mixtas se ha escogido un precio que representa un 14% de I1.

- Valoración del terreno

Para el cálculo de valoración del terreno, se ha recurrido al ministerio de fomento, en este se realiza un estudio anual del precio del suelo por comunidades autónomas y provincias. En este caso el terreno asignado se encuentra localizado en la comunidad autónoma de Cataluña, más exactamente en el municipio de Sabadell, el precio por metro cuadrado de terreno corresponde a 516 €/m², en el año 2017 los datos más recientes. Cabe decir que no se ha considerado el precio de Barcelona, aunque el municipio pertenece a dicha comunidad autónoma, porque Sabadell no se encuentra en pleno centro del área metropolitana como para considerar un precio tan alto, se han escogido un valor menor que corresponde a 210 €/m².

- **I8, Instalaciones auxiliares:** Corresponde al coste de los servicios de planta, teniendo en cuenta el coste de la instalación. Se aplica un porcentaje del 35% de I1.

- **Y, Capital físico o factor primario:** Se calcula sumando todas las partidas de la 1 a la 8.

- **I9, Proyecto y dirección de obra y montaje:** La cantidad de dinero destinado para la elaboración del proyecto por parte de los ingenieros y el montaje de la planta. Se asigna un 25% de Y.

- **Z, Capital directo o factor secundario:** Es el sumatorio de las partidas anteriormente descritas, es decir, de Y más la partida I9.

- **I10, Contratista:** Varía en función del tamaño. Se aplica un 5% de Z.

- **I11, Gastos no previstos:** Como su nombre indica son el dinero destinado a pagar los costes no previstos que se encuentran a lo largo de la construcción de la planta. Se estima como un 15% de Z.

Para calcular el coste del capital inmovilizado se realiza el sumatorio de las partidas de la 1 a la 11. A continuación, en la tabla 18 se muestra una tabla resumen con el porcentaje aplicado a cada partida, así como el coste asociado a cada una.

Tabla 18: Cálculo capital inmovilizado, método de Vian

	Partida	Factor escogido	Coste
I1	Maquinaria y equipos	1	2.568.367
I2	Instalación	0,4	1.027.346
I3	Tuberías y válvulas	0,6	1.541.020
I4	Instrumentación y control	0,2	513.673
I5	Aislamiento	0,07	179.785
I6	Instalación eléctrica	0,15	385.255
I7	Terrenos	--	14.719.950
	Edificaciones interiores	0	--
	Edificaciones mixtas	0,14	359.571
	Edificaciones exteriores	0	--
I8	Instalaciones auxiliares	0,35	898.928
Y	Capital físico o factor primario		22.193.899
I9	Proyecto y dirección de mano de obra y montaje	0,25	5.548.474
Z	capital secundario o directo		27.742.373
I10	Contratista	0,05	1.387.118
I11	Gastos no previstos	0,15	4.161.356
	Capital inmovilizado (€)		33.290.848

7.3.3 ESTIMACIÓN CAPITAL CIRCULANTE

Para estimar el capital necesario para la compra de materias primas, suministros de servicios y en general el capital invertido para que el proceso pueda llevarse a cabo, esta inversión se recupera al finalizar la planta. Para el cálculo existen varios métodos en este caso se ha decidido hacer el cálculo mediante el método global. El método global estima que el capital circulante corresponde entre un 10-30% del capital inmovilizado calculado anteriormente, en este caso se ha considerado que corresponde a un 15%.

$$C_c = 0,15 * C_i$$

Según este método para estimar el capital circulante, se ha obtenido que será necesario un capital circulante necesario de **4.993.627€**.

7.3.4 INVERSIÓN INICIAL

Una vez calculado el capital necesario de inmovilización, circulante y puesta en marcha se procede al cálculo de la inversión inicial que será necesaria para poder poner en marcha la planta de producción de OSMAN Industries. En la tabla que se muestra a continuación, tabla 19, se recogen todos los datos de la inversión inicial.

Tabla 19. Parámetros para determinar la inversión inicial

Concepto	Inversión (€)
Gastos previos	--
Capital inmovilizado	33.290.848
Capital circulante	4.993.627
Puesta en marcha	--
Inversión inicial total	38.284.475

Todas estas cantidades de capital se han calculado a través de métodos estimativos, es decir que puede tener cierto error respecto la cantidad real, sobretodo en el caso de los equipos que se han calculado a través de la ecuación 1 que se trata de un método de correlaciones que contempla un error de 10-20 % en los resultados obtenidos.

7.4 ESTIMACIÓN DE LOS COSTES DE PRODUCCIÓN

Los costes de producción incluyen todo lo referente a los costes que aparecen a la hora de producir el cloruro de vinilo y que está relacionado con la operación de la planta, en este proyecto se calcularán para un año de producción. A su vez los costes de producción se dividen en los siguientes apartados:

7.4.1 COSTES DE FABRICACIÓN

Los costes de fabricación incluyen los gastos que pertenecen solamente con el proceso de la producción de cloruro de vinilo. Este apartado es la suma de los costes de fabricación directos y variables, costes de fabricación indirectos y variables y finalmente los costes indirectos fijos.

7.4.1.1 COSTES DE FABRICACIÓN DIRECTOS

En este apartado se tienen en cuenta el coste de las materias primeras necesarias, la mano de obra directa, el personal el cual su tarea se encuentran relacionadas con el proceso de producción y, por último, el coste de la patente.

- **Materias primeras (M1)**

En este apartado se calcula el coste que supone la obtención, transporte, almacenamiento de la materia prima. Los valores obtenidos a través de la información del mercado pueden ir variando con el paso del tiempo. En el caso de OSMAN Industries al tener conexión directa con los reactivos, solo se ha tenido en cuenta el precio del suministro. En el caso del catalizador, se ha contratado a partir de una empresa externa que se encarga tanto del suministro y el transporte a la planta, como de gestionarlo una vez ya no es útil.

En diferentes referencias bibliográficas se ha calculado el coste que tendrán las materias primas que serán necesarias para llegar a la producción deseada.

En el caso del cloruro de hidrogeno, se ha encontrado que el valor de mercado en Europa actualmente, según la agencia de sustancias ICIS que proporciona una gran base de datos de las diferentes sustancias, corresponde a 90€/tonelada.

En cuanto al acetileno, no hay mercado al por mayor actualmente, debido a que esta ruta de síntesis se dejó de utilizar para la producción de cloruro de vinilo debido a que hoy en día se realiza a partir del etileno. Por lo que se vende embotellado y al precio de 10000€/tn. El precio que se ha utilizado en esta memoria es precio al por mayor, corresponde a 64 c\$/lb, no se trata de un valor muy actual ya que es del 2003 pero se ha supuesto que en estos años no ha habido un cambio brusco en el precio.

Finalmente, en cuanto al catalizador de cloruro de mercurio impregnado en carbón activo al 10%, como actualmente el mercurio se encuentra prohibido por los distintos efectos adversos que produce en la salud se ha supuesto que el precio del catalizador corresponde únicamente al de carbón activo. Este corresponde a 900€/tonelada.

Tabla 20 Costes de las materias primeras

Productos	Caudal (tn/año)	Coste (€/año)
Acetileno	7.870	9.430.009
Cloruro de hidrogeno	10.368	933.120
Cloruro de mercurio 10%	1,400	1.260
Costes totales de las materias primeras (€)	10.364.389	

- **Mano de obra directa (M2)**

Como mano de obra directa incluye a los trabajadores los cuales intervienen directamente en el proceso productivo como operarios, directivos, especialistas...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.

Se ha pensado para ahorrar en los costes que los operarios y los técnicos de laboratorio se trate de estudiantes en prácticas de universidad o de grados por lo que los sueldos y el numero de trabajadores sería los siguientes:

Tabla 21 Costes totales de la mano de obra directa

Cargo	Numero de trabajadores	Sueldo net mensual	Saldo bruto anual trabajador	Coste anual (€/any)
Jefes de turno y producción	4	2.900	34.800	208.800
Sanitarios	2	2.900	34.800	69.600
Operarios	40	1.200	7.200	288.000
Técnicos de laboratorio	10	1.000	12.000	120.000
Personal de seguridad	8	1.200	14.400	115.200
Coste total de la mano de obra directa (€)				732.000

- **Patentes (M3)**

En este apartado, se tienen en cuenta los costes relacionados con el uso de las patentes que se han utilizado a lo largo del diseño de la planta de producción del cloruro de vinilo. Normalmente, el precio a pagar supone entre 1-5% de las 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 esté en vigor.

Se obtiene, **M3=0 €/año.**

- **Mano de obra indirecta (M4)**

En este apartado se incluye aquel personal que trabaja en la planta que no interviene en el proceso de producción de manera directa. Este grupo está formado por el personal de mantenimiento, seguridad y limpieza. Se estima el valor entre un 12-45% del valor de la mano de obra directa (M2), en esta memoria el valor se elige un valor del 20%.

$$M4 = 0,20 * M2$$

- **Servicios (M5)**

Los costes de servicios son los necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de la planta. En la tabla 22 se muestran todos los servicios utilizados con sus respectivos gastos. En la planta de OSMAN Industries no hay ningún equipo que necesite nitrógeno continuamente, pero se ha tenido en cuenta el precio actual para el cálculo del tanque de nitrógeno que hay en el área de servicios, el valor total de este equipo corresponde a la suma del coste del tanque más el del nitrógeno.

Se ha considerado también en este apartado los gastos que supondrá la gestión de los residuos externa, es decir, el agua que se neutraliza en la planta después va a un tratamiento externo, o los gastos por el tratamiento del catalizador, se ha estimado que tendrá un valor de unos 10000€/año. En el capítulo 6 Medio Ambiente.

Tabla 22: Costes de la potencia eléctrica utilizada en todos los equipos de la planta

Equipo	Potencia eléctrica (kW)
Condensador	23,20
Torre de refrigeración	55,93
Chiller	425,0
Descalcificadoras	0,040
Compresores	16,51
Bombas	0,0041
Consumo total (kW)	520,7
kwh/año	3.748.908
Precio (€/kWh)	0,1300
Coste total (€)	487.358

Tabla 23: Coste totales de los suministros necesarios en la planta

Servicios	Caudal (kg/h)	Caudal (m3/h)	Precio	Costes anuales (€/año)
Nitrógeno	--	--	--	4800,0
Agua (kg/h)	50.023	50,023	0,802	288.853
Agua glicolada (kg/h)	31.435	31,435	0,802	181.518
Electricidad	--	--	--	487.358
Gas natural (calderas)	6.276	2.378.273	0,4	951.309
Bidones de etilenglicol	--	--	--	678,00
Gestión de residuos				10.000
Costes totales de servicios (€)				1.924.516

- **Suministros (M6)**

Este apartado hace referencia a los gastos de los suministros que se hace en la planta de productos que no pertenecen a materias primas ni a servicios. Algunos ejemplos serian el papel para oficinas, el material de seguridad o el material de limpieza entre otros. El valor de los suministros se estima entre un 0,2-1% del capital inmovilizado, en este caso se ha elegido un valor del 0,5%.

$$M6 = 0,005 * Ci$$

- **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, es decir, los gastos derivados de las tareas necesarias para mantener el correcto funcionamiento de la planta. No se tienen en cuenta aquí las inversiones por ampliación de la planta ni las modificaciones de equipos que supongan una mejora de la planta. El coste del mantenimiento se estima entre un 2-10% del capital inmovilizado, en este caso se ha escogido un 5%.

$$M7 = 0,05 * Ci$$

- **Laboratorios (M8)**

En la planta de OSMAN Industries se tienen laboratorios de investigación, I+D, estos gastos vienen determinados a partir de las tareas de investigación y control que tenemos en la planta. Estos controles de calidad se realizan de materias primas, producto final y seguimiento de calidad a lo largo de producción del cloruro de vinilo. Su valor se supone entre un 5-25% de la mano directa de obra, en este proyecto se ha escogido un 15%.

$$M8 = 0,15 * M2$$

- **Envasado (M9)**

En los gastos de envasado se incluyen los costes de personal, dispositivos y materiales necesario para la actividad del envasado. El valor del coste se escoge un 10% del capital inmovilizado, pero en este caso no es necesario ya que el camión se conectará directamente a la manguera de distribución

- **Expediciones (M10)**

En los gastos de expediciones se consideran los recursos necesarios que se encargan de las tareas administrativas, publicitarias, investigación de mercado, tareas comerciales y un conjunto de funciones que permiten que la empresa evolucione. La estimación de estos gastos se supone un valor entre 10-40% de la mano de obra directa, en este proyecto se ha considerado un 20%.

$$M10 = 0,20 * M2$$

- **Amortización (M11)**

Los costes de amortización hacen referencia a la pérdida del valor de los equipos e instalaciones a lo largo de la vida útil de la planta, ya que estos se devalúan con el paso del tiempo y del uso. En este apartado no se calculará el gasto de las amortizaciones, ya que para su estimación se realizará un método regresivo de suma de dígitos y por tanto este gasto no es constante en todos los años, por lo que se hará en el apartado 7.7.1.1, cuando se realice el NET CASH FLOW.

- **Alquileres (M12)**

Estos costes solo se tienen en cuenta si se tienen alquileres, en este caso el terreno se compra, este valor se recupera al final de la vida útil por lo que este coste corresponde a:

$$M12 = 0 \text{ €}$$

- **Impuestos y tasas (M13)**

Estos impuestos son independientes de los beneficios que se tengan en la empresa, estos se tratan de unos impuestos que se deben pagar por el hecho de estar ejerciendo una actividad productiva de la que se espera obtener unos beneficios, aunque luego puede no ser la realidad. Su valor se estima como un 0.5 % del capital inmovilizado.

$$M13 = 0,005 * Ci$$

- **Seguros (M14)**

Los gastos de este apartado incluyen los seguros que haya contratado OSMAN Industries, únicamente cubre los costes como consecuencia de un posible accidente en cuanto a equipo e instalaciones de la planta, sin tener en cuenta los costes asociados a las personas físicas. Este calculo se estima que corresponde un 1% del capital inmovilizado

$$M14 = 0,01 * Ci$$

Finalmente, se calculan los gastos totales de los costes de fabricación a partir de la ecuación X. En la tabla 24 se muestran cada una de las partidas con su valor y la totalidad de los costes de fabricación anuales.

Ecuación 4: Cálculo de los costes de fabricación totales

$$M = \sum_{i=0}^{14} Mi$$

Tabla 24: Costes de fabricación desglosados

		Partida	Nombre	Porcentaje	Coste (€)	
Variables	Directos	M1	Materias primeras	-	10.364.385	
		M2	Mano de obra directa	-	732.000	
		M3	Patentes	0	0	
	Indirectos	M4	Mano de obra indirecta i mantenimiento	0,2	146.400	
		M5	Servicios generales	-	1.924.517	
		M6	Suministros	0,005	166.454	
		M7	Mantenimiento	0,05	1.664.542	
		M8	Laboratorio	0,15	109.800	
		M9	Envasado	0	0	
		Fijos	M10	Expedición	0,2	146.400
			M11	Directivos y empleados	0,25	183.000
M12	Amortización		--	--		
M13	Alquileres		0	0		
M14	Impuestos (fabrica)		0,005	166.454		
	M15	Seguros fabrica	0,01	332.908		
M= Costes de fabricación totales (€)					15.936.865	

7.5 ESTIMACIÓN DE LOS COSTES DE VENTAS

Los costes de administración y ventas incluyen los costes relacionados con la dirección y actividades comerciales que se desarrollan en la empresa, ya que es necesario un equipo de profesionales que se encarguen de definir la dirección de la empresa y se encarguen de la búsqueda de posibles clientes. También es necesario que desde dentro de la empresa se ejerzan acciones comerciales como viajes, visitas a clientes, publicidad y marketing para aumentar la satisfacción de los clientes y la captación de nuevos.

7.5.1 COSTES DE ADMINISTRACION Y VENTAS VARIABLES

Estos costes hacen referencia a los gastos comerciales que deberá afrontar la empresa una vez este en funcionamiento, incluye por ejemplo viajes, publicidad... todo lo que tenga relación con una mejora de esta. La estimación de estos gastos se estima que corresponde un valor entre el 5% y el 20% de los costes de fabricación total. En este caso se ha considerado un promedio, el 10%.

7.5.2 COSTES DE ADMINISTRACION Y VENTAS FIJOS

Los costes de administración fijos, se componen de tres apartados. El primero, corresponde a los gastos de gerencia, es decir, los sueldos de las personas encargadas de la dirección de la empresa. Este valor se ha basado en un 3% al 6% de los costes de fabricación totales, en este caso se ha escogido el 3%.

En segundo lugar, los gastos financieros que están asociados al capital prestado por una entidad bancaria ya sea para la construcción o la operación de la planta. En esta memoria se ha considerado que el capital será proporcionado por los socios, por lo que no será necesario.

Por último, los gastos de investigación y servicios técnicos su estimación también se ha calculado en base a los costes de fabricación. Estos suelen tener un valor entre el 0% y el 5%, en este proyecto se ha utilizado un 3%.

Finalmente, en la tabla 25 se muestra a cuanto asciende los costes de administración y ventas totales y sus valores desglosados.

Tabla 25: Costes totales de administración y ventas

Partida	Nombre	Porcentaje	Coste (€)
G1	Gastos comerciales	0,10	1.593.686
G2	Gastos de gerencia	0,03	478.105
G3	Gastos financieros	0,00	0,00
G4	Investigaciones y servicios	0,03	478.105
G	Costes totales de administración y ventas		2.549.898

Una vez conocidos los costes de administración se suman a los costes totales de fabricación, para calcular el total de los costes de producción.

Tabla 26: Costes totales de producción

Partida	
Costes de fabricación	15.936.865
Costes de administración y ventas	2.549.898
Costes totales (€)	18.486.763

7.6 ESTIMACIÓN DE LAS VENTAS

Una vez conocido el capital necesario que será necesario para llevarla a cabo, queda cuantificar los ingresos que se obtendrán por tal de ver si resulta de un proyecto económicamente viable o no para su construcción.

Después de realizar un estudio de mercado que todas las sustancias que se van a comprar o vender en OSMAN Industries, en este apartado se calculara los ingresos obtenidos. Principalmente serán proporcionados por el cloruro de vinilo ya que es el producto que se produce en mayor cantidad. Este compuesto, es producido y consumido mundialmente, por lo que tiene mucha competencia de mercado y un precio que no es muy elevado debido a que actualmente se produce a través de una ruta de síntesis diferente que permite abaratar su coste. Se ha considerado que todo el cloruro de vinilo que se produce en la planta ira destinado a la producción de cloruro de polivinilo (PVC) por lo que se ha encontrado que el precio de mercado corresponde a 725\$/tonelada.

A lo largo del proceso como ya se ha comentado anteriormente, se obtiene 1,2-dicloroetano que también se utiliza como materia primera para la producción de policloruro de vinilo. Se venderá a una empresa externa con el mismo fin, por lo que el precio de mercado encontrado a sido el siguiente, 54,4 \$/tonelada.

En la tabla 27 se muestra la producción de cada uno de los compuestos y los ingresos que supondrán para la empresa su venta:

Tabla 27: Beneficios anuales de la planta

Productos	Caudal (kg/h)	Caudal (tn/año)	Beneficio (€/año)
Cloruro de vinilo	2.386,0	17.179	10.577.588
1,2 Dicloroetano	52,560	378,43	27.156.280
Beneficios de las ventas (€)			37.733.869

7.7 RENTABILIDAD DE LA PLANTA

7.7.1 FLUJOS DE CAJA

Los flujos de caja, también conocidos como Net Cash Flow, es un concepto financiero el cual hace referencia al capital activo del que se dispone en un periodo de tiempo, en este proyecto se ha considerado anualmente. A través de estos balances económicos se determinará la viabilidad de la planta, es decir, si la empresa generara el suficiente flujo de caja como para cumplir el pago de los proveedores, a los acreedores y también la posibilidad de analizar la viabilidad de realizar cambios en el proceso y ver su impacto. Por lo tanto, el NFC nos dirá si la planta es viable o no desde un punto de vista económico. Para realizar este método se tiene que establecer unos parámetros que en este caso se han supuesto:

- Vida útil de la planta de producción:** se ha supuesto que la vida útil de la planta será de 20 años.
- Periodo de construcción:** El tiempo que se destinara a la construcción de la planta es de dos años, los gastos del capital inmovilizado se dividirán en estos dos años.
- Impuestos:** Se ha considerado unos impuestos del 35% sobre la base imponible del año anterior. La base imponible será igual al beneficio bruto del año siempre que este sea positivo, en el caso de que este no lo fuese la base imponible será considerada 0.

-**Valor residual:** Corresponde al capital que se podrá recuperar una vez finalizada la actividad de la planta debido a la venta de maquinaria y el terreno. En este caso, se ha considerado que el capital que se recuperará será solamente la venta del terreno.

-**Amortización:** esta amortización se realizará por el método regresivo de suma de dígitos, este método es ampliamente utilizado en la industria y sus cuotas son en un principio altas y lo largo de los años va disminuyendo.

7.7.1.1 CÁLCULO DE LA AMORTIZACIÓN ANUAL

Para calcular la amortización anual a partir del método regresivo se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 5: Cálculo del coste de la amortización anual regresiva

$$A_j = (I - V_R) * \frac{(t - (j - 1))}{Z}$$

- A_j , coste de la amortización (€)

- I , capital inmovilizado (€)

- V_R , valor residual (€)

- t , vida útil de la planta (años)

- j , año del que se quiere calcular el importe

- Z , suma de dígitos

La suma de dígitos se ha calculado a partir de la ecuación 5, en función de los años de vida útil de la planta.

Ecuación 6: Cálculo de la suma de dígitos

$$Z = \frac{t * (t + 1)}{2}$$

A continuación, en las tablas 28, 29 y 30 se presentan los valores obtenidos para cada año de las amortizaciones:

Tabla 28 Cálculo de las amortizaciones anuales

Año	1	2	3	4	5	6	7
A _i (€)	1.768.656	1.680.224	1.591.791	1.503.358	1.414.925	1.326.492	1.238.059

Tabla 29 Cálculo de las amortizaciones anuales

Año	8	9	10	11	12	13	14
A _i (€)	1.149.627	1.061.194	972.761	884.328	795.895	707.462	619.029

Tabla 30 Cálculo de las amortizaciones anuales

Año	15	16	17	18	19	20
A _i (€)	530.597	442.164	353.731	265.298	176.865	88.432

En las tablas siguientes 31,32 y 33, se presenta los pasos seguidos para determinar los flujos de caja de todos los años donde se construye la planta, estará en activo y el último año donde se recuperará el capital circulante y el valor residual.

Tabla 31 Cálculo del Net Cash Flow

Año	0	1	2	3	4	5	6	7
Capital inmovilizado	-16.645.424	-16.645.424						
Capital circulante		-1.248.406	-1.248.406	-1.248.406	-1.248.406			
Valor residual								
Ingresos			37.733.869	37.733.869	37.733.869	37.733.869	37.733.869	37.733.869
Costes			-18.486.763	-18.486.763	-18.486.763	-18.486.763	-18.486.763	-18.486.763
Amortización			-1.768.656	-1.680.224	-1591791,26	-1503358,412	-1414925,6	-1326492,7
Beneficio bruto			17.478.448	17.566.881	17.655.314	17.743.747	17.832.180	17.920.612
Base imponible			17.478.448	17.566.881	17.655.314	17.743.747	17.832.180	17.920.612
Impuestos			0	-6.117.457	-6.148.408	-6.179.360	-6.210.311	-6.241.263
NFC	-16.645.424	-17.893.830	17.998.698	11.881.241	11.850.290	13.067.745	13.036.794	13.005.842

Tabla 32 Cálculo del Net Cash Flow

Año	8	9	10	11	12	13	14	15
Capital inmovilizado (€)								
Capital circulante (€)								
Valor residual (€)								
Ingresos (€)	37.733.869	37.733.869	37.733.869	37.733.869	37.733.869	37.733.869	37.733.868	37.733.868
Costes (€)	-18.486.763	-18.486.763	-18.486.763	-18.486.763	-18.486.763	-18.486.763	-18.486.763	-18.486.763
Amortización (€)	-1.238.060	-1.149.627	-1.061.194	-972.761	-884.328	-795.896	-707.463	-619.030

Beneficio bruto (€)	18.009.045	18.097.478	18.185.911	18.274.344	18.362.777	18.451.210	18.539.642	18.628.075
Base imponible (€)	18.009.045	18.097.478	18.185.911	18.274.344	18.362.777	18.451.210	18.539.642	18.628.075
Impuestos (€)	-6.272.214	-6.303.166	-6.334.117	-6.365.069	-6.396.020	-6.426.972	-6.457.923	-6.488.875
NFC (€)	12.974.891	12.943.939	12.912.988	12.882.036	12.851.085	12.820.133	12.789.182	12758230

Tabla 33 Cálculo del Net Cash Flow

Año	16	17	18	19	20	21	22
Capital inmovilizado (€)							
Capital circulante (€)							4.993.627
Valor residual (€)							14.719.950
Ingresos (€)	37.733.868	37.733.868	37.733.868	37.733.868	37.733.868	37.733.868	
Costes (€)	-18.486.763	-18.486.763	-18.486.763	-18.486.763	-18.486.763	-18.486.763	
Amortización (€)	-530.597	-442.164	-353.731	-265.298	-176.865	-88.432	
Beneficio bruto (€)	18.716.508	18.804.941	18.893.374	18.981.807	19.070.239	19.158.672	
Base imponible (€)	18.716.508	18.804.941	18.893.374	18.981.807	19.070.239	19.158.672	0
Impuestos (€)	-6.519.826	-6.550.777	-6.581.729	-6.612.680	-6.643.632	-6.674.583	-6.705.535
NFC (€)	12.727.279	12.696.327	12.665.376	12.634.424	12.603.473	12.572.521	13.008.041

7.7.2 RENDIMIENTO ECONÓMICO

A partir de conocer los flujos de caja se ha calculado el VAN y el TIR para conocer la rentabilidad del proyecto. En este apartado se realizará el cálculo de estos dos parámetros y se analizarán los resultados obtenidos. Finalmente, se calculará el pay-back que es el periodo de reembolso de la inversión inicial.

7.7.2.1 VALOR ACTUAL NETO (VAN) Y LA TASA DE RENTABILIDAD INTRÍNSICA (TIR)

A partir de los flujos de caja y presentados en las tablas anteriores se determina la viabilidad de la planta. Para determinarlo se calcula el valor actual neto, este parámetro actualiza los diferentes flujos de caja netos al año 0, en el que se está llevando a cabo la construcción de la planta para ver si es viable o no. La metodología consiste en actualizar mediante una tasa, todos los flujos de caja futuros o en determinar la equivalencia en el año 0 de los flujos futuros que genera el proyecto y compararla con el desembolso inicial.

Ecuación 7: Cálculo del VAN

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

- i , tasa de interés

- n , año que quieres actualizar

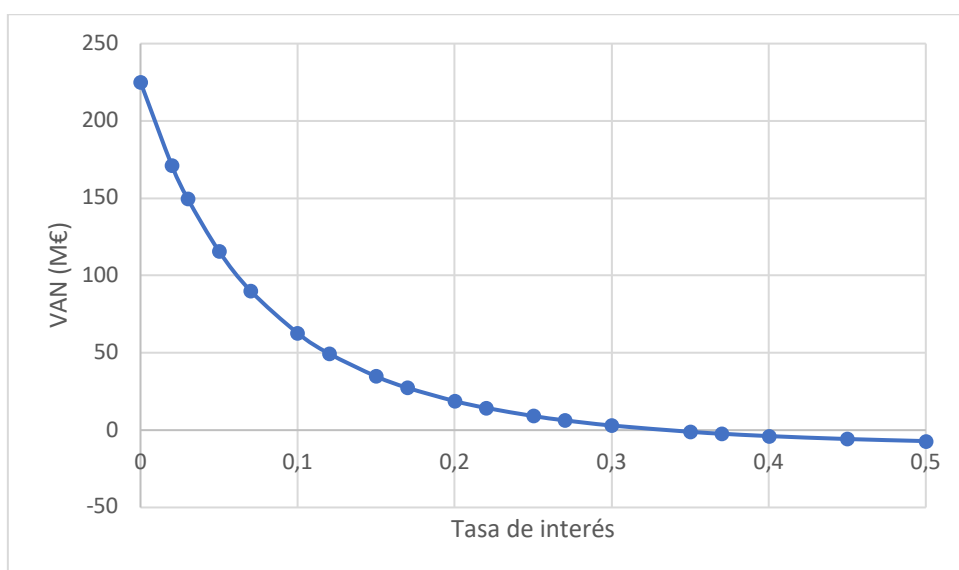


Figura 2: Representación del VAN a diferentes intereses

En la figura 2 se observa que la tasa de interés que hace que el valor del VAN sea cero se encuentra entre el 30% y 40% de interés, cuando el VAN es nulo el valor de interés que se obtiene corresponde a la tasa de rentabilidad intrínseca (TIR). Para intereses inferiores a esta tasa el proyecto será rentable, por lo que nos interesa que este valor sea elevado, con la función Excel y la ecuación 7 se ha calculado el valor exacto de TIR que se obtiene este corresponde al 33,47%. El valor obtenido es un valor bastante alto por lo que la planta sería rentable.

7.7.2.2 PERIODO DE REEMBOLSO

El período de reembolso es el tiempo que se tardará en recuperar la inversión inicial que se necesita para poner en marcha el proyecto. Este periodo se calcula en base al Net Cash Flow acumulado, corresponde a la suma de los NCF anteriores y el propio a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 8: Cálculo del NCFacumulado

$$NCF_{acumulado} = \sum_{n=1}^t NCF_n$$

A continuación, en la figura 4 se representa el flujo de caja acumulado para todos los años de vida útil del proyecto.

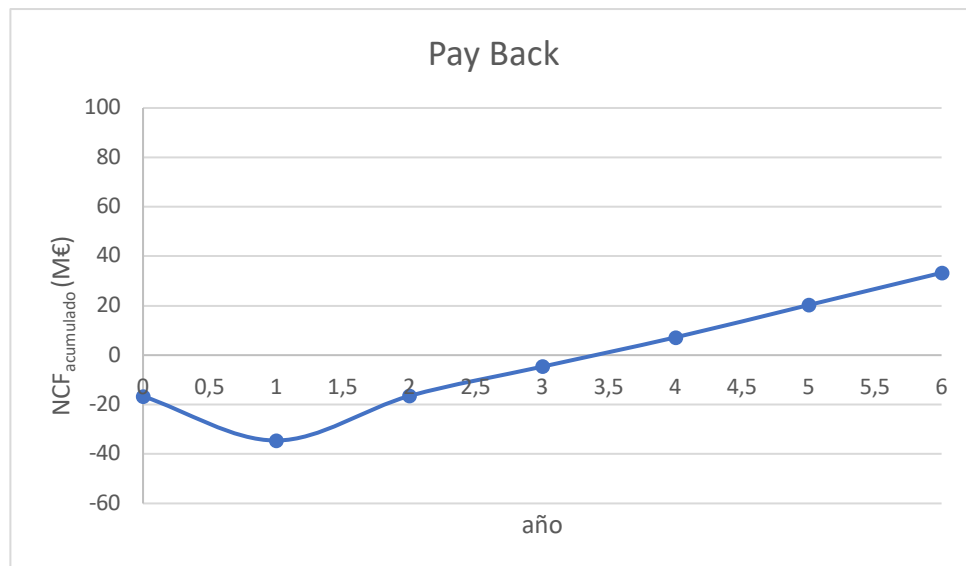


Figura 3: Representación de los flujos de caja acumulados para todos los años de la vida útil de la planta

Como se puede observar en la figura 3, en el año tres el $NCF_{\text{acumulado}}$ tiene un valor de cero, este año corresponde al año en que se ha recuperado por completo la inversión inicial que se realizó y partir de este año todos aquellos beneficios que se generen serán ganancias. La planta necesita dos años para construcción, después de un año y medio de operación ya se habrá recuperado por completo el capital inicial.

En cuanto a viabilidad económica de la planta de producción del cloruro de vinilo según los valores de Net Cash Flow obtenidos y el pay-back se puede decir que la planta es viable ya que se recupera la inversión en aproximadamente tres años y medio. Los beneficios que se obtienen al finalizar la vida útil de la planta son unos 13 millones por lo que sería una buena inversión.

Todos los valores calculados tienen cierto error, ya que los métodos utilizados no son exactos, sino que son estimaciones tanto para los equipos como para las otras partidas. Durante todo el proyecto se ha hecho una suposición, siguiendo el artículo de la patente del proceso, que es la reacción paralela que se produce donde se forma el subproducto 1,2-dicloroetano. Este producto tiene un precio de venta de 138 €/L en caso de que sea puro, en el caso OSMAN Industries se obtiene con una pureza del 65% aproximadamente, por lo que se ha bajado el precio. Según la patente la conversión de la reacción secundaria supone un 2%, si al poner la planta en funcionamiento la conversión del subproducto fuera menor de un 2% los beneficios se reducirían, y la planta seguramente dejaría de ser viable. Ya que perder una pequeña parte de 1,2-dicloroetano provoca unas pérdidas muy elevadas.

7.8 BIBLIOGRAFÍA

[7.1]-IHS Markit. Estudio de mercado del cloruro de vinilo (online). Disponible:
<https://ihsmarkit.com/products/vinyl-chloride-monomer-chemical-economics-handbook.html>

[7.2]-ICIS. Estudio de mercado de cloruro de vinilo (online). Consulta: 1 de junio de 2018. Disponible:
<https://www.icis.com/chemicals/vinyl-chloride-monomer/>

[7.3]-Ministerio de fomento. Precio medio del metro cuadrado de suelo urbano en Cataluña (online). Consulta 1 de junio de 2018. Disponible:
<http://www.fomento.gob.es/BE2/?nivel=2&orden=36000000>

[7.4]- ICIS. Estudio de mercado de cloruro de vinilo (online). Consulta: 1 de junio de 2018. Disponible:

www.icis.com/resources/news/2005/12/14/643808/chemical-profile-acetylene/

[7.5]- ICIS. Estudio de mercado de cloruro de hidrogeno (online). Consulta: 1 de junio de 2018. Disponible:

www.icis.com/chemicals/hydrochloric-acid/

[7.6]- ICIS. Estudio de mercado de acetileno (online). Consulta: 1 de junio de 2018. Disponible:

<https://www.icis.com/resources/news/2005/12/14/643808/chemical-profile-acetylene/>

[7.7]-Chemical engineering. Consulta de índices económicos (CEPCI) Consulta: 2 de junio de 2018. Disponible:

<http://www.chemengonline.com/economic-indicators-cepci/?printmode=1>

[7.8]-Linde. Precio del suministro gas natural y electricidad (online). Consulta 4 de junio de 2018. Disponible:

http://www.abellolinde.es/internet.lg.lg.esp/es/images/Nitrogeno%20Alta%20Pureza316_45637.pdf

[7.9]-Agència Catalana de l'aigua. Precio del suministro (online). Consulta: 4 de junio de 2018. Disponible:

http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/DocuWeb/estudis/observatori_preus_2016_es.pdf

[7.10]- Endesa. Precio del suministro gas natural y electricidad (online). Consulta 4 de junio de 2018. Disponible: <https://www.endesaclientes.com>

[7.11]- LetsLab. Precio del suministro etilenglicol (online). Consulta 4 de junio de 2018. Disponible: <http://www.letslab.com/productos-quimicos/monoetilenglicol.lab>

[7.12]- Production of substantially pure vinyl chloride, I.F ANDERSON, April 1955