

Grado en Ingeniería Química

Trabajo de Fin de Grado

PLANTA PARA LA FABRICACIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO

Mokhles Barrouhou El Khomsi 1334879

Roger Font Oriol 1427604

Josselyn Karina Ruiz Rodriguez 1426188

Gerard Ruiz Rosillo 1432681

Oriol Sanchez Beumala 1457198

Marina Torrico Viñoles 1455863

Tutora: María Eugenia Suárez-Ojeda

Grupo 5



Evaluación económica

Volumen 7





Índice

7.1. Introducción	3
7.2. Estudio de mercado	3
7.3. Estimación de la inversión inicial	4
7.3.1. Capital inmovilizado	5
7.3.1.1. Coste de los terrenos	5
7.3.1.2. Coste de los equipos	6
7.3.1.3. Método Vian.....	8
7.3.2. Capital circulante.....	10
7.3.3. Inversión total inicial	10
7.4. Estimación de los costes de producción	11
7.4.1. Costes de fabricación	11
7.4.2. Costes generales	14
7.4.3. Costes totales de producción.....	14
7.5. Ventas y rentabilidad del proyecto	15
7.5.1. Ingresos	15
7.5.2. Rentabilidad	15
7.5.2.1. Net Cash Flow (NCF).....	15
7.5.2.2. Valor Actual Neto (VAN).....	18
7.5.2.3. Tasa de Rentabilidad Interna (TIR).....	19
7.5.2.4. Rentabilidad final	20



7.6. Estudios de sensibilidad	21
7.6.1. Estudio de sensibilidad en función del precio del etileno.....	22
7.6.2. Estudio de sensibilidad en función del precio del óxido de Etileno.....	23
7.7. Bibliografía	25

7.1. Introducción

INDOXETH5, igual que cualquier otra empresa privada, para poder funcionar necesita una viabilidad económica. Para ello, en este apartado se realizará un estudio económico.

Para poder realizar dicha viabilidad, primeramente, es necesario realizar un estudio de mercado del producto, es decir, el óxido de etileno. Además, se debe analizar la inversión inicial juntamente con los gastos en servicios, materias primas, personal, impuestos, etc. Por último, se estudiarán las ventas anuales del producto para ver los ingresos que tendrá INDOXETH5.

El estudio se realizará para una previsión de venta anual de toda la producción, es decir, 130.330 toneladas de óxido de etileno; para una vida útil o actividad de la planta de 15 años. Aunque normalmente los estudios económicos se realicen para una vida útil de alrededor de 25 años, se ha elegido este periodo de tiempo teniendo en cuenta la variabilidad en el precio de las materias primas, tal como se explica en el ([Apartado 7.2. Estudio de mercado](#)).

7.2. Estudio de mercado

El óxido de etileno es un compuesto muy usado en el ámbito industrial, se puede usar desde materia prima para la fabricación de glicoles hasta esterilizante de ambientes o instrumentos. Por ese motivo, y debido a que hay mucha demanda y poca oferta, el precio del óxido de etileno depende solamente del precio de su materia prima más cara, el etileno. Por ese motivo, si se realiza un estudio de mercado se obtiene los siguientes datos: en 2015 su precio ⁽¹⁾ estaba aproximadamente en 1400 €/tn, por otro lado, en 2020 su precio ⁽²⁾ está alrededor de los 900 €/tn.

Debido a que, como ya se ha explicado, el precio del óxido de etileno varía en función del precio del etileno ⁽⁹⁾, realmente no se podría hacer un buen balance económico de larga duración debido a la variabilidad del precio del etileno y, por lo tanto, el del óxido de etileno. Por este motivo, se ha considerado coger



constante durante todos los años dichos precios, haciendo una media de diferentes valores encontrados, fijándolos en 875€/tn el etileno y en 1250€/tn el óxido de etileno. En el caso del óxido de etileno, su precio de venta se ha puesto un poco más alto de la media, ya que debido a que hay mucha demanda y poca oferta, se puede poner un poco más caro y conseguir un poco más de beneficio, pero nunca sin romper el mercado.

7.3. Estimación de la inversión inicial

La inversión inicial es el capital necesario para construir la planta y ponerla en marcha. A partir de ese momento, se espera obtener unos bienes y servicios favorables y, por lo tanto, obtener un beneficio económico.

La inversión inicial que se debe realizar está dividida en cuatro tipos de costes:

- **Gastos previos:** estos gastos son una parte pequeña del total de la inversión. Son los gastos que se aportan antes de empezar a realizar cualquier tipo de proyecto, como los costes de gestión, estudios de mercado, gestiones administrativas, etc. Estos gastos previos siempre se tienen que aportar, aunque el proyecto final no sea rentable.
- **Capital inmovilizado:** Dicho capital hace referencia a toda la maquinaria que sea necesaria para el correcto funcionamiento de la planta, además de terrenos, accesorios, etc. Esta parte del capital no se recupera ya que se va a desvalorizar con el tiempo, excepto la parte que está destinada únicamente a los terrenos.
- **Capital circulante:** Dicho capital, como dice su nombre, está circulando, en movimiento durante el funcionamiento de la planta, para así, poder garantizar que hay un correcto funcionamiento de ésta. Dentro de este capital podemos encontrar los salarios de los trabajadores, las materias primas, los servicios, etc. Este capital no se recupera hasta que no se vende el producto.



- Costes de la puesta en marcha: La puesta en marcha, aunque directamente no implica un gasto de capital, si lo es. Se consumen materias primas que no se recuperan como venta de producto final, se gastan servicios y horas de trabajo que no se recuperan con la venta del producto, etc. Por estos motivos, el coste de la puesta en marcha se debe tener en cuenta como inversión inicial.

7.3.1. Capital inmovilizado

Para conseguir una estimación lo más aproximada posible del valor del capital inmovilizado, se usarán diferentes métodos de cálculo y aproximación. El método que se ha escogido para el cálculo del capital inmovilizado será el Método Vian. Pero antes de aplicarlo, se deben tener en cuenta los costes del terreno y los costes de los equipos y maquinaria.

7.3.1.1. Coste de los terrenos

Para calcular el coste de los terrenos, se debe hacer un estudio del coste del suelo en la provincia de Tarragona, y si se puede aproximar más, en la ciudad de La Canonja. Aunque este valor puede variar depende la localización exacta y el tamaño del terreno, se puede llegar a una aproximación.

En este caso, a partir del Boletín del Estado con los precios por suelo urbano por provincias en el último trimestre de 2019 ⁽³⁾, se tasa el precio en la provincia de Tarragona en 120.5€/m². A partir de otros datos, de empresas privadas, se hace una media del precio por suelo industrial en la provincia de Tarragona y se tasa en 100.01€/m².

Para tener en cuenta la variación del precio en función de los años y poder hacer una aproximación más cercana, se hace una media entre el precio del suelo urbano, que proviene de fuentes oficiales del Estado, y entre el precio del suelo industrial, que proviene de fuentes privadas, consiguiendo un valor final de 110.26€/m².



Por lo tanto, sabiendo que INDOXETH5 tiene una parcela de 52.235 m², el precio de dicha finca será de cinco millones setecientos cincuenta y nueve mil ciento setenta euros (5.759.170€).

7.3.1.2. Coste de los equipos

El coste de los equipos se calculará a partir del método algorítmico de Sinnott y Towler y el apéndice C de Couper. Este método se utilizan diferentes algoritmos a partir de algunos datos característicos de los equipos para poder calcular aproximadamente su coste. Los cálculos y los algoritmos usados se pueden comprobar en el (**Volumen 11. Manual de cálculo**).

Seguidamente se muestran las tablas de los precios de los equipos por áreas de proceso.

Tabla 7.3.1. Coste equipos A-100

A-100				
Equipo	Material	Coste (UM)	Unidades	Coste total (\$)
M101	316L	2000	1	2000
M102	316L	2000	2	4000
M103	316L	2000	2	4000
K101	316L	392	2	784312
K102	316L	491	2	981252
K103	316L	436	2	871488
H101	316L	27346	2	54692
H102	316L	64946	2	129893
H103	316L	76313	2	152626
H104	316L	76438	2	152876
H105	316L	75529	2	151058
H106	316L	80857	2	161713
H107	316L	73172	2	146345



Tabla 7.3.2. Coste equipos A-200

A-200				
Equipo	Material	Coste (UM)	Unidades	Coste total (\$)
R201	316L	1797939	2	3595879

Tabla 7.3.3. Coste equipos A-300

A-300				
Equipo	Material	Coste (UM)	Unidades	Coste total (\$)
H301	316L	115852	2	231705
K301	316L	881	2	1762228
W301	316L	914605	2	1829211
H302	316L	24356	2	48712
W302	316L	60063	2	120127
P301	316L	8594	2	17188

Tabla 7.3.4. Coste equipos A-400

A-400				
Equipo	Material	Coste (UM)	Unidades	Coste total (\$)
H401	316L	113000	2	226000
P401	316L	21062	2	42124
S401	316L	75	2	149485

Tabla 7.3.5. Coste equipos A-500

A-500				
Equipo	Material	Coste (UM)	Unidades	Coste total (\$)
D501	316L	849817	2	1699633
P501	316L	20949	2	41897
H501	316L	26085	2	52169
D502	316L	105112	2	210223

Tabla 7.3.6. Coste equipos A-600

A-600				
Equipo	Material	Coste (UM)	Unidades	Coste total (\$)
T601-T602	316L	135057	4	540226
T603	316L	124003	1	124003

Tabla 7.3.7. Coste equipos A-800

A-800				
Equipo	Material	Coste (UM)	Unidades	Coste total (\$)
T801	316L	23676	1	23676
Turbina	316L	86	1	86497

Tabla 7.3.8. Coste equipos A-1100

A-1100				
Equipo	Material	Coste (UM)	Unidades	Coste total (\$)
Caldera	316L	40000	8	320000
Chiller	316L	951	7	6653640
Descalcificador	316L	5000	7	35000
Compresor de aire	316L	15000	2	30000

Tabla 7.3.9. Coste total equipos y conversión de dólares (\$) a euros (€)

TOTAL EQUIPOS (\$)	32322853
TOTAL EQUIPOS (€)	29090568

7.3.1.3. Método Vian

Este método es un método de aproximación del coste de la inversión inicial de una planta. Parte del valor del capital invertido en maquinaria y equipos, y a partir de este valor se calculan una serie de factores que influirán en los demás aspectos del capital inmovilizado, consiguiendo así su valor total.

Este método, además, tiene en cuenta dentro de sus cálculos los valores de los gastos previos y de los costes de la puesta en marcha. El procedimiento a seguir se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 7.3.9. Método Vian

Ítem	Definición	Cálculo
I1	Maquinaria y aparatos	X
I2	Instalación	0.35X-0.5X
I3	Tuberías y válvulas	0.1X-0.6X
I4	Instrumentación	0.05X-0.3X
I5	Aislamientos	0.03X-0.1X
I6	Instalación eléctrica	0.1X-0.2X
		Terrenos: valoración concreta
I7	Terrenos y edificaciones	Edificaciones: 0.2X-0.3X (interiores) 0.12X-0.15X (mixtas) 0.05X (exteriores)
I8	Instalaciones auxiliares	0.25X-0.7X
Y	Capital físico o primario	I1+I2+I3+I4+I5+I6+I7+I8
I9	Proyecto y dirección de obra y montaje	0.2Y-0.3Y
Z	Capital directo o secundario	Y+I9
I10	Contratistas	0.04Z-0.1Z
I11	Gastos no previstos	0.1Z-0.3Z
I	Capital inmovilizado	Z+I10+I11

A partir del capital correspondiente a los equipos y maquinaria se calcula el capital inmovilizado de INDOXETH5. Dicho cálculo desarrollado se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 7.3.10. Cálculo capital inmovilizado de INDOXETH5 a partir del Método Vian.

Ítem	Cálculo (€)
I1	29090568
I2	14545284
I3	8727170
I4	5818114



Ítem	Cálculo (€)
I5	1454528
I6	4363585
I7	5759170
I8	4363585
I8	11636227
Y	85758231
I9	25727469
Z	111485701
I10	8918856
I11	11148570
I	131553127

7.3.2. Capital circulante

Para realizar la estimación del capital circulante se pueden usar diferentes métodos. En este caso se ha usado el método de aproximación global. Este método consiste en que el capital circulante corresponde a un rango de entre el 10 y el 30% del capital inmovilizado.

Aproximando el valor al 20% del capital inmovilizado, el capital circulante de INDOXETH5 corresponde a veintiséis millones trescientos diez mil seiscientos veinticinco euros (26.310.625€).

7.3.3. Inversión total inicial

Una vez ya se han obtenido el valor del capital inmovilizado, el cual engloba el capital inmovilizado, los gastos previos y la puesta en marcha, y el valor del capital circulante, se pueden sumar y llegar al valor aproximado del coste de la inversión inicial.



El coste de la inversión inicial es de ciento cincuenta y siete millones ochocientos sesenta y tres mil setecientos cincuenta y dos euros (157.863.752€).

7.4. Estimación de los costes de producción

Para seguir con la estimación de los costes de una planta industrial como INDOXETH5 es necesario tener en cuenta los costes de la producción. Dichos costes se pueden dividir en dos: los costes de fabricación (M) y los costes generales (G).

7.4.1. Costes de fabricación

Estos costes equivalen a todo aquello relacionado con el proceso de producción, ya sea directamente o indirectamente. Se puede desglosar en diferentes partes, todas calculadas en un intervalo de tiempo de un año.

- **Materias primas:** Estos serán los costes equivalentes a las materias primas utilizadas en un año de producción. El precio de las distintas materias primas se ha consultado a diferentes proveedores y se ha realizado una media ⁽⁸⁾⁽⁹⁾.

Tabla 7.4.1. Estimación costes de materias primas.

	€/Tn	Tn/año	€/año
Etileno	810.0	63162.24	51161414
Oxígeno	6.1	111659.52	682364
TOTAL			51843778

- **Mano de obra:** Dicho coste va dirigido únicamente a los salarios de los trabajadores, tanto externos como internos. Los turnos, horarios y otras características de los trabajadores se encuentran en el **Volumen 1. Especificación del proyecto**, apartado **1.5.3. Planificación temporal y plantilla de trabajadores**.



Tabla 7.4.2. Estimación costes de la mano de obra.

Cargo	Nº empleados	Sueldo anual individual (€/año)	Sueldo total anual (€)
Operarios	24	22400	537600
Jefes de línea	8	25200	201600
Mantenimiento	8	21000	168000
Limpieza	3	15400	46200
Seguridad	4	18200	72800
Oficinas	15	21000	315000
Laboratorios QC	3	22400	67200
Laboratorios I+D	2	22400	44800
Ingenieros	4	35000	140000
Directivos	1	70000	70000
TOTAL	72	-	1663200

- Servicios: Se refiere al coste determinado por el gasto de los servicios de planta, como el agua ⁽⁵⁾, el nitrógeno ⁽⁷⁾, la electricidad ⁽⁴⁾ y el gas natural ⁽⁶⁾.

Tabla 7.4.3. Estimación costes de los servicios.

Servicio	Consumo anual	Precio por unidad (€/u)	Coste total
Agua (m3)	6207684	2.15	13346521
Nitrógeno (Kg)	2789954	1.25	3487443
Gas natural (m3)	56718329	0.63	35732547
Electricidad (kWh)	2663915	0.093	247744
TOTAL			52814254

- Suministros: dichos costes vienen derivados directamente de todo el material necesario para el mantenimiento y la limpieza de la planta. Este coste se aproxima a un 1% del capital inmovilizado.
- Mantenimiento: El coste de este apartado es respecto al mantenimiento de equipos o instrumentos que no se puede llevar a cabo en planta. Este coste oscila entre un 5 y un 7% del capital inmovilizado. Escogiendo un 5%.



- Laboratorios: Va destinado a garantizar el funcionamiento del laboratorio, aportando todos los materiales e instrumentos necesarios. Se toma un valor de entre 5 y 25% del coste de la mano de obra. Escogiendo un valor de 8%.
- Expedición: Consta del transporte del producto de la planta al consumidor y equivale a un 5% de la mano de obra.
- Amortización: El coste de este apartado va asociado a la pérdida de valor de las instalaciones. En el caso de nuestra planta se espera una actividad de 15 años. Por lo tanto, se considera una amortización siguiendo el método de suma de dígitos a las instalaciones. Este concepto se podrá observar en el apartado **7.5.2. Rentabilidad**.
- Impuestos: Este coste hace referencia a los pagos que se deben hacer, del tipo administrativos no atribuibles a los beneficios. Este tipo de impuestos oscilan entre un 0.5-1% del capital inmovilizado. En nuestro caso se ha aproximado a un valor del 0.75%.
- Seguros: Dicho importe corresponde a los seguros que se deben contratar para las instalaciones y los edificios. Equivale a un 8% del capital inmovilizado.

Sumando todos los apartados anteriores, se consigue el valor total de los costes de fabricación (M), que se puede ver en la (**Tabla 7.4.4**).

Tabla 7.4.4. Costes totales de fabricación.

	Costes (€)
Materias primas	51843778
Mano de obra	1663200
Servicios	52814254
Suministros	1315531
Mantenimiento	6577656
Laboratorios	133056
Expedición	83160
Impuestos	986648
Seguros	10524250
TOTAL M	125941535



7.4.2. Costes generales

Dichos costes se pueden dividir en tres agrupaciones diferentes:

- **Gastos comerciales:** Corresponden a los temas de marketing, publicidad, etc. Normalmente oscila entre un 5 y un 20% de los costes de fabricación. Suponiendo un 10%, se aproxima los gastos comerciales a doce millones quinientos noventa y cuatro mil ciento cincuenta y tres euros (12.594.153€).
- **Gastos financieros:** Dichos gastos están relacionados con los intereses del capital prestado y que seguidamente se ha invertido en el negocio. En este caso se puede suponer un valor de 0, ya que para la planta de INDOXETH5 no se ha pedido ningún préstamo.
- **Investigación y servicios técnicos:** Dichos gastos incluyen los costes de la investigación que se llevará a cabo en I+D. Esto equivale a un 3% del capital inmovilizado, es decir, tres millones novecientos cuarenta y seis mil quinientos noventa y cuatro euros (3.946.594€).

Sumando todos los apartados anteriores, se consigue el valor total de los costes generales (G), suponiéndolos de dieciséis millones quinientos cuarenta mil setecientos cuarenta y siete euros (16.540.747€).

7.4.3. Costes totales de producción

Por lo tanto, como se ha explicado anteriormente, los costes de producción son la suma de los costes de fabricación y los costes generales. Sumando así los valores calculados anteriormente, da un coste total de producción de ciento cuarenta y dos millones cuatrocientos ochenta y dos mil doscientos ochenta y dos euros (142.482.282€).



7.5. Ventas y rentabilidad del proyecto

7.5.1. Ingresos

La principal fuente de ingresos de INDOXETH5 es la venta de su producción, es decir, la venta de óxido de etileno. Todo y eso, también se tendrán ingresos por la producción de energía gracias a la turbina que se tendrá en la expulsión de gases. Como INDOXETH5 no produce subproductos, no se podrán vender.

Por lo tanto, teniendo en cuenta las dos fuentes de ingresos, el óxido de etileno y la electricidad producida, INDOXETH5 tendrá unos ingresos por ventas de su producción que se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 7.5.1. Ingresos por ventas de INDOXETH5.

	€/unidad medida	unidad medida/año	€/año
Óxido de etileno (tn)	1350	130330	175945500
Energía (kWh)	0.093	2831	263
TOTAL Ingresos anuales (€)		175945763	

7.5.2. Rentabilidad

7.5.2.1. Net Cash Flow (NCF)

Para poder estimar la rentabilidad de un Proyecto o de una empresa, siempre se debe calcular el Net Cash Flow (NCF), ya que representa el flujo de efectivo que tiene una empresa en un periodo dado. Este valor se usa para, posteriormente, calcular el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). A partir de estos valores, se podrá sacar una conclusión de si el proyecto es rentable o no.

Para poder realizar el balance económico o NCF se deben tener en cuenta los siguientes parámetros.

- Vida útil de la planta: Es el tiempo en que estará en funcionamiento dicha planta. En este caso se ha aproximado a unos 15 años. Se asume



que al final de dicho periodo se recuperará el valor residual de los terrenos y el capital circulante.

- **Capital inmovilizado:** Para poder construir una planta, ya se ha explicado anteriormente que se debe realizar una inversión inicial. En este caso, el capital inmovilizado se debe aportar un año antes de la construcción de la planta y de que empiece su funcionamiento. Por lo tanto, se debe contabilizar en un año 0.
- **Beneficios:** Se considerarán beneficios la resta entre los ingresos por las ventas y los costes de producción. Considerando una venta total anual de la producción. Este valor de beneficio siempre será bruto, es decir, sin tener en cuenta los impuestos.
- **Valor residual:** Es la suma de dinero que se podrá recuperar al final de la vida útil de la planta. En el caso de INDOXETH5 el único importe que se recuperará es el correspondiente al valor de los terrenos, ya que los equipos se depreciarán al largo de los años.
- **Amortización:** Es el coste asociado a la pérdida del inmovilizado. En el caso de INDOXETH5 se ha supuesto una amortización siguiendo el método de suma de dígitos, explicada en el [Volumen 11. Manual de cálculo](#).
- **Impuestos:** Es la parte proporcional de los beneficios que se deben pagar al Estado. En este caso representarán el 35% del Beneficio Bruto.
- **NCF:** el propio NCF, valor el cual se busca, representa la suma de todo el flujo de dinero, por lo tanto, la suma del capital inmovilizado, el capital circulante, el valor residual, las ventas, los costes de producción y los impuestos.

Una vez definidos todos los parámetros a tener en cuenta en el balance económico, se ha elaborado la ([Tabla 7.5.2](#)) donde se muestra dicho balance durante cada año de vida de la planta. Las unidades de los valores monetarios que se muestran en la ([Tabla 7.5.2](#)) representan millones de euros (M€).



Tabla 7.5.2. Tabla de cálculo del NCF en millones de euros.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
C. Inmovilizado	-131.6																
C.Circulante		-26.3															26.3
Valor Residual																	5.8
Ventas		175.9	175.9	175.9	175.9	175.9	175.9	175.9	175.9	175.9	175.9	175.9	175.9	175.9	175.9	175.9	
Costes		-142.5	-142.5	-142.5	-142.5	-142.5	-142.5	-142.5	-142.5	-142.5	-142.5	-142.5	-142.5	-142.5	-142.5	-142.5	
Amortización		-16.4	-15.3	-14.3	-13.2	-12.1	-11.0	-9.9	-8.8	-7.7	-6.6	-5.5	-4.4	-3.3	-2.2	-1.1	
Beneficio		17.0	18.1	19.2	20.3	21.4	22.5	23.6	24.7	25.8	26.9	28.0	29.1	30.2	31.3	32.4	
Base imponible		17.0	18.1	19.2	20.3	21.4	22.5	23.6	24.7	25.8	26.9	28.0	29.1	30.2	31.3	32.4	
Impuestos (35%)			-6.0	-6.3	-6.7	-7.1	-7.5	-7.9	-8.3	-8.6	-9.0	-9.4	-9.8	-10.2	-10.6	-10.9	-11.3
NCF	-131.6	7.2	27.5	27.1	26.7	26.4	26.0	25.6	25.2	24.8	24.4	24.1	23.7	23.3	22.9	22.5	20.7



7.5.2.2. Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) consiste en el cálculo de la suma de los valores actuales de los futuros flujos de caja tal y como se muestra en la siguiente ecuación.

$$VAN = NCF_0 + \sum_{n=1}^{n=t} \frac{NCF_t}{(1+i)^t} \quad \text{Ecuación 7.5.1}$$

A partir de dicha ecuación se pueden calcular los valores del VAN en función de los intereses (i). Cuando el VAN es positivo significa que hay ganancias y, por lo tanto, se recomienda invertir en el proyecto. Cuando el VAN es cero, significa que no hay ganancias ni pérdidas. Y cuando es negativo, significa que no se recuperará la inversión inicial, que el proyecto no es viable y por lo tanto no se recomienda invertir.

A partir de diferentes intereses y los valores del NCF de la (Tabla 7.5.2), se ha calculado el VAN en millones de euros (M€).

Los valores del VAN en función del interés se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 7.5.3. Cálculo del VAN a partir de diferentes intereses.

Interés (%)	VAN
5	123.4 €
10	50.8 €
15	5.5 €
20	-24.4 €
25	-45.0 €
30	-59.8 €
35	-70.9 €

Posteriormente, se ha representado gráficamente estos valores para ver de forma representativa a partir de qué momento la planta de INDOXETH5 ya no sería rentable.

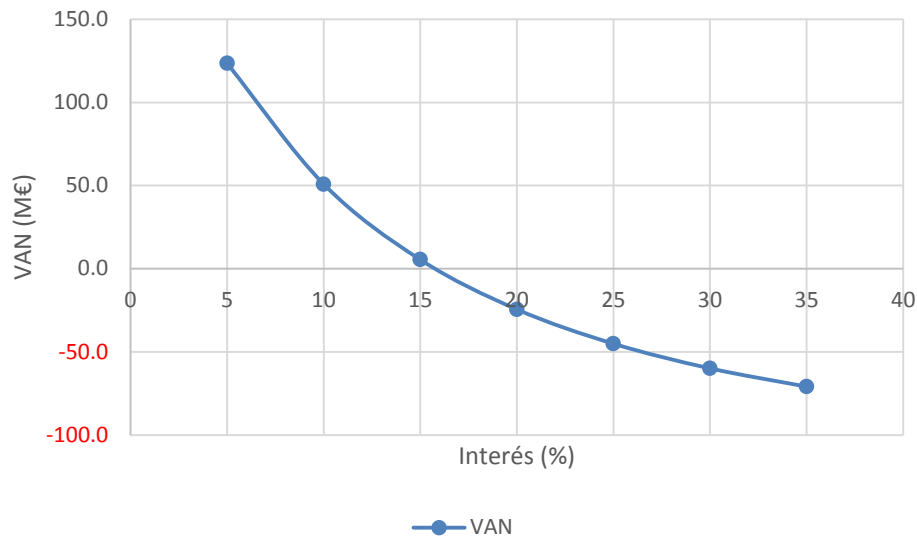


Figura 7.5.1. Representación gráfica del VAN en función de los intereses.

Como se puede observar en la (Figura 7.5.1), cuando los intereses están comprendidos entre un 15% y un 20% el proyecto deja de ser viable, ya que es cuando el VAN se vuelve negativo. Para poder saber a partir de qué valor exacto de interés el proyecto deja de ser rentable, es decir, $VAN=0$, se calcula el TIR.

7.5.2.3. Tasa de Rentabilidad Interna (TIR)

A continuación, se ha calculado el valor de la TIR para este proyecto, dicho valor indica el interés con el cual el valor del VAN es cero, es decir, el interés a partir del cual dejan de obtenerse ganancias y el proyecto por lo tanto deja de ser rentable.

Calculando el TIR a partir de los valores de la (Tabla 7.5.2), se obtiene que el proyecto deja de ser rentable a partir de un 16% de interés. Es decir, en ese valor de interese el VAN dará 0.

Si se representan los valores del NCF y se calcula el NCF acumulado de cada año, se puede obtener la información de cuando se recupera la inversión inicial y cuánto dinero se puede llegar a ganar al largo de los 15 años que este la empresa en funcionamiento.

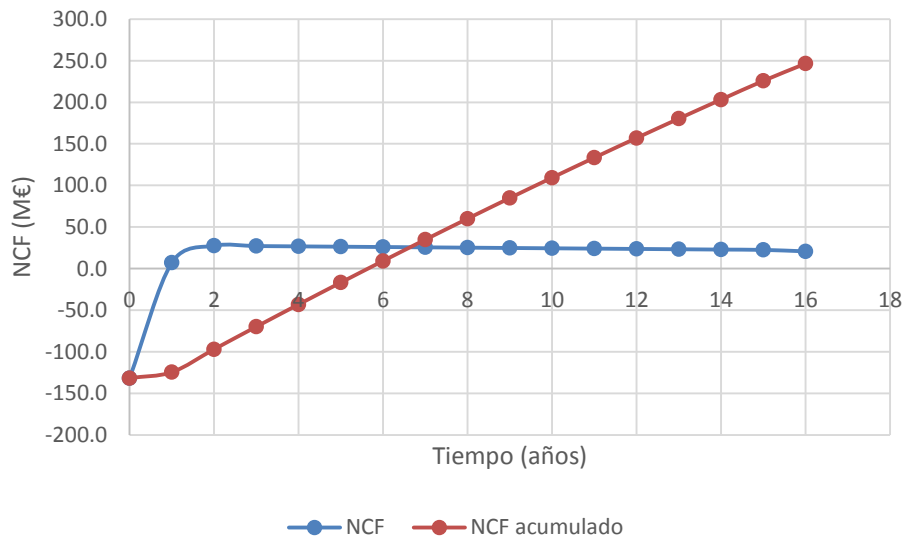


Figura 7.5.2. Representación gráfica del NCF y NCF acumulado en función del tiempo.

En la (Figura 7.5.2) se observa como la inversión inicial se recupera en aproximadamente unos 6 años. A partir de ese momento, solamente se gana dinero, llegando a poder ganar un acumulado de prácticamente 250 millones de euros.

7.5.2.4. Rentabilidad final

Por lo tanto, después de realizar toda la estimación de la evaluación económica de INDOXETH5, se puede concluir que este proyecto es rentable siempre que el interés máximo no supere el 16%. Este hecho hace que sea más recomendable invertir en la planta de producción de INDOXETH5 que en una entidad bancaria.

Además, como se puede ver en la (Figura 7.5.2), se recupera la inversión en solamente 6 años, teniendo los 9 años siguientes con simplemente ganancias



de dinero. Este hecho hace que se ratifique la conclusión anterior de que es muy recomendable invertir en un proyecto como el de INDOXETH5.

Aun así, se debe tener en cuenta que para presentar esta evaluación económica se han llevado a cabo muchas aproximaciones en los cálculos y precios, por ese motivo, no será verídico al 100% en el caso que se quisiera poner en marcha dicho proyecto. Pero también hay que tener en cuenta que existen muchas otras maneras de producir ingresos en las plantas químicas o de reducir costes que no se han planteado por falta de tiempo o conocimiento y, por ese motivo, suponemos que igualmente sería viable un proyecto como este.

Por lo tanto, para concluir, aunque en una planta de producción siempre se corren riesgos por huelgas, explosiones, paradas imprevistas, etc., la alta viabilidad de la empresa y los grandes beneficios hace que merezca la pena invertir en este proyecto.

7.6. Estudios de sensibilidad

Los estudios de sensibilidad son un proceso de estudio de variación de las principales características económicas y ver cómo afecta al resultado final. En este caso, se hará un estudio de sensibilidad de la viabilidad del proyecto, por lo tanto, se variarán los valores económicos que más afectan a la viabilidad de dicho proyecto y que tienen más probabilidad de cambiar al largo de los años. Es decir, se estudiará la variación del precio de compra del etileno y la variación del precio de venta del óxido de etileno.

El estudio de sensibilidad se realiza manteniendo fijados todos los valores menos uno de los que se quiere estudiar, por lo tanto, si se quiere ver cómo afecta la variación del precio del etileno o del óxido de etileno a la viabilidad del proyecto se deberán realizar dos estudios, uno para la variación del etileno y otro para la variación del óxido de etileno.

7.6.1. Estudio de sensibilidad en función del precio del etileno

En el caso del estudio de sensibilidad del precio del etileno, se realizará para un precio de etileno de 500€/tn, 1000€/tn y 1500€/tn, sabiendo que el precio fijado es 810€/tn.

Realizando el mismo procedimiento que anteriormente en el estudio de rentabilidad, pero con los nuevos valores, se obtienen los siguientes resultados.

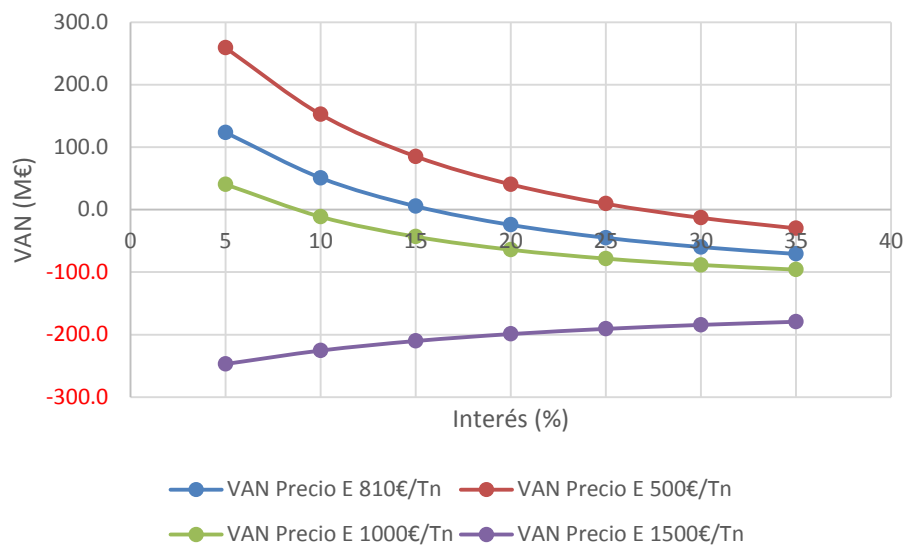


Figura 7.6.1. Representación gráfica del VAN en función de los intereses en el estudio de sensibilidad del precio del etileno.

Tabla 7.6.1. Representación gráfica del VAN en función de los intereses en el estudio de sensibilidad del precio del etileno.

Precio Etileno (€/Tn)	TIR
500	27%
810	16%
1000	9%
1500	

En la (Figura 7.6.1) se observa cómo cuando más barato sea el precio de compra del etileno (E), mejor rendimiento tiene la empresa, debido a que el

etileno es la materia prima más cara y más consumida. Además, en la (Tabla 7.6.1) se puede ver como la explicación anterior es cierta, ya que el TIR es mayor como menor es el precio del etileno, y eso significa que hay una tasa máxima mayor antes de que el VAN sea cero.

Además, se puede observar la gran viabilidad del proyecto, ya que, aunque suba el precio del etileno, el proyecto seguiría siendo viable hasta un precio de un poco más de 1000€/tn. A partir de 1500€/tn, ya el TIR da error debido a que el proyecto es totalmente inviable porque el VAN nunca dará 0.

7.6.2. Estudio de sensibilidad en función del precio del óxido de Etileno

En el caso del estudio de sensibilidad del precio del óxido de etileno, se realizará para un precio del óxido de etileno de 500€/tn, 1000€/tn y 1500€/tn, sabiendo que el precio fijado es 1350€/tn.

Realizando el mismo procedimiento que anteriormente en el estudio de rentabilidad, pero con los nuevos valores, se obtienen los siguientes resultados.

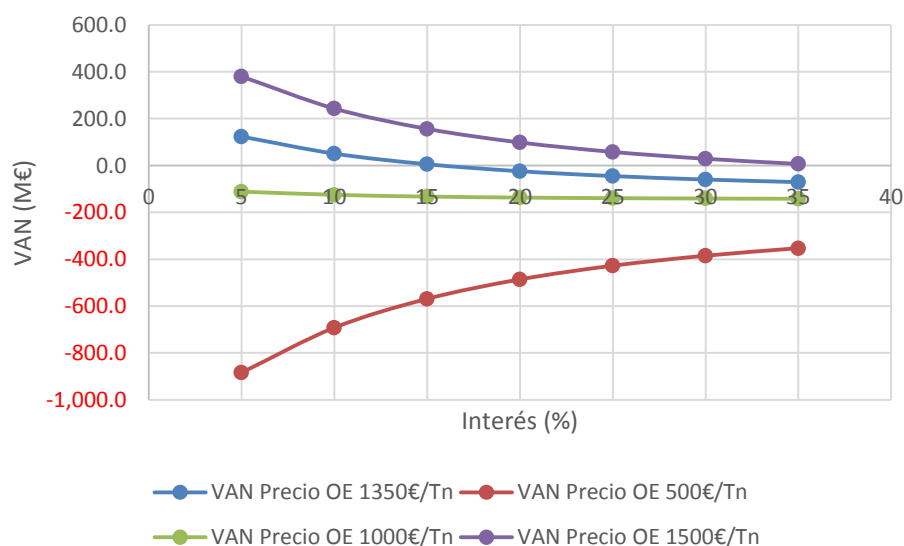


Figura 7.6.2. Representación gráfica del VAN en función de los intereses en el estudio de sensibilidad del precio del óxido de etileno.



Tabla 7.6.2. Representación gráfica del VAN en función de los intereses en el estudio de sensibilidad del precio del óxido de etileno.

Precio Óxido Etileno (€/Tn)	TIR
500	
1000	
1350	16%
1500	37%

En la (Figura 7.6.2) se observa cómo cuando más barato sea el precio de venta del óxido de etileno (OE), peor rendimiento tiene la empresa, debido a que el óxido de etileno debe venderse más caro que el precio de compra de las materias primas, como mínimo. Además, en la (Tabla 7.6.2) se puede ver como la explicación anterior es cierta, ya que el TIR es menor como menor es el precio del óxido de etileno, hasta dando un error en el primer caso, ya que como se observa en la (Figura 7.6.2) esa función nunca cortará con el eje X dando un valor de VAN=0. En el segundo caso, precio del óxido de etileno 1000 €/tn, el TIR da un valor de -6%, no se ha puesto dicho valor en la (Tabla 7.6.2) ya que se considera erróneo ya que un interés no puede ser negativo.

Por lo tanto, solamente será viable la empresa si el precio de venta del óxido de etileno es mayor a 1000€/tn, y como más se aumente más beneficios se tendrá, siempre que no se pase el límite de mercado (1500€/tn), ya que entonces nadie comprará porque habrá otros vendedores a precios más competitivos. Con el máximo precio permitido, alrededor de 1400 o 1500 €/tn, se conseguiría una rentabilidad enorme, llegando a conseguir que aumentara el interés del TIR a un 37%.



7.7. Bibliografía

- (1) Precio óxido de etileno 2015 (*Fecha de consulta: 30/05/2020*):
<https://www.elconfidencialquimico.com/el-precio-del-oxido-de-etileno-prosigue-por-la-senda-alcista-en-junio-y-encadena-cuatro-subidas-consecutivas/>
- (2) Precio óxido de etileno 2020 (*Fecha de consulta: 02/05/2020*):
<http://www.sunsirs.com/es/prodetail-856.html>
- (3) Estadísticas de precios de suelo urbano del Estado Español (*Fecha de consulta: 30/05/2020*):
<http://www.fomento.gob.es/BE2/?nivel=2&orden=36000000>
- (4) Precio luz en España (*Fecha de consulta: 02/05/2020*):
<http://www.tarifadeluz.com/>
- (5) Precio agua en Tarragona (*Fecha de consulta: 02/05/2020*):
<https://www.ematsa.cat/el-teu-servei/factura-i-tarifes/tarifes/>
- (6) Precio Gas Natural en España (*Fecha de consulta: 02/05/2020*):
<https://preciogas.com/faq/factor-conversion-gas-natural-kwh>
- (7) Precio medio del Nitrógeno (*Fecha de consulta: 02/05/2020*):
<https://www.pharmacompass.com/price/nitrogen>
- (8) Precio del Oxígeno (*Fecha de consulta: 02/05/2020*):
https://repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1080&context=cbe_sdr
- (9) Precio del Etileno (*Fecha de consulta: 02/05/2020*):
<https://blogs.platts.com/2015/10/15/effects-ethane-steam-crackers-on-the-blink/>
<https://www.icis.com/chemicals-and-the-economy/2018/05/us-ethylene-prices-near-all-time-lows-as-over-capacity-arrives/>
<https://spendmatters.com/2015/07/13/us-ethylene-price-falls-37-y-o-y/>
<http://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2016/04/FGNF-quimica-y-energia-26May16-venviada.pdf>