



## **ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

**Universidad de Burgos**



### **SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA BASADO EN LA SUPERCONDUTIVIDAD PARA LA ESTABILIZACIÓN DE MICROGRID POR CONEXIÓN Y DESCONEXIÓN DE CARGAS, SISTEMA SMES**

#### **ANEJO Nº 11: ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA**

**GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y  
AUTOMÁTICA**

**AUTOR:**

**RUBÉN ARCE DOMINGO**

**TUTOR:**

**CARMELO LOBO DE LA SERNA**

**JUNIO DE 2019**

**ANEJO 11: ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....3**

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. ESTUDIO DE MERCADO.....	3
2.1. Evolución del producto.....	4
2.2. Datos del mercado europeo e internacional .....	5
2.3. Nicho de mercado .....	5
2.4. Análisis DAFO .....	8
3. ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD.....	10
3.1. Estimación de la vida tecnológica .....	10
3.2. Previsión de ventas, cobros y pagos .....	11
Flujos de caja .....	11
Cálculo del valor actual neto (VAN) .....	11
Cálculo de la tasa interna de rentabilidad (TIR) .....	12
Plazo de retorno de la inversión (PR) .....	13
4. CONCLUSIONES .....	13

**ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS:**

Ilustración 1: Evolución de los sistemas SMES.....	4
Ilustración 2: Relación entre energía-potencia entre los distintos países.....	4
Ilustración 3: Datos de consumos de provincias españolas .....	6
Ilustración 4: Evolución del negocio .....	7
Ilustración 5: Ciclo de vida del producto .....	7
Ilustración 6: Análisis DAFO.....	9
 Tabla 1: Flujos de caja y demanda.....	 11
Tabla 2: Tipos de VAN .....	12
Tabla 3: Flujos de caja .....	12



## **ANEJO 11: ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA**

### **1. INTRODUCCIÓN**

Con este anejo se pretende llevar a cabo un estudio de viabilidad económica, es decir, se busca evaluar si este proyecto es viable o no en términos económicos.

En primer lugar, se va a realizar un análisis de las necesidades del producto, es decir, se observarán y estudiarán cuales van a ser los potenciales clientes para los que este producto va dirigido. Una vez establecida la demanda potencial se ha de establecer la demanda real del estabilizador de tensiones para una microgrid.

En segundo lugar, se estudiará la vida tecnológica del producto, para evaluar dicho aspecto se llevará a cabo un estudio DAFO, así como un análisis de los componentes que lo forman.

Por último, se analizarán de los flujos de caja desde el año cero de inicio de la inversión hasta dentro de los próximos 5 años. El estudio de la rentabilidad del producto partirá de una serie de herramientas como el cálculo del valor actual neto o la tasa interna de retorno.

Por último, una vez obtenidos todos los datos estadísticos y realizados todos los cálculos, se podrá llegar a la conclusión de si es o no viable en términos económicos.

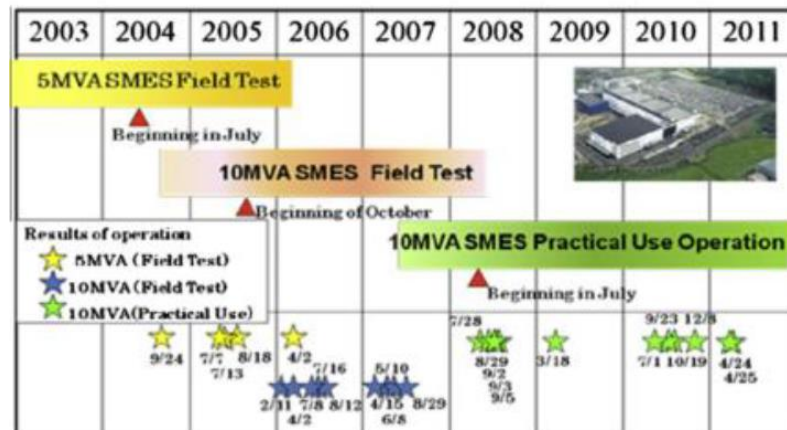
### **2. ESTUDIO DE MERCADO**

En este apartado se busca establecer la demanda de la que se dispone, para poder obtener este valor se ha llevado a cabo un proceso de observación de la situación actual en lo que respecta al producto.

El producto de este proyecto no ha llegado a comercializarse como tal, se estima que el primero en ponerse a la venta llegue en torno al 2020/22, esto no significa que esté en fase de prototipo, ni mucho menos, hay dispositivos perfectamente operativos que se encuentran a día de hoy funcionando, pero nadie ha dado el salto a estandarizarlo y ponerlo a la venta.

## 2.1. Evolución del producto

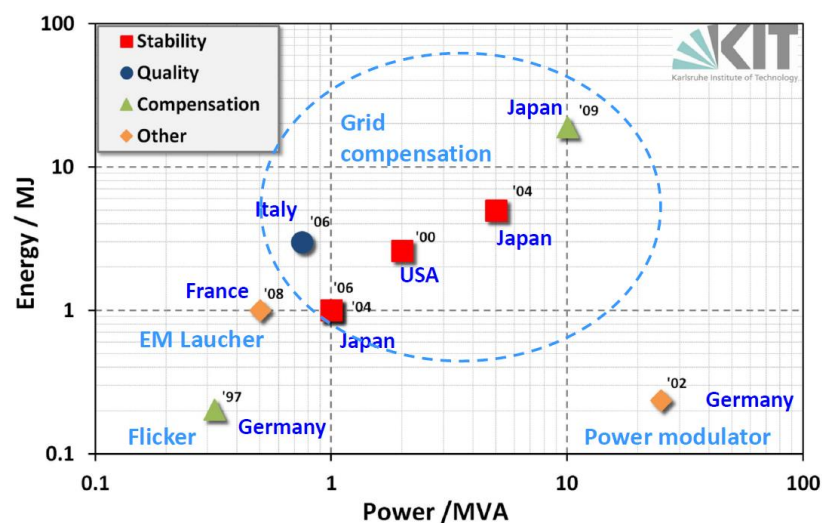
En la ilustración 1 vemos una breve línea temporal de la evolución de los sistemas de estabilización y almacenamiento de energía basado en superconductores desde el primer prototipo en 1991 hasta la actualidad, a día de hoy hay dos proyectos muy grandes puestos en marcha, uno en Japón y otro en Houston (EE. UU).



*Ilustración 1: Evolución de los sistemas SMES (Evolution of SMEs towards Industrie 4.0)*

En la ilustración 2 vemos un gráfico que relaciona la energía y la potencia de los sistemas SMES desarrollados por los distintos países en los últimos 20 años. Al lado de cada país se muestra el año en el que se ha llevado a cabo

Vemos que Japón lleva la delantera en lo que respecta a desarrollar sistemas para la estabilización, así como de compensación de la red. Es previsible que el primer modelo que salga al mercado sea llevado a cabo por este país.



*Ilustración 2: Relación entre energía-potencia entre los distintos países (climatetechwiki.org)*



Apreciamos en la ilustración 2 como hay una tendencia creciente a la investigación sobre la tecnología novedosa de la superconductividad. Por ello no es descabellado pensar que el proyecto desarrollado tenga una esperanza de vida corta debido a la continua mejora de las tecnologías.

## **2.2. Datos del mercado europeo e internacional**

Grandes empresas internacionales como ABB o Mic son conscientes de las posibilidades sobre la superconductividad. Por ello la inversión en estos sistemas está sufriendo un crecimiento exponencial.

El creciente desarrollo que se está llevando a cabo en los sistemas SMES es debido en gran medida a que se estima que el consumo energético [crezca un 40% para 2025](#). Esto claramente es insostenible en el paradigma actual.

Es por ello por lo que numerosas empresas a nivel mundial han visto este sistema basado en la superconductividad como una gran oportunidad.

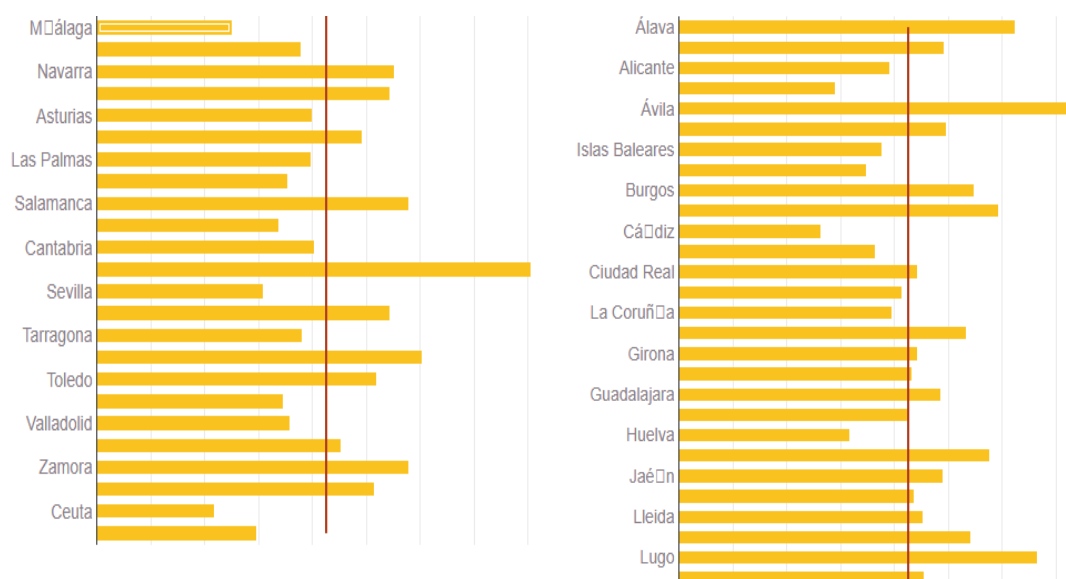
## **2.3. Nicho de mercado**

La aplicación de los materiales superconductores está al alza hoy en día, se está produciendo una evolución continua en I+D para llegar a un desarrollo pleno de los mismos.

El sistema SMES tiene cabida en el mercado dentro de tres grandes campos de aplicación:

1. Estabilización de redes.
2. Almacenamiento.
3. Transmisión de electricidad en alta tensión.

Las redes que permitiría estabilizar el sistema desarrollado en este proyecto técnicos con del orden de los 200 kWh/m<sup>2</sup>. Con este dato podemos buscar los consumos energéticos de las provincias españolas para poder entender mejor a quien iría dirigido dicho sistema.



*Ilustración 3: Datos de consumos de provincias españolas (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)*

De este gráfico extraemos la información de las provincias que potencialmente tengan estas necesidades energéticas y las reunimos en la tabla 1. La línea roja es la media de consumo energético en España, esta media se encuentra en los 212kWh/m<sup>2</sup>.

Provincia	Consumo Global (kWh/m² año)
Ceuta	109.47
Málaga	125.92
Cádiz	131.56
Almería	145.04
Melilla	148.31
Sevilla	154.32
Huelva	159.19
Santa Cruz de Tenerife	169.51
Valencia	173.27
Barcelona	174.12
Pontevedra	177.27
Valladolid	179.79

Provincia	Consumo Global (kWh/m² año)
Castellón	182.87
Islas Baleares	188.46
Murcia	189.47
Tarragona	190.66
Alicante	195.57
La Coruña	197.64
Las Palmas	199.13
Asturias	200.07
Cantabria	201.83
Córdoba	207.29
Gipuzkoa	212.21
Granada	216.62



Esto nos aporta una gran información puesto que significa que aproximadamente la mitad de las provincias españolas cumplen con las necesidades energéticas para las que ha sido desarrollado el sistema de estabilización.



*Ilustración 4: Evolución del negocio*

La tendencia es empezar con el negocio a nivel nacional y luego dar el salto al nivel global o virtual. Si llevamos a cabo el mismo estudio dentro del territorio europeo podemos esperar una demanda de en torno a las 450 unidades.

Si bien es cierto que siendo un producto novedoso estos potenciales consumidores no se van a lanzar a adquirir el estabilizador que se pretende comercializar, es por ello que se estima en España una demanda de más de 150 unidades.

Disponemos del impulso de mercado puesto que sabemos identificar las necesidades y también del impulso tecnológico puesto que es un producto de I+D.

El ciclo de vida del producto también se ha tenido en cuenta y se ha dividido en cuatro etapas como podemos apreciar en la ilustración



*Ilustración 5: Ciclo de vida del producto*

En el periodo de introducción las ventas serán pequeñas pero la innovación e inversión muy elevada. En el periodo de crecimiento los costes descenderán mientras



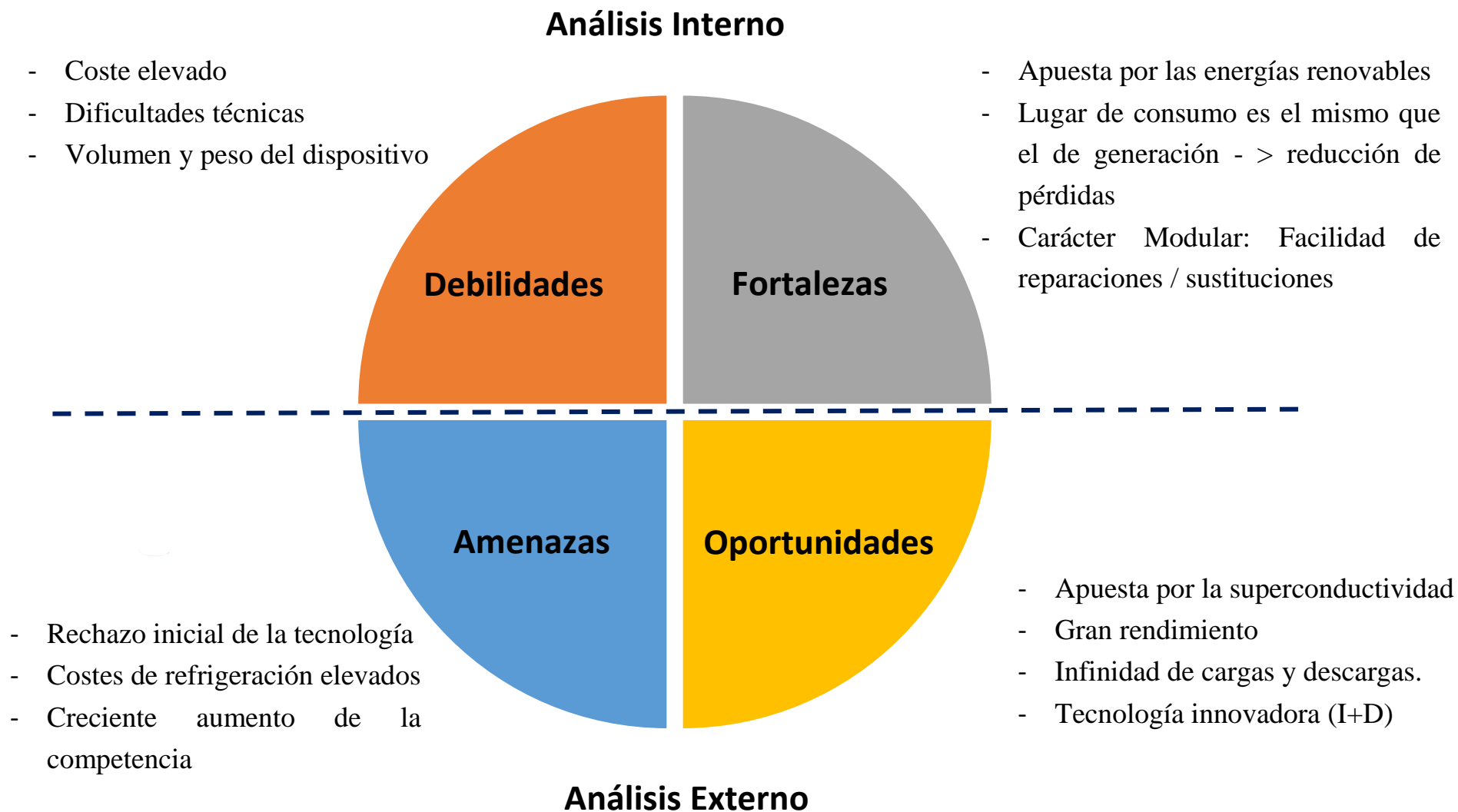
se produce el perfeccionamiento del producto. Cuando se alcance el periodo de madurez se buscará la internacionalización ante una mayor competencia. Finalmente, en el declive del producto se reducirá acusadamente la demanda y será el momento de mejorar el producto inicial.

#### **2.4. Análisis DAFO**

El análisis DAFO, también denominado FODA, es una herramienta que nos permite conocer la situación de un proyecto o empresa a través de un análisis de sus características internas y externas.

El acrónimo DAFO viene de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades. En la ilustración 1 vemos el estudio de mercado del proyecto de un sistema SMES.







### **3. ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD**

#### **3.1. Estimación de la vida tecnológica**

El producto final es un sistema de estabilización basado en superconductividad, por si mismo tiene un muy amplio campo de aplicación debido a su gran versatilidad.

Es un sistema novedoso que a día de hoy no tiene nada similar en el mercado que pueda hacerlo frente. Para poder estimar la vida útil del producto se ha de analizar los componentes que lo componen.

- Los **componentes electrónicos** empleados en el proyecto actual es muy probable que queden obsoletos con el paso del tiempo, puesto que la tecnología de los semiconductores avanza muy rápido. Aun así, con el paso del tiempo no perderán funcionalidad, pero si afectarán considerablemente al rendimiento. Lo que si que se verá influenciado es el precio, cuanto más avanza la tecnología más se abaratan los componentes electrónicos.
- La propia **bobina SMES**, una vez confeccionada no presenta ningún inconveniente para aguantar más de 20 años en plenas capacidades. Se ha de tener en cuenta que la superconductividad es una propiedad descubierta hace relativamente poco tiempo y que por lo tanto está en continua evolución, es por ello por lo que esto supone el cuello de botella de la vida tecnológica del proyecto limitándolo a unos 6 años.
- El **sistema de refrigeración** tiene una esperanza de vida tecnológica de unos 8 años realizando el mantenimiento adecuado. Al fin y al cabo, el sistema de enfriamiento no deja de ser el clásico ciclo termodinámico de Carnot, el cual lleva más de 200 años rigiendo el funcionamiento de numerosas máquinas térmicas. Igualmente, esto no quita que el continuo avance de la tecnología deje obsoleto el sistema de refrigeración elegido.
- El **convertidor bidireccional** es uno de los elementos que más desarrollos tiene a lo largo de los años, esto limitará la vida tecnológica del proyecto a unos 6 o 7 años. En este tiempo se producirán mejoras considerables que dejarán obsoleto al actual.

En definitiva, y en vista artículos relacionados, un sistema SMES de unas características similares al de este proyecto, 1MJ y 2 kA, tiene un tiempo de vida tecnológico estimado de no más de 5 años.



### **3.2. Previsión de ventas, cobros y pagos**

Se estima que la inversión inicial sea de 500000 €. Este valor se ha obtenido a partir del documento 4 de presupuestos en el que se detallan los costes de cada partida alzada.

Para llevar a cabo los flujos de caja se han de estimar las ventas del producto, en la tabla 2 se pueden apreciar las ventas, estos valores se han deducido del apartado anterior sobre el cálculo de la demanda real del producto.

Para confeccionar el cuadro de flujos de caja se ha de tener en cuenta el precio unitario del producto terminado es de 410000 €, aumentando en un margen del 25% este precio para obtener un beneficio, nuestro precio final será de 514550 €.

Los costes fijos se han estimado partiendo del anejo 10 de justificación de precios, con él se estima que estos ascienden a 50000 €. Partiendo de una inversión inicial de 500 mil euros podemos establecer los flujos de caja para los próximos 5 años.

Teniendo en cuenta una demanda de 150 unidades vemos que las ventas evolucionan según el ciclo de vida del producto explicado anteriormente.

#### **Flujos de caja**

Los flujos de caja esperados son los siguientes:

*Tabla 1: Flujos de caja y demanda*

<b>Año</b>	<b>Unidades Vendidas</b>	<b>Demanda</b>	<b>Cobros</b>	<b>Pagos</b>	<b>Flujos de Caja</b>
1	1	0,67%	514.550,00 €	910.000,00 €	- 395.450,00 €
2	2	1,33%	1.029.100,00 €	870.000,00 €	159.100,00 €
3	5	3,33%	2.572.750,00 €	2.100.000,00 €	472.750,00 €
4	4	2,67%	2.058.200,00 €	1.690.000,00 €	368.200,00 €
5	2	1,33%	1.029.100,00 €	870.000,00 €	159.100,00 €

#### **Cálculo del valor actual neto (VAN)**

El valor actual neto o VAN es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto. La tabla 1 nos muestra las tres opciones en las que se puede dar el VAN.



El proyecto será viable si, una vez medidos los flujos de ingresos y gastos, descontada la inversión inicial, se produce un beneficio.

*Tabla 2: Tipos de VAN*

Valor Actual Neto	Estado	Resultado
$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$	POSITIVO (>0)	El proyecto es viable
	CERO (=0)	El proyecto se puede llevar a cabo, aunque no genere ni beneficios ni pérdidas.
	NEGATIVO (<0)	El proyecto no es viable

- $F_t$  representa los flujos de caja en cada periodo  $t$ .
- $I_0$  es el valor del desembolso inicial de la inversión.
- $t$  es el número de períodos considerado.

Suponiendo que la tasa de descuento del dinero es un 3% al año.

$$i = 0.03$$

*Tabla 3: Flujos de caja*

Flujos de Caja	
Q1	-395.450,00 €
Q2	159.100,00 €
Q3	472.750,00 €
Q4	368.200,00 €
Q5	159.100,00 €

$$VAN = -500\,000\text{€} + \frac{395\,450\text{€}}{(1+0.03)^1} + \frac{159\,100\text{€}}{(1+0.03)^2} + \frac{472\,750\text{€}}{(1+0.03)^3} + \frac{368\,200\text{€}}{(1+0.03)^4} + \frac{159\,100\text{€}}{(1+0.03)^5}$$

$$VAN = 163.050,18\text{€}$$

#### Cálculo de la tasa interna de rentabilidad (TIR)

Se obtendrá en el punto en el que:

$$TIR = VAN$$



$$I = \sum_{j=1}^{j=n} \frac{Q_j}{(1+i)^j}$$

$$-500000€ = \frac{395450 €}{(1 + 0.03)^1} + \frac{159100 €}{(1 + 0.03)^2} + \frac{472750 €}{(1 + 0.03)^3} + \frac{368200 €}{(1 + 0.03)^4} + \frac{159100 €}{(1 + 0.03)^5}$$

$$\mathbf{TIR = 9,02 \%}$$

#### Plazo de retorno de la inversión (PR)

El tiempo estimado hasta recuperar la inversión inicial será:

$$PR = 1 + \frac{500000€ - 395450€}{159100 €} = 1.657 \text{ años} \quad (6)$$

$$\mathbf{PR = 1 \text{ año y } 239 \text{ días}}$$

#### **4. CONCLUSIONES**

Una vez llevado a cabo el estudio de viabilidad económica del sistema de estabilización para una microgrid podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- El nicho de mercado y el carácter innovador hacen que el proyecto tenga unas perspectivas muy favorables.
- El estudio en términos económicos a través de las herramientas de VAN y TIR auguran una inversión segura y favorable.
- El plazo de recuperación de la inversión es de poco más de un año.

Podemos concluir por lo tanto que la inversión llevada a cabo será viable desde el punto de vista económico.