

**Trabajo de Fin de Máster**

Análisis de la viabilidad técnica para la  
generación de hidrógeno

**Autor:** Nombre y Apellidos del Alumno

**Tutores:** Nombre Tutor 1 y Nombre Tutor 2

Máster Universitario en Petroquímica y Tecnologías del Hidrógeno

**Universidad de Cádiz**

**Fecha:** 9 de mayo de 2026

# Índice

<b>Índice</b>	<b>I</b>
<b>Resumen</b>	<b>I</b>
<b>Abstract</b>	<b>2</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2. Metodología y materiales</b>	<b>5</b>
2.I. Recálculo de espesores . . . . .	5
<b>3. Resultados y discusión</b>	<b>6</b>
3.I. Instrucciones para tablas . . . . .	6
<b>4. Conclusiones</b>	<b>8</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>9</b>

# Índice de ilustraciones

1.1. Título general que describe ambas imágenes del electrolizador. . . . . 3

# Índice de tablas

3.1. Evaluación de riesgos y Niveles de Integridad de Seguridad (SIL) en el electrolizador según la norma IEC 61508. . . . . 6

## Resumen

Este resumen debe sintetizar el objetivo, la metodología, los resultados y las conclusiones principales. No debe exceder una página de extensión.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

**Palabras clave:** incluir al menos cinco palabras clave separadas por una coma.

## Abstract

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

# 1 Introducción

Aquí comienza la introducción de tu Trabajo Fin de Máster. Este es un ejemplo de cómo insertar una cita bibliográfica: como afirman diversos autores en sus estudios Topolski et al., 2022. Recuerda que la bibliografía se genera automáticamente al final del documento leyendo tu archivo `referencias.bib`.

Para asegurar la coherencia y el rigor académico del TFM, es fundamental seguir unas pautas estrictas en el uso de elementos gráficos. Las ilustraciones deben insertarse siempre después de haber sido mencionadas por primera vez en el cuerpo del texto, ubicándolas lo más cerca posible de dicha referencia para facilitar la lectura. Todas las imágenes deben estar numeradas correlativamente por secciones (por ejemplo, Ilustración 3.1) y es obligatorio incluir una referencia cruzada explícita en la narrativa (ej. "como se observa en la Ilustración 2.4") para justificar su presencia. Además, cada ilustración debe acompañarse de un pie de foto descriptivo en la parte inferior que explique su contenido de forma autónoma, asegurando que el lector comprenda la información gráfica sin necesidad de recurrir inmediatamente al texto principal. La Ilustración 1.1 es un ejemplo de cómo introducir imágenes que incluyen dos sub-imágenes a) y b). Para mayor orden, se recomienda guardar los archivos de imágenes en la carpeta "recursos".



(a)



(b)

Ilustración 1.1: Título general que describe ambas imágenes del electrolizador.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et

magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

## 2 Metodología y materiales

### 2.1 Recálculo de espesores

Para el recálculo de espesores de conducción se utilizará la ecuación de Barlow, descrita en la norma ASME B31.12 en la sección IP-3.2.1:

$$t = \frac{PD}{2(SEM_f + PY)} \quad (1)$$

donde  $t$  es el espesor mínimo requerido, en mm;  $P$  es la presión interna de la conducción, en MPa;  $D$  es el diámetro exterior del gasoducto;  $S$  es el límite elástico de la aleación en las condiciones de trabajo;  $E$  es un factor de calidad de las juntas;  $Y$  es un coeficiente relativo a la temperatura de trabajo; y  $M$  es el factor de rendimiento del material teniendo en cuenta la pérdida de propiedades mecánicas por la presencia de hidrógeno. La ecuación parte de la suposición de que la conducción se comporta como un cilindro de pared delgada ( $t < D/6$ ).

Sed consequat tellus et tortor. Ut tempor laoreet quam. Nullam id wisi a libero tristique semper. Nullam nisl massa, rutrum ut, egestas semper, mollis id, leo. Nulla ac massa eu risus blandit mattis. Mauris ut nunc. In hac habitasse platea dictumst. Aliquam eget tortor. Quisque dapibus pede in erat. Nunc enim. In dui nulla, commodo at, consectetur nec, malesuada nec, elit. Aliquam ornare tellus eu urna. Sed nec metus. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas.

Phasellus id magna. Duis malesuada interdum arcu. Integer metus. Morbi pulvinar pellentesque mi. Suspendisse sed est eu magna molestie egestas. Quisque mi lorem, pulvinar eget, egestas quis, luctus at, ante. Proin auctor vehicula purus. Fusce ac nisl aliquam ante hendrerit pellentesque. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Morbi wisi. Etiam arcu mauris, facilisis sed, eleifend non, nonummy ut, pede. Cras ut lacus tempor metus mollis placerat. Vivamus eu tortor vel metus interdum malesuada.

Sed eleifend, eros sit amet faucibus elementum, urna sapien consectetur mauris, quis egestas leo justo non risus. Morbi non felis ac libero vulputate fringilla. Mauris libero eros, lacinia non, sodales quis, dapibus porttitor, pede. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Morbi dapibus mauris condimentum nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Etiam sit amet erat. Nulla varius. Etiam tincidunt dui vitae turpis. Donec leo. Morbi vulputate convallis est. Integer aliquet. Pellentesque aliquet sodales urna.

## 3 Resultados y discusión

En la Sección 3 se exponen los... (puedes añadir `\label{sec:resultados}` al lado de `\section` para referenciar).

### 3.1 Instrucciones para tablas

Para mantener el rigor académico, se recomienda evitar las líneas verticales en las tablas. Utiliza los siguientes comandos del paquete `booktabs` para las líneas horizontales:

- `\toprule`: Línea inicial gruesa (encima de los encabezados).
- `\midrule`: Línea intermedia normal (separa encabezados de los datos).
- `\cmidrule(lr)x-y`: Línea intermedia parcial (para agrupar encabezados).
- `\bottomrule`: Línea final gruesa (cierra la tabla).

Tabla 3.1: Evaluación de riesgos y Niveles de Integridad de Seguridad (SIL) en el electrolizador según la norma IEC 61508.

Subsistema del Proceso	Análisis de Riesgo		Nivel SIL	Medida de Mitigación (SIS)
	Frecuencia	Severidad		
Separación de gases ( $H_2/O_2$ )	Media	Crítica	SIL 3	Transmisores de presión redundantes con votación 2003.
Circuito de recirculación KOH	Alta	Moderada	SIL 1	Lazo de control de caudal (FIC) y alarma en DCS.
Rectificador de corriente	Baja	Mayor	SIL 2	Relé de estado sólido para desconexión rápida de potencia.

Quisque consectetuer. In suscipit mauris a dolor pellentesque consectetuer. Mauris convallis neque non erat. In lacinia. Pellentesque leo eros, sagittis quis, fermentum quis, tincidunt ut, sapien. Maecenas sem. Curabitur eros odio, interdum eu, feugiat eu, porta ac, nisl. Curabitur nunc. Etiam fermentum convallis velit. Pellentesque laoreet lacus. Quisque sed elit. Nam quis tellus. Aliquam tellus arcu, adipiscing non, tincidunt eleifend, adipiscing quis, augue. Vivamus elementum placerat enim. Suspendisse ut tortor. Integer faucibus adipiscing felis. Aenean consectetuer mattis lectus. Morbi malesuada faucibus dolor. Nam lacus. Etiam arcu libero, malesuada vitae, aliquam vitae, blandit tristique, nisl.

Maecenas accumsan dapibus sapien. Duis pretium iaculis arcu. Curabitur ut lacus. Aliquam vulputate. Suspendisse ut purus sed sem tempor rhoncus. Ut quam dui, fringilla at, dictum eget, ultricies quis, quam. Etiam sem est, pharetra non, vulputate in, pretium at, ipsum. Nunc semper sagittis orci. Sed scelerisque suscipit diam. Ut volutpat, dolor at ullamcorper tristique, eros purus mollis quam, sit amet ornare ante nunc et enim.

Phasellus fringilla, metus id feugiat consetetuer, lacus wisi ultrices tellus, quis lobortis nibh lorem quis tortor. Donec egestas ornare nulla. Mauris mi tellus, porta faucibus, dictum vel, nonummy in, est. Aliquam erat volutpat. In tellus magna, porttitor lacinia, molestie vitae, pellentesque eu, justo. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Sed orci nibh, scelerisque sit amet, suscipit sed, placerat vel, diam. Vestibulum nonummy vulputate orci. Donec et velit ac arcu interdum semper. Morbi pede orci, cursus ac, elementum non, vehicula ut, lacus. Cras volutpat. Nam vel wisi quis libero venenatis placerat. Aenean sed odio. Quisque posuere purus ac orci. Vivamus odio. Vivamus varius, nulla sit amet semper viverra, odio mauris consequat lacus, at vestibulum neque arcu eu tortor. Donec iaculis tincidunt tellus. Aliquam erat volutpat. Curabitur magna lorem, dignissim volutpat, viverra et, adipiscing nec, dolor. Praesent lacus mauris, dapibus vitae, sollicitudin sit amet, nonummy eget, ligula.

Cras egestas ipsum a nisl. Vivamus varius dolor ut dolor. Fusce vel enim. Pellentesque accumsan ligula et eros. Cras id lacus non tortor facilisis facilisis. Etiam nisl elit, cursus sed, fringilla in, congue nec, urna. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Integer at turpis. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Duis fringilla, ligula sed porta fringilla, ligula wisi commodo felis, ut adipiscing felis dui in enim. Suspendisse malesuada ultrices ante. Pellentesque scelerisque augue sit amet urna. Nulla volutpat aliquet tortor. Cras aliquam, tellus at aliquet pellentesque, justo sapien commodo leo, id rhoncus sapien quam at erat. Nulla commodo, wisi eget sollicitudin pretium, orci orci aliquam orci, ut cursus turpis justo et lacus. Nulla vel tortor. Quisque erat elit, viverra sit amet, sagittis eget, porta sit amet, lacus.

## 4 Conclusiones

Nam quis enim. Quisque ornare dui a tortor. Fusce consequat lacus pellentesque metus. Duis euismod. Duis non quam. Maecenas vitae dolor in ipsum auctor vehicula. Vivamus nec nibh eget wisi varius pulvinar. Cras a lacus. Etiam et massa. Donec in nisl sit amet dui imperdiet vestibulum. Duis porttitor nibh id eros.

Mauris consectetur, wisi eu lobortis scelerisque, urna nibh feugiat quam, id congue eros justo eget orci. Ut tellus. Maecenas mattis sapien sed eros. Aliquam quis lectus. Donec nec massa ac turpis semper cursus. Etiam consectetur ante vel odio. Aliquam tincidunt felis non dolor. Cras id augue ut nisl pretium placerat. Phasellus sapien sapien, pharetra sed, aliquam nec, suscipit a, nibh. Suspendisse risus. Nulla ut mi eget tellus sollicitudin euismod. Vestibulum malesuada malesuada dui. Ut at est ac dui aliquam sagittis. Aliquam erat volutpat.

Curabitur ullamcorper est in mauris. Praesent ac massa. Quisque enim odio, lobortis nec, mattis ut, luctus et, mauris. Mauris eu risus. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Duis eu ligula. Nulla vehicula leo tincidunt erat. Maecenas et nunc. Sed ut sapien. Vestibulum in est. Vestibulum rhoncus.

## Bibliografía

- Erdener, B. C., Sergi, B., Guerra, O. J., Chueca, A. L., Pambour, K., Brancucci, C., & Hodge, B.-M. (2023). A review of technical and regulatory limits for hydrogen blending in natural gas pipelines. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(14), 5595-5617.
- MOEVE. (s.f.). Valle andaluz del hidrógeno verde en España - Moeve — moevglobal.com [[Accessed 10-04-2026]].
- Ouyang, B., Sun, D., Yu, Y., Hu, Z., & Wu, M. (2025). Simulation and analysis of leakage characteristics in hydrogen-blended natural gas pipelines. *International Journal of Hydrogen Energy*, 99, 888-897.
- Topolski, K., Reznicek, E., Erdener, B., San Marchi, C., Ronevich, J., Fring, L., Simmons, K., Fernandez, O., Hodge, B.-M., & Chung, M. (2022, octubre). *Hydrogen Blending into Natural Gas Pipeline Infrastructure: Review of the State of Technology*. <https://doi.org/10.2172/1893355>