



FACULTAD DE CIENCIAS

GRADO EN INGENIERÍA

DE

PROCESOS QUÍMICOS INDUSTRIALES

D. Antonio Menán Quiñoá

**PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE MEDIANTE
ELECTRÓLISIS DE AGUA USANDO ENERGÍAS RENOVABLES**

Trabajo de Fin de Grado

Junio 2025

Agradecimientos

Quisiera expresar mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que, de una forma u otra, han contribuido a la realización de este Trabajo de Fin de Grado y a lo largo de mi formación académica.

En primer lugar, agradezco profundamente la orientación, dedicación y apoyo constante de mi tutor, Jorge González Rodríguez, y de mi cotutor, Jose Antonio Rodríguez Añón, cuyas indicaciones y experiencia han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

También me gustaría agradecer a la Universidad de Santiago de Compostela por brindarme la oportunidad de formarme en un entorno académico enriquecedor, así como a todos los profesores y profesoras que me han impartido clases durante estos años. Cada uno de ellos ha contribuido de manera valiosa a mi crecimiento personal y profesional.

En el ámbito personal, mi gratitud más profunda es para mis padres, Antonio Luis Menán Reguera y Ghio-Mar Quiñoá Alonso, por su amor, esfuerzo incondicional y constante apoyo a lo largo de toda mi vida. Su ejemplo y dedicación han sido mi mayor fuente de inspiración.

Finalmente, quiero dedicar un agradecimiento muy especial a mis tres hermanas, Antia, Alba y Sabela Menán Quiñoá, por estar siempre a mi lado, acompañándome con cariño y apoyo en cada paso de este camino.

A todos vosotros, gracias.

TÍTULO

Proceso de Producción de Hidrógeno Verde mediante Electrólisis de Agua utilizando Energías Renovables.

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo principal el desarrollo integral de un sistema para la producción de hidrógeno verde mediante electrólisis de agua, utilizando energía renovable como fuente primaria. Para ello, se realiza un estudio comparativo de distintas alternativas tecnológicas, seleccionando la opción más adecuada en función de criterios técnicos, económicos y ambientales.

Se lleva a cabo el diseño del proceso productivo, definiendo las condiciones de operación, los equipos principales y los flujos de materia y energía. De forma complementaria, se diseña y dimensiona el electrolizador, con especial atención a su integración con la fuente renovable y a su capacidad de producción.

El proceso es válido para simulación, lo que permite analizar su comportamiento dinámico, optimizar la eficiencia energética y ajustar los parámetros de operación. Además, se realiza una propuesta de integración energética, aprovechando los intercambios térmicos para mejorar el rendimiento global.

En el ámbito del diseño físico, se desarrolla la distribución en planta, organizando los distintos elementos del proceso de forma funcional, segura y eficiente, en coherencia de las limitaciones espaciales del emplazamiento.

Finalmente, se realiza una evaluación económica del proyecto, estimando la inversión necesaria, los costes de operación y el retorno esperado, con el fin de valorar la viabilidad técnico-financiera de la instalación.

PALABRAS CLAVE

Elección de alternativas, Descarbonización, Electrolizador PEM, Integración Energética, Simulación de procesos, Viabilidad Económica.

TÍTULO

Proceso de Producción de Hidrógeno Verde mediante Electrólise da Auga utilizando Enerxías Renovables.

RESUMO

O presente proxecto ten como obxectivo o desenvolvemento integral dun sistema para a produción de hidrógeno verde mediante electrólise da auga, empregando enerxía renovable como fonte principal. Para iso, realízase un estudo comparativo de distintas tecnoloxías, seleccionando a opción máis axeitada en función dos criterios técnicos, económicos e ambientais.

Lévase a cabo o deseño do proceso produtivo, definindo as condicións de operación, os equipos principais e os fluxos de materia e enerxía. Complementariamente, deseñase e se dimensiona o electrolizador, con especial atención á súa fonte de enerxía renovable e á súa capacidade de produción.

O proceso é válido para simulación, o que permite analizar o seu comportamento dinámico, optimizar a eficiencia enerxética e axustar os parámetros de operación. Ademais, realízase una proposta de integración enerxética, aproveitando os intercambios térmicos para mellorar o rendemento global do sistema.

No ámbito do deseño físico, desenvólvese a distribución en planta, organizando os distintos elementos do proceso de forma funcional, segura e eficiente, en coherencia coas limitacións espaciais do emprazamento.

Finalmente, realízase unha avaliación económica do proxecto, estimando o investimento necesario, os custos de operación e o retorno esperado, co fin de valorar a viabilidade técnico-financieira da instalación.

PALABRAS CLAVE

Elección de alternativas, Descarbonización, Electrolizador PEM, Integración Enerxética, Simulación de procesos, Viabilidade Económica.

TITLE

Green Hydrogen Production Process by Water Electrolysis using Renewable Energy.

SUMMARY

This project aims to develop a comprehensive system for the production of green hydrogen through water electrolysis, using renewable energy as the primary source. A comparative study of different technological, selecting the most suitable option based on technical, economic and environmental idea.

The production process is designed by defining the operating conditions, main equipment, and material and energy flows. Additionally, the electrolyzer is designed and sized, with particular focus on its integration with renewable energy source and its production capacity.

The process is validated through simulation, allowing the analysis of dynamic behavior, energy efficiency optimization, and adjustment of operational parameters. An energy integration proposal is also developed, making use of internal thermal exchanges to improve the overall performance of the system.

From a spatial planning perspective, the plant layout is designed to organize the different process units in a functional, safe, and efficient manner, in line with the spatial constraints of the site.

Finally, a financial evaluation of the project is carried out, estimating the required investment, operating cost, and expected returns in order to assess the technical and economic feasibility of the installation.

KEYWORDS

Choice of alternatives, Decarbonization, PEM electrolyzer, Energy Integration, Process Simulation, Economic Feasibility.

ÍNDICE DEL PROYECTO

- DOCUMENTO I: **MEMORIA Y ANEJOS.**

- MEMORIA.

- ANEJO I: ELECCIÓN DE POSIBLES ALTERNATIVAS.

- ANEJO II: INGENIERÍA DEL PROCESO PRODUCTIVO.

- ANEJO III: INGENIERÍA DEL DISEÑO DEL ELECTROLIZADOR.

- ANEJO IV: SIMULACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.

- ANEJO V: INTEGRACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.

- ANEJO VI: DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.

- ANEJO VII: EVALUACIÓN FINANCIERA.

- DOCUMENTO II: **PLANOS.**

- PLANO N°1: PLANO DE SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.

- PLANO N°2: PLANO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y COTAS.

- PLANO N°3: PLANO DE SIMULACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO.

- PLANO N°4: PLANO DE DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO (PFD).

- PLANO N°5: PLANO DE CONTROL E INSTRUMENTACIÓN.

- PLANO N°6: ESQUEMA UNIFILAR.

- DOCUMENTO III: **PLIEGO DE CONDICIONES.**

- DOCUMENTO IV: **PRESUPUESTO.**

DOCUMENTO I: MEMORIA DESCRIPTIVA

Índice de contenidos

1.-Introducción.	10
1.1.-Objeto y alcance del proyecto.	12
1.2.-Localización y emplazamiento.	12
1.3.-Normativa técnica aplicable.	13
1.3.1.-Normativa referente al suministro eléctrico.	14
1.3.2.- Normativa referente al abastecimiento de agua.	14
1.3.3.-Normativa referente a las Energías Renovables.	14
2.-Condicionantes.	15
2.1.-Condicionantes del promotor.	15
2.2.-Condicionantes del medio.	15
2.3.-Condicionantes legales.	15
3.-Descripción del proyecto.	15
3.1.-El hidrógeno.	16
3.1.1.-Reacción del proceso.	17
3.1.2.-Propiedades del hidrógeno.	17
3.1.3.-El hidrógeno verde.	19
3.1.4.-El contexto del hidrógeno verde en la economía española.	21
3.2.-Métodos de obtención del hidrógeno	22
3.3.-Aplicaciones del hidrógeno.	23
5.-Simulación del proceso productivo.	24
6.-Integración Energética.	25
7.-Distribución en planta.	25
8.-Evaluación financiera.	26
9.-Presupuesto.	26
10.-Justificación del procedimiento ambiental.	27
11.-Estudio básico de seguridad y salud.	27
12.-Bibliografía.	28

Índice de Tablas.

Tabla 1. Principales propiedades del hidrógeno .	18
Tabla 2. Características energéticas del hidrógeno. Datos basados en el poder calorífico del hidrógeno .	19
Tabla 3. Resumen del presupuesto del proyecto .	26

Índice de Figuras.

Figura 1. Generación de electricidad en España.....	12
Figura 2. Emplazamiento de la parcela .	13
Figura 3. Categorización del hidrógeno según los métodos de obtención .	19
Figura 4. Capacidad de los proyectos de hidrógeno verde anunciados en España por estado entre 2022-2030(MW) .	22
Figura 5. Layout de distribución en planta .	25

1.-Introducción.

El hidrógeno, como vector energético, es uno de los candidatos ideales con múltiples aplicaciones: empleo en equipos de combustión para generación combinada de calor y electricidad; utilización en pilas de combustible para propulsión eléctrica en el transporte; generación de electricidad. Además, dicho elemento constituye una esperanza de una economía energética sostenida y sustentable.

La utilización del hidrógeno como carburante presenta grandes ventajas: es una fuente abundante de energía y tras su combustión solamente produce vapor de agua y calor. Por lo que se trata de un elemento limpio, silencioso; de manera que, al combinar una buena ingeniería con sistemas de seguridad adecuados y sentido común, se prevé una favorable aceptación en los mercados energéticos. Como desventaja cabe destacar que el hidrógeno como carburante presenta varios desafíos, como la alta dependencia de las energías renovables para su producción sostenible, los costos elevados y la baja eficiencia energética en comparación con otras alternativas. Su almacenamiento y transporte requieren condiciones extremas de presión y temperatura, lo que complica su manejo y aumenta los riesgos de seguridad debido a su alta inflamabilidad. Además, la infraestructura de distribución es limitada. La corrosión por hidrógeno es un fenómeno que ocurre cuando los átomos de este penetran en la estructura interna de un material metálico, afectando a sus propiedades mecánicas.

Es importante señalar que el hidrógeno no es un recurso natural, debe obtenerse de otras materias primas (agua, biomasa, combustibles fósiles) y a través de una serie de transformaciones en las que se consume alguna fuente de energía primaria (electrólisis, termólisis), renovable (gasificación, electrólisis) o fósil (oxidación parcial, reformación del gas natural, gasificación), por lo que resulta un proceso menos limpio de lo esperado [1]. En base esto, aparecen diversos tipos de hidrógeno en función de su forma de obtención, estos se describen en el punto 3 de dicha memoria. De una forma breve se define el hidrógeno verde como aquel que se obtiene de electricidad renovable usando como materia prima el agua que se emplea en los electrolizadores.

La tecnología del hidrógeno verde aún se encuentra en fase temprana. La última edición del Global Hydrogen Review de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) revela que una parte importante de los proyectos se encuentran actualmente en etapas avanzadas de planificación, pero el 4 % está en construcción o han llegado a la decisión

MEMORIA

final de inversión. El informe de la AIE señala que de los 70 millones de toneladas de hidrógeno que se producen en el mundo anualmente, menos del 1 % se basa en electrólisis de agua por energías renovables, y solo el 0,1 % del hidrógeno que se consume es verde. Se estima que, si todos los proyectos actualmente en trámite llegan a buen término, la producción de hidrógeno de bajas emisiones podría alcanzar entre 16 y 24 millones de toneladas para el año 2030, y más de la mitad provendrá de electrolizadores que funcionan con energías renovables. La finalización de todos los proyectos en tramitación podría dar como resultado que la capacidad mundial para producir hidrógeno a través de electrolizadores aumente hasta 290 GW en 2030, en comparación con los 0,5GW en 2021 [2].

Cabe destacar que el 20% de los proyectos a escala mundial se encuentran en España, que aspira a convertirse en el principal proveedor de Europa. Según un estudio de Enagás y PwC [3], España tiene potencial para producir entre 2 y 3 millones de toneladas de hidrógeno verde en 2030, y entre 3 y 4 millones de toneladas para 2040.

Según el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), pionero en el estudio de producción de hidrógeno verde mediante electrolizadores, las tecnologías de electrólisis deben aumentar su eficiencia para producir una mayor cantidad de hidrógeno y reducir la cantidad de energía, esto se debe a que los electrolizadores usados hasta el momento, del tipo PEM (Proton Membrane Exchange Polymer Electrolyte Membrane), se usan metales muy escasos y caros como el platino y el iridio. Por ello se está investigando sobre nuevos catalizadores que usen menos de esos metales, o incluso que usen componentes abundantes y baratos [4].

Por otra parte, el aumento del consumo de energías renovables en España (2025) generaron 11.543 GWh y alcanzaron una cuota sobre el total de 54,1%, mientras que el 76,4% de la energía eléctrica se produjo sin emitir CO₂ equivalente. Como se observa en la Figura 1, la primera fuente de producción ha sido la energía nuclear seguida por la hidráulica, eólica, solar fotovoltaica y ciclo combinado. Cabe destacar que el uso de las Energías Renovables mitigó las emisiones un 59% con respecto al año 1990 gracias al aumento de las Energías Renovables. Como resultado, la UE logró el MIX de generación eléctrica más limpio de su historia, según datos de Eurelectric. Debido al consumo de electricidad proveniente de Energías Renovables el precio de esta bajó de 97 euros/MWh a 82 euros/MWh [5], como se muestra en la Figura 1.

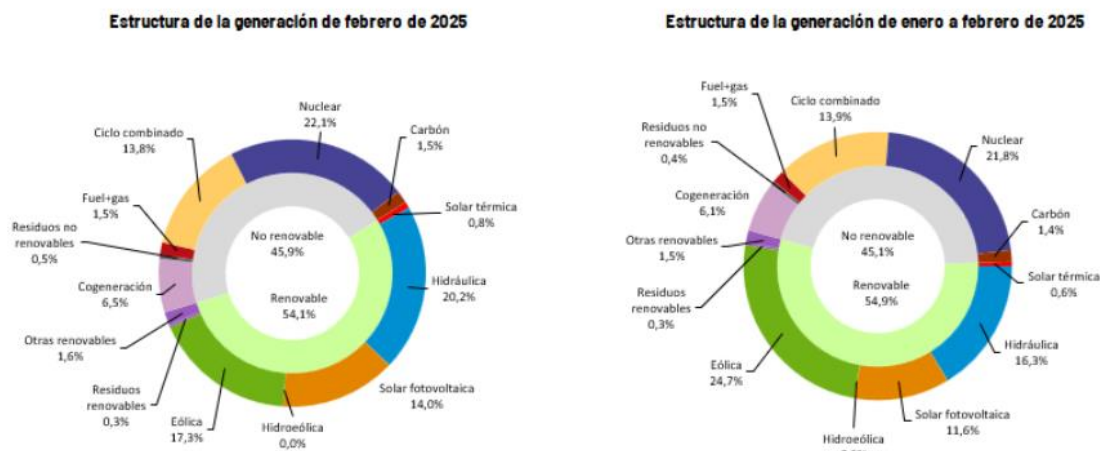


Figura 1. Generación de electricidad en España, obtenida de PV Magazine [5].

1.1.-Objeto y alcance del proyecto.

El presente proyecto tiene como objeto el diseño y desarrollo de un sistema de producción de hidrógeno verde usando la energía eólica como fuente renovable. En dicho proyecto se detalla el proceso productivo para la producción de hidrógeno. Se determina la demanda eléctrica para el funcionamiento del electrolizador. Por otra parte, no se aborda el diseño ni el suministro eléctrico en detalle, así como el estudio de seguridad y salud, aunque deberían formar parte de este proyecto, por estar fuera del alcance de este trabajo.

El alcance del proyecto comprende la utilización de electricidad proveniente de una fuente eólica y agua disponibles como materia prima para la producción de hidrógeno. Asimismo, se abordarán los aspectos relacionados con su almacenamiento, asegurando un enfoque eficiente y sostenible en todo el proceso.

1.2.-Localización y emplazamiento.

La nave se situará en el polígono empresarial del Ceao, en Rúa da Industria. Se elige esta ubicación debido a la proximidad a la cercanía con la empresa suministradora de energía eléctrica renovable, siendo esta Norvento, y de la proximidad con el río Miño del que se abastece de agua empleada en el electrolizador PEM.

MEMORIA

Dicha parcela cuenta con 1686 m² asegurando así que haya espacio suficiente para los equipos empleados en planta, siendo la superficie máxima de ocupación del 50%, tal y como se requiere en las condiciones de uso del suelo. Las coordenadas geográficas de la parcela son 43°02'40.8"N de latitud y 7°33'45.0"W de longitud. Esta se observa en la Figura 2.

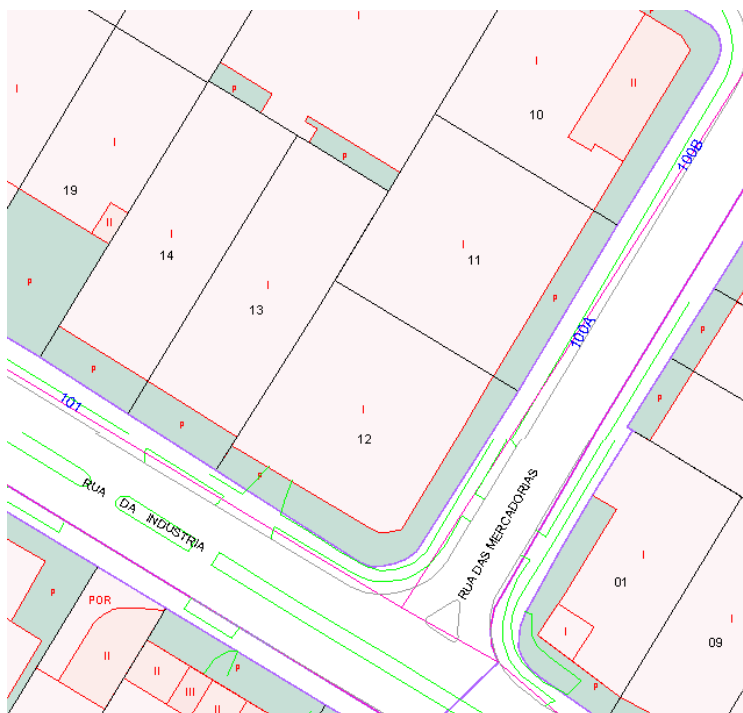


Figura 2. Emplazamiento de la parcela 12 [6]

Para obtener un mayor detalle sobre la situación y el emplazamiento de la parcela, es necesario consultar “PLANO Nº1: Situación y emplazamiento” perteneciente al documento de planos.

1.3.-Normativa técnica aplicable.

Para poder llevar a cabo el presente proyecto se ha tenido en cuenta una serie de leyes y normas de obligado cumplimiento que repercuten tanto a nivel local como nacional y se podrán encontrar en la legislación vigente. A continuación, se señalan las más relevantes.

1.3.1.-Normativa referente al suministro eléctrico.

- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico. («BOE» núm. 224, de 18/09/2007).
- Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica. («BOE» núm. 340, de 30/12/2020).
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. («BOE» núm. 310, de 27/12/2013).
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. («BOE» núm. 310, de 27/12/2000).

1.3.2.- Normativa referente al abastecimiento de agua.

- Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. («BOE» núm. 255, de 22/10/2009).
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. («DOCE» núm. 327, de 22 de diciembre de 2000, páginas 1 a 73).
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VIII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas. («BOE» núm. 135, de 6 de junio de 2003, páginas 22071 a 22096).

1.3.3.-Normativa referente a las Energías Renovables.

- Pacto Verde Europeo. Consejo Europeo Consejo de la Unión Europea. <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/european-green-deal/>.
- Diario Oficial de la Unión Europea. (2018). Directiva (UE) 2018/2001 del parlamento europeo y del consejo de 11 de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética. Ley (2025). <https://www.boe.es/eli/es/l/2021/05/20/7/con>

2.-Condicionantes.

En este apartado se detallan los condicionantes con mayor importancia para tener en cuenta en la realización del proyecto. Estos, se categorizan dependiendo de su naturaleza como condicionantes del promotor, del medio y legales.

2.1.-Condicionantes del promotor.

El condicionante a recalcar establecido por el promotor es la implementación de una nave industrial productora de hidrógeno verde, abastecida por energía eléctrica renovable y agua de proximidades a la fábrica. Así como el diseño del proceso productivo, la selección de equipos y posibles alternativas para que el desarrollo y beneficio de esta sea máximo. Además de diseñar las mejores de las alternativas de distribución posibles para el aprovechamiento de la planta.

2.2.-Condicionantes del medio.

El condicionante de mayor importancia con respecto al medio son las condiciones meteorológicas de la zona, ya que la nave se abastece de energía eléctrica renovable. Existen otros como pueden ser, evaluación hidrológica de captación de agua en el Polígono del Ceao, proximidad a la red eléctrica de media tensión.

2.3.-Condicionantes legales.

En este apartado se abarcan los condicionantes de carácter normativo que son de obligado cumplimiento para llevar a cabo este proyecto. Estos pueden ser la clasificación urbanística del suelo ya que el terreno debe estar calificado como suelo industrial o apto para uso energético, normativa ambiental y permisos llevando a cabo un estudio de impacto ambiental si se supera cierto daño o riesgo.

3.-Descripción del proyecto.

El proceso productivo del hidrógeno verde comienza con el suministro de electricidad que proviene de una fuente eólica cercana al igual que el agua que se consume en los electrolizadores para la producción de hidrógeno.

El hidrógeno generado es sometido a procesos de purificación para garantizar su calidad y eliminar posibles impurezas. Posteriormente, se almacena de una forma segura

para su posterior comercialización. Todo este proceso está diseñado para maximizar la eficiencia energética, cumpliendo con los estándares de seguridad industrial y sostenibilidad [7].

3.1.-El hidrógeno.

El hidrógeno que encontramos en la naturaleza es denominado “hidrógeno blanco”. El ejemplo lo tenemos en el agua cuya molécula resulta de la unión de dos átomos de hidrógeno con uno de oxígeno.

Y aquí es donde entra el concepto de los distintos tipos de hidrógeno: verde, azul, negro, amarillo, rosa y turquesa. Por lo que a continuación, se hará una breve introducción de cada uno de ellos. El Ministerio para la Transición Energética de España define los tipos de hidrógeno según la materia prima utilizada y las emisiones de dióxido de carbono generadas en su producción, estableciendo la siguiente clasificación [7]:

- **Hidrógeno renovable o hidrógeno verde:** hidrógeno generado a partir de electricidad renovable, utilizando como materia prima el agua, mediante un proceso de electrolisis. Así mismo, el hidrógeno obtenido mediante el reformado del biogás o la conversión bioquímica de la biomasa, siempre que se cumplan los requisitos de sostenibilidad establecidos, tendrá carácter renovable.
- **Hidrógeno gris:** hidrógeno producido a partir del gas natural u otros hidrocarburos ligeros como metano o gases licuados del petróleo mediante procesos de reformado. Actualmente, el 99% del hidrógeno consumido en España es de este tipo.
- **Hidrógeno azul:** hidrógeno obtenido de una manera similar al hidrógeno gris, pero al que se le aplican técnicas de captura, uso y almacenamiento de carbono lo que permite reducir hasta en un 95% las emisiones de CO₂ generadas durante el proceso.
- **Hidrógeno amarillo:** hidrógeno generado a partir de electricidad procedente de la red primaria, utilizando como materia prima el agua, mediante un proceso de electrolisis,
- **Hidrógeno rosa:** hidrógeno generado a partir de electricidad procedente de energía nuclear, utilizando como materia prima el agua, mediante un proceso de electrolisis.

- **Hidrógeno turquesa:** hidrógeno generado a partir de la pirólisis de metano. En este proceso se genera carbono sólido, por lo que, a diferencia del hidrógeno azul, no es necesaria la captura del carbono resultante.

Además, existen otros con un impacto medioambiental muy diverso, como el hidrógeno negro o marrón cuya materia prima es el carbón, y el hidrógeno dorado a partir del biometano reformado con vapor de agua y sobre el que se captura el CO₂.

3.1.1.-Reacción del proceso.

El tipo de reacción empleada se detalla en el Anejo I, en el cual se describen los distintos tipos de reacciones. La reacción que sucede en el electrolizador PEM es la siguiente, mostrada en la ecuación 3 de Anejo I [7].

3.1.2.-Propiedades del hidrógeno.

En este apartado se tratan las propiedades del hidrógeno, tanto sus propiedades físicas como químicas. El hidrógeno es un elemento que tiene una menor densidad que el aire, por lo que asciende en la atmósfera a capas muy altas, además la principal razón por la que el hidrógeno no se encuentra libre en la atmósfera es debido a elevada reactividad (se trata de una molécula altamente reductora). El hidrógeno en la atmósfera se encuentra en muy bajas concentraciones, principalmente en forma de gas diatómico, pero es extremadamente escaso debido a su baja densidad y alta tendencia a escapar a las capas altas de la atmósfera, por lo tanto, ésta no es una fuente viable de aprovechamiento debido a su baja concentración. En la Tabla 1 se muestran las principales propiedades del hidrógeno. En la geosfera, el hidrógeno se encuentra más abundante en forma de compuestos, como en el agua, hidrocarburos, minerales y en procesos geoquímicos que pueden liberar hidrógeno molecular. Por ello la geosfera es la fuente más adecuada para la obtención del hidrógeno, ya que alberga grandes reservas en forma de agua y compuestos orgánicos, los cuales pueden ser transformados en hidrógeno mediante procesos químicos e industriales como la electrólisis del agua o el reformado de hidrocarburos. [7].

Tabla 1. Principales propiedades del hidrógeno [modificado de 7].

Propiedad	Cuantificación
Densidad	0,0899 kg/Nm ³
Punto de ebullición	20,28 K
Punto de fusión	14,02 K
Poder calorífico inferior	120 MJ/kg
Poder calorífico superior	141,86 MJ/kg
Límites de explosión	4 - 75%
Límites de detonación	18,3 - 59%
Capacidad calorífica específica	
A presión constante	14,20 J/ (kg K)
A volumen constante	10,07 J/ (kg K)
Coefficiente de difusión	0,61 cm ² /s
Factor de compresibilidad	1,00 a 1 bar 1,13 a 200 bar 1,24 a 350 bar 1,49 a 700 bar

Nota: Nm³ es una unidad que se usa en la industria con referencia a las emisiones de gases. La letra N quiere decir en condición “Normal” del gas. Las condiciones normales según la IUPAC corresponden a una temperatura de 0°C y una presión de 1 atm.

Desde un punto de vista energético tiene algunas características importantes, como se observa en la Tabla 2. En dicha tabla se indica la energía de 1 kg de hidrógeno, la energía correspondiente a 0,0899 kg de hidrógeno, la de 0,0708 kg de hidrógeno. También se aprecia que 1 kg de hidrógeno tiene un volumen de 14,12 litros en estado líquido.

Cabe destacar que de momento no se utiliza mucho el hidrógeno porque la tecnología para su aprovechamiento no está muy desarrollada, pero su potencial es enorme y se está investigando en diversos campos, que consideran al hidrógeno la energía del futuro [7].

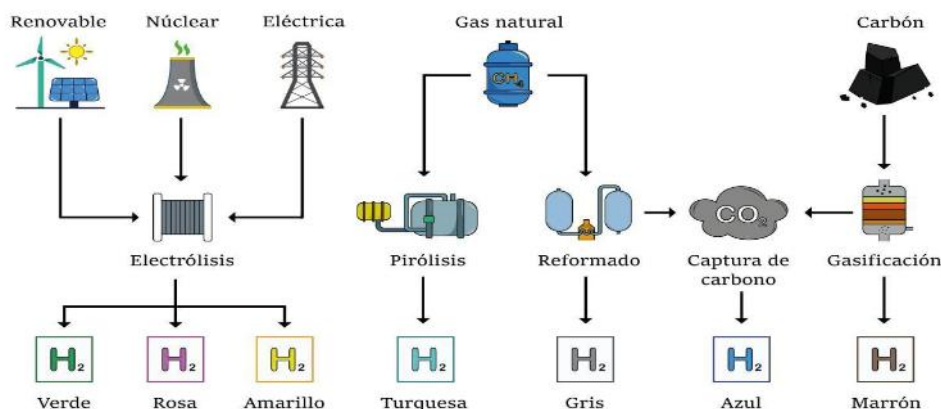
Tabla 2. Características energéticas del hidrógeno. Datos basados en el poder calorífico del hidrógeno [7].

Masa del H ₂ (kg)	H ₂ en estado gaseoso (Nm ³)	H ₂ en estado líquido (litros)	Energía (MJ)	Energía (kWh)
1,0000	11,2000	14,1200	120,0000	33,3300
0,0899	1,0000	1,2700	10,8000	3,0000
0,0708	0,7880	1,0000	8,4950	2,3590
0,0083	0,0926	0,1177	1,0000	0,2780
0,0300	0,3330	0,4240	3,6000	1,0000

3.1.3.-El hidrógeno verde.

Como se detalló anteriormente el hidrógeno verde es aquel que se obtiene a partir de la electricidad renovable, utilizando como materia prima el agua, mediante un proceso de electrólisis.

El hidrógeno no es una fuente de energía primaria sino un vector energético, esto es, un producto que requiere de una aportación de energía para ser obtenido y que cuenta

**Figura 3.** Categorización del hidrógeno según los métodos de obtención, obtenido de [8].

con la particularidad de ser capaz de almacenar energía para, posteriormente, ser liberada de forma gradual cuando sea requerida [9]. En la Figura 3, se observa los distintos métodos para obtención de hidrógeno.

Cabe destacar que el hidrógeno renovable y el de baja huella de carbono podrían llegar a suponer entre el 10 y el 20% del consumo energético mundial. Este tipo de

MEMORIA

hidrógeno es un gran vector energético con gran potencial en la industria, la movilidad o en el sistema eléctrico, siempre y cuando cuenten con un marco regulatorio adecuado que permita el desarrollo de estos proyectos [6]. Entre sus ventajas esta fuente de energía tiene puntos a favor y en contra que se deben conocer:

- Es 100% sostenible, el hidrógeno verde no emite gases contaminantes ni durante la combustión ni durante el proceso de producción.
- Versátil, el hidrógeno puede transformarse en electricidad o combustibles sintéticos y utilizarse con fines domésticos, industriales o de movilidad.
- Transportable, esta energía puede mezclarse con el gas natural hasta un 20% y viajar por los mismos canales e infraestructuras del gas.

Pese a todo, el hidrógeno verde también cuenta con una serie de aspectos negativos, como son:

- Mayor coste, la energía procedente de fuentes renovables, claves para generar hidrógeno verde a través de la electrólisis, es más cara de generar, lo que a su vez encarece la obtención del hidrógeno.
- Mayor gasto energético, la producción de hidrógeno en general y del verde en particular requiere más energía que otros combustibles.
- Atención a la seguridad, el hidrógeno es un elemento muy volátil e inflamable, por lo que requiere unos requisitos de seguridad elevados para evitar fugas y explosiones.

El hidrógeno como combustible ya es una realidad en países como Estados Unidos, Rusia, China, Francia o España. Otros países como Japón van más allá y aspiran a convertirse en una economía de hidrógeno. Se estima que su impacto en el futuro será:

- Generador de electricidad y agua potable: la obtención de estos dos elementos se consigue haciendo reaccionar hidrógeno y oxígeno en una pila combustible.
- Almacenamiento de energía: los tanques de hidrógeno comprimido son capaces de almacenar energía durante largos períodos de tiempo y, además, resultan más sencillos de manejar que las baterías de iones de litio porque son más ligeros.
- Transporte y movilidad: la gran versatilidad del hidrógeno permite su uso en nichos de consumo que son muy difíciles de descarbonizar, como el transporte pesado, la aviación o el transporte marítimo. Hay diversos proyectos en estos aspectos, como Hycarus y Cryoplane promovidos por la Unión Europea [9].

3.1.4.-El contexto del hidrógeno verde en la economía española.

En el ámbito nacional, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) destina su medida 1.8 al fomento de los gases renovables. En ella se hace referencia a existencia de diferentes tipos de gases renovables como, principalmente pero no exclusivamente, el biogás, el biometano y el hidrógeno de origen renovable.

Mientras que el PNIEC establece objetivos para el período de 2021-2030, la Estrategia a Largo Plazo para una economía Española Moderna, Competitiva y Climáticamente Neutra en 2050 busca reducir las emisiones de efecto invernadero en al menos un 90% para 2050, en comparación con los niveles de 1990. Esto se logrará, entre otras medidas, mediante el incremento de las absorciones por sumideros de carbono.

Para garantizar dichos avances de las tecnologías del hidrógeno renovable, la Estrategia Española ofrece tres horizontes temporales detallados a continuación:

- Fase I 2020-2024: Instalación de al menos 6 GW de electrolizadores en la UE y la producción de hasta 1 millón de toneladas de hidrógeno renovable, para descarbonizar la producción de hidrógeno existente, por ejemplo, en el sector químico. Se facilitará el uso del hidrógeno renovable en nuevas aplicaciones de uso final, como por ejemplo en procesos industriales y en el transporte pesado. Los electrolizadores se instalarán junto a los centros de demanda existente en refinerías, plantas de acero y complejos químicos.
- Fase II 2025-2030: El hidrógeno debe convertirse en una parte intrínseca de un sistema energético integrado con el objetivo estratégico de instalar al menos 40 GW de electrolizadores para 2030 y la producción de hasta 10 millones de toneladas de hidrógeno renovable en UE. Se estima que el hidrógeno renovable sea gradualmente competitivo en precio con otras formas de producción de hidrógeno, pero se necesitarán políticas específicas. El hidrógeno renovable comenzará a desempeñar un papel en el equilibrio y en la flexibilidad de un sistema eléctrico basado en energías renovables. En la Figura 4 se muestra la capacidad de futuros proyectos en España de hidrógeno verde en España.

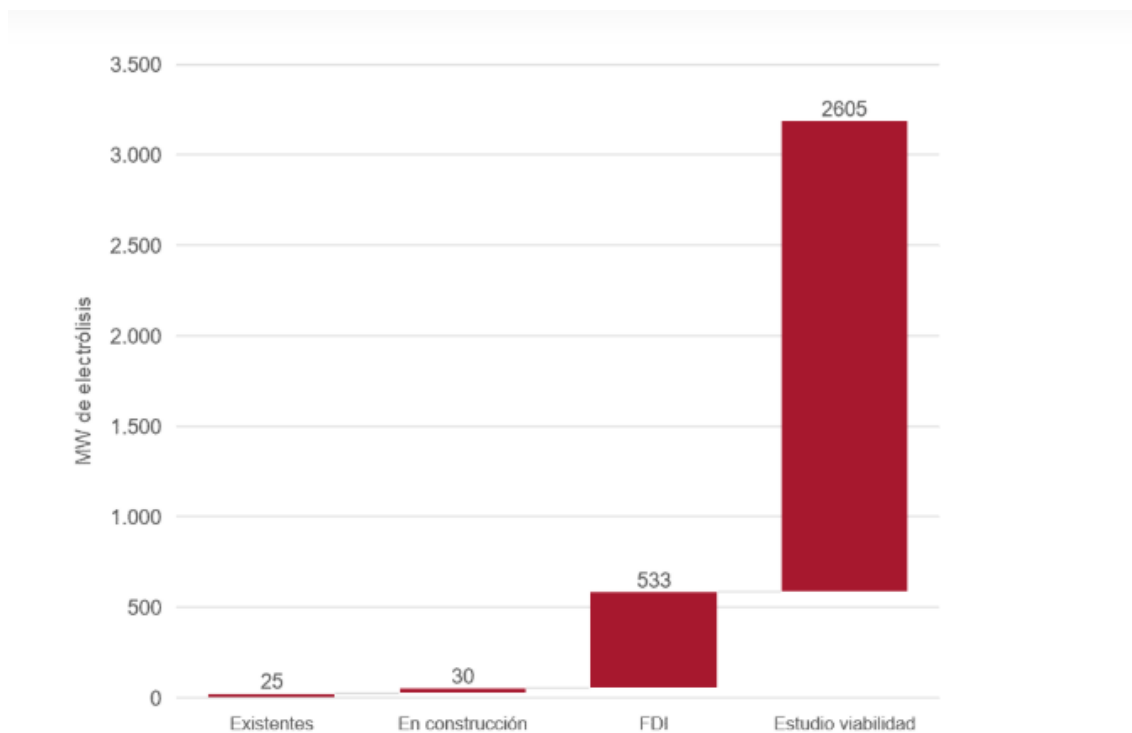


Figura 4. Capacidad de los proyectos de hidrógeno verde anunciados en España por estado entre 2022-2030 (MW) [9].

- Fase III 2030-2050: Las tecnologías del hidrógeno renovable deberían alcanzar la madurez y desplegarse a gran escala para llegar a todos los sectores difíciles de descarbonizar donde otras alternativas podrían no ser factibles o tener mayores costes. Adicionalmente, el hidrógeno y los combustibles sintéticos derivados del hidrógeno renovable podrían penetrar en gran medida en una gama más amplia de sectores de la economía. Asimismo, el proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética dispone que el Gobierno fomentará, mediante la aprobación de planes específicos, la penetración de los gases renovables, incluyendo el biogás, el biometano y el hidrógeno renovable entre otros [10].

3.2.-Métodos de obtención del hidrógeno.

De forma general el hidrógeno puede obtenerse mediante los siguientes métodos:

- Electrólisis de agua. mediante electrolizadores, estos pueden ser alcalinos, PEM, AEM (Anion Exchange Membrane) o electrolizadores de óxidos sólidos (SOEC).
- Reformado de hidrocarburos. mediante métodos como el reformado con vapor de agua, reformado autotérmico, pirólisis del metano.

MEMORIA

- Gasificación de materias carbonosas. mediante gasificación de carbón o biomasa.
- Fermentación biológica y procesos biotecnológicos. Por ejemplo, empleando biogás y un reformado con vapor posterior o mediante electrolisis microbiana asistida.
- Fotólisis de agua directa: ruptura de las moléculas de agua mediante luz solar y catalizadores [7].

3.3.-Aplicaciones del hidrógeno.

El hidrógeno verde tiene múltiples aplicaciones en diversos sectores debido a su versatilidad como portador de energía limpia. A continuación, se detallan sus aplicaciones [11]:

- Generación de energía y almacenamiento. Permite almacenar excedentes de electricidad renovable en forma de hidrógeno para su uso posterior, además otra de sus aplicaciones es la generación de energía en pilas combustibles y turbinas de vapor para hidrógeno.
- Transporte. Empleado en vehículos eléctricos de pilas de combustible, en transporte pesado y de larga distancia y en ferrocarriles ya que es una alternativa a la electrificación de líneas no electrificadas.
- Industria. Es empleado en siderurgia sustituyendo al carbón en la reducción del mineral de hierro y en la industria química para la producción de amoníaco, metanol o combustibles sintéticos.
- Calefacción y usos industriales. Se emplea en mezclas con gas natural para calefacción o cocinas y también en sistemas de calefacción con pilas de combustible domésticas.
- Exportación de energía. El hidrógeno como vector energético global puede transportarse entre países con exceso de renovables hacia regiones con alta demanda energética.
- Producción de combustibles sintéticos. Como combustibles líquidos sintetizados a partir de hidrógeno y CO₂ capturado o en la producción de amoníaco verde usado como combustible y fertilizante.

4.-Diseño de un electrolizador PEM.

El diseño del electrolizador PEM se ha orientado a la producción de 304 kg/h de hidrógeno verde. Para este proyecto, se ha optado por un electrolizador de membrana de intercambio de protones debido a su alta eficiencia, buena respuesta dinámica y compatibilidad con la energía eólica. A partir del caudal de hidrógeno calculado se ha calculado el área activa del electrolizador, obteniendo un área total de 204 m², considerando una densidad de corriente de 4 A/cm².

La potencia eléctrica requerida para alimentar el sistema se ha estimado en 17,5 MW, y el coste asociado, basado en precios de mercado actualizados para tecnologías PEM, se sitúa en torno a los 1400 €/kW, lo que representa una inversión de 24,5 millones de euros. Este diseño ofrece una base sólida para el desarrollo de una planta industrial en Galicia, alineada con los objetivos de transición energéticas [12].

5.-Simulación del proceso productivo.

Se ha desarrollado una simulación en estado estacionario del proceso de producción de hidrógeno verde mediante electrólisis en ASPEN HYSYS. Para representar el sistema, se seleccionó el paquete termodinámico NRTL, adecuado para mezclas no ideales. Sin embargo, debido a que HYSYS no permite usar el paquete termodinámico del tipo “electrolyte” con el módulo de electrólisis, se empleó un reactor de conversión con un rendimiento del 69,48% (cálculos detallados en el Anejo III) como alternativa al electrolizador ideal.

El modelo incluye etapas de pretratamiento de agua, electrólisis simplificada, separación de gases y secado de hidrógeno mediante balances de masa, así como la implementación de lazos de reciclado mediante la herramienta Recycle para cerrar circuitos de flujo y facilitar la convergencia del sistema. Además, se ha tenido en cuenta el consumo energético de equipos clave como bombas y compresores.

Esta simulación permite obtener una visión general del comportamiento del proceso, evaluar consumos energéticos y estimar la eficiencia global del sistema, a pesar de limitaciones del entorno de simulación respecto a procesos electroquímicos. Este apartado se detalla en el Anejo IV, Simulación del proceso productivo [12].

6.-Integración Energética.

Con el objetivo de reducir el consumo de utilidades térmicas en el proceso, se ha diseñado una red de intercambio de calor basada en la recuperación de energía entre corrientes calientes y una corriente fría. El diseño permite precalentar la corriente fría utilizando el calor disponible en las dos corrientes calientes reduciendo así la demanda de vapor de baja presión y agua de refrigeración.

Con el objetivo de reducir los costes de utilidades se realiza un análisis económico, donde se estudian dos escenarios. Costes asociados a diseño de red con y sin integración energética. El ahorro económico obtenido gracias a la integración es de aproximadamente 0,916 €/h, lo que representa una reducción del 62% en los costes de utilidades térmicas. Si se considera un régimen operativo de 8000 horas anuales, el ahorro anual asciende a 6880 euros. Por lo que la red de intercambio de calor diseñada permite un aprovechamiento significativo del calor sensible de las corrientes de proceso, logrando un impacto económico notable. Este resultado pone en manifiesto la importancia de la Integración Energética en dicho proyecto, no sólo desde el punto de vista de la eficiencia energética, sino como herramienta de optimización económica. Dicho punto se detalla en el Anejo V, Integración Energética del proceso productivo [13].

7.-Distribución en planta.

La distribución en planta diseñada responde a los requerimientos operativos y de seguridad propios de una instalación de hidrógeno verde renovable. La disposición adoptada se muestra en la Figura 5, cumpliendo los criterios que se han valorado en el Anejo VI [14].

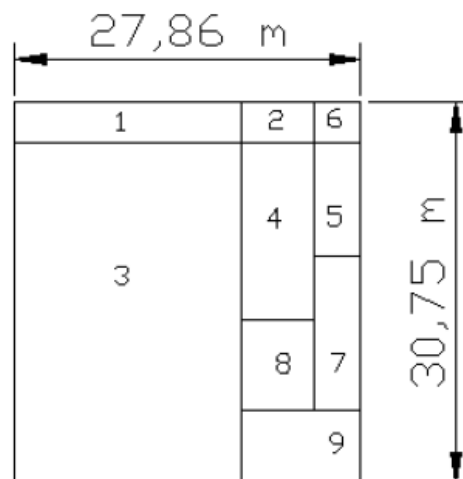


Figura 5. Layout de distribución en planta [15].

- Área 1, recepción de materia prima.
- Área 2, pretratamiento.
- Área 3, etapa de electrólisis.

MEMORIA

- Área 4, etapa de purificación.
- Área 5, tratamiento final y almacenamiento.
- Área 6, laboratorio de control de calidad.
- Área 7, aseos y vestuarios.
- Área 8, zona de descanso.
- Área 9, oficinas.

8.-Evaluación financiera.

La evaluación financiera desarrollada en el Anejo VII, ha tenido como objetivo principal analizar la viabilidad económica de dicho proyecto. Para ello, se ha llevado a cabo una proyección detallada de los estados financieros previsionales para el período 2025-2029, que incluye el balance de situación, la cuenta de resultados y el estado de flujos de efectivo.

Dicho estudio financiero detallado en el Anejo VII evidencia la viabilidad económica y sostenible del proyecto a medio plazo, gracias a una planificación rigurosa, un esquema de financiación equilibrado y una estructura de costes optimizado [16].

9.-Presupuesto.

El desglose del presupuesto de esta instalación se encuentra detallado en el DOCUMENTO V. En este apartado se presenta un resumen con el objetivo de proporcionar una visión global de los costes. A continuación, se muestra una Tabla resumen de dicho presupuesto.

Tabla 3. Resumen del presupuesto del proyecto

Presupuesto de ejecución	
1. Maquinaria	24726644,22
2. Servicios e Ingeniería	150
3. Seguridad y salud	345,51
4. Gestión de Residuos	35,45
5. Instalaciones	10941,74
6. Edificación	12511,83
7. Ensayos de laboratorio	2196,97
8. Equipamiento	6644,83
TOTAL	24759470,55

10.-Justificación del procedimiento ambiental.

La producción de hidrógeno verde representa una de las alternativas más sostenible para la producción de este vector energético. A diferencia de los métodos convencionales basados en reformado de gas natural o gasificación del carbón, la electrólisis no emite gases de efecto invernadero ni contaminantes atmosféricos alimentándose de con electricidad procedente de fuentes renovables.

Este proyecto se enmarca en dicha línea de desarrollo sostenible, promoviendo un modelo energético más respetuoso con el medio ambiente y alineado con los objetivos climáticos europeos. En particular, la elección de la electrólisis PEM permite una mayor eficiencia y una flexibilidad operativa, lo que la convierte en una tecnología idónea para integrarse con fuentes renovables intermitentes.

Desde el punto de vista ambiental, se han optado medidas adicionales para minimizar el impacto energético del proceso, mediante la Integración de energía. Esta estrategia permite reducir el consumo de utilidades externas, lo que se traduce en una disminución del uso de recursos energéticos y, por tanto, en una menor huella ambiental indirecta.

Asimismo, el uso de energías renovables locales para alimentar el proceso contribuye a la reducción de emisiones de CO₂ asociadas al sistema eléctrico convencional y promueve la descentralización energética [17].

11.-Estudio básico de seguridad y salud.

Considerando que el presupuesto excede los cuatrocientos cincuenta mil euros, se debe realizar un Estudio de Seguridad y Salud en lugar de un estudio básico. No obstante, en el presente documento no se incluye dicho estudio, ya que, debido a su extensión y complejidad, no se contempla su elaboración en el marco de este proyecto [18].

12.-Bibliografía.

- [1] González Huerta, R. d. G. (2009). *Hidrógeno, Introducción a la energía limpia*. UACM Universidad Autónoma de México. ISBN: 978-607-7798-02-6
- [2] *Global Hydrogen Review 2024 – Analysis - IEA*. IEA. [consultado el 1 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024>
- [3] *Enagás impulsa el desarrollo del hidrógeno verde en España*. [consultado el 1 de marzo de 2025]. Enagás. Disponible en: <https://www.enagas.es/es/sala-comunicacion/actualidad/notas-prensa/2023-01-19-np-dia-hidrogeno-enagas/>
- [4] Hidrógeno. (2023). *Técnica Industrial. Revista cuatrimestral de la ingeniería, industria e innovación.*, (335), 96. ISSN:0040-1838.
- [5] *Las renovables producen el 54,1% del total en España en febrero mientras la demanda baja un 3,4%*. PV Magazine España [consultado el 8 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://www.pv-magazine.es/2025/03/04/las-renovables-producen-el-541-del-total-en-espana-en-febrero-mientras-la-demanda-baja-un-34/>
- [6] *PXOM - Plan Xeral de Ordenación Municipal | Concello de Lugo*. Concello de Lugo. [consultado el 22 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://concellodelugo.gal/gl/actuacions/pxom-plan-xeral-de-ordenacion-municipal>
- [7] MADRID, Antonio. *Tecnología de los distintos tipos de hidrógeno*. Madrid: AMV EDICIONES. ISBN 978-84-127747-0-2.
- [8] Cuellar Pérez, Y. G., Bermúdez Santaella, J. R., & Herrea Susa, D. A. (2024). Hidrógeno verde revisión del estado del arte de las tecnologías de generación para la descarbonización del sector energético. *Ingeniería y Competitividad*, 26(3). DOI: 10.25100/iyc.v26i3.14190.
- [9] *La dimensión internacional de la visión española del hidrógeno - Real Instituto Elcano*. Real Instituto Elcano. [consultado el 30 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://www.realinstitutoelcano.org/documento-de-trabajo/la-dimension-internacional-de-la-vision-espanola-del-hidrogeno/>
- [10] Portal de Sostenibilidad | Cámara Valencia. [consultado el 3 de abril de 2025]. Disponible en: <https://negociosostenible.camaravalencia.com/wp->

[content/uploads/2021/07/ECONOMA-ARAGONESA-revista-73-Hidrogeno-Verde-2.pdf](#)

- [11] Spazzafumo Giuseppe, ed. *Hydrogen and fuel cells: Emerging technologies and applications*. Academic Press, 2018. ISBN 9780081007082.
- [12] Doo Hyun Chung. (2024). Design Space for PEM Electrolysis for Cost-Effective H₂ Production Using Grid Electricity. *I&EC Industrial and Engineering Chemistry Research*, 63, 7258–7270. [consultado el 3 de abril de 2025]. DOI:[10.1021/acs.iecr.4c00123?urlappend=%3Fref%3DPDF&jav=VoR&rel=cite-as](https://doi.org/10.1021/acs.iecr.4c00123?urlappend=%3Fref%3DPDF&jav=VoR&rel=cite-as).
- [13] Kemp, Ian C. *Pinch Analysis and Process Integration: A User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2007. Print. ISBN: 9786610747528.
- [14] *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation* (2^a ed.). (1990). RWS publications. ISBN:978-0070543713.
- [15] White, J. A., & Francis. (1998). *Facility Layout and Location: Analytical Approach*. Prentice Hall. ISBN:978-0132992312.
- [16] GRAGERA PIZARRO, Enrique, Luis Fernando GRACIA SARUBBI y Cesar SAN JUAN PAJARES. *Manual de contabilidad financiera* [en línea]. Netbiblo, 2010 [consultado el 11 de junio de 2025]. ISBN 9788497455442. DOI:10.4272/978-84-9745-544-2
- [17] McKinsey. *Hydrogen Council*. Hydrogen Insights 2023. [consultado el 8 de abril de 2025]. Disponible en: <https://hydrogencouncil.com/en/hydrogen-insights-2023/>
- [18] MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA. «BOE» núm. 256, de 25/10/1997., *Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción*. 1997. [consultado el 8 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/10/24/1627/con>



ANEJO I: ELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.

Proceso de Producción de Hidrógeno Verde
mediante electrólisis de agua usando Energías
Renovables.

Índice de contenidos.

1.-Introducción.	4
2.-Selección del tipo de reacción presente en los electrolizadores.	4
2.1.-Papel del Hidrógeno en las Reacciones Químicas.	6
3.-Selección del tipo de aerogenerador para el suministro de electricidad.	8
4.-Selección del tipo de electrolizador.	10
5.-Sistema de almacenamiento.	11
6.-Análisis multicriterio de la selección de alternativas.	14
6.1.-Criterio de estudio de alternativas.	14
6.1.1.-Tipos de reacciones.	14
6.1.2.-Tipo de aerogenerador.	15
6.1.3.-Tipo de electrolizador.	16
6.1.4.-Tipo de tanque de almacenamiento.	17
6.2.-Ponderación de los criterios.	19
6.2.1.-Tipos de reacciones.	19
6.2.2.-Tipo de aerogenerador.	19
6.2.3.-Tipo de electrolizador.	20
6.2.4.-Tipo de tanque de almacenamiento.	20
6.3.-Análisis multicriterio.	20
7.-Bibliografía.	23

Índice de Tablas

Tabla 1. Tipos de pilas combustibles.	12
Tabla 2. Ponderación de criterios, tipos de reacciones.	19
Tabla 3. Ponderación de criterios, tipo de aerogenerador.	19
Tabla 4. Ponderación de criterios, tipo de electrolizador.	20
Tabla 5. Ponderación de criterios, tipo de tanque de almacenamiento.	20
Tabla 6. Análisis multicriterio, elección del tipo de reacción.	21
Tabla 7. Análisis multicriterio, elección del tipo de aerogenerador.	21
Tabla 8. Análisis multicriterio, elección del tipo de electrolizador.	22
Tabla 9. Análisis multicriterio, elección del tipo de tanque de almacenamiento.	22

Índice de Figuras

Figura A1.1 Componentes básicos de un aerogenerador	8
Figura A1.2 Aerogenerador offshore y terrestre	9
Figura A1.3 Producción eléctrica a nivel mundial	16
Figura A1.4 Ventajas y desventajas de eólica Offshore y Onshore.	16
Figura A1.5 Depósitos de hidrógeno comprimido.....	17
Figura A1.6 Depósito de tipo II de hidrógeno comprimido	18
Figura A1.7 Depósitos de tipo III de hidrógeno comprimido.....	18
Figura A1.8 Depósitos de tipo IV para el almacenamiento de hidrógeno.	18

1.-Introducción.

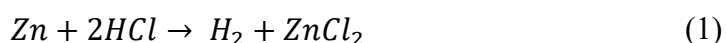
Este Anejo busca seleccionar cuál de las alternativas existentes es la más adecuada para dicho proceso productivo, ya que existen múltiples reacciones para la obtención del hidrógeno, se puede abastecer la nave con dos tipos de aerogeneradores, el proceso de producción de hidrógeno se puede llevar a cabo por distintos electrolizadores y existen diversos tanques de almacenamiento y distintos materiales. El proceso de elección de alternativas se basa en:

- Determinar la reacción más adecuada.
- Definir el tipo de aerogenerador del cuál se obtendrá el suministro de electricidad.
- Elegir el tipo de electrolizador para que el proceso sea más eficiente.
- Seleccionar el tipo de tanque de almacenamiento.

Mediante un análisis multicriterio se efectuará dicha evaluación, para determinar el tipo de equipos empleados definiendo así el diagrama de flujo de la instalación.

2.-Selección del tipo de reacción presente en los electrolizadores.

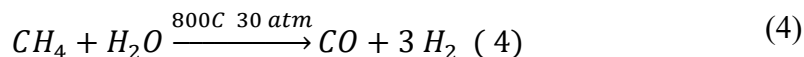
Existen diversas formas de producir hidrógeno, a escala laboratorio se puede obtener por la acción de una solución acuosa de un ácido sobre un metal o por la reacción de un metal alcalino en agua, como se observa en las ecuaciones 1 y 2:



Estas reacciones pueden obtenerse a temperatura ambiente. El hidrógeno gaseoso también se puede obtener mediante electrólisis de una solución en un ácido. Esto se lleva a cabo en el cátodo de la celda electroquímica, como se observa en la ecuación 3.

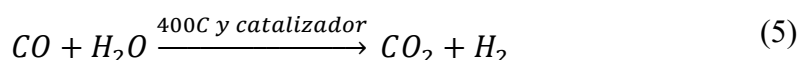


Otros métodos menos relevantes son la obtención de hidrógeno a partir de hidrocarburos como el gas natural, el petróleo y el carbón. Este método de obtención se denomina reformación de vapores de hidrocarburos, como se observa en la ecuación 4.

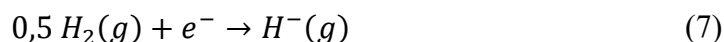


Otra forma de obtención de hidrógeno es el reformado mediante pirólisis no catalizada del vapor de hidrocarburos alifáticos.

Otras reacciones para obtener hidrógeno a menudo producen monóxido de carbono como subproducto. La reacción mediante vapor de agua se emplea para reducir los niveles de monóxido en la corriente de gas y producir más H_2 , como se observa en la ecuación 5.



Otras reacciones para la producción de hidrógeno es la descomposición de los hidruros con otros átomos, ya que el hidrógeno puede perder su electrón de valencia 1 s al enlazarse con otros átomos para formar el ion H^+ o, por el contrario, puede ganar un electrón en la capa de valencia para formar el ion hidruro. La reacción de formación del catión hidrógeno es muy endotérmica al igual que la formación de hidruro, como se observa en las ecuaciones 6 y 7.

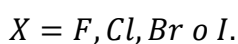


Como la molécula de hidrógeno tienen una gran fuerza de enlace no es particularmente reactiva en condiciones normales. Por este motivo es necesario emplear elevadas temperaturas y catalizadores en las reacciones con hidrógeno. Las entalpías de dichas reacciones tienen valores de 1310 y 151 kJ/mol [1].

2.1.-Papel del Hidrógeno en las Reacciones Químicas.

Además, el hidrógeno también es usado en multitud de procesos. Abordaremos los más empleados.

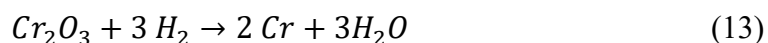
- Reacciones del hidrógeno con otros elementos. El hidrógeno tiene la capacidad de formar compuestos con casi todos los elementos mediante reacción directa en muchos casos. El hidrógeno se combina directamente con los halógenos como se muestra en la ecuación 8.



Por ejemplo, el hidrógeno se combina directamente con el oxígeno para dar vapor de agua (ecuación 9), reacciona con carbono para formar metano (ecuación 10), y una de las más importantes desde el punto de vista industrial la formación de amoníaco (ecuación 11).



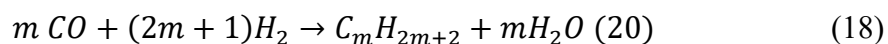
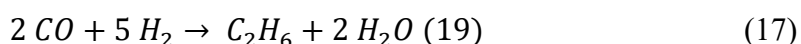
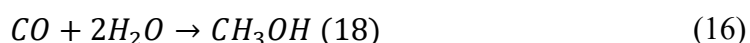
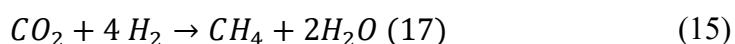
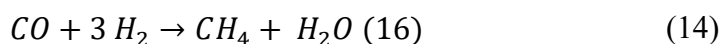
- Como agente reductor. El hidrógeno tiene la propiedad de reaccionar con gran cantidad de óxidos metálicos a temperaturas elevadas para producir metal, en las ecuaciones 12 y 13 se muestran algunas de estas reacciones.



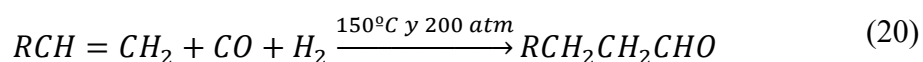
- Reacciones de hidrogenación. Dichas reacciones son importantes ya que el hidrógeno se adiciona a diversos compuestos en la producción de combustibles,

conversión de combustibles, mejora del octanaje y en la síntesis de diversos productos químicos puros.

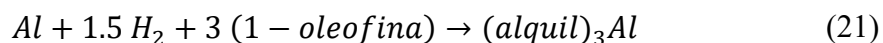
La hidrogenación catalizada de monóxido de carbono y de bióxido de carbono en la actualidad se le ha prestado una especial atención, para la diversa producción de productos químicos y combustibles, a continuación, se muestran dichas ecuaciones 14, 15, 16, 17, 18 y 19.



Una de las reacciones de importancia industrial donde se reacciona la oleofina con el hidrógeno se denomina proceso oxo y en ella se emplean catalizadores homogéneos de cobalto para producir aldehídos y alcoholes, como se observa en la ecuación 20.



Otra de las reacciones de importancia industrial donde se emplea el hidrógeno con oleofinas, es la síntesis de los alquilos de aluminio (compuestos organometálicos), en la ecuación 21 se observa dicha síntesis.



- Reacciones del hidrógeno atómico. El hidrógeno atómico es un agente reductor de gran fuerza y un radical de gran reactividad que puede obtenerse mediante diversas reacciones, entre ellas, someter al hidrógeno a altas temperaturas o a radiación.

- Absorción de hidrógeno en metales. Muchos metales y aleaciones absorben hidrógeno en grandes cantidades. Un ejemplo es el electrodo de paladio, el cuál durante la electrólisis puede absorber hidrógeno equivalente a varios cientos de veces su volumen [1].

3.-Selección del tipo de aerogenerador para el suministro de electricidad.

La energía eólica es una de las fuentes de energía renovable más importantes en la actualidad, y su capacidad para producir electricidad limpia y sostenible. Este capítulo se centra en la selección de los tipos de aerogeneradores para el suministro de electricidad clave en el proceso de electrólisis [2].

Los componentes básicos de un aerogenerador se muestran en la Figura A1.1:



Figura A1.1 Componentes básicos de un aerogenerador [2].

Los aerogeneradores más comunes son:

- Aerogeneradores terrestres. Son aquellos instalados en tierra firme sobre estructuras artificiales, como edificios o puentes, como se muestra en la Figura 2.
- Aerogeneradores offshore. Son aquellos instaladas en el mar o sobre plataformas flotantes o fijas al fondo marino, como se muestra en la Figura 3.

Anejo I. Elección de alternativas.

Una vez descrito los aerogeneradores más comunes se detalla a continuación sus ventajas y desventajas:

- **Aerogeneradores terrestres:** estos pueden ser de dos tipos lentos o rápidos, donde los lentos cuentan con muchos álabes y son los más antiguos, se usaban para moler grano o bombear agua y tenían una potencia muy baja (10 kW) una de sus ventajas es que pueden funcionar con vientos débiles, y su desventaja es que tienen mucha resistencia aerodinámica y son ruidosos. En cambio, los aerogeneradores rápidos tienen pocos álabes (entre 2 y 4) y son los más modernos. Se usan para generar electricidad y tienen una potencia muy alta (entre 100kW y 10 MW). Su ventaja es que tienen una mayor eficiencia aerodinámica, y su desventaja es que necesitan vientos fuertes y constantes para funcionar.
- **Aerogeneradores offshore.** Estos aerogeneradores están diseñados para operar en el mar, donde los vientos son más fuertes y constantes que en tierra. Se caracterizan por tener estructuras más grandes y resistentes para soportar las condiciones marinas adversas. Existen dos tipos: los fijos y flotantes. Los aerogeneradores fijos pueden alcanzar potencias desde los 5-10 MW, mientras que los flotantes de 5-12 MW. En cuanto a ventajas cabe destacar, los fijos tienen una alta potencia y una larga vida útil mientras que los flotantes aprovechan vientos más fuertes y su instalación puede situarse en cualquier zona marítima. Las desventajas de estos serían que los fijos tienen costos elevados de instalación y mantenimiento y están limitados a profundidades de hasta 60 metros, mientras que los flotantes tienen el inconveniente de que su tecnología aún se encuentra en desarrollo y sus costos son elevados [2].

A



B



Figura A1.2 (A) Aerogenerador terrestre [3] y (B) aerogenerador offshore [4]

4.-Selección del tipo de electrolizador.

Existen diversos tipos de electrolizadores, entre los que cabe destacar:

- Electrolizadores alcalinos. El electrolito donde se produce la conducción de los iones es una disolución alcalina, generalmente de hidróxido de potasio. Son los más comunes en la actualidad, al ser los de mayor rendimiento económico y madurez tecnológica. Sin embargo, implican altos costes de mantenimiento a nivel de sistema por el uso de un electrolito secundario.
- Electrolizadores de Proton Exchange Membrane (PEM). En este caso el electrolito es un polímero sólido conductor de protones, reduciendo los problemas de corrosión del anterior a nivel sistema, aunque deben hacerse frente a otros problemas de corrosión, que afectan a los componentes individuales de los electrolizadores. Además, se requiere el uso de metales preciosos, lo que implica costes superiores, aunque pueden trabajar a mayores intensidades y permiten acoplarse fácilmente a sistemas fluctuantes, como las energías renovables.
- Electrolizadores de Anion Exchange Membrane (AEM). Este tipo de electrolizadores es el resultado de la combinación de los anteriores, aplicando un funcionamiento similar a la electrólisis alcalina, pero utilizando en lugar del electrolito una membrana de tipo aniónico. Este tipo de membrana es más económica que la utilizada en los electrolizadores PEM, siendo la electrólisis AEM de bajo coste y altamente estable para la producción de hidrógeno. No obstante, esta tecnología se encuentra poco desarrollada y su durabilidad es muy limitada.
- Electrolizadores de óxido sólido (SOEC). Es la tecnología menos desarrollada. El electrolito está elaborado con materiales cerámicos, lo que permite la reducción de sus costes de fabricación, y cuentan con un alto grado de eficiencia energética, aunque debe aportarse para ello temperaturas superiores a los 700°C. A diferencia de los anteriores, permite convertir el hidrógeno generado en electricidad nuevamente si se emplean dispositivos reversibles, aportando servicios de equilibrio a la red [5].

5.-Sistema de almacenamiento.

Para la selección del tipo de tanque de almacenamiento donde se emplean gases a presión, existen cuatro tipos de tanques, cada uno con las siguientes particularidades:

- Tipo I. Estructura metálica de acero o aleación de aluminio, donde toda la carga es soportada por el metal.
- Tipo II. Revestimiento de acero o aluminio con una parte del cilindro constituida a partir de un compuesto de fibras largas enrolladas en forma de aro.
- Tipo III. Revestimiento metálico completamente envuelto por un compuesto, donde la carga estructural es soportada por los materiales compuestos.
- Tipo IV. Revestimiento no metálico con un envoltorio compuesto de fibra de carbono enrollada, donde los materiales compuestos llevan la carga estructural.

Recientemente se han desarrollado investigaciones sobre el diseño de tanques del tipo IV, para mejorar la eficiencia del combustible y diseñar estructuras más livianas, en donde se requiere optimizar el espesor y la forma del recipiente. Por otro lado, se llevaron a cabo distintos estudios para llevar a cabo una mejora de la seguridad estructural de un recipiente a presión de hidrógeno, diseñado para operar a 700 bar de presión [6].

Al almacenar hidrógeno en estado gaseoso se tendrá en cuenta que es un gas con muy baja densidad, lo que dificulta y encarece su almacenamiento a gran escala y su transporte a largas distancias, pero facilita su almacenamiento a grandes presiones para su uso en movilidad. No obstante, puede transportarse a través de gaseoductos dedicados. Asimismo, puede ser inyectado en la red gasista una vez realizados los procesos adicionales necesarios (odorización, control de calidad, medición de volumen inyectado...) aunque la mezcla o blending no es una solución costo-eficiente para grandes volúmenes debido a la pérdida del valor intrínseco del hidrógeno en la mezcla o, en su caso, a las dificultades técnicas para una posterior separación de ambos gases en el punto de consumo, cuando este sea necesario [6].

Existen otros métodos de almacenamiento de hidrógeno en pilas combustibles, y aunque la finalidad de este proyecto es producción de hidrógeno se contempla a continuación los distintos tipos de pilas de combustible que se podrían emplear una vez se obtiene el hidrógeno.

En la Tabla 1 se muestran algunos de los tipos de pilas de combustible que ya se comercializan o ya están en período de desarrollo.

Tabla 1. Tipos de pilas combustibles [5].

TECNOLOGÍA	PEM	PAFC	MCFC	SOFC
Electrolito	Membrana de intercambio Protónico	H ₃ PO ₄ (líquido)	Carbonato Fundido	Cerámico (sólido)
Combustible	H ₂ muy puro	H ₂ , un poco de CO, CH ₃ OH	H ₂ , CO, CH ₄	H ₂ , CO, CH ₄
Temperatura(°C)	60-80	130-220	600-700	750-1050
Catalizador	Pt	Pt	Ni	Perovskitas
Eficiencia Energética	35-55%	36-45%	50-60%	50-60%
Eficiencia de Cogeneración	70-85%	85%	85%	85%
Densidad de potencia (mW/cm²)	300	220	150	240
Tiempo de Arranque	<5 min	1-4 horas	5-10 horas	5-10 horas
Agua como subproducto	Vapor	Vapor	Gas	Gas
Contaminantes	CO ₂ , H ₂ S	CO ₂ , H ₂ S	S, H ₂ S, HCl, HI, HBr	H ₂ S
Portadores de carga	H ⁺	H ⁺	CO ₃ ⁻²	O ⁻²
Rango de Potencia	1 W-100W	200kW-10 MW	500kW-10 MW	1 kW-10MW
Aplicaciones Típicas	Espacial, Portátil, Transporte Estacionaria	Transporte Estacionaria	Transporte Estacionaria	Transporte Estacionario

A continuación, se detallan los tipos de pilas de combustible:

- Pilas de combustible de ácido fosfórico. Este tipo de pilas usan el ácido fosfórico como electrolito. Su eficiencia es del 40 %. Además, el vapor de agua caliente que despiden puede usarse en procesos de cogeneración. Este tipo de pilas trabajan en rangos de 150-200°C y pueden llegar a generar hasta 200 kW, aunque ya se han hecho pruebas con pilas de 1 MW. Ventajas y desventajas:

Anejo I. Elección de alternativas.

- ✓ Pueden trabajar con hidrógeno puro.
 - ✓ Toleran concentraciones de CO hasta del 1,5 por ciento, lo que significa que se pueden utilizar varios tipos de pilas combustibles.
 - ✓ Su tecnología está muy bien implantada y estudiada.
 - ✓ Usan como catalizador el platino, un metal muy caro.
 - ✓ Producen intensidades de corriente y potencias inferiores a otros tipos de pilas.
 - ✓ Son voluminosas y pesadas.
-
- Pilas con membrana de intercambio de protones. Estas pilas trabajan a temperaturas de 80°C como se observa en la Tabla 3. Tienen una alta densidad energética y se adaptan muy bien a los cambios de demanda de producción. La membrana está constituida por una delgada lámina de plástico por la que pueden pasar los iones de hidrógeno, como platino como elemento catalizador. Este tipo de pilas cuenta con pocos problemas de corrosión, pero necesitan alimentarse con combustibles con pocas impurezas. Suministran una potencia variable de entre 50 a 250 kW.
 - Pilas de combustible alcalinas. Estas pilas alcanzan una eficiencia del 70%. Trabajan a temperaturas de 150-200°C, y su electrolito es una solución alcalina de hidróxido potásico. Su potencia es baja (0,3-5 kW). Son caras, por lo que su uso comercial no está muy extendido, aunque se sigue investigando ya que son muy eficientes.
 - Pilas de combustible de óxido sólido. Este tipo de pilas usan óxidos de zirconio sólido o material cerámico, sin el electrolito líquido, lo que les permite funcionar a temperaturas muy altas. Además, tienen una alta eficiencia, y hasta un 85% cuando se emplean en sistemas de cogeneración. Su potencia por célula es de 100 kW, por lo que una pila combustible de este tipo puede alcanzar potencias muy elevadas. Por ello se pueden emplear en aplicaciones industriales donde se requieran potencias importantes.
 - Pilas de combustible de mezcla de carbonatos. Estas pilas usan como electrolito una solución líquida de litio y carbonatos (sódico y potásico), contenidos en una estructura porosa. Son muy flexibles en cuanto a los combustibles empleados en su funcionamiento, pudiendo ser gas natural, propano, diésel, hidrógeno, etc.

Tienen un buen rendimiento, del 60%, que alcanza el 85% en sistemas de cogeneración. Para que el electrolito alcance su máxima conductividad, se debe alcanzar una temperatura de 650°C. No son necesarios los catalizadores caros como el platino. Se han experimentado con potencias de 10 kW a 2 MW.

- Pilas de combustible de metanol. Utilizan una membrana, pero el electrolito es el metanol. Trabajan a una temperatura de 50-100°C y tienen un rendimiento del 40%. Se emplean en aplicaciones de baja y media potencia.
- Pilas de combustible de cerámica protónica. Este tipo de pilas se caracterizan por tener un electrolito de material cerámico sólido, que tiene una alta conductividad para los protones a altas temperaturas 700°C.
- Pilas de combustible reversibles. Estas pilas tienen la capacidad de funcionar en sentido contrario. Es decir, en vez de producir electricidad a partir de hidrógeno, pueden producir hidrógeno a partir de electricidad [5].

6.-Análisis multicriterio de la selección de alternativas.

6.1.-Criterio de estudio de alternativas.

Se comienza valorando qué criterios se valorarán en la elección de la alternativa más idónea, se harán diversos criterios para las distintas selecciones.

6.1.1.-Tipos de reacciones.

Criterio 1. Empleo de catalizador.

En las reacciones de producción de hidrógeno se emplea un tipo de catalizador este puede ser más costoso o menos dependiendo del tipo. En función de la reacción de elección se buscará obtener el que más rendimiento ofrezca y menos costoso sea.

En el ánodo donde se produce la OER (Reacción de evolución de oxígeno) se emplea un electrocatalizador como IrO_2 y RuO_2 en el ánodo, estos han mostrado una mayor conductividad metálica en comparación con otros materiales. Pero en comparación con otros óxidos metálicos, RuO_2 tiene un mejor rendimiento OER [7]. Con el fin de reducir costos y teniendo en cuenta los recursos limitados de Iridio algunos investigadores se centraron en reducir la proporción del contenido de Iridio mediante la adición de

Anejo I. Elección de alternativas.

óxidos de metales de transición con IrO_2 y RuO_2 . Por ejemplo, MnO_2 estudiado por RuxinMa [8], Nb_2O_5 estudiado por AJ Terezo [9], Sb_2O_5 estudiado por GuohuaChen [10], y PbO_2 estudiado por Jyun-Wei Yu [11].

Criterio 2.- Reacciones endotérmicas o exotérmicas para uso de integración en el proceso.

Para su uso posterior como se indicará en el Anejo de Integración Energética es conveniente aprovechar el calor liberado de la reacción con posterior uso en el proceso productivo pudiendo así minimizar costos [12].

Criterio 3.-Afinidad de la reacción en los electrolizadores.

Dicho criterio es importante, ya que las reacciones que se llevan a cabo en los electrolizadores son del tipo oxidación-reducción [1].

6.1.2.-Tipo de aerogenerador.

Criterio 1.- Proximidad del abastecimiento de electricidad a la instalación.

Dependiendo de la demanda eléctrica será más útil el empleo de electricidad de un aerogenerador terrestre u offshore.

La proximidad a la compañía que abastece la electricidad es un criterio favorable, permitiendo así la descentralización de fuente eléctrica [2].

Criterio 2.- Demanda eléctrica a la planta de proceso.

Cada tipo de aerogenerador produce una cantidad de electricidad que será usada en el proceso productivo, este parámetro es de vital importancia para que la producción llegue a la estimada.

Según Global Wind Report, en 2018 se alcanzaron 568 GW de capacidad total instalada de eólica terrestre en el mundo y se instalaron 48,6 GW nuevos de este tipo de energía. Mientras que la capacidad total instalada de eólica marina se situó en los 23,1 GW. Esto se muestra en la Figura A1.3, además en la Figura A1.4 se observan las ventajas del uso de diferentes energías [13].



Figura A1.3. Producción eléctrica a nivel mundial [13].

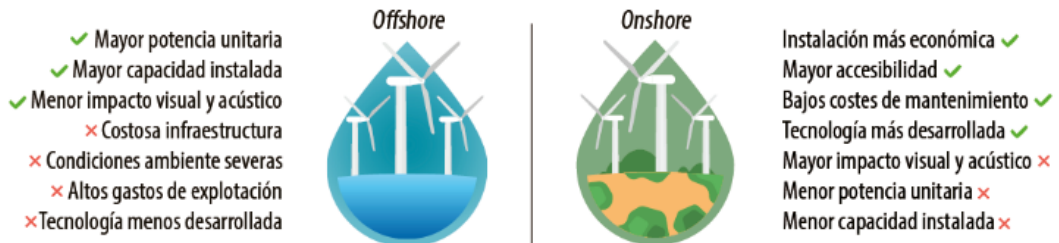


Figura A1.4. Ventajas y desventajas de eólica Offshore y Onshore [13].

6.1.3.-Tipo de electrolizador

Criterio 1.-Costos del electrolizador.

El coste del electrolizador será un parámetro decisivo ya que afectará al presupuesto de este proyecto.

Los costes de los electrolizadores varían, dependiendo del tipo. Sus precios se muestran a continuación:

- Electrolizadores alcalinos: Entre 800 y 1500 USD/kW instalado.
- Electrolizadores PEM: Entre 1200 y 2000 USD/kW instalado.
- Electrolizadores SOEC: Superan los 2000 USD/kW, pero con una eficiencia mayor.

Una estimación sería la de un electrolizador de 10 MW, su coste se sitúa entre 10-20 millones de dólares [14].

Criterio 2.-Desarrollo tecnológico de los electrolizadores.

En el apartado 4 de selección de electrolizadores se describe como algunos electrolizadores no se han desarrollado lo suficiente tecnológicamente, este criterio busca una máxima eficiencia en el proceso productivo por ello la tecnología debe ser lo suficientemente avanzada [5].

6.1.4.-Tipo de tanque de almacenamiento.

Criterio 1.-Presión de operación.

El tipo de tanque de almacenamiento se seleccionará en función de la presión de operación, baja presión tipo I y II y alta presión III y IV.

- Tipo I. Estos depósitos no pueden operar a presiones superiores a los 175 bar. Se muestran en la Figura A1.5.



Figura A1.5 Depósitos de hidrógeno comprimido [15].

- Tipo II. Estos pueden operar a presiones desde 300-1000 bar. Se muestran en la Figura A1.6.



Figura A1.6 Depósito de tipo II de hidrógeno comprimido [15].

- Tipo III. Estos depósitos son capaces de soportar presiones de hasta 700 bar. Se muestran en la Figura A1.7.



Figura A1.7 Depósitos de tipo III de hidrógeno comprimido [15].

- Tipos IV. Estos también soportan presiones de hasta 700 bar. La diferencia es su peso, ya que son más ligeros que el resto de los tanques. Se muestran en la Figura A1.8.

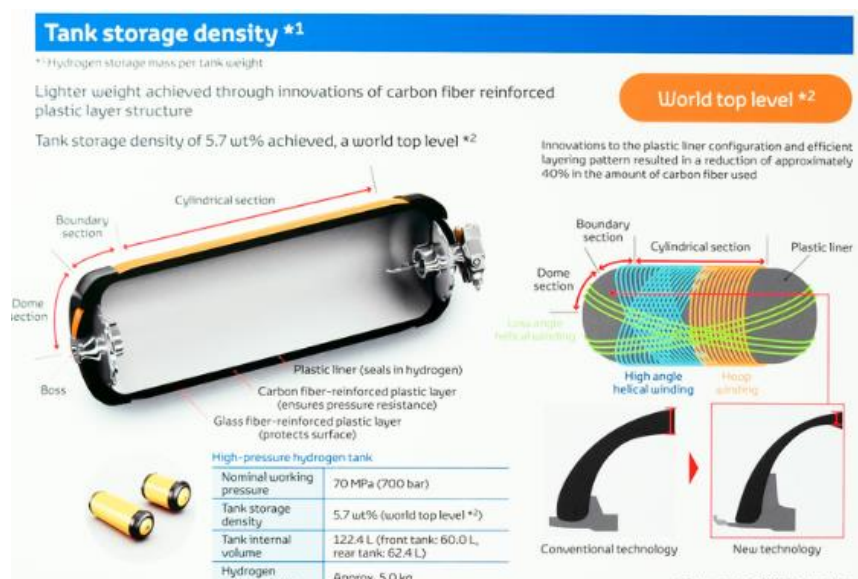


Figura A1.8. Depósitos de tipo IV para el almacenamiento de hidrógeno [15].

Generalmente los tanques para almacenamiento de hidrógeno comprimido tipo I y II son empleados en aplicaciones estacionarias, como en laboratorios o hidrogenaras. Mientras que los tanques de tipo III y IV en vehículos debido a su capacidad gravimétrica [15].

Criterio 2.-Coste de materiales.

El coste del tanque de almacenamiento dependerá del tipo de material empleado. El costo de los materiales, bajo costo tipo I costo moderado tipo II y el más elevado tipo III y IV [15].

6.2.-Ponderación de los criterios.

La ponderación asignada a cada uno de los criterios, así como la justificación de esta decisión se muestran en la Tabla 2, 3, 4 y 5. Se busca conseguir el mejor funcionamiento de la planta, evitando inconveniencias y optimizando al máximo el proceso.

6.2.1.-Tipos de reacciones.

Tabla 2. Ponderación de criterios, tipos de reacciones.

Criterio	Ponderación	Justificación
1	0,7	La selección del tipo de catalizador es fundamental para que la reacción se lleva a cabo.
2	0,8	El uso de reacciones endotérmicas o exotérmicas ayudará en el proceso de integración pudiendo aprovechar así el calor liberado por la reacción
3	0,9	Este criterio es el más importante, ya que en los electrolizadores se trabaja con reacciones oxidación.reducción.

6.2.2.-Tipo de aerogenerador.

Tabla 3. Ponderación de criterios, tipo de aerogenerador.

Criterio	Ponderación	Justificación
1	0,9	La ubicación de los aerogeneradores es un parámetro clave, ya que una energía es renovable si se consume in situ.
2	0,8	El tipo de aerogenerador será el que suministre electricidad para la obtención del hidrógeno.

6.2.3.-Tipo de electrolizador.

Tabla 4. Ponderación de criterios, tipo de electrolizador.

Criterio	Ponderación	Justificación
1	0,8	El costo de un electrolizador es importante ya que este influirá en el presupuesto.
2	0,8	El desarrollo tecnológico de los electrolizadores aumentará la eficiencia del proceso productivo.

6.2.4.-Tipo de tanque de almacenamiento.

Tabla 5. Ponderación de criterios, tipo de tanque de almacenamiento.

Criterio	Ponderación	Justificación
1	0,9	La presión de operación es un parámetro importante, ya que asegurará las condiciones de seguridad.
2	0,8	El costo del tanque de almacenamiento es un parámetro que influirá en el presupuesto.

6.3.-Análisis multicriterio.

Para la elección de la alternativa más adecuada se realiza una valoración positiva de cada uno de los criterios. Se da una valoración del 1 al 3 en aquellos puntos en los que se desconocen datos numéricos, y un valor numérico cuando se conocen los datos. Esto se muestra en la Tablas 6, 7, 8 y 9. Donde se obtiene la ponderación normalizada y la puntuación ponderada.

A partir de los resultados mostrados a continuación, se eligen las alternativas con mayor puntuación numérica. Sobre estas elecciones se trabajará en distintos Anejos.

Tabla 6. Análisis multicriterio, elección del tipo de reacción.

	Alternativas					
Criterio	1	2	3	4	5	6
Puntuación por ítem						
1. Catalizador	2	3	1	1	2	1
2. Reacciones	2	1	1	1	1	3
3. Afinidad Reacción	1	3	1	1	1	1
Puntuación Normalizada						
1. Catalizador	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1
2. Reacciones	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
3. Afinidad Reacción	0,13	0,38	0,13	0,13	0,13	0,13
Puntuación Ponderada						
1. Catalizador (0,7)	0,14	0,21	0,07	0,07	0,14	0,07
2. Reacciones (0,8)	0,18	0,09	0,09	0,09	0,09	0,27
3. Afinidad Reacción (0,9)	0,1125	0,3375	0,1125	0,1125	0,1125	0,1125
TOTAL	0,43	0,64	0,27	0,27	0,34	0,45

Tabla 7. Análisis multicriterio, elección del tipo de aerogenerador.

	Alternativas	
Criterio	1	2
Puntuación por ítem		
1. Proximidad	3	2
2. Demanda Eléctrica	3	3
Puntuación Normalizada		
1. Proximidad	0,6	0,4
2. Demanda Eléctrica	0,5	0,5
Puntuación Ponderada		
1. Proximidad (0,9)	0,54	0,36
2. Demanda Eléctrica (0,8)	0,4	0,4
TOTAL	0,94	0,76

Tabla 8. Análisis multicriterio, elección del tipo de electrolizador.

	Alternativas			
Criterio	1	2	3	4
Puntuación por ítem				
1.Coste	2	3	2	1
2. Desarrollo Tecnológico	3	3	3	1
Puntuación Normalizada				
1.Coste	0,25	0,38	0,25	0,13
2. Desarrollo Tecnológico	0,3	0,3	0,3	0,1
Puntuación Ponderada				
1.Coste (0,9)	0,225	0,3375	0,225	0,1125
2. Desarrollo Tecnológico (0,8)	0,24	0,24	0,24	0,08
TOTAL	0,465	0,5775	0,465	0,1925

Tabla 9. Análisis multicriterio, elección del tipo de tanque de almacenamiento.

	Alternativas			
Criterio	1	2	3	4
Puntuación por ítem				
1.Presión	1	3	1	1
2. Coste	3	3	2	1
Puntuación Normalizada				
1.Presión	0,13	0,38	0,13	0,13
2. Coste	0,3	0,3	0,2	0,1
Puntuación Ponderada				
1.Presión (0,9)	0,1125	0,3375	0,1125	0,1125
2. Coste (0,8)	0,24	0,24	0,16	0,08
TOTAL	0,3525	0,5775	0,2725	0,1925

Como resultado se obtiene que, se emplea la reacción número 3, se abastece la nave de energía eléctrica de un aerogenerador terrestre, el electrolizador a emplear es del tipo PEM y por último el tanque de almacenamiento es de tipo II.

7.-Bibliografía.

- [1] KIRK-OTHMER. *Encyclopedia of Chemical Technology*. John Wiley & Sons, 2000. ISBN 9780471530329.
- [2] Perez, D. (2023). *Energía eólica. Fundamentos, tecnologías y aplicaciones*. Marcombo. ISBN:978-84-267-3715-1.
- [3] Aerogeneradores ¿Qué es un aerogenerador? [En línea]. Iberdrola. [consultado el 28/02/2025]. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/conocenos/nuestra-actividad/energia-eolica-terrestre/que-son-aerogeneradores>.
- [4] V236-15.0 MWTM - Aerogenerador de eje horizontal by Vestas | ArchiExpo. ArchiExpo. [consultado el 28/02/2025] Disponible en: <https://www.archiexpo.es/prod/vestas/product-88087-2314526.html>
- [5] MADRID, Antonio. *Tecnología de los distintos tipos de hidrógeno*. Madrid: AMV EDICIONES. ISBN 978-84-127747-0-2.
- [6] Gutiérrez Rivera, M. E. (2024). “Optimización de un tanque para almacenamiento de hidrógeno tipo II”. MEMORIAS DEL XXX CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM 25 al 27 DE SEPTIEMBRE DE 2024 CIUDAD QUERÉTARO, QUERÉTARO, MÉXICO. ISSN:2448-5551.
- [7] S. Siracusano, N. Van Dijk, & E. Payne-Johnson. Nanosized IrOx and IrRuOx electrocatalysts for the O₂ evolution reaction in PEM water electrolyzers. *Applied Catalysis B: Environmental*, 164, 488–495. DOI: [10.1016/j.apcatb.2014.09.005](https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2014.09.005)
- [8] Chen Xueming, Gao Furong, & Chen Guohua. (2005). Comparison of Ti/BDD and Ti/SnO₂-Sb₂O₅ electrodes for pollutant oxidation Author Chen, Xueming. *Journal of Applied Electrochemistry*, 35(2), 185–191. DOI: [10.1007/s10800-004-6068-0](https://doi.org/10.1007/s10800-004-6068-0)
- [9] Ailton J. Terezo, & Juan Bisquert. (2001). Separation of transport, charge storage and reaction processes of porous electrocatalytic IrO₂ and IrO₂/Nb₂O₅ electrodes. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 508, 59–69. DOI: [10.1016/S0022-0728\(01\)00522-8](https://doi.org/10.1016/S0022-0728(01)00522-8)
- [10] Ruixin Ma, Shiyao Cheng, & Xiaoyong Zhang. (2016). Oxygen evolution and corrosion behavior of low-MnO₂-content Pb-MnO₂ composite anodes for metal electrowinning. *Hydrometallurgy*, 159, 6–11. DOI: [10.1016/j.hydromet.2015.10.031](https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2015.10.031)

- [11] Jyun-Wei Yu, Guo-bin Jung, & Guo-bin Jung. (2019). Proton exchange membrane water electrolysis system-membrane electrode assembly with additive. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(30), 15721–15726. DOI: [10.1016/j.ijhydene.2018.11.192](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.11.192).
- [12] Kemp, Ian C. *Pinch Analysis and Process Integration: A User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2007. Print. ISBN: 9786610747528
- [13] EÓLICA ONSHORE vs OFFSHORE ¿CUÁL ES MEJOR? [En línea]. Eolive. [consultado el 19/06/2025]. Disponible en: <https://www.eolivertical.es/2019/08/28/eolica-onshore-vs-offshore/>.
- [14] Electrolizadores: Clave para la Producción de Hidrógeno Renovable. En línea. RPOW. [consultado el 19/06/2025]. Disponible en: <https://rpow.es/es/hidrogeno-verde/electrolizadores-produccion-de-hidrogeno-renovable/>.
- [15] Almacenamiento de hidrógeno comprimido: tipos de tanques. En línea [consultado el 19/06/2025]. Disponible en: <https://apilados.com/blog/almacenamiento-hidrogeno-comprimido-tipos-tanques/>.



ANEJO II: Ingeniería del proceso productivo.

Proceso de Producción de Hidrógeno Verde mediante electrólisis de agua usando Energías Renovables.

Índice de contenidos

1.-Introducción.	3
2.-Materia prima empleada.....	4
3.-Proceso productivo.....	4
3.1.-Pretratamiento del agua.	4
3.2.-Almacenamiento del agua, bomba de impulsión e intercambiador de calor.	7
3.3.-Proceso de electrólisis.	8
3.3.1.-Componentes principales de las celdas de electrólisis de agua PEM.....	9
3.3.1.1.-Electrodos y membranas.	9
3.3.1.2.-Colectores de corriente.	9
3.3.1.3.-Placas difusoras.....	10
3.3.1.4.-Electrocatalizadores usados en el PEM.	10
3.4.-Sistema de postratamiento de gases y reciclaje del agua.....	11
3.5.-Sección de reciclaje de agua y precalentamiento.	11
3.6.-Sección de postratamiento de hidrógeno y oxígeno.	11
4.-Aspectos medioambientales.	12
5.-Balances de masa.	14
6.-Balances de energía.....	16
7.-Equipos usados en el proceso productivo.	19
8.-Bibliografía	23

Índice de tablas

Tabla 1 Parámetros típicos de aguas subterráneas	5
Tabla 2. Calidad del agua para electrolizadores PEM	6
Tabla 3. Balance de masa del agua	14
Tabla 4. Balances de masa del oxígeno	15

Índice de figuras

Figura A2.1 Sección transversal de una celda de electrólisis y estructura de una celda de electrólisis.....	9
Figura A2.2 Purificador de agua	19
Figura A2.3 Desionizador de agua UPVD-60	19
Figura A2.4 Tanque pulmón de doble pared	20
Figura A2.5 Intercambiador de carcasa y tubos	20
Figura A2.6 Separador Gas-Líquido OFRU ASC-500 50 KW	21
Figura A2.7 Secador de hidrógeno comprimido	21
Figura A2.8 Compresor de hidrógeno H120-5	22
Figura A2.9 Tanque de almacenamiento de Hidrógeno, Carbon4tank	22

1.-Introducción.

Este Anejo tiene la finalidad de explicar el proceso productivo llevado a cabo en la planta de producción de hidrógeno verde. Por ello se tomarán las decisiones seleccionadas en el Anejo I.

2.-Materia prima empleada.

La materia prima empleada es el agua procedente del Río Miño, esta se someterá a un pretratamiento y luego será impulsada hasta el electrolizador en el cual se transformará en hidrógeno empleando energía eléctrica que proviene de Norvento [1].

3.-Proceso productivo.

Los equipos empleados se detallarán a continuación, describiendo cada una de las etapas del proceso productivo hasta el almacenamiento del hidrógeno.

3.1.-Pretratamiento del agua.

Las tres fuentes de agua más comunes para proyectos de hidrógeno a gran escala son: aguas subterráneas, aguas de mar o aguas residuales tratadas, para la producción de hidrógeno verde se emplearán aguas subterráneas ya que la filtración y desionización alcanzan valores de recuperación muy altos 98%. Los parámetros típicos de un agua subterránea son los mostrados en la Tabla 1.

El pretratamiento del agua es llevado a dos equipos un filtro cerámico y luego a un desionizar [3]. Al usar un electrolizador PEM, necesitaremos un agua de Tipo I, según la norma ASTM D 1193-91, dichos parámetros se observan en la Tabla 2 [3].

En el diseño del proceso de obtención de agua ultrapura es necesario incorporar soluciones que minimicen el impacto ambiental, los costes y los plazos de instalación, así como mejorar la eficiencia en el funcionamiento global, reduciendo las pérdidas de presión y optimizando de forma notable el gasto energético, entre otros factores. El proceso de pretratamiento se puede definir en dos pasos básicos: tratamiento previo y pulido a calidad estándar ultrapura.

Tabla 1. Parámetros típicos de aguas subterráneas [2].

Parámetro	Valor típico	Unidades	Observaciones
pH	6.5-8.5	-	Suelo calcáreo
Temperatura	10-20	°C	Estable, según profundidad.
Conductividad eléctrica	300-1500	µs/cm	Alta
Turbidez	<1	NTU	En aguas bien filtradas
Oxígeno disuelto	2-6	mg/L	Baja en profundidad
Dureza total	100-400	mg/L CaCO ₃	Aguas duras comunes
Calcio	20-200	mg/L	Muy variable
Magnesio	5-50	mg/L	Depende del terreno
Sodio	10-100	mg/L	Aumenta en zonas salinas
Potasio	1-10	mg/L	Bajo en general
Bicarbonatos	100-400	mg/L	Principal tampón del pH
Cloruros	10-250	mg/L	Alto en zonas costeras
Sulfatos	10-200	mg/L	Roca yesílica: >200
Nitratos	<25(normal) <50(límite legal)	mg/L	Puede indicar contaminación agrícola
Nitritos	<0.1	mg/L	Indicador de contaminación reciente
Amonio	<0.2	mg/L	Presencia puede indicar materia orgánica
Hierro	<0.1	mg/L	>0.3 provoca coloración
Manganeso	<0.05	mg/L	En exceso: problemas técnicos.
Fluoruros	0.1-1.5	mg/L	Puede ser natural o industrial
Arsénico	<0.01	mg/L	En zonas volcánicas puede ser alto
Silicio	1-30	mg/L	Frecuente en forma de sílice
Carbonato orgánico total (TOC)	<2	mg/L	Bajo en aguas profundas
Coliformes	0	UFC/ 100 mL	En aguas profundas no debe haber

Tabla 2. Calidad del agua para electrolizadores PEM [3].

	TIPO I
Conductividad eléctrica máx. ($\mu\text{s}/\text{cm}$ a 25C)	0,05
Resistividad eléctrica min ($\text{M}\Omega \text{ cm}$ a 25 C)	18,2
pH a 25 C	
TOC máx. (mg/l)	100
Sodio máx. (mg/l)	1
Sílice máx. (mg/l)	3
Cloro máx. (mg/l)	1

El tratamiento previo puede equipararse a llevar el agua a un estado en el que se asemeje a la calidad del agua de abastecimiento. El tipo de sistema de pretratamiento depende de la fuente de agua. El agua subterránea contiene especies disueltas de activos redox como hierro y manganeso, sulfatos, etc..., que pueden precipitar y obstruir el sistema de pulido. Estos se pueden eliminar de manera efectiva mediante procesos convencionales y/o ósmosis inversa de baja presión o nanofiltración.

Para las aguas residuales tratadas, la principal preocupación son las partículas, los compuestos orgánicos y los microorganismos. Aquí, la ultrafiltración en combinación con UV puede utilizarse para llevar el agua a una calidad adecuada.

El agua del mar requiere principalmente la eliminación de sales, pero también de partículas y microorganismos latentes. El uso de la desalinización por ósmosis inversa de un paso con pretratamiento convencional o de UF puede ser suficiente para llevar esa agua a una calidad similar, o mejor, a una agua superficial o residual tratada.

Pero para alcanzar concentraciones suficientemente bajas es necesario el empleo de un desionizador. Para la desionización se pueden usar intercambiadores de resinas de lecho mixto o unidades de electrodesionización (EDI). Estos procesos eliminarán los iones restantes y los intercambiarán por iones H^+ y OH^- . El lecho mixto debe regenerarse o intercambiarse una vez gastado, mientras que el EDI puede funcionar continuamente debido a un diseño auto-regenerador. A menudo, las dos tecnologías de desionización se emplearán juntas, usando el lecho mixto como seguridad o como afino después del EDI.

Anejo II. Ingeniería del proceso productivo

Por ello el proceso de purificación del agua empezaría con la filtración, empleando filtros Super Dúplex autolimpiantes automáticos con una eficiencia de eliminación de alrededor del 70%, siendo su misión proteger la UF (ultrafiltración). La sección de UF consistiría en líneas, cada una equipada con membranas UF. La tecnología usualmente empleada es el de flujo sin salida, lo que significa que el flujo de alimentación completo se fuerza a través de una membrana de 0,04 micras durante un tiempo y luego una fase de lavado donde se eliminan los sólidos atrapados en la superficie de la membrana.

Por último, se emplearía un EDI (electrodesionización) el agua producida alcanza las características requeridas de agua ultrapura con una conductividad inferior a 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El sistema de electrodesionización en continuo está formado por varios módulos que alternan membranas selectivas de intercambio aniónico y catiónico. El agua de alimentación entra a cada módulo y se distribuye a través de los compartimentos de productos y rechazo. Bajo la influencia de la corriente continua, los iones en los compartimentos de producto se transfieren a los compartimentos de rechazo. Ambos compartimentos están rellenos de resinas de intercambio [4].

3.2.-Almacenamiento del agua, bomba de impulsión e intercambiador de calor.

Una vez el agua es óptima para el electrolizador esta es enviada a un tanque pulmón, este tiene varios objetivos. El primero es garantizar un suministro continuo de agua, esto se debe a que el pretratamiento del agua no siempre se realiza al mismo ritmo que el consumo del electrolizador, este tanque permite desacoplar ambos procesos asegurando así que el electrolizador siempre tenga un suministro constante de agua. Además, se realizan los controles de calidad para saber si se cumple la norma ASTM D 1193-91 para electrolizadores PEM. El tanque pulmón además permite regular los caudales de flujo, así como la temperatura óptima destinada al electrolizador [4].

La bomba de circulación del agua es un componente esencial que asegura un flujo continuo y estable hacia el sistema de electrólisis. Su principal función es mantener la presión y el caudal adecuados, garantizando que el agua fluya a través del intercambiador de calor y llegue con las condiciones necesarias para el electrolizador [5]. Antes de entrar en el electrolizador el agua impulsada por la bomba se debe dirigir hacia un intercambiador de calor, con el fin de regular su temperatura. Los objetivos del intercambiador de calor son enfriar o calentar el agua según sea necesario para optimizar

el rendimiento del electrolizador, evitar fluctuaciones térmicas que puedan afectar a la eficiencia del electrolizador y recuperar y reutilizar calor del proceso [6].

3.3.-Proceso de electrólisis.

Por último, el agua entra en el electrolizador PEM (Proton Membrane Exchange Polymer Electrolyte Membrane), estos son dispositivos que emplean la corriente continua y agua para producir hidrógeno. El electrolizador PEM funciona de la siguiente forma:

- El agua es llevada a las placas bipolares y fluye hacia los canales de la placa.
- Al entrar en contacto con la membrana de intercambio de protones de los electrodos, el agua se divide en protones H^+ y O^{2-} .
- El protón de O^{2-} se desprende de los electrones, los cuales se combinan para formar oxígeno.
- Los electrones viajan a través del circuito hacia el cátodo. H^+ pasa a través de la membrana de protones hacia el cátodo.
- Los protones H^+ se combinan con los electrones en el cátodo para formar dihidrógeno.
- El oxígeno fluye desde el ánodo. El hidrógeno fluye desde el cátodo.

Un electrolizador PEM utiliza un electrolito de polímero sólido para conducir protones desde el ánodo hasta el cátodo, como se explicó anteriormente. La semirreacción que tienen lugar en el lado del ánodo de un electrolizador es la reacción de evolución de oxígeno. En el ánodo, el agua líquida entra en contacto con el electrolizador y luego se oxida a oxígeno, protones y electrones. La otra mitad de la reacción que sucede en el cátodo se denomina reacción de evolución del hidrógeno. Los electrones del proveedor y los protones conducidos a través del SPE (electrolito de polímero sólido) se combinan para crear hidrógeno gaseoso.

Para uso industrial, el electrolizador PEM también debe combinarse con la unidad de compresión de hidrógeno in situ (compresor) para producir hidrógeno comprimido. Pero considerando las pérdidas faradaicas, que aumentan con el aumento de las presiones operativas, se debe tener en cuenta la compresión durante la electrólisis y la compresión posterior. En dicho electrolizador, la membrana electrolítica de polímero juega un papel vital al brindar una alta conductividad entre protones, operación a alta presión, bajo cruce de gas y diseño de compacto, que son muchas de las ventajas de la electrólisis PEM [7].

3.3.1.-Componentes principales de las celdas de electrólisis de agua PEM.

Los principales componentes de la celda de electrólisis de agua PEM son los colectores de corrientes (capas de difusión de gas), placas separadoras y conjuntos de electrodos de membrana. El corazón de una celda de electrólisis de agua PEM son los conjuntos de electrodos de membrana que pueden separar la celda en el lado del ánodo y el lado del cátodo [8]. La estructura de una electrólisis típica se muestra en las Figura 1.

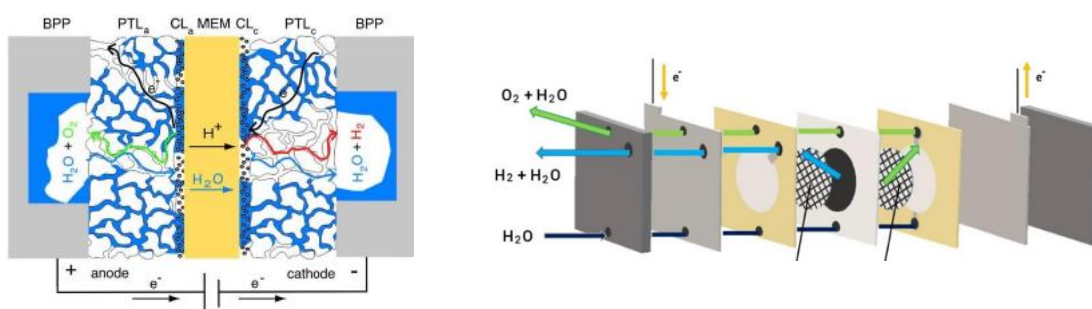


Figura A2.1 Sección transversal de una celda de electrólisis y estructura [8].

3.3.1.1.-Electrodos y membranas.

Los MEA (conjunto de electrodos de membrana), contienen una solución de ionómero y electrocatalizadores en el cátodo y en el ánodo. Como se muestra en la Figura 1, la membrana está rodeada por la capa de catalizador del lado del ánodo (CL_a, cargas localizadas en el ánodo) y la capa del catalizador del lado del cátodo (CL_c, cargas localizadas en el cátodo) [8].

3.3.1.2.-Colectores de corriente.

El material de los colectores de corriente debe tener características tales como la corrosión, buena resistencia mecánica, porosidad optimizada y buena conductividad eléctrica debido a que los colectores de corriente están expuestos a ambientes ácidos, presencia de oxígeno gaseoso y alto potencial [9]. Las más utilizadas son las placas de titanio poroso debido a que tiene propiedades únicas. Como se muestra en la Figura 1, los colectores de corriente son dos capas de transporte porosas (PTL_a y PTL_c) en el lado del ánodo y en el lado del cátodo. Los colectores de corriente tienen como objetivo actuar como conductor iónico entre MEA y BPP, garantizando una transferencia eficiente de masa de líquidos y gases entre los electrodos y el BPP [8].

3.3.1.3.-Placas difusoras.

En una celda de electrólisis PEM, las placas separadoras deben proporcionar un camino para bombear el agua y los gases producidos fuera de la celda. Debe tener características como alta resistencia, alta conductividad térmica, baja permeabilidad y resistividad. Como consecuencia de ello, los materiales más utilizados son el titanio, el acero inoxidable, que son caros [9].

Como se muestra en la Figura 1, las placas bipolares (BPP) se encuentran en las capas externas. Además, en el lado del ánodo donde se produce el OER (Reacción de evolución de oxígeno) el material de titanio se corroe y produce una capa de óxido inerte, por lo que disminuye el rendimiento del electrolizador. Por ello se recubren las placas con recubrimientos o aleaciones de metales preciosos, disminuyen la corrosión y suprimen la producción de óxidos [8].

3.3.1.4.-Electrocatalizadores usados en el PEM.

Por lo general, en una electrólisis de agua PEM, para soportar el alto rendimiento necesario y soportar un entorno ácido, se utilizan electrocatalizadores de metales nobles. En el lado del ánodo se produce el OER, los catalizadores usados son productos de iridio de alta actividad como IrO_2 y para el lado del cátodo, donde ocurre el HER (Reacción de evolución de hidrógeno), el catalizador más fiable son los de platino. El uso de catalizadores a base de platino se debe principalmente al entorno ácido y al voltaje altamente oxidante en la parte del cátodo [10].

En el ánodo donde se produce la OER se emplea un electrocatalizador como IrO_2 y RuO_2 en el ánodo, estos han mostrado una mayor conductividad metálica en comparación con otros materiales. Pero en comparación con otros óxidos metálicos, RuO_2 tiene un mejor rendimiento OER [11]. Con el fin de reducir costos y teniendo en cuenta los recursos limitados de Iridio algunos investigadores se centraron en reducir la proporción del contenido de Iridio mediante la adición de óxidos de metales de transición con IrO_2 y RuO_2 . Por ejemplo, MnO_2 estudiado por RuxinMa [12], Nb_2O_5 estudiado por AJ Terezo [13], Sb_2O_5 estudiado por GuohuaChen [14], y PbO_2 estudiado por Jyun-Wei Yu [15]. Es decir, la eficiencia y la estabilidad de la electrólisis se pueden aumentar usando óxidos metálicos como catalizadores.

En el cátodo donde se produce el HER se emplean materiales a base de platino, se pueden utilizar como catalizador estándar para la reacción de evolución de oxígeno. Esto se debe a que el platino es extremadamente estable en un ámbito ácido y puede brindar una excelente actividad en el HER. A pesar de eso, los catalizadores a base de platino son caros. Muchos investigadores han estudiado las alternativas a los catalizadores a base de Platino para la electrólisis del agua PEM, por ahora, el material usado es el Platino con soporte de carbono debido a su alta capacidad electrocatalítica y estabilidad [9].

3.4.-Sistema de postratamiento de gases y reciclaje del agua.

Para una planta típica de producción de hidrógeno por electrólisis de agua, el hidrógeno y el oxígeno deben someterse a un tratamiento posterior antes de almacenarlos, transportarlos o ventilarlos al exterior. Para el hidrógeno producido se puede emplear un sistema separador gas-líquido para separar el agua no utilizada y el gas del hidrógeno producido. Luego, el agua se bombea nuevamente al tanque de almacenamiento de agua y el gas de hidrógeno pasa a través de un lecho adsorbente para secarse y poder almacenarse. Mientras que para el gas oxígeno, solo necesita separarse del agua y luego puede eliminarse a la atmósfera porque es inofensivo [15].

3.5.-Sección de reciclaje de agua y precalentamiento.

El agua empleada se calienta en un intercambiador de calor de placas, por lo general, los electrolizadores funcionan sobre el voltaje termo neutro lo que significa que se genera calor y se debe usar enfriamiento. Se emplea una torre de refrigeración como se observa en el documento de planos, plano 1. Luego el agua se recircula al electrolizador [1].

3.6.-Sección de postratamiento de hidrógeno y oxígeno.

El hidrógeno y el oxígeno producidos pasan por una columna de rectificación (separador gas-líquido) y un secador en el caso del hidrógeno para separar el vapor involucrado. El siguiente paso es enfriar el vapor para convertirlo en fase líquida para reutilizarlo. El oxígeno se ventila a la atmósfera mientras que el hidrógeno pasa a través de un secadero de lecho absorbente para secarse aún más. Luego, el gas hidrógeno puro se comprime y por último se almacena [1].

4.-Aspectos medioambientales.

La transición energética hacia modelos más sostenibles ha colocado al hidrógeno verde en el centro de atención como vector energético clave para alcanzar la neutralidad climática. Como se ha descrito anteriormente, este tipo de hidrógeno se produce a partir de la electrólisis del agua utilizando electricidad proveniente de fuentes renovables, en nuestro caso energía eólica, lo que lo convierte en un combustible libre de emisiones de CO₂. A diferencia del hidrógeno gris o azul, su producción no genera gases de efecto invernadero si todo el proceso está correctamente gestionado, lo que representa una ventaja ambiental respecto a procesos convencionales basados en combustibles fósiles [16].

Sin embargo, el proceso de electrólisis no está exento de impactos ambientales indirectos. Uno de los principales problemas es el uso intensivo de agua, un recurso que puede ser escaso en ciertas regiones. Aunque la electrólisis no requiera grandes cantidades de agua en comparación con otros procesos industriales, es necesario garantizar que esta extracción no comprometa la disponibilidad de agua potable ni afecte a ecosistemas acuáticos. En zonas con estrés hídrico, podría considerarse el uso de agua reciclada o desalinizada, aunque esto conlleva mayores costes energéticos y medioambientales [17].

La obtención de electricidad exclusivamente a partir de energías renovables es otro punto crítico. Si bien el hidrógeno verde se define por el uso de energía renovable, en muchos países la infraestructura de red aún mezcla fuentes fósiles con renovables, lo que puede comprometer la huella del carbono real del hidrógeno producido. En este contexto, resulta esencial la trazabilidad energética mediante sistemas de garantías de origen, así como el acoplamiento directo de entre plantas de electrólisis y fuentes renovables, como parques eólicos [18].

Otro aspecto ambiental relevante es el asociado a la fabricación, mantenimiento y desmantelamiento de los electrolizadores, especialmente en aquellos basados en tecnología PEM o AEL (alcalina). Estos sistemas contienen materiales críticos como platino, iridio, o níquel cuya extracción y procesamiento pueden generar impactos ambientales si no se gestionan de manera responsable. La minería de estos metales debe cumplir con estándares ambientales y sociales estrictos para asegurar la sostenibilidad de toda la cadena de valor del hidrógeno [19].

Anejo II. Ingeniería del proceso productivo

Desde una perspectiva del ciclo de vida, diversos estudios han demostrado que el hidrógeno verde tiene una huella ambiental significativamente menor que el hidrógeno gris o el azul, especialmente en lo que respecta a emisiones de gases de efecto invernadero, la acidificación del suelo y el uso de recursos fósiles. No obstante, es necesario realizar un análisis del ciclo de vida (ACV) considerando variables como la ubicación geográfica, la tecnología empleada y la fuente de energía. Esta evaluación permite evitar efectos de traslado de impactos ambientales y asegurar que el hidrógeno verde sea realmente una solución sostenible [20].

La producción de hidrógeno verde también puede generar sinergias ambientales positivas al integrarse en modelos de economía circular e industrialización sostenible. Por ejemplo, pueden aprovecharse excedentes energéticos no gestionables o servir para valorizar residuos orgánicos mediante su uso como materia prima en procesos de gasificación combinados con electrólisis. Asimismo, su aplicación en sectores como el transporte pesado, la siderurgia o la producción de fertilizantes permite reducir la dependencia de combustibles fósiles y disminuir la contaminación atmosférica asociada a estos sectores [21].

Finalmente, cabe destacar que la regulación ambiental y energética aún está en fase de consolidación para acompañar el desarrollo del hidrógeno verde. A nivel europeo, se están desarrollando marcos legislativos más detallados que incluirán requisitos técnicos, límites de emisiones y esquemas de certificación ambiental. Estos serán claves para asegurar la coherencia entre las políticas climáticas y el desarrollo tecnológico, y para evitar que el hidrógeno verde se utilice como “etiqueta verde” sin sustento ambiental real [22].

5.-Balances de materia

En este apartado se determinará la necesidad de agua para llevar a cabo el proceso productivo, así como de las impurezas que se eliminarán en la primera etapa. Por lo que primero determinamos el caudal de agua necesario a partir de la relación obtenida de bibliografía, de que para producir 1 kg de hidrógeno son necesarios 9 kg de agua.

En el Anejo III se estimó la capacidad de producción de hidrógeno verde a partir del electrolizador PEM, se estima una producción de 304 kg/h de hidrógeno verde. Por ello calcularemos la demanda de agua necesaria. Por lo tanto, empleando la relación descrita anteriormente calculamos el caudal.

$$Caudal = 304 \text{ kg/h} \cdot 9 = 2736 \text{ kg/h de agua necesarios}$$

Además, para este electrolizador se determinó su rendimiento. El cual influye en la cantidad de agua.

$$Caudal \text{ real} = \frac{2736}{0,6948} = 3937,82 \text{ kg/h}$$

Una vez sabemos la cantidad de agua necesaria por hora que empleará el electrolizador calcularemos el agua total necesaria para el proceso, así como la residual de la etapa de pretratamiento, de las columnas y de su recirculación.

Tabla 3. Balance de masa del agua [23].

Etapas	Descripción	Cálculo	Resultado (kg/h)
Agua tratada	Agua que debe		
necesaria	entrar en el electrolizador para producir 304 kg/h.	$Caudal \text{ real}$ $= \frac{2736}{0.6948}$ $= 3937,82 \text{ kg/h.}$	3937,82
Porcentaje de rechazo	Basado en la calidad del agua (estimación en base a norma ASTM D 1193-91).	-	58 %

Tabla 3 (cont.). Balance de masa del agua

Etapas	Descripción	Cálculo	Resultado (kg/h)
Agua cruda captada	Agua que debe captarse para, tras, el rechazo obtener el agua tratada necesaria.	$\frac{3937,82}{1 - 0,58}$	9375,76
Agua residual eliminada	Parte del agua cruda que se elimina en el pretratamiento	$9375,76 \cdot 0,70$	6563
Agua que reacciona	Parte del agua tratada que reacciona y forma H ₂ y O ₂ .	$\frac{304 \text{ kg/h}}{0.002 \text{ kg/mol}} \cdot 0.018 \text{ kg/h}$	2736
Agua recirculada	Agua no consumida y que se recircula	$3937,82 - 2736$	1201,82
Agua total del proceso	Suma de agua recirculada+ nueva tratada en continuo	$2736 + 1201,82$	3937,92

Ahora se calcula la cantidad de oxígeno que se libera en la columna de rectificación, el cual se produjo del electrolizador PEM.

Tabla 4. Balances de masa del oxígeno [23].

Etapas	Cálculo	Valor
Producción de H₂	Entrada desde balance de electrólisis	304 kg/h
Moles de H₂	$\frac{304}{0,002}$	150,796.83 mol/h
Moles de O₂	$\frac{150,796.83}{2}$	75,396.83 mol/h
Masa molar de O₂		32 g/mol
Producción de O₂	$75,396.83 \cdot 0,032$	2412,70 kg/h

6.-Balances de energía.

En este apartado se estimará la demanda de energía para los equipos empleados en el proceso productivo.

- **Electrolizador PEM.**

$$E_{eléctrica} = 17500 \text{ kW} = 63000 \text{ MJ/h} = 63 \text{ GJ/h}$$

- **Intercambiador de calor de carcasa y tubos.**

- Objetivo: calentar el agua de la etapa de pretratamiento (15°C) y la de recirculación (30°C). Con esto se busca llevar el agua a 80°C.

- Los datos empleados son los del caudal del agua a la entrada del electrolizador y el Cp del agua, cuyo valor es de 4,18 kJ/ (kg·K) [24].

- Calor para agua tratada (15-80°C)

$$\begin{aligned} Q_{\text{agua tratada}} &= 3937,82 \text{ kg/h} \cdot 4.18 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot (80 - 15) = 1069905 \text{ kJ/h} \\ &= 1.06 \text{ GJ/h} \end{aligned}$$

- Calor para agua recirculada (30-80°C)

$$\begin{aligned} Q_{\text{agua recirculada}} &= 1201.82 \text{ kg/h} \cdot 4.18 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot (80 - 30) \\ &= 251180. \text{ kJ/kg} = 0.25 \text{ GJ/h} \end{aligned}$$

- Total, de calor intercambiado:

$$Q_{\text{intercambiado}} = 1,06 + 0,25 = 1,31 \text{ GJ/h}$$

- **Columnas de rectificación.**

- Cada columna incluye dos condensadores en la cabeza para condensar agua y dos calderas para generar vapor.
- Calderas de columna 1 y 2. Se emplean para separar el hidrógeno y el oxígeno húmedo. Suponemos una evaporación parcial del agua, donde se evapora el 50% del agua. Calor latente de vaporización es 2260 kJ/kg. La temperatura de salida del electrolizador es de 80°C y en la columna se trabaja a una temperatura de 120°C.

$$m = \frac{1201.82}{2} = 600,91 \text{ kg/h}$$

$$\begin{aligned} Q_{caldera} &= 600,91 \text{ kg/h} * 4.18 \text{ kJ}/(\text{kg} * \text{K}) * (120 - 80) \\ &= 100472,15 \text{ kJ/h} = 0,10 \text{ GJ/h} \end{aligned}$$

- Condensadores de la columna de rectificación 1 y 2.
- Condensador de la columna 1. El Cp del oxígeno tiene un valor de 0,92 kJ/kg*K, calculamos el caudal que fluye a través de la columna y por último la energía necesaria.

$$m = 2412,70 \text{ kg/h}$$

$$\begin{aligned} Q_{columna \text{ oxígeno}} &= 2412,7 \text{ kg/h} \cdot 0,92 \text{ kJ}/(\text{kg} * \text{K}) * (60 - 30) \\ &= 66590 \text{ kJ/h} = 0,0665 \text{ GJ/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{columna \text{ hidrógeno}} &= 304 \text{ kg/h} \cdot 14,3 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot (60 - 30) = 130416 \text{ kJ/h} \\ &= 0,13 \text{ GJ/h} \end{aligned}$$

- **Secador de hidrógeno.**

- Se emplea secado por absorción, donde se elimina la humedad residual. Este equipo requiere energía para calentar el gas hidrógeno y para la regeneración del absorbente. Se estima un consumo de 0,1 kWh/kg de H₂.

$$Q_{\text{secado}} = 0,1 \cdot 304 = 30,4 \text{ kWh} = 109,44 \text{ MJ/h}$$

- **Compresor de hidrógeno.**

- Se trabaja con un compresor a 350 bar de presión, se estima un consumo de 3 kWh/kg de H₂ [24].

$$Q_{\text{compresor}} = 3 \cdot 304 = 912 \text{ kWh} = 3283,2 \text{ MJ/h} = 0,00328 \text{ GJ/h}$$

7.-Equipos usados en el proceso productivo.

- **Equipo de filtración (Filtro de Cesta Duplex).**

- Presión máxima: 1.6 MPa.
- Caudal máximo: 900 m³/h.
- Volumen ocupación: 1 m³.
- Dimensiones: 2,3x1,2x1,2 (en metros)
- Precio: 7000 €.



Figura A2.2 Purificador de agua [25]

- **Desionizador de agua UPVD-60.**

- Presión de operación: 5-8 bar.
- Caudal: 60 L/h.
- Dimensiones: 500x 470x 720 (en mm)
- Precio: 1875 €.



Figura A2.3 Desionizador de agua UPVD-60 [26].

Anejo II. Ingeniería del proceso productivo

- **Tanque pulmón de agua.**

-Material: Acero con doble pared, conforme a la norma UNE EN 12285-2.

-Dimensiones: Longitud: 3430 mm, diámetro 1930 mm.

- Incluye: Bomba eléctrica de 230 V, contador mecánico, manguera de distribución de 4 m, indicador de fugas.

-Capacidad: 9000 L.

-Presión de diseño: 69 bar.

-Precio: 19130 €.



Figura A2.4 Tanque pulmón de doble pared [27]

- **Intercambiador de calor de carcasa y tubos de carburo de silicio.**

- Área de transferencia de calor: desde 0,4 hasta 24 m².

- Presión de diseño: 10 bar.

- Temperatura de operación: -30°C hasta 220°C.

- Dimensiones: Diámetro carcasa: 200 mm, diámetro de tubos: 19 mm, longitud de los tubos: 2000 mm.

- Materiales de la carcasa y cabezales: acero revestido de vidrio, acero revestido de PTFE.

- Precio: 30000 €.



Figura A2.5 Intercambiador de carcasa y tubos [28]

- **Separador Gas-Líquido.**

- Capacidad: 1260 L.
- Número de etapas: 10.
- Dimensiones: 6350x 500x 100 (en mm).
- Presión de operación: 2 bar.
- Temperatura máxima: 200°C.
- Precio: 25000 € (se emplean 2 separadores).



Figura A2.6 Separador Gas-Líquido OFRU ASC-500 50 KW [29]

- **Secador de hidrógeno.**

- Presión de operación: 5-50 bar.
- Rango de Temperatura de funcionamiento: 1,4-40°C.
- Dimensiones: 1,5x0,3 (en metros)
- Precio: 10000 €.



Figura A2.7 Secador de hidrógeno comprimido [30]

- **Compresor de hidrógeno.**

-Caudal: 5.4-7.1 m³/h.

-Presión entrada: 0-4 bar.

-Presión de salida: 350 bar.

-Potencia: 4 kW.

-Dimensiones: 1397x 1448x 1321 (mm)

-Precio: 39000 €.



Figura A2.8 Compresor de hidrógeno H120-5 [31]

- **Tanque de almacenamiento de hidrógeno.**

-Tipo de tanque: Tanque tipo II (revestimiento plástico + fibra de carbono enrollada).

-Capacidad del tanque: 350 L.

-Presión de trabajo: 700 bar.

-Dimensiones: Diámetro: 400 mm, longitud: 1600 mm.

-Precio: 12000 €.



Figura A2.9 Tanque de almacenamiento de Hidrógeno, Carbon4tank [32].

8.-Bibliografía.

- [1] Doo Hyun Chung. (2024). Design Space for PEM Electrolysis for Cost-Effective H₂ Production Using Grid Electricity. *I&EC Industrial and Engineering Chemistry Research*, 63, 7258–7270. DOI: [10.1021/acs.iecr.4c00123?urlappend=%3Fref%3DPDF&jav=VoR&rel=cite-as](https://doi.org/10.1021/acs.iecr.4c00123?urlappend=%3Fref%3DPDF&jav=VoR&rel=cite-as).
- [2] Real Decreto 314/2016, de 29 de julio, por el que se modifican el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, el Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano, y el Real Decreto 1799/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2016/07/29/314>
- [3] Advancing Standardars Transforming Markets. *Standard Specification for Reagent Water* (ASTM D1193-91). ASTM INTERNATIONAL.
- [4] MELGAREJO MORENO, J. *Seguridad Hidrica*. Universitat d’Alacant.. ISBN: 978-84-1302-234-5
- [5] Cengel, Y. A., & Cimbala, J. (2005). *Fluid Mechanics*. McGraw-Hill Education. ISBN: 978-1-259-69653-4
- [6] Kakaç, S., Liu, H., & Pramuanjaroenkij, A. (2012). *Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design, Third Edition*. Taylor & Francis Group. DOI: [10.1201/b11784](https://doi.org/10.1201/b11784)
- [7] Mora Nieto, M., & Bordons, C. *Desarrollo y validación experimental del modelo dinámico de un electrolizador PEM de 1kW para su integración con generación renovable*. DOI: [10.17979/spudc.9788497498418.0560](https://doi.org/10.17979/spudc.9788497498418.0560)
- [8] Yoshimura, R., Wai, S., Ota, Y., Nishioka, K., & Suzuki, Y. (2022). Effects of Artificial River Water on PEM Water Electrolysis Performance. *Catalysts*, 12(9), 934. DOI: [10.3390/catal12090934](https://doi.org/10.3390/catal12090934)
- [9] Millet, P., Ngameni, R., Grigoriev, S. A., & Fateev, V. N. (2011). Scientific and engineering issues related to PEM technology: Water electrolyzers, fuel cells and unitized

regenerative systems. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(6), 4156–4163. DOI: [10.1016/j.ijhydene.2010.06.106](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.06.106)

[10] Li, H., Wang, H., Bessarabov, D., & Zhao, N. (2016). *PEM Electrolysis for Hydrogen Production: Principles and Applications*. Taylor & Francis Group. DOI: [10.1201/b19096](https://doi.org/10.1201/b19096)

[11] S.Siracusano, N. Van Dijk, & E. Payne-Johnson. Nanosized IrOx and IrRuOx electrocatalysts for the O₂ evolution reaction in PEM water electrolyzers. *Applied Catalysis B: Environmental*, 164, 488–495. DOI: [10.1016/j.apcatb.2014.09.005](https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2014.09.005)

[12] Chen Xueming, Gao Furong, & Chen Guohua. (2005). Comparison of Ti/BDD and Ti/SnO₂-Sb₂O₅ electrodes for pollutant oxidation Author Chen, Xueming. *Journal of Applied Electrochemistry*, 35(2), 185–191. DOI: [10.1007/s10800-004-6068-0](https://doi.org/10.1007/s10800-004-6068-0)

[13] Ailton J. Terezo, & Juan Bisquert. (2001). Separation of transport, charge storage and reaction processes of porous electrocatalytic IrO₂ and IrO₂/Nb₂O₅ electrodes. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 508, 59–69. DOI: [10.1016/S0022-0728\(01\)00522-8](https://doi.org/10.1016/S0022-0728(01)00522-8)

[14] Ruixin Ma, Shiyao Cheng, & Xiaoyong Zhang. (2016). Oxygen evolution and corrosion behavior of low-MnO₂-content Pb-MnO₂ composite anodes for metal electrowinning. *Hydrometallurgy*, 159, 6–11. DOI: [10.1016/j.hydromet.2015.10.031](https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2015.10.031)

[15] Jyun-Wei Yu, Guo-bin Jung, & Guo-bin Jung. (2019). Proton exchange membrane water electrolysis system-membrane electrode assembly with additive. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(30), 15721–15726. DOI: [10.1016/j.ijhydene.2018.11.192](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.11.192)

[16] *Global Hydrogen Review 2022*. (2022, 13 de septiembre). OECD. Disponible en: https://www.oecd.org/en/publications/global-hydrogen-review-2022_a15b8442-en.html

[17] Thomas Adisorn (2023). Implications of the Interrelations between the (Waste)Water Sector and Hydrogen Production for Arid Countries Using the Example of Jorda. *Sustainability*. DOI: [10.3390/su15065447](https://doi.org/10.3390/su15065447)

[18] REGLAMENTO DELEGADO (UE) 2023/1184 DE LA COMISIÓN de 10 de febrero de 2023 por el que se completa la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento

Anejo II. Ingeniería del proceso productivo

Europeo y del Consejo estableciendo una metodología común de la Unión en la que se definan normas detalladas para la producción de carburantes líquidos y gaseosos renovables de origen no biológico, Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (2023). Disponible en: <https://data.europa.eu/eli/reg/2023/1184/spa>

[19] Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU A Foresight Study. (2020). European Commision. ISBN: 978-92-76-15336-8

[20] García R. & Gómez M. (2023). Análisis del ciclo de vida para la producción de hidrógeno verde mediante electrólisis con energía renovable. *Revista Internacional de Energías Limpias*, 45–60. DOI: [10.1234/riec.2023.15.2.45](https://doi.org/10.1234/riec.2023.15.2.45)

[21] EUROPEAN HYDROGEN BACKBONE. 2021. *A European Hydrogen Infrastructure Vision*. Disponible en: https://gasforclimate2050.eu/wp-content/uploads/2021/04/EHB_A-European-Hydrogen-Infrastructure-Vision_April-2021_v3.pdf

[22] McKinsey. *Hydrogen Council*. Hydrogen Insights 2023. Disponible en: <https://hydrogencouncil.com/en/hydrogen-insights-2023/>

[23] 1924-1978, P. R. H., W, G. D., & O, M. J. (1984). *Perry's chemical engineers' handbook*. McGraw-Hill Book Co. ISBN:978-0-07-183408-7.

[24] Smith, J. M. (1959). *Introduction to chemical engineering thermodynamics* (2ª ed.). McGraw-Hill. ISBN:978-1-259-69651-3.

[25] Filtro de Cesta Duplex. *Filson Filter* [en línea]. [consultado el 9 de abril de 2025]. Disponible en: <https://es.filsonfilters.com/filtros-duplex/filtro-de-cesta-duplex/>

[26] Desionizador de agua UPVD 60. *LIVAM* [en línea]. [consultado el 9 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.directindustry.es/prod/livam-gmbh/product-235235-2370141.html>

[27] Tanque de doble pared según UNE EN 12285, 9000 litros, con bomba eléctrica 70 L/min. *Denios* [en línea]. [consultado el 9 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.denios.es/tanque-de-doble-pared-segun-une-en-12285-9000-litros-con-bomba-electrica-70-l-min-294215/294215#:~:text=Tanque%20de%20doble%20pared%20según%20UNE%20EN%2012285,,-%20Compre%20ahora%20en%20DENIOS%20online.%20Envío%20gratis>

Anejo II. Ingeniería del proceso productivo

[28] Intercambiadores de calor de carcasa y tubos de carburo de silicio. *MERSEN* [en línea]. [consultado el 9 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.mersen.es/es/productos/equipos-anticorrosion/intercambiadores-de-calor/intercambiadores-de-calor-de-carcasa-y>

[29] OFRU ASC-500 50kW "solvent distillation" - Destilación. *FOETH* [en línea]. [consultado el 9 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.foeth.com/es/columnas/destilacion/ofru-asc-500-50kw-solvent-distillation-destilacion-202x016/>

[30] Secador de hidrógeno comprimido por adsorción con aporte de calor. *Direct Industri* [en línea]. [consultado el 9 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.directindustry.es/prod/omega-air-doo-ljubljana/product-64026-2511579.html>

[31] SISTEMAS COMPRESORES DE HIDRÓGENO. *BAUER COMPRESORES* [en línea]. [consultado el 9 de abril de 2025]. Disponible en: <https://es.bauercomp.com/products/hydrogen/h-series-1>

[32] Voith Composites consigue certificar su Carbon4Tank, el primer depósito con 700 bares y 350 litros para uso en carretera. *H2 Hidrógeno Verde* [en línea]. [consultado el 9 de abril de 2025]. Disponible en: <https://hidrogeno-verde.es/voith-composites-carbon4tank/>



ANEJO III: Diseño de Electrolizador PEM.

Proceso de Producción de Hidrógeno Verde
mediante electrólisis de agua usando Energías
Renovables.

Índice de contenido

1.-Introducción.	3
2.-Ecuaciones diseño de un electrolizador PEM.	4
3.-Cálculo de parámetros en el electrolizador	8
4.-Ficha de especificación del electrolizador PEM.	13
5.-Bibliografía.	14

Índice de Tablas

Tabla 1. Datos de parámetros de un electrolizador obtenidos mediante simulación	9
Tabla 2. Parámetros típicos en electrolizadores PEM.	10
Tabla 3. Ficha de especificaciones de electrolizador PEM	13

Índice de Figuras

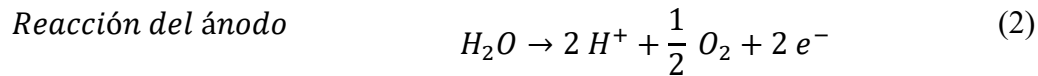
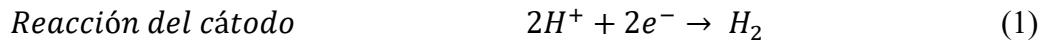
Figura A3. 1 Electrolizador PEM, SILYZER 300	11
--	----

1.-Introducción.

Este Anejo tiene como objetivo el diseño de uno de los equipos del proceso productivo. Para este proyecto se ha decidido el diseño del electrolizador PEM.

2.-Ecuaciones diseño de un electrolizador PEM.

Para electrolizadores PEM, las reacciones que tienen lugar en la parte del ánodo y el cátodo se muestran en las ecuaciones 1 y 2 [1].



De forma simplificada, la reacción general es la mostrada en la ecuación 3 [1].



El voltaje termo neutro para una única celda se puede calcular mediante la ecuación 4. El voltaje termo neutro es la caída del voltaje a través de la celda del electrolizador para impulsar la reacción de la celda y proporcionar el calor necesario para mantener la temperatura de la celda [2].

$$V_{tn} = \frac{\Delta H}{z \cdot F} \quad (4)$$

Siendo:

z= número de electrones, para nuestra reacción, z= 2 eq/mol.

F= constante de Farady, F= 96 485 c/eq.

El voltaje reversible, que es el voltaje mínimo necesario para el proceso de electrólisis del agua, se calcula mediante la ecuación 5 [2].

$$V_{rev}^0 = \frac{\Delta G}{n \cdot F} \quad (5)$$

Donde:

ΔG = Es la energía libre de Gibbs a 25°C y a 1 atm (237,22 kJ/mol)

Anejo III. Ingeniería del diseño de un electrolizador.

El voltaje de la celda de operación es igual al voltaje reversible en condiciones ideales, es decir, sin pérdidas de energía. Pero cuando la corriente pasa a través de una batería, siempre hay diferencia de potencial. Por lo que el voltaje de operación de la celda es la suma del voltaje reversible, la activación sobre voltaje, el sobrepotencial óhmico y el sobrepotencial de difusión. Por lo tanto, el voltaje de la celda de operación se representa en la ecuación 6 [2].

$$V_{cell} = V_{rev}^0 + \eta_{act} + \eta_{\Omega} + \eta_{difusión} \quad (6)$$

La activación sobre voltaje es la energía perdida debido a la lentitud de la reacción electroquímica en el lado del ánodo y del cátodo. Se trata de la medida de actividad de los electrodos y se puede expresar como la suma de la activación sobre voltaje en el lado del ánodo ($\eta_{act,a}$) y el lado del cátodo como ($\eta_{act,c}$), representadas en la ecuación 7 [2].

$$\eta_{act} = \eta_{act,a} + \eta_{act,c} \quad (7)$$

Donde:

$\eta_{act,a}$ = sobrepotencial de activación en el lado del cátodo.

$\eta_{act,c}$ = sobrepotencial en el lado del ánodo.

Estos parámetros se pueden calcular mediante las siguientes ecuaciones, mostradas en las ecuaciones 8 y 9 [2].

$$\eta_{act,a} = \frac{RT}{F} \ln \left[\frac{J}{2J_{o,a}} + \sqrt{\left(\frac{J}{2J_{o,a}} \right)^2 + 1} \right] \quad (8)$$

$$\eta_{act,c} = \frac{RT}{F} \ln \left[\frac{J}{2J_{o,c}} + \sqrt{\left(\frac{J}{2J_{o,c}} \right)^2 + 1} \right] \quad (9)$$

Donde:

$J_{o,a}$ = Densidad de corriente de intercambio en el lado del ánodo, en A/cm².

$J_{o,c}$ = Densidad de corriente de intercambio en el lado del cátodo, en A/cm².

J = Densidad de corriente, en A/ cm².

Los valores recomendados para la densidad de corriente de intercambio en el lado del ánodo y del cátodo en función de los electrocatalizadores seleccionados en el Anejo

Anejo III. Ingeniería del diseño de un electrolizador.

II son $3 \cdot 10^{-6}$ y $2,3 \cdot 10^{-3}$ A/cm². La densidad de corriente de funcionamiento típica está entre los 1-4 A/cm², se tomará un valor intermedio [3].

El sobrepotencial óhmico es causado por la resistencia en la conducción de los iones y electrones y el sobrepotencial de difusión es creado por tasas lentas, también se conoce como sobrepotencial de polarización. La suma de sobrepotencial óhmico y de difusión se puede calcular a partir de la ecuación 10 [2].

$$\eta_{\Omega} + \eta_{difusión} = \left(R_{eléctrica} + \frac{t_{mem}}{(0,005\lambda - 0,003)e^{\left[1268 \cdot \left(\frac{1}{303} - \frac{1}{T_{cell}}\right)\right]}} \right) * (J \cdot A_{cell}) \quad (10)$$

Donde:

R_{ele} = Resistencia óhmica del material del electrodo, en m Ω .

t_{mem} = Espesor de la membrana en mm.

T_{cell} = Temperatura de la celda en K.

El cálculo del área del electrolizador se realiza mediante la ecuación 11, sustituyendo en ella. Se emplea la Ley de Faraday, a partir del cálculo de producción de hidrógeno en el electrolizador y relacionando la densidad de corriente [5].

$$\dot{n}_{H_2} = \frac{I}{nF} \quad (11)$$

Donde:

n_{h_2} = flujo molar de hidrógeno (mol/s)

I = Intensidad de corriente (A).

n = Número de electrones transferidos en la reacción, siendo 2 para el agua.

F = Constante de Faraday (96 485 C/mol)

La corriente total del electrolizador está relacionada con el área activa de la celda y la intensidad de corriente, como se muestra en la ecuación 12 [5].

$$I = J \cdot A_{cell} \quad (12)$$

Siendo:

I = Intensidad de corriente (A).

Anejo III. Ingeniería del diseño de un electrolizador.

J = Densidad de corriente, en A/ cm².

A_{cell} = Área activa de la celda, en cm².

Sustituyendo en la ecuación de Faraday obtenemos la fórmula del cálculo del área del electrolizador, se observa en la ecuación 13 y 14 [5].

$$\dot{n}_{H_2} = \frac{J \cdot A_{cell}}{nF} \quad (13)$$

$$A_{cell} = \frac{\dot{n}_{H_2} \cdot n \cdot F}{J} \quad (14)$$

Para determinar la potencia eléctrica necesaria para el electrolizador se calcula su potencia eléctrica, ecuación 15, y su potencia eléctrica total, ecuación 16 [6].

$$P = V \cdot I \quad (15)$$

$$P_{TOTAL} = P_{módulo} \cdot n_{módulo} \quad (16)$$

Donde:

P = Potencia eléctrica, en kW.

V = Voltaje total del electrolizador, en V.

$n_{módulo}$ = Número total de módulos, en cm².

El cálculo de producción de hidrógeno se calcula mediante la Ley de Faraday de la electrólisis, pudiendo así determinar la producción de hidrógeno del electrolizador y posteriormente su rendimiento, se muestra en la ecuación 17 [7].

$$\dot{Q}_{H_2} = n_{cell} \cdot n_{módulo} \cdot \frac{I_{módulo}}{F} \quad (17)$$

Donde:

$\dot{Q}_{H_2}$ = Flujo molar de hidrógeno producido, en mol/s.

N_{cell} = Número de celdas por módulo.

$n_{módulo}$ = Número total de módulos, en cm².

$I_{módulo}$ = Corriente eléctrica que pasa por cada módulo.

Anejo III. Ingeniería del diseño de un electrolizador.

F= Constante de Faraday (96 485 C/mol)

El rendimiento del electrolizador se determina a partir del poder calorífico superior, detallado en la memoria de este proyecto. Con el cálculo de la producción de hidrógeno y de la electricidad empleada se determina este factor. Otros autores también determinan el cálculo del rendimiento del electrolizador a partir de la energía libre de Gibbs y de la entalpía de la reacción, esta se muestra en la ecuación 18 [7].

$$\eta_{electrolizador} = \frac{PCS \cdot \dot{Q}_{H_2}}{Electricidad\ consumida} \quad (18)$$

Donde:

PCS= Poder calorífico superior, en kWh/kg.

El costo de un electrolizador PEM es de 1400 euros/kW, por lo que el costo se calcula mediante la ecuación 19 [8].

$$Costo = Potencia \cdot Costo\ por\ kW \quad (19)$$

3.-Cálculo de parámetros en el electrolizador.

Calculamos el voltaje neutro termo para una única celda, teniendo en cuenta la entalpía de la ecuación 3.

$$V_{tn} = \frac{\Delta H}{z \cdot F} = \frac{285\,500}{2 \cdot 96\,485} = 1.48\,V$$

Ahora calculamos el voltaje necesario para que la reacción de electrólisis tenga lugar, usando la ecuación 5.

$$V_{rev}^0 = \frac{\Delta G}{n \cdot F} = \frac{237\,220}{2 \cdot 96\,485} = 1.23\,V$$

Anejo III. Ingeniería del diseño de un electrolizador.

Para calcular la activación sobre voltaje usaremos primero las ecuaciones 8 y 9, por ello calculamos el voltaje en el lado del ánodo y del cátodo. Empleando los valores de la Tabla 1.

Tabla 1. Datos de parámetros de un electrolizador obtenidos mediante simulación [3].

parameter	2021 scenario	2035 scenario	unit
membrane thickness	178 ³⁰	127 ⁹	μm
cathode exchange current density	2.3×10^{-3}	2.3×10^{-3}	A/cm^2
anode exchange current density	3.0×10^{-6}	3.0×10^{-6}	A/cm^2
temperature	80	80	$^{\circ}\text{C}$
cathode pressure	30	30	bar
anode pressure	1	1	bar
maximum or nominal current density	1, 2, 3, 4	4	A/cm^2
minimum current density	0.5	0.5	A/cm^2

$$\eta_{act,a} = \frac{RT}{F} \ln \left[\frac{J}{2J_{o,a}} + \sqrt{\left(\frac{J}{2J_{o,a}} \right)^2 + 1} \right]$$

$$= \frac{8.314 * 353,15}{96\,485} \ln \left[\frac{4}{3 * 10^{-6}} + \sqrt{\left(\frac{4}{2 * 3 * 10^{-6}} \right)^2 + 1} \right] = 0.44 \text{ V}$$

$$\eta_{act,c} = \frac{RT}{F} \ln \left[\frac{J}{2J_{o,c}} + \sqrt{\left(\frac{J}{2J_{o,c}} \right)^2 + 1} \right]$$

$$= \frac{8.314 * 353,15}{96\,485} \ln \left[\frac{4}{2,3 * 10^{-3}} + \sqrt{\left(\frac{4}{2 * 2,3 * 10^{-3}} \right)^2 + 1} \right] = 0,24 \text{ V}$$

Por lo tanto, la activación sobre voltaje es la suma de los sobrepotenciales del ánodo y del cátodo expresadas en la ecuación 7.

$$\eta_{act} = \eta_{act,a} + \eta_{act,c} = 0,44 + 0,24 = 0,68 \text{ V}$$

Anejo III. Ingeniería del diseño de un electrolizador.

Por último, calculamos el valor del sobrepotencial óhmico y el sobrepotencial de difusión, empleando la ecuación 10 y sustituyendo los valores de la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros típicos en electrolizadores PEM [9].

Symbol	Parameter	Value
α_a, α_c	Anode & Cathode charge transfer coefficient	0.5
n_a, n_c	Stoichiometric coefficient (electrons number of reaction)	4.2
A	Electrode surface area (cm ²)	80
R_{ele}	Electric resistance (Ω)	0.000035
t_{mem}	Membrane thickness (μ m)	178
λ	Water humidification factor	25

$$\begin{aligned}
 \eta_{\Omega} + \eta_{difusión} &= \left(R_{eléctrica} + \frac{t_{mem}}{(0,005\lambda - 0,003)e^{\left[1268 \cdot \left(\frac{1}{303} - \frac{1}{T_{cell}}\right)\right]}} \right) * (J \cdot A_{cell}) \\
 &= \left(0,000035 + \frac{0,000178}{(0,005 * 25 - 0,003)e^{\left[1268 \cdot \left(\frac{1}{303} - \frac{1}{353,15}\right)\right]}} \right) * (4 \cdot 8) \\
 &= 0,047 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Por lo tanto, la tensión que necesitaría una única celda se obtiene mediante la ecuación 6.

$$V_{cell} = V_{rev}^0 + \eta_{act} + \eta_{\Omega} + \eta_{difusión} = 1,23 + 0,68 + 0,047 = 1,96 \text{ V}$$

Para el cálculo de la potencia que necesita el electrolizador nos basamos en un modelo de electrolizador llamado Siemens Silizer 300 con un voltaje de 36,55 V y una intensidad de 20 000 A. Este modelo cuenta con 17 celdas conectadas en serie, como se muestra en la Figura 3. Con estos datos podemos calcular la potencia del equipo, ecuación 15, y así poder determinar su rendimiento [4].

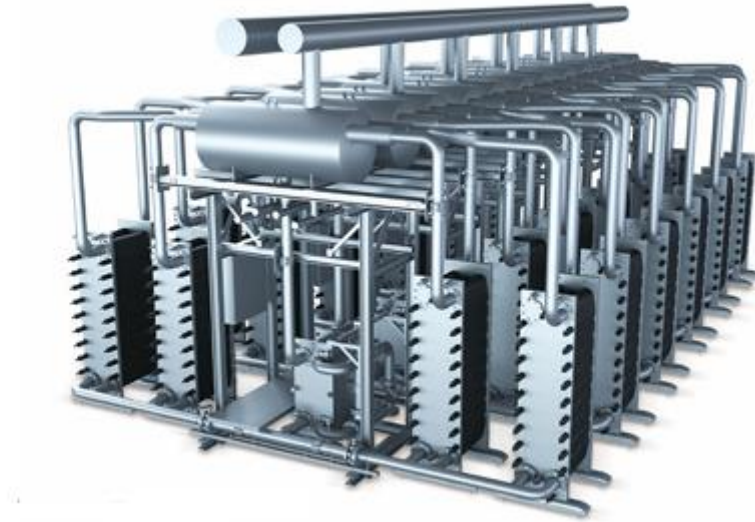


Figura A3. 1 Electrolizador PEM, SILYZER 300 [4].

$$Potencia = 20\,000 \cdot 36,55 = 731\,kW$$

El electrolizador PEM Siemens Silizer 300 contiene 24 módulos de unidad PEM (6x4), por lo que realmente la potencia, ecuación 16, instalada para el electrolizador es:

$$P_{total} = P_{módulo} \cdot n_{módulo} = 731\,kW \cdot 24 = 17,5\,MW$$

Sobre la base teórica de la Ley de Faraday podemos calcular la tasa teórica de producción de hidrógeno, sustituyendo en la ecuación 17.

$$\dot{Q}_{H_2} = n_{cell} \cdot n_{módulo} \cdot \frac{I_{módulo}}{F} \quad (17)$$

$$\dot{Q}_{H_2} = 17 \cdot 24 \cdot \frac{20\,000}{96\,500} \cdot 3600 = 304\,kg/h$$

Para el cálculo del área del electrolizador se empleará la ecuación 14, además de los valores de tasa teórica de producción de hidrógeno y empleando los valores de las Figuras 1 y 2.

$$n_{H_2} = \frac{304\,g/h}{2\,g/mol} = 152\,mol/h$$

$$A_{cell} = \frac{\left(\frac{152}{3600}\right) * 2 * 96\,485}{40\,000} = 203,68\,m^2$$

Anejo III. Ingeniería del diseño de un electrolizador.

Por lo que podemos calcular la eficiencia, mostrada en la ecuación 18, del electrolizador PEM, como se detalló en la memoria del proyecto el poder calorífico superior del hidrógeno es 141,86 MJ/Kg en kWh/kg son aproximadamente 40.

$$\eta_{electrolizador} = \frac{PCS \cdot \dot{Q}_{H_2}}{Electricidad\ consumida} \quad (18)$$

$$\eta_{electrolizador} = \frac{40 \frac{kWh}{kg} \cdot 304 \frac{kg}{h}}{17\,500\, kW} = 0,6948 \cdot 100 = 69,48\%$$

Por último, se calcula el costo del electrolizador, empleando la ecuación 19 descrita anteriormente.

$$Costo = 17\,544 \cdot 1400 = 24\,561\,600\, euros$$

4.-Ficha de especificación del electrolizador PEM.

Tabla 3. Ficha de especificaciones de electrolizador PEM.

FICHA DE ESPECIFICACIONES	
Proceso de Producción de Hidrógeno Verde mediante electrólisis de agua utilizando Energías Renovables.	
ELECTROLIZADOR PEM	
Parámetros	DATOS
Espesor de membrana (μm)	127
Densidad de corriente de intercambio en el cátodo (A/cm^2)	$2,3 \cdot 10^{-3}$
Densidad de corriente de intercambio en el ánodo (A/cm^2)	$3 \cdot 10^{-6}$
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	80
Presión en el cátodo (bar)	30
Presión en el ánodo (bar)	30
Densidad de corriente máxima (A/cm^2)	4
Densidad de corriente mínima (A/cm^2)	0.5
Coeficiente de transferencia de carga del cátodo	0.5
Coeficiente de transferencia de carga del ánodo	0.5
Área de superficie del electrodo (cm^2)	80
Resistencia eléctrica (Ω)	0,000035
Factor de humidificación del agua	25
Parámetros calculados	DATOS
Voltaje neutro termo (V)	1,48
Voltaje activación de reacción (V)	1,23
Sobrepotenciales del ánodo (V)	0,44
Sobrepotenciales del cátodo (V)	0,24
Activación sobre voltaje (V)	0,68
Tensión de una única celda (V)	1,96
Voltaje necesario (V)	33,32
Voltaje empleado Electrolizador Siemens Silizer 300 (V)	36,55
Intensidad (A)	20000
Potencia Electrolizador PEM (kW)	731
Potencia total necesaria (MW)	17,5
Tasa teórica de producción de hidrógeno (Kg/h)	304
Rendimiento del electrolizador	69,48
Área ocupada por el electrolizador (m^2)	203,68
Coste total (euros)	24 561 600

5.-Bibliografía.

- [1] KIRK-OTHMER. *Encyclopedia of Chemical Technology*. John Wiley & Sons, 2000. ISBN 9780471530329.
- [2] Manuel Mora Nieto, & Carlos Bordons Alba. DESARROLLO Y VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DEL MODELO DINÁMICO DE UN ELECTROLIZADOR PEM DE 1 KW PARA SU INTEGRACIÓN CON GENERACIÓN RENOVABLE. *XLIII Jornadas de Automática, Modelado, Simulación y Optimización*. DOI: [10.17979/spudc.9788497498418.0560](https://doi.org/10.17979/spudc.9788497498418.0560)
- [3] Doo Hyun Chung. (2024). Design Space for PEM Electrolysis for Cost-Effective H₂ Production Using Grid Electricity. *I&EC Industrial and Engineering Chemistry Research*, 63, 7258–7270. DOI: [10.1021/acs.iecr.4c00123?urlappend=%3Fref%3DPDF&jav=VoR&rel=cite-as](https://doi.org/10.1021/acs.iecr.4c00123?urlappend=%3Fref%3DPDF&jav=VoR&rel=cite-as).
- [4] *SILYZER 300 – PEM Module Array*. Disponible en: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:abae9c1e48d6d239c06d88e565a25040ed2078dc/version:1524048018/ct-ree-18-047-db-silyzer-300-db-de-en-rz.pdf>
- [5] Frano Barbir. (2013). *PEM Fuel Cells Theory and Practice* (2^a ed.). ScienceDirect. ISBN: 978-0-12-387710-9. DOI: [10.1016/C2011-0-06706-6](https://doi.org/10.1016/C2011-0-06706-6)
- [6] Fink, D. G., & Beaty, H. W. (1999). *Standard Handbook for Electrical Engineers*. McGraw-Hill Professional. ISBN:978-0070220058.
- [7] K.W Harrison. (2010). Hydrogen Production: Fundamentals and Case Study Summaries. *National Renewable Energy Laboratory*. Disponible en: <https://www.nrel.gov/docs/fy10osti/47302.pdf>
- [8] Cornelia Lichner. (2024, 24 de marzo). *PV Magazine*. Disponible en: <https://www.pv-magazine.com/2024/03/21/electrolyzer-prices-what-to-expect/>
- [9] Subramani Krishnan. (2023). Present and future cost of alkaline and PEM electrolyser stacks. *ScienceDirect (International Journal of Hydrogen Energy)*, 48. DOI: [10.1016/j.ijhydene.2023.05.031](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.05.031)



ANEJO IV: Simulación del proceso productivo.

Proceso de Producción de Hidrógeno Verde
mediante electrólisis de agua usando Energías
Renovables.

Índice de contenido

1.-Introducción.	4
2.-Descripción del proceso.	4
3.-Justificación del paquete termodinámico.....	8
4.-Simulación del reactor de electrólisis.	8
5.-Bibliografía.....	9

Índice de Figuras

Figura A4.1 Entrada de agua limpia a reactor de conversión	4
Figura A4.2 Agua de recirculación de fondo de columna de reactor de conversión	5
Figura A4.3 Herramienta balance de materia, separación de hidrógeno y oxígeno	5
Figura A4.4 Purificación de oxígeno y almacenamiento	6
Figura A4.5 Purificación y compresión de hidrógeno	6
Figura A4.6 Pretratamiento del agua cruda	7
Figura A4.7 Unión de corrientes de proceso para eliminación de bucles	7

1.-Introducción.

En el presente Anejo se detalla la simulación del proceso productivo de hidrógeno verde mediante electrólisis de agua usando Energías Renovables utilizando el Software Aspen Hysys. El objetivo principal es representar y analizar el comportamiento del sistema bajo condiciones reales de operación, incorporando los principales equipos del proceso, flujo de materia y energía, así como el pretratamiento del agua necesario para garantizar la eficiencia del proceso [1].

2.-Descripción del proceso.

La simulación del proceso productivo empieza con la corriente 1 mostrada en la Figura A4.1, se definen las variables de entrada al reactor de conversión. Una vez definidas tomamos los datos del Anejo de Diseño de un electrolizador, usando la potencia calculada y definiendo los parámetros definimos dos corrientes de proceso una de ellas es una mezcla de hidrógeno y oxígeno que ha reaccionado y otra es el agua de recirculación que se envía a un tanque de almacenamiento, posteriormente se recircula de nuevo. Éstes caudales de salida operan a presión de 30 bar y 80° C.

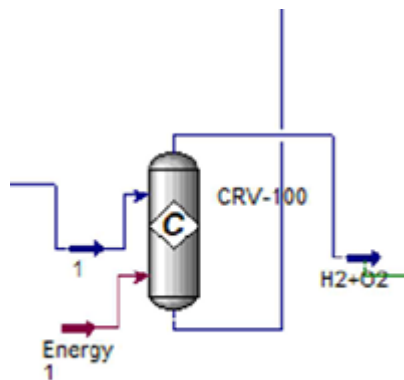


Figura A4.1 Entrada de agua limpia a reactor de conversión [1].

A la entrada del tanque de recirculación se incorpora una válvula de expansión, como se muestra en la Figura A4.2, con el fin de reducir su presión, esto se debe a que el agua de pretratamiento se encuentra a presión atmosférica.

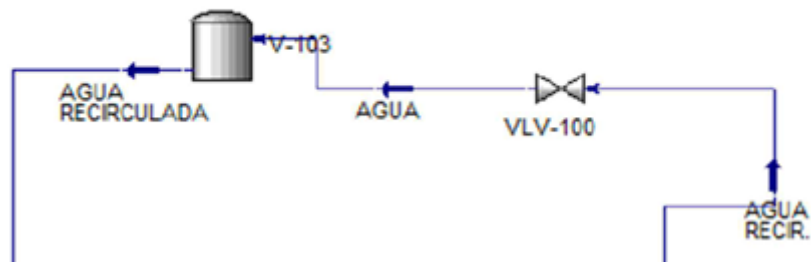


Figura A4.2 Agua de recirculación de fondo de columna de reactor de conversión [1].

Una vez obtenemos el hidrógeno y el oxígeno estos se separan empleando la herramienta “balances de materia” así el hidrógeno se separará del agua en una torre de separación al igual que el oxígeno. Esta simulación se representa en la Figura A4.3.

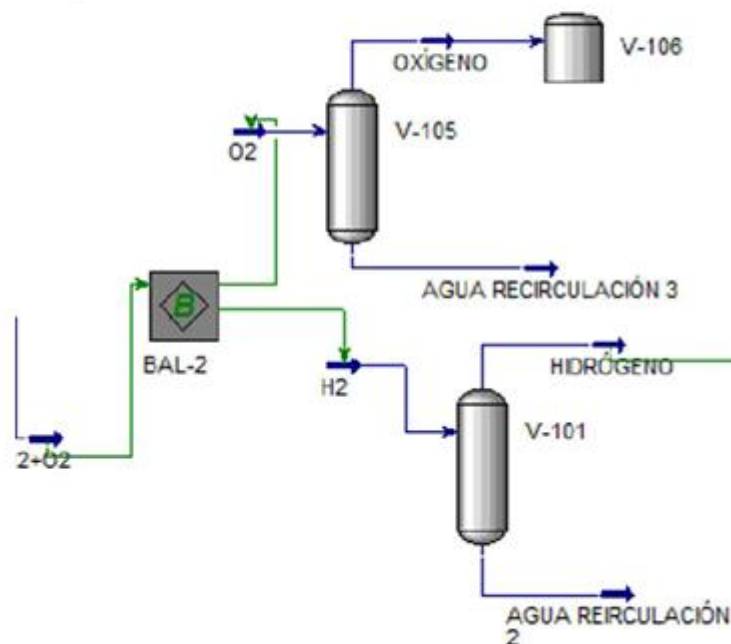


Figura A4.3 Herramienta balance de materia, separación de hidrógeno y oxígeno [1].

Una vez el oxígeno se ha separado mediante una torre de separación es enviado a un tanque de almacenamiento, este se muestra en la Figura A4.4.

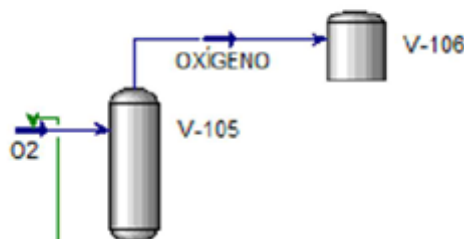


Figura A4.4 Purificación de oxígeno y almacenamiento [1].

En cambio, el hidrógeno obtenido no es del todo puro, ya que el agua está presente en esta corriente. En el Plano IV se detalla el uso de un secador de hidrógeno como Hysys no cuenta con ese equipo se realizó otro balance de masa para la eliminación de agua en dicha corriente. Una vez se obtiene el hidrógeno seco este es enviado a un compresor y posteriormente es enviado a un tanque de almacenamiento. Esta etapa se muestra en la Figura A4.5.

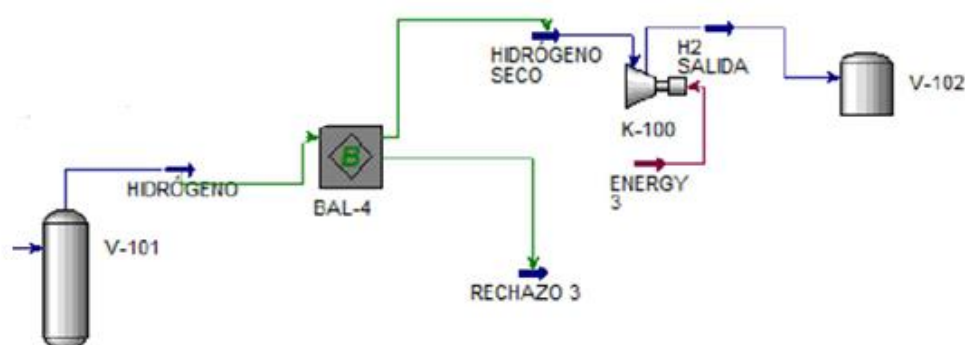


Figura A4.5 Purificación y compresión de hidrógeno [1].

El pretratamiento de agua cruda se realiza con la misma herramienta así eliminamos compuestos orgánicos e inorgánicos no deseados. El agua del pretratamiento y la recirculada se unen para la entrada al reactor. Esta etapa se muestra en la Figura A4.6.

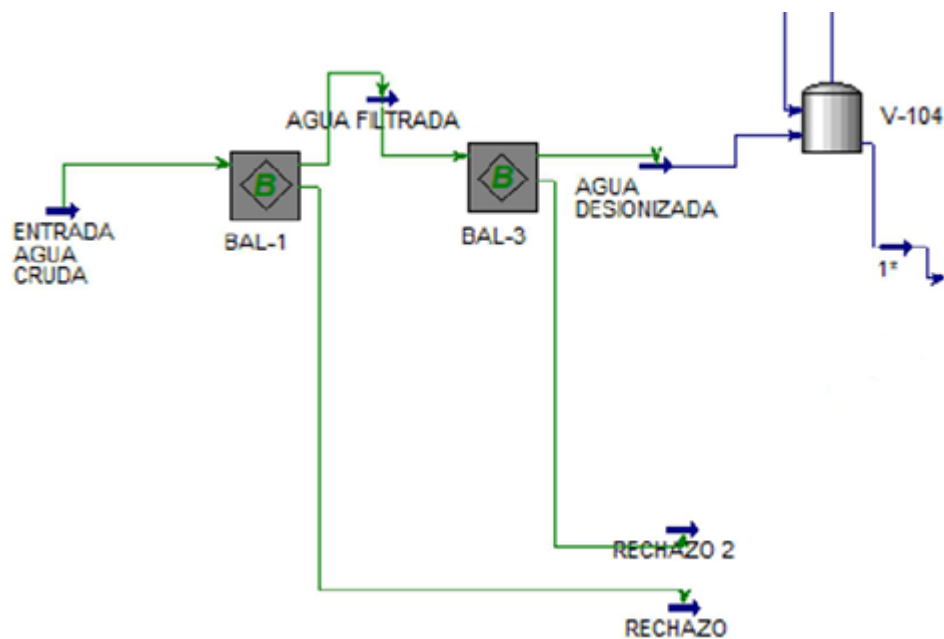


Figura A4.6 Pretratamiento del agua cruda [1].

Una vez obtenemos el agua limpia esta se envía a una bomba de impulsión, así conseguimos que la presión de la corriente sea de 30 bar para la entrada al reactor de conversión. Una vez la corriente está definida se emplea la herramienta RECYCLE, esta la usamos para cerrar bucles presentes en el proceso. En la Figura A4.7 se representa dicha simulación.

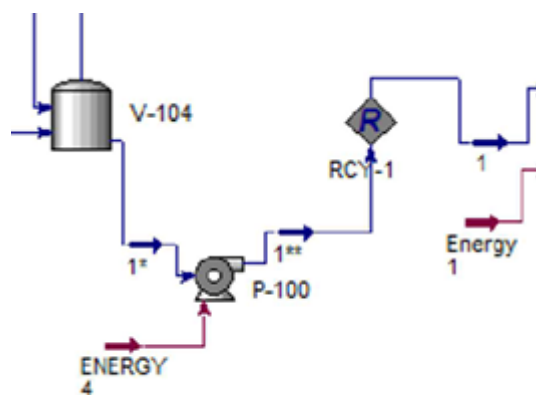


Figura A4.7 Unión de corrientes de proceso para eliminación de bucles [1].

3.-Justificación del paquete termodinámico.

Se ha seleccionado el paquete termodinámico NRTL (Non-Random Two Liquid) por su capacidad para modelar con precisión sistemas líquidos no ideales, como en los que presenta en las distintas etapas del tratamiento de agua y separación de componentes [3].

4.-Simulación del reactor de electrólisis.

En la simulación del proceso de electrólisis se ha empleado un reactor de conversión en lugar de un electrolizador propiamente dicho. Esta decisión se debe a que ASPEN HYSYS no permite utilizar el paquete termodinámico “Electrolyte NRTL” en combinación con la herramienta del electrolizador. Debido a esta limitación, no es posible modelar reacciones electroquímicas con equilibrio iónico de forma rigurosa dentro del entorno de HYSYS.

Como alternativa se ha optado por emplear un reactor de conversión con una eficiencia global del 69,48%, que representa el rendimiento estimado del proceso de electrólisis en condiciones industriales. Este enfoque, aunque simplificado, permite aproximar el comportamiento del sistema y seguir analizando el proceso dentro del marco de la simulación en estado estacionario. Esta simulación se observa en el plano III [1].

5.-Bibliografía.

[1] AspenTech. *Aspen HYSYS: Process Simulation Software*. Versión 12. Aspen Technology, Inc., 2023.

[2] Doo Hyun Chung. (2024). Design Space for PEM Electrolysis for Cost-Effective H₂ Production Using Grid Electricity. *I&EC Industrial and Engineering Chemistry Research*, 63, 7258–7270. DOI: [10.1021/acs.iecr.4c00123?urlappend=%3Fref%3DPDF&jav=VoR&rel=cite-as](https://doi.org/10.1021/acs.iecr.4c00123?urlappend=%3Fref%3DPDF&jav=VoR&rel=cite-as).

[3] Pereira Gonçalves, Gerardo. Los modelos termodinámicos o “*fluid package*”. Simulación en estado estacionario. Universidad de Santiago de Compostela, asignatura de Simulación y optimización de Procesos Químicos, [material docente no publicado], 2023.



ANEJO V: Integración Energética del proceso productivo.

Proceso de Producción de Hidrógeno Verde
mediante electrólisis de agua usando Energías
Renovables.

Índice de contenidos

1.-Introducción.	4
2.-Cálculos y gráficas.	4
3.-Diseño de la red de Intercambio.	8
4.-Cálculo de costes.	10
4.1.-Cálculo de costes sin Integración Energética.	11
4.2.-Cálculo de costes con Integración Energética.	11
4.3.-Resultado de la Integración.	11
5.-Bibliografía.	13

Índice de Tablas

Tabla 1. Datos de corrientes de proceso	4
Tabla 2. Temperaturas de Pinch caliente y frío	5
Tabla 3. Utilidades mínimas de calentamiento y enfriamiento	5
Tabla 4. Grid de Intervalos de Temperatura	8
Tabla 5. Costes de las utilidades empleadas.....	10
Tabla 6. Tabla de datos	10

Índice de Figuras

Figura A5.1 Análisis de cascada energética	5
Figura A5.2 Curva compuesta	6
Figura A5.3 Curva compuesta con temperatura corregida	7
Figura A5.4 Gran curva compuesta	7
Figura A5.5 Diseño de la red de Intercambio de calor	9

1.-Introducción.

En el presente Anejo se analiza la viabilidad de realizar una integración energética en dicho proyecto, con el objetivo de optimizar el uso de la energía térmica disponible, reducir el consumo de utilidades externas y aumentar la eficiencia global del proceso.

Se han identificado tres corrientes de proceso aptas para llevar a cabo la integración energética, mostradas en el plano IV.

- Corriente 8, correspondiente al agua de alimentación del intercambiador de calor E-101, con una temperatura de entrada de 34° C y de 80° C de salida. Dicha corriente es fría.
- Corriente 15, correspondiente a una corriente de oxígeno a la entrada del condensador de cabeza de columna de la T-101, con una temperatura de entrada de 80° C y de 40° C de salida. Dicha corriente es caliente.
- Corriente 24, correspondiente a una corriente de hidrógeno también a la entrada del condensador de cabeza de columna referente a T-102, con una temperatura de entrada de 80° C y 45° C de salida. Dicha corriente es caliente.

2.-Cálculos y gráficas.

Para el estudio de la integración energética se han considerado tres corrientes del proceso, mostradas en la Tabla 1 [1].

Tabla 1. Datos de corrientes de proceso.

Stream Name	Supply Temperature	Target Temperature	Heat Capacity Flowrate	Heat Flow	Stream Type	Supply Shift	Target Shift
	K	K	W/K	kW		°C	°C
C1	307,15	353,15	4180,000	192,28	COLD	39,0	85,0
H1	353,15	313,15	918,000	36,72	HOT	75,0	35,0
H2	353,15	318,15	14300,000	500,5	HOT	75,0	40,0

A partir de las tres corrientes anteriores y considerando una $\Delta T_{\min}$ de 10° C, se ha realizado el análisis de cascada energética para identificar el punto Pinch y determinar las necesidades mínimas de utilidades. Como se muestra en la Figura A5.1 [1].

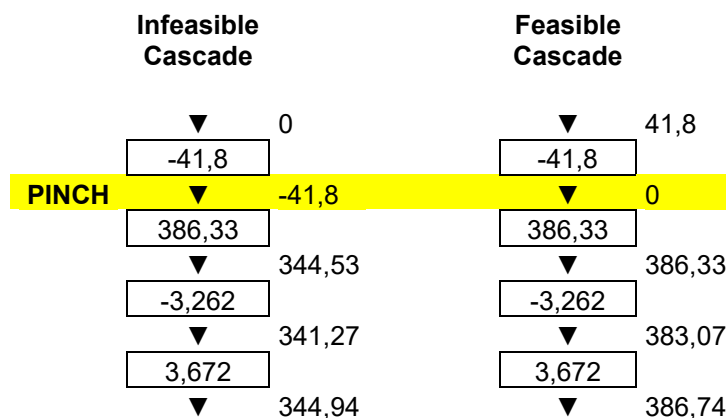


Figura A5.1 Análisis de cascada energética.

Las dos corrientes calientes pueden ceder un total de 537,2 kW, mientras que la corriente fría requiere 192,28 kW como se muestra en la Tabla 1. A pesar del exceso de calor disponible, debido a las limitaciones de temperatura, no todo el calor se puede integrar de forma directa. Por eso, aún se requiere utilidad caliente externa de un valor de 41,8 kW como se muestra en la Tabla 3. Por otro lado, hay un exceso de calor que no puede ser recuperado y que debe ser evacuado mediante utilidad fría como se muestra en la Tabla 3. En la Tabla 2 se observan las temperaturas de Pinch caliente y frías [1].

Tabla 2. Temperaturas de Pinch caliente y frío.

Hot Pinch	80 °C
Cold Pinch	70 °C

Tabla 3. Utilidades mínimas de calentamiento y enfriamiento.

Min Hot Utility	41,8 kW
Min Cold Utility	386,74 kW

Anejo V. Integración Energética del proceso productivo.

Los siguientes diagramas representados en las Figuras A5.2 y A5.3 representan el flujo de calor acumulado frente a la temperatura real y la corregida. Se observa que el sistema tiene potencial de recuperación de calor, pero no puede cubrir completamente la demanda térmica de la corriente fría debido a las restricciones de temperatura y a la distribución del calor. Se trata de un problema de un solo Pinch, donde el diseño de la red de intercambio de calor debe garantizar que no haya transferencia de calor cruzado en el Pinch. La interpretación visual refuerza los resultados obtenidos en el análisis por cascada mostrados en la Figura A5.1 [1].

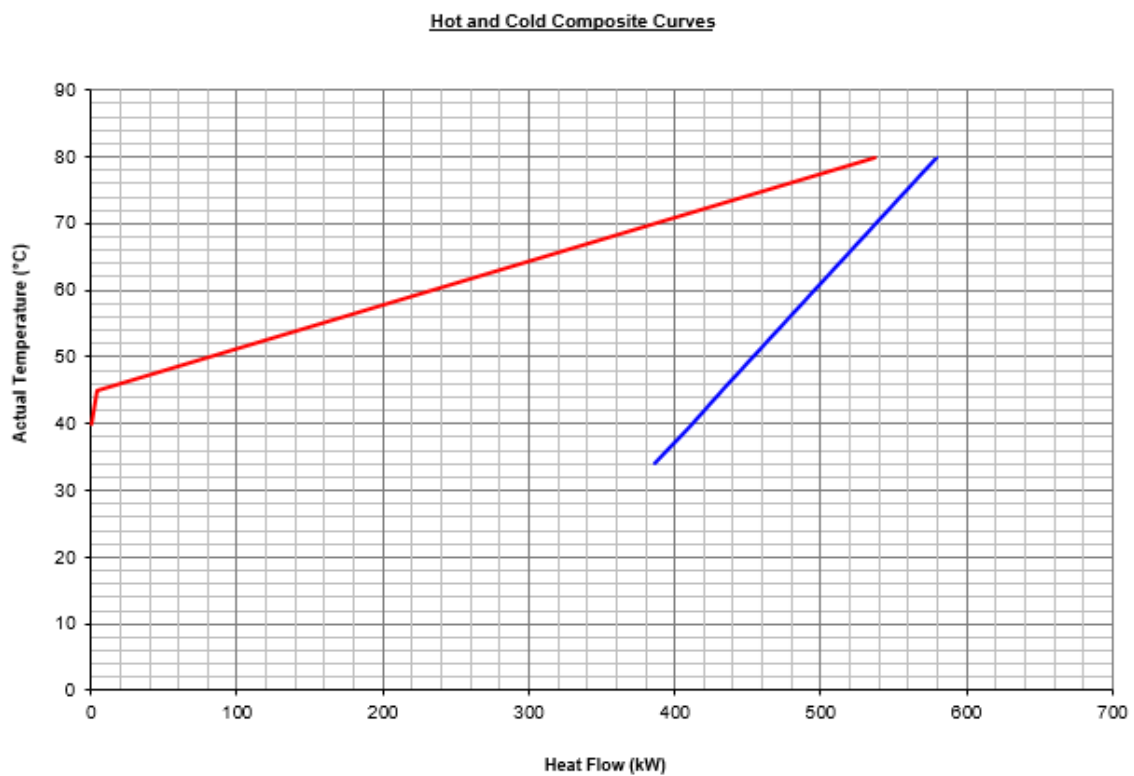


Figura A5.2 Curva compuesta.

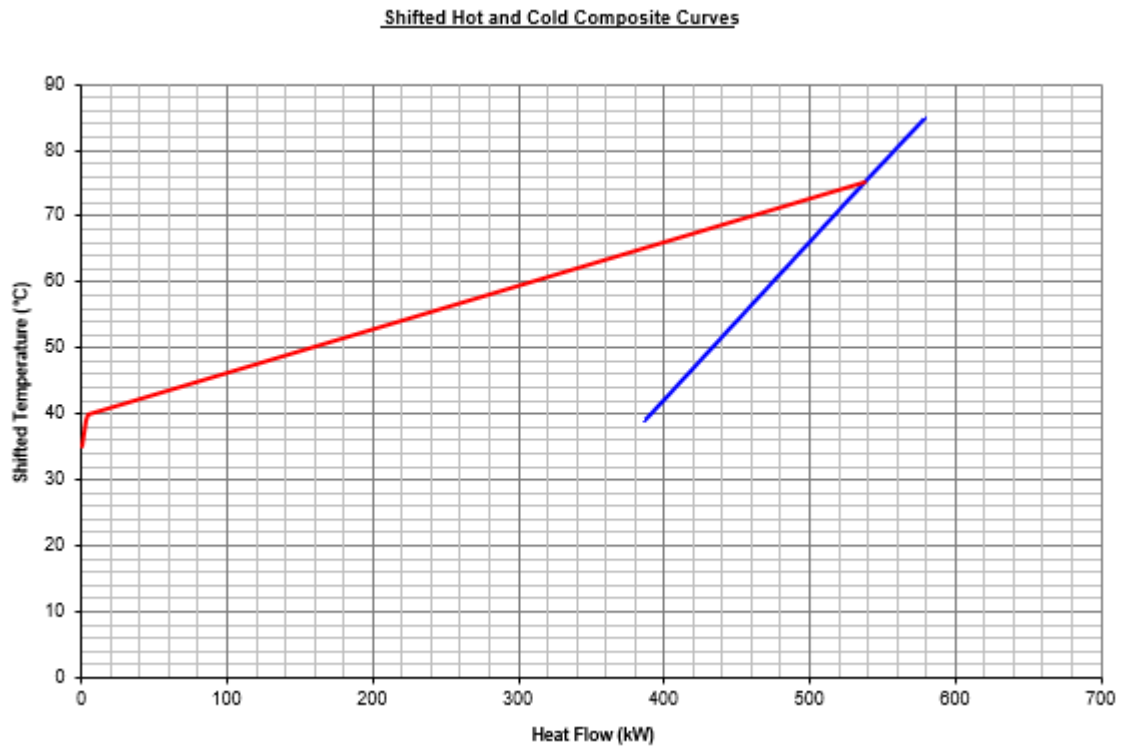


Figura A5.3 Curva compuesta con temperatura corregida.

A partir de estos gráficos representamos la Gran Curva Compuesta ya que permite localizar oportunidades de integración energética interna y facilita el diseño de la red de intercambio de calor. Esta se muestra en la Figura A5.4 [1].

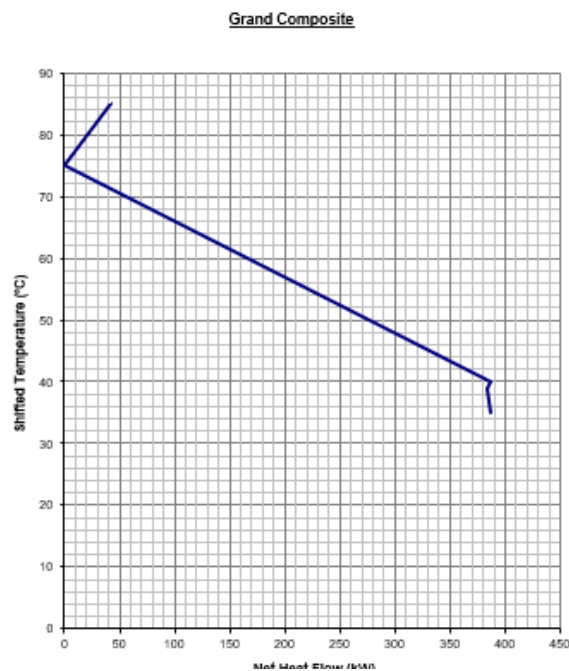


Figura A5.4 Gran curva compuesta.

La Tabla 4 representa una herramienta clave para el diseño de la red de intercambio de calor, se trata de una versión simplificada del Grid de Intervalos de Temperaturas, usada en el análisis Pinch. Se indica mediante símbolos [2].

- Indica el inicio o fin de una corriente en ese intervalo de temperatura.
- | Indica que la corriente cruza ese intervalo (fluye a través de él).
- Indica la entrada de una corriente fría en el intervalo.
- ◄ Indica la entrada de corriente caliente en el intervalo.

Tabla 4. Grid de Intervalos de Temperatura.

Stream Name	Heat Flow (kW)	mCp (kW/K)	Shifted Temp (°C)	85		PINCH 75		40		39		35
C1	192,28	4,18	COLD	◄	—		—	—	—	•		
H1	36,72	0,918	HOT	►		•	—	—	—	—	—	►
H2	500,5	14,3	HOT	►		•	—	►				

3.-Diseño de la red de Intercambio.

El diseño de red de Intercambio de calor se representa en la Figura A5.5, donde se aprovecha la energía térmica de las corrientes H1 y H2 para calentar una corriente fría, reduciendo así el consumo de utilidades externas. Se observa que [2].

- Se aprovecha parcialmente el calor de la corriente H2, la mayor parte se pierde por el enfriador.
- El uso de intercambiadores permite precalentar la corriente fría antes de usar las utilidades.
- Si usáramos un $\Delta T_{\min}$ menor se podría mejorar la recuperación de calor.
- Se cumplen las utilidades mínimas de calentamiento y enfriamiento

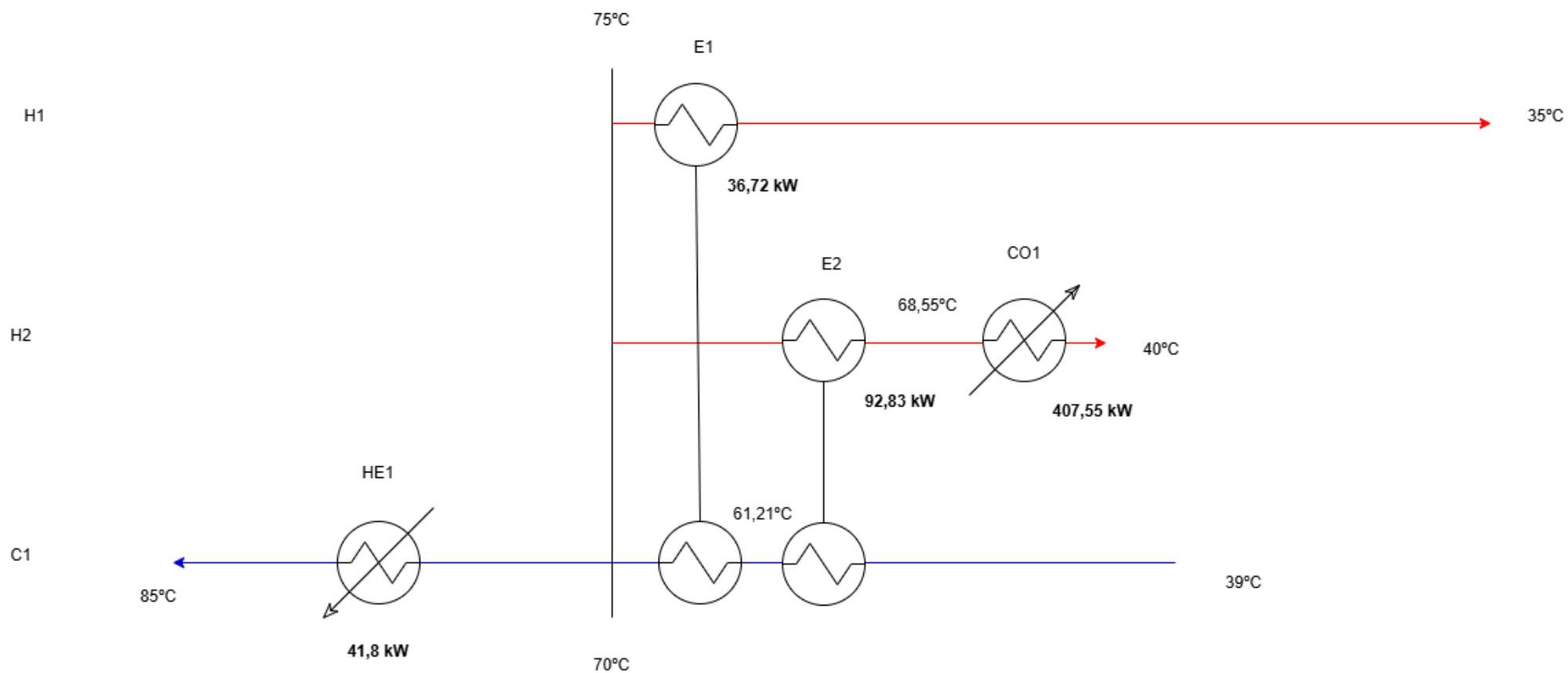


Figura A5.5 Diseño de la red de Intercambio de calor.

4.-Cálculo de costes.

Este apartado tiene el objetivo de calcular si la integración energética permite el ahorro en utilidades externas, pudiendo así reducir los costes de utilidades. Para ello se empleará la Tabla 5, donde se detallan el tipo de utilidad, así como su coste [2].

Tabla 5. Costes de las utilidades empleadas [3].

Name	Inlet T [C]	Outlet T [C]	DTmin [C]	Eff. Cp [kJ/kg-C]	Cost Index Cost/kW-h
LP Steam	125,0	124,0	10,00	2196,400	6,840e-003
MP Steam	175,0	174,0	10,00	1981,400	7,920e-003
HP Steam	250,0	249,0	10,00	1703,100	9,000e-003
Hot Oil	280,0	250,0	5,000	3,000	1,260e-002
Fired Heat (1000)	1000	400,0	25,00	1,000	1,530e-002
Fired Heat (2000)	2000	400,0	30,00	1,000	2,283e-002
Very High Temperature	3000	2999	10,00	1,000	3,204e-002
Refrigerant 1 Generation	-24,00	-25,00	3,000	4,000	-9,761e-003
Refrigerant 2 Generation	-39,00	-40,00	3,000	1,341	-1,199e-002
Refrigerant 3 Generation	-64,00	-65,00	2,000	1,341	-2,094e-002
Refrigerant 4 Generation	-102,0	-103,0	2,000	1,341	-3,041e-002
Cooling Water	20,00	25,00	5,000	4,183	7,648e-004
Air	30,00	35,00	10,00	1,000	0,0000
LP Steam Generation	124,0	125,0	10,00	2196,400	-6,804e-003
MP Steam Generation	174,0	175,0	10,00	1981,400	-7,884e-003
HP Steam Generation	249,0	250,0	10,00	1703,100	-8,964e-003
Refrigerant 1	-25,00	-24,00	3,000	4,000	9,860e-003
Refrigerant 2	-40,00	-39,00	3,000	1,341	1,211e-002
Refrigerant 3	-65,00	-64,00	2,000	1,341	2,115e-002
Refrigerant 4	-103,0	-102,0	2,000	1,341	3,071e-002
Very Low Temperature	-270,0	-269,0	2,000	1,341	3,204e-002
Power	---	---	---	---	5,688e-002

Vamos a comparar el coste de las utilidades en el sistema, comparando:

- Sin Integración Energética (toda la energía proviene de utilidades).
- Con Integración Energética (parte del calor se recupera internamente).

Datos empleados, mostrados en la Tabla 6:

Tabla 6. Tabla de datos [3].

Corriente	Utilidad Usada	Potencia (kW)	Costo USD/kWh
C1	LP Steam	41.8	$6.840 \cdot 10^{-3}$
H2	Cooling Water	407.55	$7.648 \cdot 10^{-4}$

4.1.-Cálculo de costes sin Integración Energética.

Se supone que toda la energía viene de utilidades externas, por lo que calculamos el calor necesario empleado en estas corrientes.

- Calentamiento requerido por C1:

$$Q_{C1} = 41,8kW + 36,72kW + 92,83 kW = 171,35 kW.$$

- Enfriamiento requerido por H1 y H2:

$$Q_{H1-H2} = 36,72 kW + 92,83 kW + 407,55 kW = 537,10 kW.$$

- Costes sin Integración:

$$\begin{aligned} Coste_{C1} &= 171,35 kW * 6,840 * 10^{(-3)} USD/kwh = 1,172 USD/h \\ Coste_{H1-H2} &= 537,10 kW * 7,648 * 10^{(-4)} USD/kwh = 0,411 USD/h \end{aligned}$$

4.2.-Cálculo de costes con Integración Energética.

- Calentamiento con utilidades: 41,8 kW.
- Enfriamiento con utilidades: 407,55 kW.
- Costes con Integración:

$$Coste_{calor} = 41,8 kW * 6,840 * 10^{(-3)} USD/kwh = 0,2859 USD/h$$

$$Coste_{frío} = 407,55 kW * 7,648 * 10^{(-4)} USD/kwh = 0,311 USD/kwh$$

4.3.-Resultado de la Integración.

Una vez calculados los costes con y sin integración calculamos si es viable realizar una integración energética en el proceso productivo, reduciendo los costes de utilidades.

$$\begin{aligned} Coste_{reducido} &= (1,172 + 0,411) - (0,2859 + 0,311) = 0,9861 USD/h \\ &\approx 62\% \text{ de reducción de costes de utilidades.} \end{aligned}$$

Anejo V. Integración Energética del proceso productivo.

Si trabajamos en euros, $1 \text{ USD} \approx 0,87 \text{ EUR}$. Por lo que calculamos al año cuanto sería la reducción de coste de las utilidades.

$$\text{Coste}_{\text{sin integración}} = 1,583 \cdot 0,87 = 1,37 \text{ euros/hora.}$$

$$\text{Coste}_{\text{con integración}} = 0,5969 \cdot 0,87 = 0,51 \text{ euros/hora.}$$

Se observa como realizando integración energética se reducen el costo de las utilidades. El ahorro anual de estas utilidades en un año se muestra a continuación, trabajando 8000 horas al año [2].

$$\text{Coste}_{\text{año con integración}} = 0,86 \cdot 8000 = 6880 \text{ euros/año.}$$

5.-Bibliografía.

- [1] Kemp, Ian C. *Pinch Analysis and Process Integration: A User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2007. Print. ISBN: 9786610747528
- [2] El-Halwagi, Mahmoud M. *Process Integration*. 1st ed. Amsterdam ; Elsevier Academic Press, 2006. Print. ISBN: : 9786610633548
- [3] AspenTech. *Aspen HYSYS: Process Simulation Software*. Versión 12. Aspen Technology, Inc., 2023.



ANEJO VI: Diseño de distribución en planta.

Proceso de Producción de Hidrógeno Verde
mediante electrólisis de agua usando Energías
Renovables.

Índice de contenidos

1.-Introducción.	3
2.-Flujograma del proceso productivo.....	4
3.-Áreas funcionales.	6
3.1.-Identificación de las áreas funcionales.	6
3.2.-Relaciones de proximidad entre áreas funcionales.....	7
3.3.-Determinación de superficies de las áreas funcionales.	10
4.-Alternativas de distribución.	11
5.-Análisis multicriterio de selección de alternativas.....	15
5.1.-Criterios de estudio de alternativas.....	15
5.2.-Ponderación de criterios.	17
5.3.-Análisis multicriterio.	18
6.-Bibliografía.	19

Índice de tablas

Tabla 1. Simbología ISO 9000 para diagramas de flujo	4
Tabla 2. Escala de relación de proximidad entre áreas	8
Tabla 3. Justificación de proximidad	8
Tabla 4. Tabla relacional de la planta	8
Tabla 5. Simbología empleada en el diagrama relacional	9
Tabla 6. Cálculo de superficies de equipos	10
Tabla 7. Cálculo de superficie total de áreas de equipos	11
Tabla 8. Código de las áreas de trabajo	12
Tabla 9. Superficie de la nave	16
Tabla 10. Porcentaje de superficie útil de trabajo	17
Tabla 11. Ponderación de criterios de análisis	17
Tabla 12. Valoración de alternativas	18
Tabla 13. Análisis multicriterio	18

Índice de figuras

Figura A5.1 Flujograma del proceso productivo	5
Figura A5.2 Diagrama relacional de la planta	9
Figura A5.3 Layout de distribución en planta	12
Figura A5.4 Alternativa 1 de diseño de distribución en planta.....	13
Figura A5.5 Alternativa 2 de diseño de distribución en planta	14
Figura A5.6 Alternativa 3 de diseño de distribución en planta	15

1.-Introducción.

Este Anejo busca establecer la distribución más adecuada para un desarrollo óptimo del proceso de producción de hidrógeno verde mediante electrólisis de agua. Se determinará la disposición más eficiente de las áreas productivas teniendo en cuenta la maquinaria que se ubica en cada una de ellas, además de estudiar la superficie que cada área requiere. Se busca la ordenación de los elementos que componen el proceso productivo: personal, materias primas y maquinaria, teniendo en cuenta la gestión de los espacios necesarios. El proceso de distribución en planta se basa en [1]:

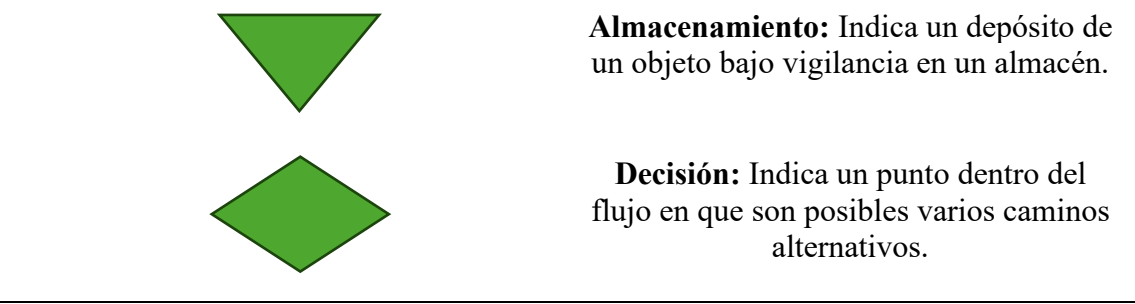
- Determinación de las áreas funcionales de la planta: definición y características de estas, determinación de su superficie y especificación entre cada una de ellas.
- Análisis del problema de diseño de distribución en planta.
- Generación de diferentes alternativas de diseño.
- Evaluación de cada alternativa propuesta.
- Selección de la mejor alternativa disponible.
- Diseño de un esquema básico de la distribución en planta definitiva.

2.-Flujograma del proceso productivo.

Siguiendo la simbología de la ISO 9000 (Tabla 1) se ha realizado un diagrama de flujo que ilustra el proceso productivo [2].

Tabla 1. Simbología ISO 9000 para diagramas de flujo [2].

Símbolo	Significado
	Operación: Indica las principales fases del proceso, el material o el producto que se modifica durante la operación.
	Inspección y medición: Indica que se verifica la calidad, la cantidad o ambas.
	Transporte: Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipos de un lugar a otro.



De este modo, el diagrama de flujo de la planta se muestra en la Figura A5.1 [3].

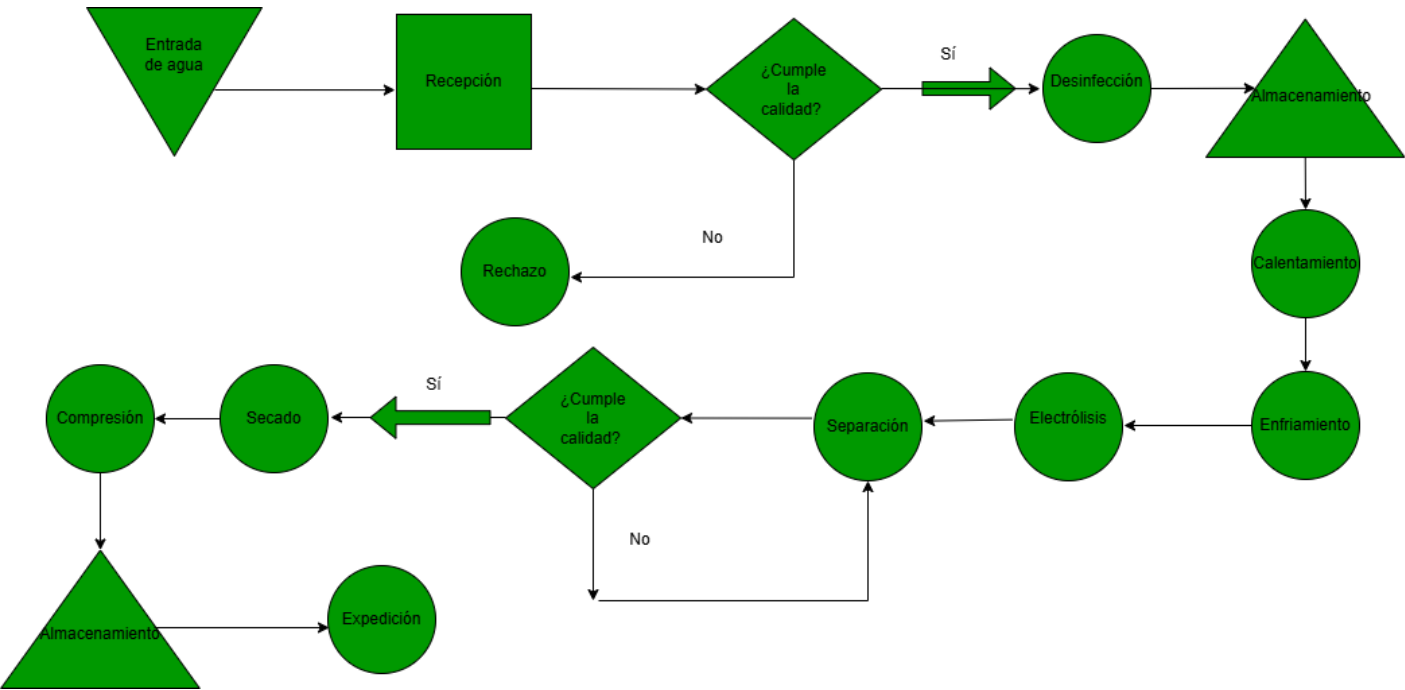


Figura A5.1 Flujograma del proceso productivo [3].

3.-Áreas funcionales.

Este apartado tiene como objetivo concretar las áreas funcionales de la planta de producción de hidrógeno verde [4].

3.1.-Identificación de las áreas funcionales.

La planta contará con nueve áreas funcionales.

- Recepción.
- Pretratamiento.
- Etapa de electrólisis.
- Etapa de purificación.
- Tratamiento final y almacenamiento.
- Laboratorio de control de calidad.
- Aseos y vestuarios.
- Zona de descanso.
- Oficinas.

Recepción de materia prima.

En esta área se recibe y almacena el agua, que será tratada y almacenada para luego dirigirse al electrolizador. Se encuentra aquí el tanque de almacenamiento, los desionizadores y el filtro.

Pretratamiento.

En esta zona el agua es llevada al intercambiador de calor para ajustar su temperatura, así la entrada al electrolizador se efectuará en condiciones adecuadas. Se encuentran aquí el intercambiador de calor.

Etapa de electrólisis.

Área donde se produce el hidrógeno a partir de un electrolizador PEM. Se encuentra aquí el electrolizador.

Etapa de purificación.

Anejo VI. Diseño de distribución en planta

En esta área se encuentran las dos columnas de rectificación, en una se produce el oxígeno y en la otra el hidrógeno. Se encuentran aquí las dos columnas de rectificación.

Tratamiento final y almacenamiento.

En esta zona el hidrógeno purificado se lleva a un secador y posteriormente se comprime, por último, se almacena. Se encuentran aquí el secador de hidrógeno, el compresor y el tanque de almacenamiento.

Laboratorio de análisis y control de calidad.

Pequeña zona destinada a la preparación de distintos ensayos que buscan asegurar la calidad del producto elaborado en planta. Se llevarán a cabo los diferentes ensayos necesarios para comprobar los parámetros de cumplimiento del agua antes de la entrada al electrolizador, así como el control de calidad de producto acabado.

Aseos y vestuarios.

Espacio dedicado al cambio de ropa y el aseo personal.

Zona de descanso.

Zona donde los trabajadores podrán comer y hacer los descansos reglamentarios.

Oficinas.

Área destinada a la gestión comercial del producto y los procedimientos administrativos necesarios para el funcionamiento adecuado de la planta. Se busca que sea un lugar tranquilo sin exceso ruido [4].

3.2.-Relaciones de proximidad entre áreas funcionales.

En el diseño de distribución en planta es prioritario garantizar el correcto funcionamiento del proceso productivo, garantizando la mayor fluidez y linealidad posible. Se busca la mayor comodidad en el desarrollo de las diferentes actividades en planta. Es por ello importante decidir la relación entre las áreas funcionales, evitando molestias y asegurando facilitar la producción. Se muestra en la Tabla 2 la escala usada para valorar las relaciones de proximidad.

Tabla 2. Escala de relación de proximidad entre áreas [5].

Proximidad	Significado
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Normal
U	Sin importancia
X	No deseable

Los criterios que se seguirán para valorar la relación de proximidad entre diferentes áreas se muestran en la Tabla 3. Se valorará la proximidad en el proceso entre las etapas de cada área, la posible necesidad de mantener un nivel de limpieza específico en alguna zona, razones de control de calidad, molestias por ruidos a los trabajadores y contemplar la accesibilidad a las distintas áreas funcionales.

Tabla 3. Justificación de proximidad [5].

Código	Motivo
1	Proximidad en el proceso
2	Limpieza e higiene
3	Inspección y control
4	Ruidos
5	Accesibilidad

A partir de lo expuesto, se muestra la tabla relacional (Tabla 4).

Tabla 4. Tabla relacional de la planta [5].

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		A/1	U/1	U/5	U/5	E/3	U/5	X/4	X/4
2			E/1	X/2	U/5	E/3	O/5	X/4	X/4
3				A/1	I/1	I/3	O/5	X/4	X/4
4					A/1	U/5	O/5	X/4	X/4
5						U/5	O/5	U/4	U/4
6							O/5	U/4	U/4
7								E/5	E/5
8									I/5

Con estos datos se construye un diagrama relacional que sigue la simbología mostrada en la Tabla 5.

Tabla 5 Simbología empleada en el diagrama relacional [5].

Proximidad	Línea
A	
E	
I	
O	
U	
X	

En la Figura A5.2 se muestra el diagrama relacional de la planta. Se han omitido las líneas referentes a las relaciones en U para evitar entorpecer la lectura.

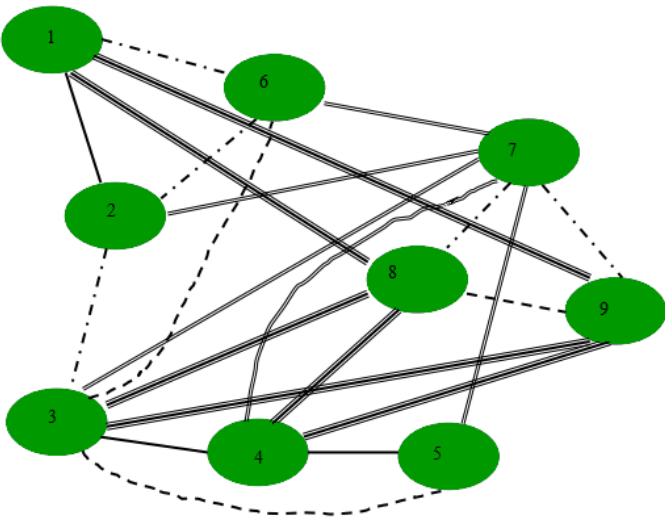


Figura A5.2 Diagrama relacional de la planta [5].

3.3.-Determinación de superficies de las áreas funcionales.

Se comienza calculando las áreas de aquellas zonas donde se encuentran los equipos. Se emplearán distintos valores de k para el cálculo de las superficies requeridas. Se tendrá en cuenta el cálculo de la superficie necesaria para el mantenimiento, movimiento, limpieza y otras necesidades referentes a los equipos y al mobiliario, sumando 60 cm donde actúe el personal y 45 cm en el resto.

Se muestra en la Tabla 6 los cálculos de la superficie de los equipos desglosados.

Tabla 6. Cálculo de superficies de equipos [6].

Equipo	Superficie Estática (m²)
Equipo de filtración	$2.3 \times 1.2 = 2.76 \text{ m}^2$
Desionizador de agua	$0.5 \times 0.47 = 0.235 \text{ m}^2$
Tanque pulmón	$3.43 \times 1.93 = 6.62 \text{ m}^2$
Intercambiador de calor	$2 \times 0.2 = 0.4 \text{ m}^2$
Condensador	$1.4 \times 0.95 = 1.33 \text{ m}^2$
Caldera	$1.5 \times 2 = 3 \text{ m}^2$
Separador gas-líquido	$6.35 \times 0.5 = 3.175 \text{ m}^2$
Electrolizador	203.68 m^2
Secador de hidrógeno	$\Pi \cdot (0.25)^2 = 0.196 \text{ m}^2$
Compresor	$1.397 \times 1.448 = 2.02 \text{ m}^2$
Tanque de almacenamiento	$1.6 \times 0.4 = 0.64 \text{ m}^2$
Mesa de trabajo	$1 \times 1.5 = 1.5 \text{ m}^2$
Silla de escritorio	$0.45 \times 0.45 = 0.2 \text{ m}^2$
Aseos (cubículo)	$0.75 \times 1.4 = 1.05 \text{ m}^2$
Taquilla	$0.3 \times 0.5 = 0.15 \text{ m}^2$
Banco	$1.5 \times 0.4 = 0.6 \text{ m}^2$
Mesa comedor	$1.2 \times 1.2 = 1.44 \text{ m}^2$
Silla comedor	$0.45 \times 0.4 = 0.18 \text{ m}^2$
Fregadero	$0.8 \times 0.5 = 0.4 \text{ m}^2$

Para el cálculo de las áreas de los equipos, se ha realizado el cálculo mostrado en la Tabla 7 teniendo en cuenta los equipos y objetos situados en cada zona.

Tabla 7. Cálculo de superficie total de áreas de equipos [6].

Código	Área funcional	Superficie estática (m²)	Superficie de gravitación (m²)	k	Superficie de evolución (m²)	ST (m²)
1	Recepción MP	9.85	17.54	0.3	2.95	30.34
2	Pretratamiento	4.73	10.40	0.3	1.42	16.55
3	Electrólisis	203.68	234.75	0.3	61.10	499.53
4	Purificación	6.35	12.74	0.3	1.90	21
5	Tratamiento final/ almacenamiento	2.856	7.51	0.2	0.57	10.94
6	Laboratorio de control	1.7	5.54	0.2	0.34	7.58
7	Aseos y vestuarios	1.8	5.72	0.1	0.18	7.70
8	Zona de descanso	1.62	5.40	0.1	0.16	7.18
9	Oficinas	2.1	6.25	0.1	0.21	8.56

4.-Alternativas de distribución.

Una vez conocidas las necesidades de espacio de las diferentes áreas, así como aquellas que son más fácilmente adaptables, sin una valoración fija como son las oficinas o la zona de descanso, entre otros, así como las áreas de conexión, se procede a hacer diversos diseños para elegir la mejor alternativa que se adapte a los criterios establecidos.

Para la generación de diseños se han establecido los códigos de identificación mostrados en la tabla 8 de cada una de las áreas de trabajo.

Tabla 8 Código de las áreas de trabajo [7].

Área de trabajo	Código
Recepción de MP	1
Pretratamiento	2
Etapa de electrólisis	3
Etapa de purificación	4
Tratamiento final y almacenamiento	5
Laboratorio de control de calidad	6
Aseos y vestuarios	7
Zona de descanso	8
Oficinas	9

A continuación, se detallarán los tipos de diseños y por último su selección, para ello emplearemos los datos aportados en las Tablas 3 y 5. Obtenemos así un Layout de las áreas del proceso productivo. El Layout representado en la Figura A5.3 marca las zonas que deben estar juntas en el proceso productivo, ya que son zonas de continuidad de operación del proceso.

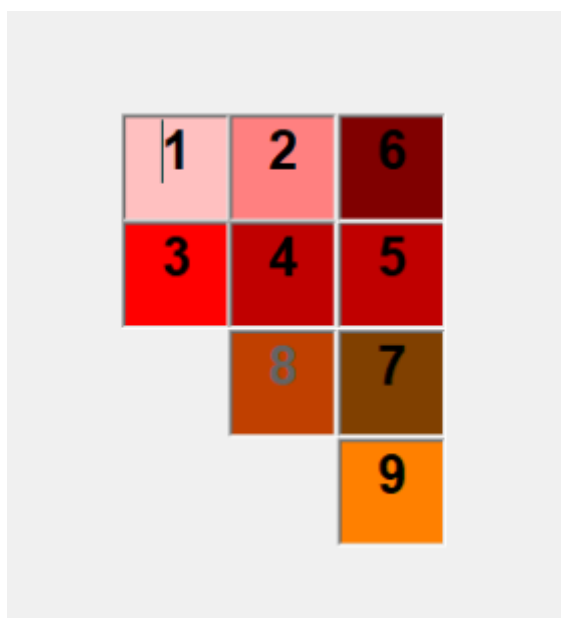


Figura A5.3 Layout de distribución en planta [7].

Anejo VI. Diseño de distribución en planta

Alternativa de diseño 1

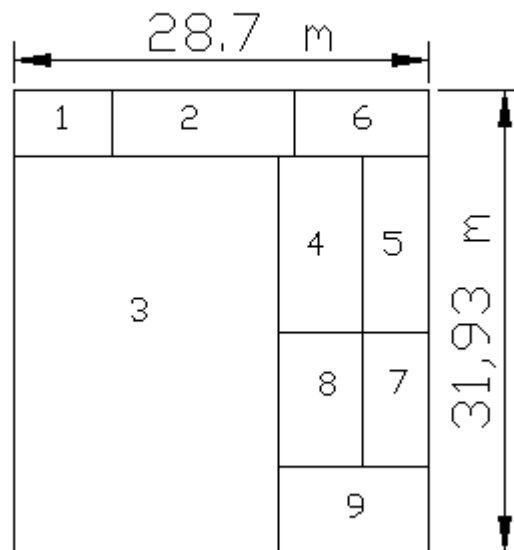


Figura A5.4 Alternativa 1 de diseño de distribución en planta.

Este diseño representa las áreas diferenciadas en el proceso. En base a la distribución y forma de colocación se han aumentado las áreas 2,4,7,8 y 9 con respecto a los valores de la Tabla 7.

- Área 2: 56,74 m².
- Área 4: 256,83 m².
- Área 7: 43,27 m².
- Área 8: 53,47 m².
- Área 9: 61,39 m².

El resto de las áreas conserva las dimensiones descritas en la Tabla 7. El área total estimada para este diseño es de 915,82 m².

Alternativa de diseño 2.

Para la figura 5 se han modificado las áreas 1,2,4,5,6,7,8 y 9.

- Área 1: 57,88 m².
- Área 2: 41,05 m².
- Área 4: 52,17 m².
- Área 5: 79,40 m².

Anejo VI. Diseño de distribución en planta

- Área 6: 48,69 m².
- Área 7: 109,40 m².
- Área 8: 105,82 m².
- Área 9: 51,64 m².

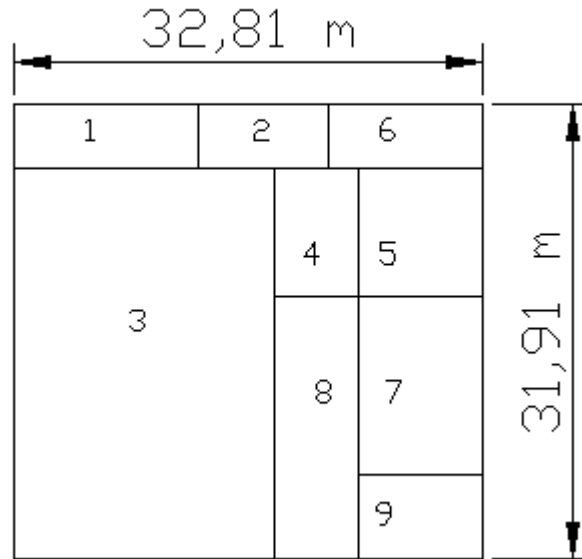


Figura A5.5 Alternativa 2 de diseño de distribución en planta.

El resto de las áreas conservan las dimensiones de la Tabla 7. El área total estimada para este diseño es de 1046,96 m².

Alternativa de diseño 3.

Para la Figura 6 se han modificado las mismas áreas que en la alternativa 2, han aumentado las siguientes:

- Área 1: 61,06 m².
- Área 2: 19,26 m².
- Área 4: 82,36 m².
- Área 5: 34,64 m².
- Área 6: 12,79 m².
- Área 7: 47,74 m².
- Área 8: 41,69 m².
- Área 9: 56,47 m².

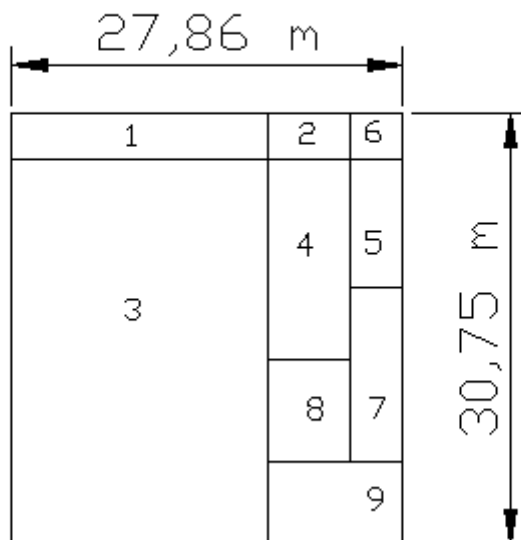


Figura A5.6 Alternativa 3 de diseño de distribución en planta.

El resto de las áreas conservan las dimensiones de la Tabla 7. El área total estimada para este diseño es de 856,69 m².

5.-Análisis multicriterio de selección de alternativas.

5.1.-Criterios de estudio de alternativas.

Se comienza determinando qué criterios se valorarán en la elección de alternativa más idónea.

Criterio 1. Linealidad del proceso productivo.

En dicho proceso productivo se busca la obtención de una cierta linealidad en el proceso productivo, buscando así que se recorra la menor distancia posible entre cada una de las fases y tratando de llevar a cabo la mejor trazabilidad posible, evitando el cruce de productos en distintas fases.

Este criterio se valorará de forma positiva y se pone en práctica tanto en la alternativa 1 como en la 2 y 3.

Anejo VI. Diseño de distribución en planta

Criterio 2. Higiene del proceso.

La higiene del proceso es importante ya que la entrada de agua en el electrolizador PEM debe ser lo más pura posible. Este criterio se valorará de forma positiva y se pone en práctica tanto en la alternativa 1 como en la 2 y 3.

Criterio 3. Flexibilidad.

Este criterio se basa en la capacidad de la industria en absorber posibles variaciones en la producción, si presenta capacidad suficiente para el procesado de una mayor cantidad de materia prima o facilidad de ampliación de esta. Este criterio se valorará de forma positiva en las alternativas 1 y 3.

Criterio 4. Superficie requerida para la nave.

Se trata de construir una industria, que satisfaga todas las necesidades de espacio, pero sin exceder en el mismo, ya que implica una menor extensión del terreno, así como un mayor gasto de materiales.

Este criterio presenta una valoración negativa, cuanto mayor sea la superficie requerida para la construcción de la nave, menor será la puntuación asignada. Las superficies de las alternativas se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Superficie de la nave [8].

Alternativa	Superficie ocupada (m²)
Alternativa 1	915,82
Alternativa 2	1046,96
Alternativa 3	856,69

Criterio 5. Porcentaje útil de la superficie de trabajo.

De la superficie total se estima el porcentaje destinado a áreas productivas. Se trata de un criterio con valoración positiva, pues interesa dentro de la superficie de la nave, que la mayor parte esté destinada a actividades productivas. Las áreas que se destinan al cálculo de la superficie de trabajo son:

- Área 1. Recepción de materia prima.
- Área 2. Pretratamiento.
- Área 3. Electrólisis.

Anejo VI. Diseño de distribución en planta

- Área 5. Tratamiento final y almacenamiento.
- Área 6. Laboratorio de control de calidad.

Los porcentajes de cada uno se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Porcentaje de superficie útil de trabajo [8].

Alternativa	Superficie de trabajo (m²)	%
Alternativa 1	605,13	66,10
Alternativa 2	726,55	69,39
Alternativa 3	627,28	73,22

5.2.-Ponderación de criterios.

La ponderación asignada a cada uno de los criterios, así como la justificación de esta decisión, se muestran en la Tabla 11. Se busca conseguir el mejor funcionamiento de la planta, evitando inconveniencias y optimizando al máximo los procesos.

Tabla 11. Ponderación de criterios de análisis [9].

Criterio	Ponderación	Justificación
1	0.9	Este criterio es fundamental en el diseño, ya que es vital para evitar riesgos de contaminación y permite que la planta optimice la eficiencia operativa.
2	0.8	Es esencial garantizar un producto de alta calidad y seguro, evitando cruces de productos.
3	0.7	Este criterio es fundamental para asegurar la capacidad de procesar la materia prima durante variaciones estacionales.
4	0.6	Es preferible adquirir una superficie mayor que optimice el diseño, garantizando eficiencia y trazabilidad.
5	0.5	Se trata de un criterio de mejor aprovechamiento de superficie ocupada, aunque cumpliendo las superficies mínimas, no es el principal a considerar.

5.3.-Análisis multicriterio.

Para la elección de la alternativa de diseño más adecuada se realizará una valoración positiva de cada uno de los criterios. Se da una valoración de 1 a 3 de aquellos criterios de los que se desconocen datos, y un valor numérico a aquel en el que sí se conocen. Esto se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Valoración de alternativas [10].

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	1	2	2
2	3	3	3
3	3	1	3
4	915.82	1046.96	856.69
5	66.10	69.39	73.22

En base a estos datos debemos trabajar de forma que la valoración de los criterios sea equilibrada. Para ello, se recalculan las valoraciones en torno a una base homogénea, y se añaden las ponderaciones a cada ítem. Se suma el total de cada columna buscando el mayor resultado. Esto se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Análisis multicriterio [10].

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	0.2	0.4	0.4
0.9	0.18	0.36	0.36
2	0.33	0.33	0.33
0.8	0.264	0.264	0.264
3	0.4285	0.1428	0.4285
0.7	0.3	0.1	0.3
4	0.32	0.37	0.30
0.6	0.19	0.22	0.18
5	0.32	0.3324	0.35
0.5	0.16	0.17	0.18
TOTAL	1.09	1.11	1.28

En este caso, el diseño idóneo para planta es el tercero.

6.-Bibliografía.

- [1] J. Wiley. (2003). *Facilities planning* (3ª ed.). ISBN: 9780470444047.
- [2] *Norma Internacional ISO 9000:2015 Sistema de gestión de calidad-Fundamentos y vocabulario.*
- [3] Slack Niegel. (2010). *Operations management* (6ª ed.). Financial Times Prentice Hall. ISBN: 9780273730460.
- [4] Richard Muther. (1973). *Systematic layout planning* (2ª ed.). Cahners Books. ISBN: 978-0843608144.
- [5] Wireman, T. (1989b). *Plant Layout and Materials Handling*. Reston Pub Co. ISBN:978-0471071716.
- [6] Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. - 13. edición. (2014). McGraw-Hill. ISBN: 978-9701055341.
- [7] White, J. A., & Francis. (1998). *Facility Layout and Location: Analytical Approach*. Prentice Hall. ISBN:978-0132992312.
- [8] Bellman, R., Kaufmann, A., & Faure, R. (1968). *Introduction to Operations Research*. Elsevier Science & Technology Books. ISBN:978-0077298340.
- [9] *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation* (2ª ed.). (1990). RWS publications. ISBN:978-0070543713.
- [10] Bozorg-Haddad, O., Zolghadr-Asli, B., & Loáiciga, H. A. (2021). *Handbook on Multi-Attribute Decision-Making Methods*. Wiley & Sons, Incorporated, John. DOI: [10.1016/S0377-2217\(97\)00147-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00147-1)



ANEJO VII: Evaluación Financiera.

Proceso de Producción de Hidrógeno Verde mediante electrólisis de agua usando Energías Renovables.

Antonio Menán Quiñoá.

Índice de contenidos

1.-Introducción.	4
3.-Construcciones, obras y Recursos humanos.	5
4.-Costes fijos.	8
5.-Cuentas de pérdidas y ganancias.	10
6.-Balances previsionales.	12
7.-Flujos de caja.	15
8.-Bibliografía.	17

Índice de Tablas

Tabla 1. Valor del terreno y edificación para nave Industrial en CEAO .	5
Tabla 2. Coste de ejecución de obras	5
Tabla 3. Tributos y otros gastos iniciales	6
Tabla 4. Costes asociados a trabajadores de la empresa	7
Tabla 5. Costes fijos, planta producción hidrógeno verde	8
Tabla 6. Cuenta de pérdidas y ganancias	10
Tabla 7. Balances previsionales Activo	12
Tabla 8. Balances previsionales-Patrimonio Neto-Pasivo	13
Tabla 9. Flujos de caja previsionales	15

1.-Introducción.

El presente Anejo tiene como objetivo desarrollar la evaluación financiera del proyecto de producción de hidrógeno verde. Este análisis económico-financiero constituye una parte fundamental de estudio de viabilidad del proyecto, ya que permite estimar la rentabilidad, sostenibilidad y viabilidad económica de la inversión prevista.

A lo largo de este documento se detallarán los principales aspectos económicos vinculados a la empresa promotora y al proyecto en sí, incluyendo los costes iniciales de implantación (construcciones, obras y recursos humanos), los costes operativos fijos, la previsión de ingreso y los estados financieros proyectados a medio y a largo plazo. Para ello, se han considerado tanto datos técnicos del proceso productivo como estimaciones del mercado, precios energéticos y políticas de apoyo al hidrógeno verde.

Asimismo, se incluirán las cuentas de pérdidas y ganancias, los balances previsionales y los flujos de caja del proyecto con el fin de evaluar su retorno económico, su punto de equilibrio, y la capacidad para generar beneficios a lo largo de su vida útil [1].

2.-Datos de la empresa.

La empresa promotora del proyecto es una Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL), constituida conforme a la legislación mercantil española, cuyo objeto social principal es la producción, almacenamiento, y comercialización de hidrógeno verde.

La sociedad se ha constituido con un capital social de 3000 euros, aportado íntegramente por el socio fundador. Dado el carácter intensivo del capital del proyecto, este se destina a cubrir los gastos iniciales de constitución y gestiones administrativas, mientras que la financiación de la inversión principal se realizará mediante aportaciones externas como subvenciones públicas [2].

La empresa tiene su sede social en el Polígono del CEAO, Lugo y su actividad se enmarca en los objetivos de transición energética establecidos por la Unión Europea y el Plan Nacional de Energía y Clima (PNIEC) [3].

3.-Construcciones, obras y Recursos humanos.

Para la implementación del proyecto se ha previsto una intervención sobre un local de 856 m², que requiere diversas actuaciones para su adecuación técnica y legal al proceso industrial de hidrógeno verde. El valor del coste del terreno y de su edificación se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Valor del terreno y edificación para nave Industrial en CEAO.

VALOR TERRENO	VALOR EDIFICACIÓN	TOTAL
200.000,00 €	600.000,00 €	800.000,00 €

Para la implementación del proyecto se ha previsto una intervención sobre un local de 856 m², que requiere de diversas actuaciones para su adecuación técnica y legal. Estos costes se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Coste de ejecución de obras [4].

OBRAS	
Superficie Local (m ²)	856
(sin IVA)	1º año
Coste Ejecución Material	100.000,00 €
Dirección de obra	2.625,00 €
Instalaciones Técnicas	75.000,00 €
Proyecto de obra	5.250,00 €
Licencia de Obras	5.250,00 €
Otros	875,00 €

Además, se contemplan tributos y otros gastos iniciales. Estos se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Tributos y otros gastos iniciales [4].

TRIBUTOS Y OTROS GASTOS INICIALES	
(sin IVA)	1º año
Licencia de Actividades	29,96 €
Impuesto Actividades Económicas	0,00 €
Impuesto Vehículos Tracción Mecánica	0,00 €
Impuesto Bienes Inmuebles	4.800,00 €
Plan Prevención Riesgos Laborales	1.200,00 €
Gastos lanzamiento en publicidad	0,00 €
Póliza Responsabilidad Civil	800,00 €
Seguro de inmueble e instalaciones	600,00 €
Póliza Seguro Vehículos	0,00 €

La plantilla de la empresa estará dotada de 5 trabajadores, incluyendo un socio trabajador autónomo (Director) y cuatro trabajadores asalariados contratados de forma indefinida, todos a jornada completa. Esto se muestra en la Tabla 4.

Las cotizaciones incluyen contingencias comunes, desempleo, Fogasa, formación profesional y una tasa del 3,85% en concepto de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales (cuotas AT/EP). Estos valores permiten calcular con precisión los costes laborales totales que deben incorporarse al flujo de caja operativo del proyecto [4].

Tabla 4. Costes asociados a trabajadores de la empresa [4].

RECURSOS HUMANOS.											
COSTES SOCIOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS											
Código CNAE1	20. Industria química (Excepto 20.4 y 20.6)										
Código CNAE2	Personal en trabajos exclusivos de oficina										
Trabajador autónomo	CNAE	Cargo o función	Nombre	Salario Anual	Cotización Reg. Especial	Cotización Contingencias Comunes	Cotización por Cese de actividad	Cuotas AT/ep	Coste salarial		
1	Código CNAE1	Director	Antonio	48.841,20 €	12.942,92 €	1.367,55 €	1.074,51 €	1.465,24 €	65.691,41 €		
2	Código CNAE2				0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €		
3	Código CNAE1				0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €		
4	Código CNAE1				0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €		
5	Código CNAE1				0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €		
COSTES TRABAJADORES ASALARIADOS											
Trabajador Asalariado	Categoría	Tipo Contrato	Salario Anual	% Jornada	Cont. Comunes	Desempleo	Fogasa	Formación Profesional	%	Cuotas AT/ep	Coste salarial
									cuotas AT/EP		
1	Grupo 4	Indefinidos y otros	24.697,72 €	100%	5.828,66 €	1.358,37 €	49,40 €	148,19 €	3,85%	950,86 €	33.033,20 €
2	Grupo 3	Indefinidos y otros	22.208,79 €	100%	5.241,27 €	1.221,48 €	44,42 €	133,25 €	3,85%	855,04 €	29.704,26 €
3	Grupo 2	Indefinidos y otros	20.485,68 €	100%	4.834,62 €	1.126,71 €	40,97 €	122,91 €	3,85%	788,70 €	27.399,60 €
4	Grupo 1	Indefinidos y otros	19.145,50 €	100%	4.518,34 €	1.053,00 €	38,29 €	114,87 €	3,85%	737,10 €	25.607,11 €

4.-Costes fijos.

Tabla 5. Costes fijos, planta producción hidrógeno verde [5].

COSTES FIJOS PERIÓDICOS						
CONCEPTO	PERIODICIDAD	sin IVA	IPC PREVISTO			
			2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
		año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Impuesto Vehículos T. Mecánica	1	- €	- €	- €	- €	- €
Impuesto Bienes Inmuebles	1	4.800,00 €	4.896,00 €	4.993,92 €	5.093,80 €	5.195,67 €
Mantenimiento Plan Prevención	1	1.200,00 €	1.224,00 €	1.248,48 €	1.273,45 €	1.298,92 €
Publicidad	1	- €	- €	- €	- €	- €
Seguros	1	1.400,00 €	1.428,00 €	1.456,56 €	1.485,69 €	1.515,41 €
Alquileres	12	- €	- €	- €	- €	- €
Recursos Humanos	1	181.435,57 €	185.064,29 €	188.765,57 €	192.540,88 €	196.391,70 €
Servicios Profesionales Independientes	12	- €	- €	- €	- €	- €
Suministros (auga, luz, gas, teléfono, internet...)	12	- €	- €	- €	- €	- €
Concesión.adm. confederación hidrográfica	ANUAL	236.000,00 €	240.720,00 €	245.534,40 €	250.445,09 €	255.453,99 €
Electricidad usada en planta	ANUAL	3.219.300,00 €	3.283.686,00 €	3.349.359,72 €	3.416.346,91 €	3.484.673,85 €

El proyecto contempla una serie de costes fijos periódicos indispensables para el funcionamiento continuo de la planta. Estos costes han sido calculados sin IVA y se ha considerado un incremento anual estimado del 2% conforme al índice de precios de consumo. Estos costos se representan en la Tabla 5.

Los costes fijos más significativos del proyecto están vinculados a los recursos energéticos e hídricos, imprescindibles para alimentar el proceso de electrólisis.

- Concesión de agua (confederación hidrográfica). Este gasto corresponde al canon por el uso del recurso hídrico, indispensable para la producción de hidrógeno verde. Se trata de un coste crítico, dado la necesidad de asegurar un suministro constante y regulado por la administración competente.
- Electricidad. Este elevado coste se justifica por el consumo intensivo del electrolizador PEM, que demanda grandes cantidades de energía eléctrica para disociar el agua a hidrógeno y oxígeno. El consumo eléctrico está ajustado a las características propias de las tecnologías actuales de producción de hidrógeno verde [5].

5.-Cuentas de pérdidas y ganancias.

Tabla 6. Cuenta de pérdidas y ganancias [6].

CUENTAS DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS PREVISIONALES					
	2025	2026	2027	2028	2029
CIFRA DE NEGOCIO	6.405.165,00 €	6.725.423,25 €	7.061.694,41 €	7.414.779,13 €	7.785.518,09 €
SUBVENCIONES DE CAPITAL	3.090.000,00 €	3.090.000,00 €	3.090.000,00 €	3.090.000,00 €	3.090.000,00 €
SUBVENCIÓN DE EXPLOTACIÓN	- €				
INGRESOS	9.495.165,00 €	9.815.423,25 €	10.151.694,41 €	10.504.779,13 €	10.875.518,09 €
APROVISIONAMIENTOS	64.051,65 €	65.332,68 €	66.639,34 €	67.972,12 €	69.331,57 €
GASTOS DE PERSONAL	181.435,57 €	185.064,29 €	188.765,57 €	192.540,88 €	196.391,70 €
SERVICIOS EXTERIORES	3.457.900,00 €	3.527.058,00 €	3.597.599,16 €	3.669.551,14 €	3.742.942,17 €
OTROS TRIBUTOS	4.800,00 €	4.896,00 €	4.993,92 €	5.093,80 €	5.195,67 €
AMORTIZACIONES	4.985.263,75 €	4.985.263,75 €	4.985.263,75 €	4.985.263,75 €	4.985.263,75 €
GASTOS	8.693.450,97 €	8.767.614,72 €	8.843.261,74 €	8.920.421,70 €	8.999.124,86 €
RESULTADO EXPLOTACIÓN	801.714,03 €	1.047.808,53 €	1.308.432,67 €	1.584.357,44 €	1.876.393,23 €
INGRESOS FINANCIEROS					
GASTOS FINANCIEROS	1.007.290,94 €	955.156,60 €	900.898,23 €	844.429,29 €	785.659,73 €
RESULTADO FINANCIERO	- 1.007.290,94 €	- 955.156,60 €	- 900.898,23 €	- 844.429,29 €	- 785.659,73 €
RESULTADO ANTES DE IMPUESTOS	- 205.576,91 €	92.651,93 €	407.534,44 €	739.928,14 €	1.090.733,51 €
IMPUESTO SOBRE BENEFICIOS	- €	23.162,98 €	101.883,61 €	184.982,04 €	272.683,38 €
RESULTADO DEL EJERCICIO	- 205.576,91 €	69.488,95 €	305.650,83 €	554.946,11 €	818.050,13 €

El análisis económico del proyecto, basado en las cuentas de pérdidas y ganancias previsionales para el período 2025-2029, muestra una evolución positiva que respalda su viabilidad a medio plazo.

En primer lugar, se observa una cifra de negocio creciente, que parte de 6,4 millones de euros en 2025 y alcanza los 7,8 millones de euros en 2029, impulsada por una producción progresiva. A ello, se suma una subvención constante de 3,09 millones de euros, que actúa como soporte clave para cubrir los costes de inversión inicial y amortización, ayudando a equilibrar las finanzas durante los próximos años.

Los gastos de explotación, si bien elevados, especialmente en los servicios exteriores, se mantienen estables en el tiempo. Esto refleja los altos requerimientos energéticos del proceso, debido al uso intensivo del electrolizador, así como de los costes asociados a concesiones hidráulicas esenciales para la obtención del recurso hídrico. A pesar de ello, la eficiencia operativa mejora con el tiempo, lo cual permite incrementar progresivamente el resultado de explotación.

Durante el primer ejercicio (2025) se prevé un resultado negativo, principalmente por la carga financiera inicial. Sin embargo, a partir del año 2026 el proyecto empieza a generar beneficios, que crecen anualmente hasta generar más de 800000 euros netos. Esta evolución evidencia que el proyecto alcanza su punto de equilibrio financiero a corto plazo y puede generar rentabilidad sostenida a medio y largo plazo.

En resumen, la combinación de ingresos crecientes, subvenciones de capital, control de costes operativos y reducción progresiva del endeudamiento permite concluir que el proyecto de hidrógeno verde es económicamente viable y con un claro potencial de rentabilidad, una vez superada la fase inicial de inversión y puesta en marcha [6] .

6.-Balances previsionales.

Tabla 7. Balances previsionales Activo [7].

BALANCES PREVISIONALES- ACTIVO					
	2025	2026	2027	2028	2029
INMOVILIZADO INTANGIBLE	19.649.280,00 €	14.736.960,00 €	9.824.640,00 €	4.912.320,00 €	- €
Concesiones administrativas	24.561.600 €	24.561.600 €	24.561.600 €	24.561.600 €	24.561.600 €
Propiedad industrial	- €	- €	- €	- €	- €
Derecho de traspaso	- €	- €	- €	- €	- €
Aplicaciones informáticas	- €	- €	- €	- €	- €
Amortiz. Acumulada intangible	- 4.912.320 €	- 9.824.640 €	- 14.736.960 €	- 19.649.280 €	- 24.561.600 €
INMOVILIZADO MATERIAL	1.078.931,25 €	1.005.987,50 €	933.043,75 €	860.100,00 €	787.156,25 €
Terreno	200.000,00 €	200.000,00 €	200.000,00 €	200.000,00 €	200.000,00 €
Construcciones	707.875,00 €	707.875,00 €	707.875,00 €	707.875,00 €	707.875,00 €
Instalaciones técnicas	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €
Maquinaria	169.000,00 €	169.000,00 €	169.000,00 €	169.000,00 €	169.000,00 €
Herramienta	- €	- €	- €	- €	- €
Mobiliario	- €	- €	- €	- €	- €
Equipos procesos informa.	- €	- €	- €	- €	- €
Elementos transporte	- €	- €	- €	- €	- €
Otro inmovilizado material	- €	- €	- €	- €	- €
Amortiz. Acumulada mat.	- 72.943,75 €	- 145.887,50 €	- 218.831,25 €	- 291.775,00 €	- 364.718,75 €
EXISTENCIAS	- €	- €	- €	- €	- €
Comerciales	- €	- €	- €	- €	- €
Materias primas	- €	- €	- €	- €	- €
Otros aprovisionamientos	- €	- €	- €	- €	- €

Anejo VII. Evaluación Financiera.

Productos terminados	- €	- €	- €	- €	- €
Deterioros	- €	- €	- €	- €	- €
DEUDORES	- €	- €	- €	- €	- €
Clientes	- €	- €	- €	- €	- €
Deudores varios	- €	- €	- €	- €	- €
Administraciones públicas	- €	- €	- €	- €	- €
GASTOS ANTICIPADOS	- €	- €	- €	- €	- €
TESORERÍA	15.900.051,08 €	16.533.033,69 €	17.347.919,81€	18.263.937,02 €	19.309.500€
ACTIVO TOTAL	36.628.262,33 €	32.275.981,19 €	28.105.603,56 €	24.036.357,02 €	20.096.656,3 €

Tabla 8. Balances previsionales-Patrimonio Neto-Pasivo [7].

BALANCES PREVISIONALES - PATRIMONIO NETO Y PASIVO					
	2025	2026	2027	2028	2029
FONDOS PROPIOS	2.485,50 €	2.485,50 €	71.974,45 €	285.930,03 €	674.392,30 €
Capital Social	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €
Reservas	- 514,50 €	- 514,50 €	68.974,45 €	282.930,03 €	671.392,30 €
RESULTADOS	- 219.131,87 €	- 149.642,92 €	86.518,96 €	335.814,23 €	598.918,26 €
Remanente					
Resultados negativos años ant.		- 219.131,87 €	- 219.131,87 €	- 219.131,87 €	- 219.131,87 €
Resultado del ejercicio	- 219.131,87 €	69.488,95 €	305.650,83 €	554.946,11 €	818.050,13 €
SUBVENCIONES CAPITAL	12.360.000,00 €	9.270.000,00 €	6.180.000,00 €	3.090.000,00 €	- €
PASIVO NO CORRIENTE	23.153.138,61 €	21.767.110,1 €	20.324.612,7 €	18.823.345,78 €	17.260.914,8€
Provisiones a largo plazo					
Deudas a largo plazo	23.153.138,61 €	21.767.110,1 €	20.324.612,7 €	18.823.345,78 €	17.260.914,8€
PASIVO CORRIENTE	1.331.770,09 €	1.386.028,46 €	1.442.497,40 €	1.501.266,97 €	1.562.430,90 €
Deudas financieras a corto plazo	1.331.770,09 €	1.386.028,46 €	1.442.497,40 €	1.501.266,97 €	1.562.430,90€

Anejo VII. Evaluación Financiera.

Proveedores					
Acreedores varios					
Remuneraciones pendientes					
Administraciones públicas					
Ingresos anticipados					
PATRIMONIO NETO Y PASIVO TOTAL	36.628.262,33 €	32.275.981,19€	28.105.603,56€	24.036.357,02 €	20.096.656,3€

El análisis del balance previsional para el período (2025-2029) refleja una estructura financiera equilibrada y una evolución positiva del proyecto.

En el activo, el componente predominante al inicio del periodo es el inmovilizado intangible, con un peso destacado en concesiones administrativas, necesarios para el uso estratégicos como el agua o la infraestructura. Este valor se va amortizando de manera lineal hasta desaparecer en 2029, lo que representa una clara estrategia de inversión intensiva al inicio. El inmovilizado material, aunque más reducido, permanece constante en sus primeros elementos (terrenos, construcciones, maquinaria), mostrando estabilidad en las estructuras físicas. La tesorería, por su parte, aumenta de forma sostenida, pasando de 15,9 a 19,3 millones en 2029, lo que indica una acumulación de liquidez gracias a los resultados crecientes y a una buena gestión del flujo de caja.

En el pasivo y patrimonio neto, destaca la fuerte presencia inicial de subvenciones de capital, que se amortizan hasta desaparecer. El pasivo no corriente, formado por deuda a largo plazo, decrece año a año a medida que se amortiza. En cuanto al pasivo no corriente, se mantiene en valores constantes, reflejando un control adecuado de las deudas a corto plazo.

Finalmente, el patrimonio neto comienza con cifras muy modestas, incluso negativas en los primeros años debido a las pérdidas iniciales. No obstante, a partir del 2027 se observa una recuperación progresiva, que culmina con más de 674000 en fondos propios en 2029. Este crecimiento refleja la mejora del resultado del ejercicio y la consolidación del proyecto como generador de valor.

En conjunto, el balance muestra una empresa que parte de una inversión elevada, apoyada por subvenciones pero que a lo largo del tiempo mejora su autonomía financiera, reduce su apalancamiento y fortalece su posición patrimonial [7].

7.-Flujos de caja.

Tabla 9. Flujos de caja previsionales [8].

FLUJOS DE CAJA PREVISIONALES					
ENTRADAS EFECTIVO	2.025	2.026	2.027	2.028	2.029
TESORERÍA ANTERIOR	40.000 €	15.900.051 €	16.533.034 €	17.347.920 €	18.263.937 €
SUBVENCIONES	15.450.000 €				
INGRESOS POR VENTAS	6.405.165 €	6.725.423 €	7.061.694 €	7.414.779 €	7.785.518 €
TOTAL	21.895.165 €	22.625.474 €	23.594.728 €	24.762.699 €	26.049.455 €
	2.025	2.026	2.027	2.028	2.029
SALIDAS EFECTIVO					
APROVISIONAMIENTOS	64.052 €	65.333 €	66.639 €	67.972 €	69.332 €
GASTOS DE PERSONAL	181.436 €	185.064 €	188.766 €	192.541 €	196.392 €
SERVICIOS EXTERIORES	3.457.900 €	3.527.058 €	3.597.599 €	3.669.551 €	3.742.942 €
IMPUESTO SOCIEDADES	- €	23.163 €	101.884 €	184.982 €	272.683 €
OTROS TRIBUTOS	4.800 €	4.896 €	4.994 €	5.094 €	5.196 €
AMORTIZACIÓN PRÉSTAMO	1.279.636 €	1.331.770 €	1.386.028 €	1.442.497 €	1.501.267 €
INVERSIONES FUTURAS		- €	- €	- €	- €
GASTOS FINANCIEROS	1.007.291 €	955.157 €	900.898 €	844.429 €	785.660 €
DIVIDENDOS A LOS SOCIOS		- €	- €	91.695 €	166.484 €
TOTAL	5.995.114 €	6.092.441 €	6.246.808 €	6.498.762 €	6.739.955 €
SALDO	15.900,051 €	16.533,034 €	17.347,920 €	18.263,937 €	19.309,500 €

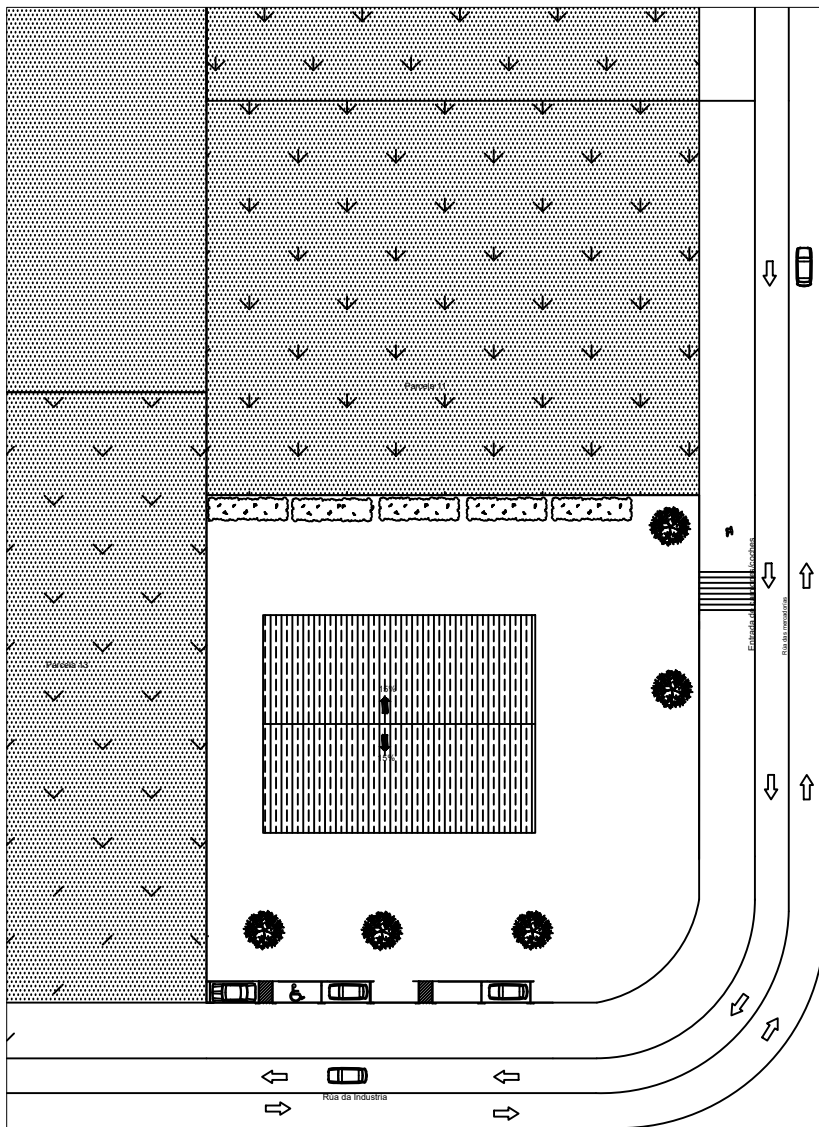
Anejo VII. Evaluación Financiera.

El análisis del flujo de caja previsional muestra una evolución financiera sólida y consistente del proyecto. El saldo de tesorería final de cada ejercicio se incrementa de forma continua, alcanzando los 19 mil euros en 2029, lo que refleja una generación de caja positiva durante todo el periodo [8].

8.-Bibliografía.

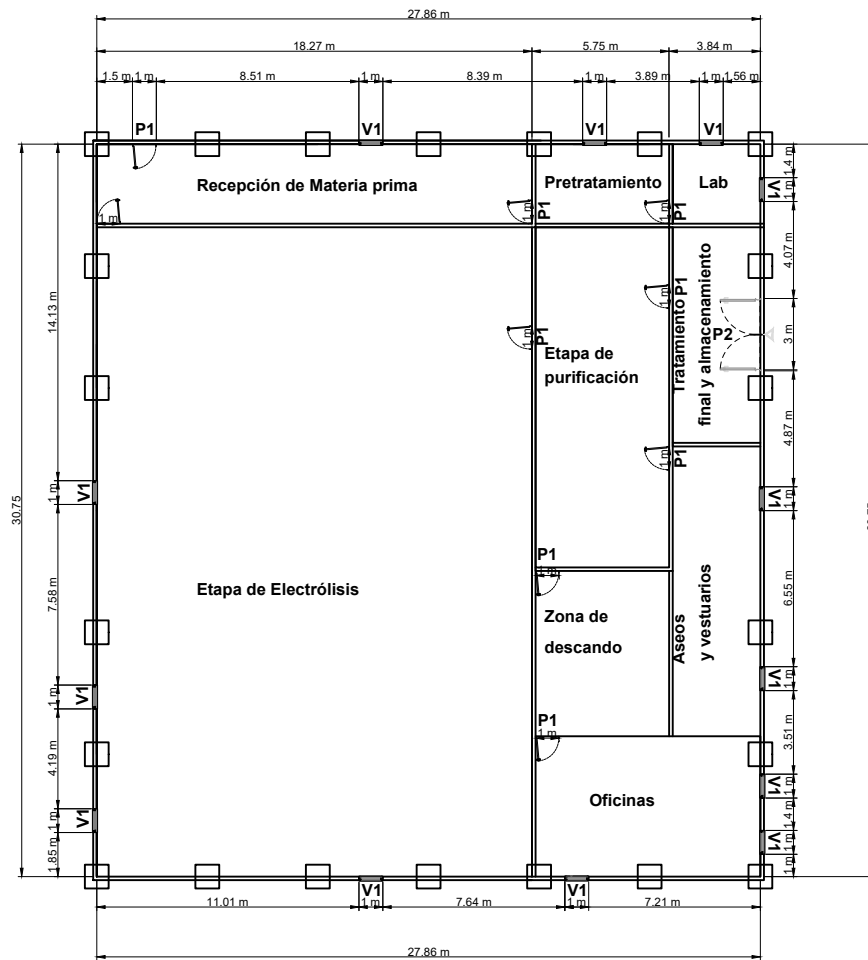
- [1] Preparación y evaluación de proyectos de inversión: Decisiones económicas, estudio de mercado, técnicas de pronóstico, estudio técnico, estudio económico, financiero, análisis de rentabilidad, análisis de riesgo. (2006). Osmar D. Buyatti. ISBN:978-987-1140-39-8.
- [2] Ross, S. A. (2006). *Fundamentos de Finanzas Corporativas*. McGraw-Hill Companies. ISBN: 978-607-15-0298-8.
- [3] Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030. *Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico*. [en línea] [consultado el 11 de junio de 2025]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.html>
- [4] Dirección y gestión de recursos humanos. Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2005. ISBN 9788479787080.
- [5] ESPEJO, María Concepción Álvarez-Dardet y Fernando Gutiérrez HIDALGO. *Contabilidad de gestión: Cálculo de costes*. Ediciones Pirámide, 2009. ISBN 9788436823073.
- [6] GRAGERA PIZARRO, Enrique, Luis Fernando GRACIA SARUBBI y Cesar SAN JUAN PAJARES. *Manual de contabilidad financiera* [en línea]. Netbiblo, 2010 [consultado el 11 de junio de 2025]. ISBN 9788497455442. Disponible en: doi:10.4272/978-84-9745-544-2
- [7] GRAGERA PIZARRO, Enrique, Luis Fernando GRACIA SARUBBI y Cesar SAN JUAN PAJARES. *Manual de contabilidad financiera* [en línea]. Netbiblo, 2010 [consultado el 11 de junio de 2025]. ISBN 9788497455442. Disponible en: doi:10.4272/978-84-9745-544-2
- [8] ROSS, Stephen A. *Fundamentos de Finanzas Corporativas*. McGraw-Hill Companies, 2006. ISBN 9789701056349.

DOCUMENTO II: PLANOS



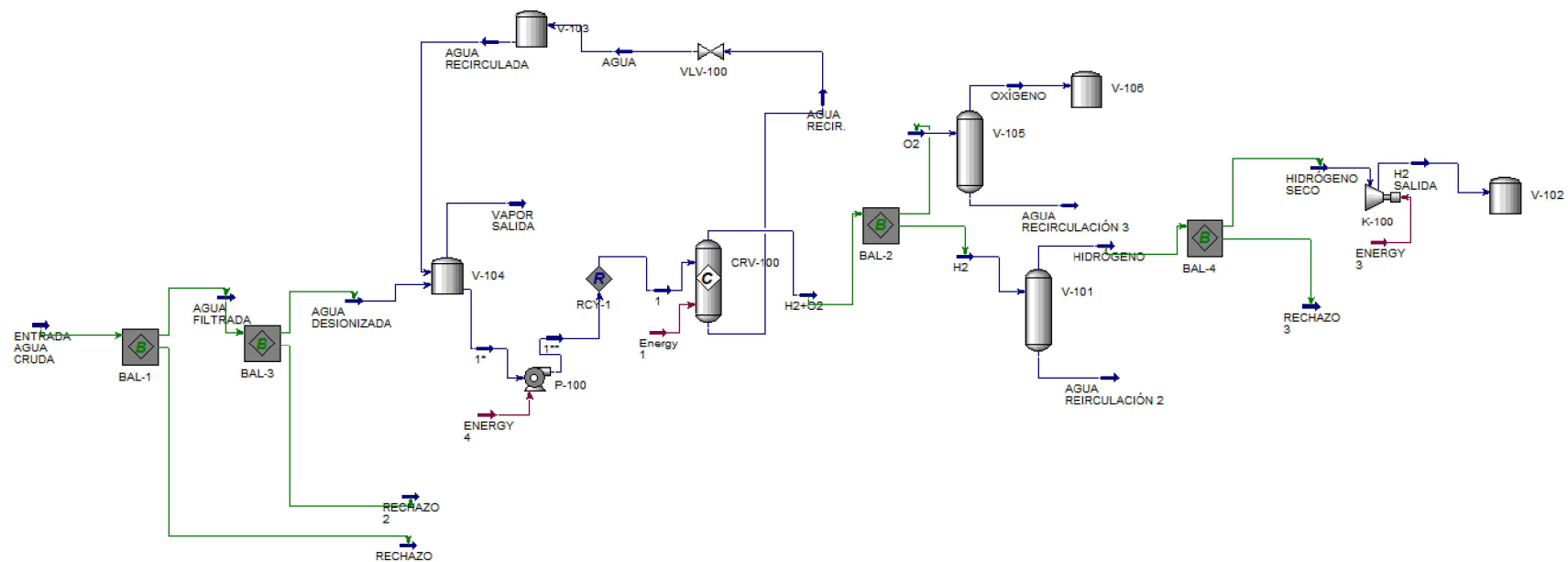
Condiciones generales		
	Norma	Proyecto
Retranqueo frontal	-	-
Lindero trasero	-	-
Fachada	5 m	6.7 m
Parcela mínima	1200-4800 m^2	1686 m^2
Edificabilidad neta	2.13 m^2/m^2	0.29 m^2/m^2
Ocupación máxima	50 %	50%
Altura máxima	12 m	6.5 m
N. máximo de plantas	3	1
N.plano catastro	7,6000	7,6000
Ubicación	CEAO 1	CEAO 1

PROYECTO		PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO		PLANO Nº	
ALUMNO		ANTONIO MENÁN QUIÑOÁ		01	
FACULTAD		FACULTAD DE CIENCIAS - USC			
TITULACIÓN		GRADO EN INGENIERÍA DE PROCESOS QUÍMICOS INDUSTRIALES			
ESCALA		PLANO		SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	
1/100					
FECHA		22/04/2025			



Datos	
Mobiliario	Dimensiones(m)
Ventanas V1	1 ancho x1,2 alto
Puertas P1	1 ancho x2 alto
Portón P2	3 m ancho x 3 m alto

PROYECTO		PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO	PLANO N°
ALUMNO		ANTONIO MENÁN QUIÑOÁ	02
FACULTAD		FACULTAD DE CIENCIAS - USC	
TITULACIÓN		GRADO EN INGENIERÍA DE PROCESOS QUÍMICOS INDUSTRIALES	
ESCALA	100:1	PLANO	
FECHA	16/06/2025	COTAS Y DISTRIBUCIÓN	

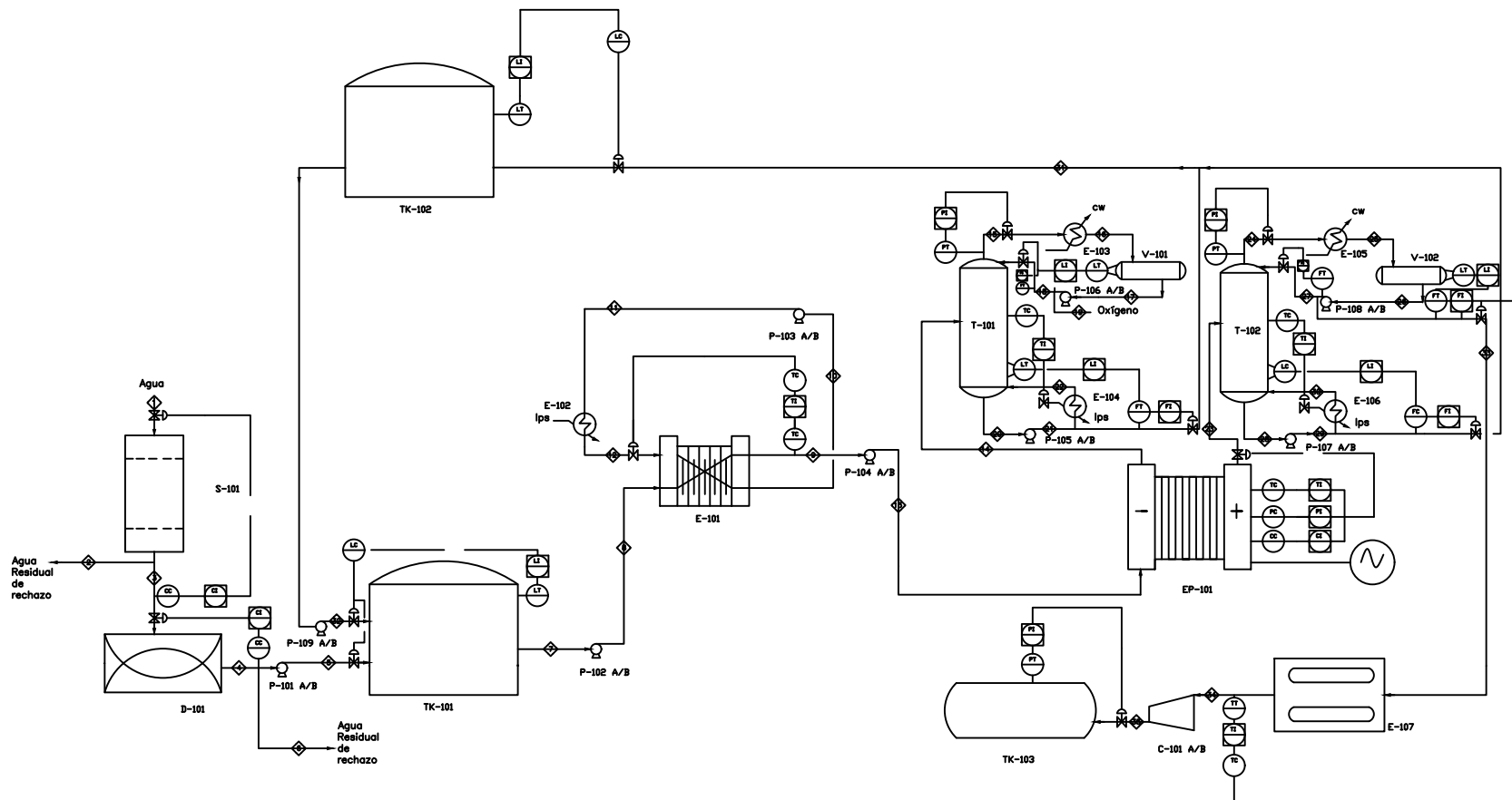


PROYECTO	PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO
ALUMNO	ANTONIO MENÁN QUINOÁ
FACULTAD	FACULTAD DE CIENCIAS - USC
TITULACIÓN	GRADO EN INGENIERÍA DE PROCESOS QUÍMICOS INDUSTRIALES
ESCALA	PLANO
FECHA	04/06/2025
	PLANO DE SIMULACIÓN

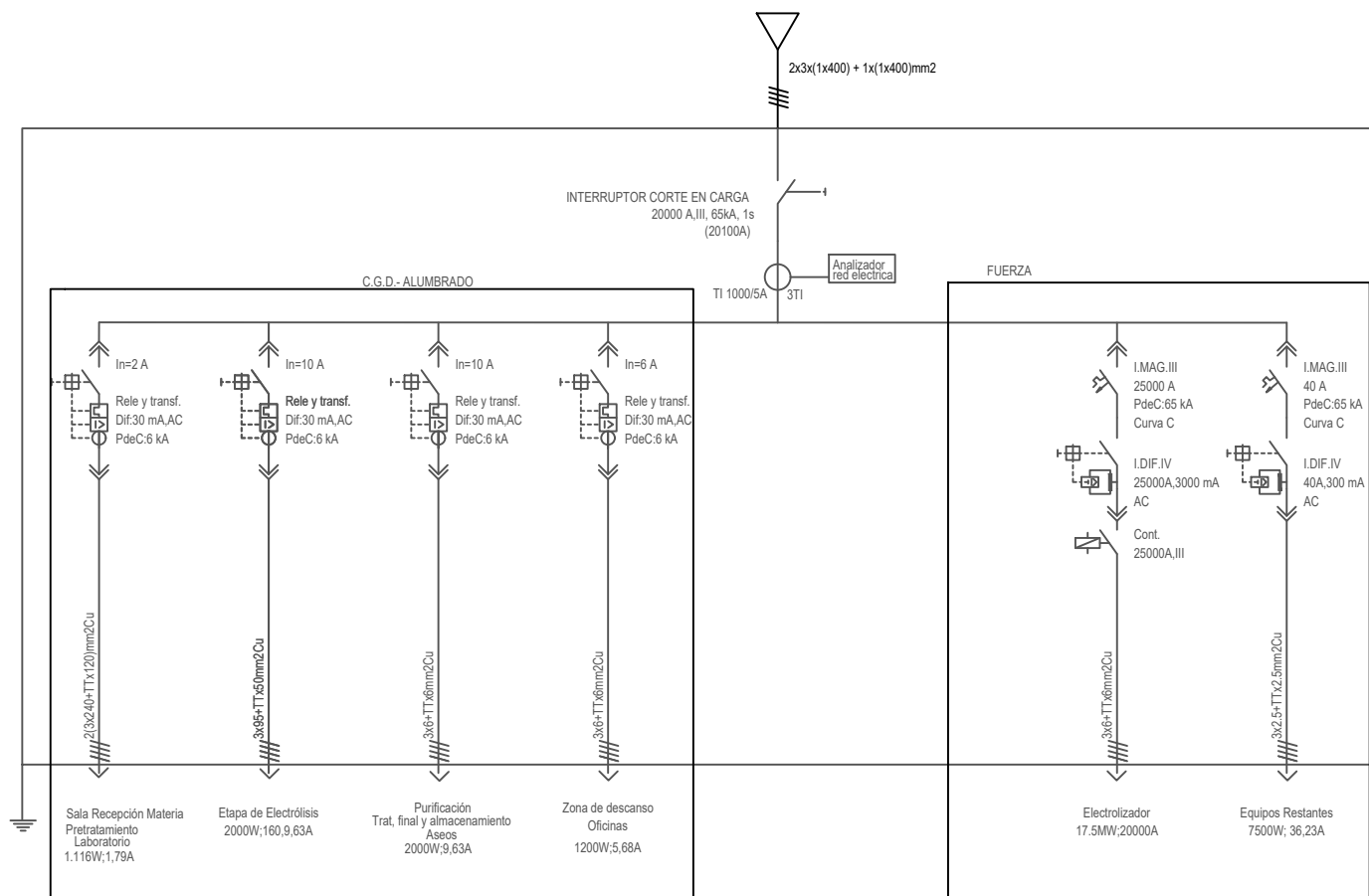
PLANO Nº

03





PROYECTO	PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO	PLANO N°
ALUMNO	ANTONIO MENÁN QUIÑOÁ	05
FACULTAD	FACULTAD DE CIENCIAS - USC	
TITULACIÓN	GRADO EN INGENIERÍA DE PROCESOS QUÍMICOS INDUSTRIALES	
ESCALA	PLANO	
FECHA	17/06/2025	CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

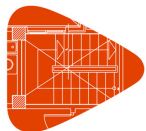


PROYECTO	PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO	PLANO N°	06
ALUMNO	ANTONIO MENÁN QUIÑOÁ		
FACULTAD	FACULTAD DE CIENCIAS - USC		
TITULACIÓN	GRADO EN INGENIERÍA DE PROCESOS QUÍMICOS INDUSTRIALES		
ESCALA	PLANO		
FECHA	ESQUEMA UNIFILAR		
	18/06/2025		



DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES.

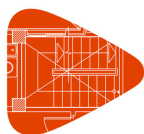
Pliego de condiciones



Proyecto:
Situación:
Promotor:

Según figura en el "Real Decreto 314/2006. Código Técnico de la Edificación (CTE)", el proyecto definirá las obras proyectadas con el detalle adecuado a sus características, de modo que pueda comprobarse que las soluciones propuestas cumplen las exigencias básicas del CTE y demás normativa aplicable. Esta definición incluirá, al menos, la siguiente información contenida en el Pliego de Condiciones:

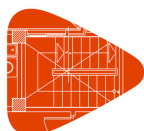
- Las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, equipos y sistemas que se incorporen de forma permanente al edificio proyectado, así como sus condiciones de suministro, las garantías de calidad y el control de recepción que deba realizarse. Esta información se encuentra en el apartado correspondiente a las Prescripciones sobre los materiales, del presente Pliego de Condiciones.
- Las características técnicas de cada unidad de obra, con indicación de las condiciones para su ejecución y las verificaciones y controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto. Se precisarán las medidas a adoptar durante la ejecución de las obras y en el uso y mantenimiento del edificio, para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos. Esta información se encuentra en el apartado correspondiente a las Prescripciones en cuanto a la ejecución por unidades de obra, del presente Pliego de Condiciones.
- Las verificaciones y las pruebas de servicio que, en su caso, deban realizarse para comprobar las prestaciones finales del edificio. Esta información se encuentra en el apartado correspondiente a las Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado, del presente Pliego de Condiciones.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

ÍNDICE

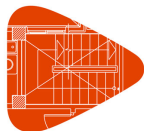
1.- PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS.....	6
1.1.- Disposiciones Generales.....	6
1.1.1.- Disposiciones de carácter general.....	6
1.1.1.1.- Objeto del Pliego de Condiciones.....	6
1.1.1.2.- Contrato de obra.....	6
1.1.1.3.- Documentación del contrato de obra.....	6
1.1.1.4.- Proyecto Arquitectónico.....	6
1.1.1.5.- Reglamentación urbanística.....	6
1.1.1.6.- Formalización del Contrato de Obra.....	7
1.1.1.7.- Jurisdicción competente.....	7
1.1.1.8.- Ejecución de las obras y responsabilidad del contratista.....	7
1.1.1.9.- Accidentes de trabajo.....	7
1.1.1.10.- Daños y perjuicios a terceros.....	7
1.1.1.11.- Anuncios y carteles.....	8
1.1.1.12.- Copia de documentos.....	8
1.1.1.13.- Suministro de materiales.....	8
1.1.1.14.- Hallazgos.....	8
1.1.1.15.- Causas de rescisión del contrato de obra.....	8
1.1.1.16.- Efectos de rescisión del contrato de obra.....	9
1.1.1.17.- Omisiones: Buena fe.....	9
1.1.2.- Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares.....	9
1.1.2.1.- Accesos y vallados.....	9
1.1.2.2.- Replanteo.....	9
1.1.2.3.- Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos.....	9
1.1.2.4.- Orden de los trabajos.....	10
1.1.2.5.- Facilidades para otros contratistas.....	10
1.1.2.6.- Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor.....	10
1.1.2.7.- Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto.....	10
1.1.2.8.- Prórroga por causa de fuerza mayor.....	11
1.1.2.9.- Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra.....	11
1.1.2.10.- Trabajos defectuosos.....	11
1.1.2.11.- Responsabilidad por vicios ocultos.....	11
1.1.2.12.- Procedencia de materiales, aparatos y equipos.....	12
1.1.2.13.- Presentación de muestras.....	12
1.1.2.14.- Materiales, aparatos y equipos defectuosos.....	12
1.1.2.15.- Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.....	12
1.1.2.16.- Limpieza de las obras.....	12
1.1.2.17.- Obras sin prescripciones explícitas.....	12
1.1.3.- Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas.....	13
1.1.3.1.- Consideraciones de carácter general.....	13
1.1.3.2.- Recepción provisional.....	13
1.1.3.3.- Documentación final de la obra.....	13
1.1.3.4.- Medición definitiva y liquidación provisional de la obra.....	14
1.1.3.5.- Plazo de garantía.....	14



Proyecto:
Situación:
Promotor:

ÍNDICE

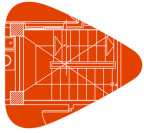
1.1.3.6.- Conservación de las obras recibidas provisionalmente.....	14
1.1.3.7.- Recepción definitiva.....	14
1.1.3.8.- Prórroga del plazo de garantía.....	14
1.1.3.9.- Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida.....	14
1.2.- Disposiciones Facultativas.....	15
1.2.1.- Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación.....	15
1.2.1.1.- El promotor.....	15
1.2.1.2.- El proyectista.....	15
1.2.1.3.- El constructor o contratista.....	15
1.2.1.4.- El director de obra.....	15
1.2.1.5.- El director de la ejecución de la obra.....	16
1.2.1.6.- Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación.....	16
1.2.1.7.- Los suministradores de productos.....	16
1.2.2.- Agentes que intervienen en la obra.....	16
1.2.3.- Agentes en materia de seguridad y salud.....	16
1.2.4.- Agentes en materia de gestión de residuos.....	16
1.2.5.- La Dirección Facultativa.....	16
1.2.6.- Visitas facultativas.....	16
1.2.7.- Obligaciones de los agentes intervinientes.....	17
1.2.7.1.- El promotor.....	17
1.2.7.2.- El proyectista.....	17
1.2.7.3.- El constructor o contratista.....	18
1.2.7.4.- El director de obra.....	19
1.2.7.5.- El director de la ejecución de la obra.....	20
1.2.7.6.- Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación.....	22
1.2.7.7.- Los suministradores de productos.....	22
1.2.7.8.- Los propietarios y los usuarios.....	22
1.2.8.- Documentación final de obra: Libro del Edificio.....	22
1.2.8.1.- Los propietarios y los usuarios.....	22
1.3.- Disposiciones Económicas.....	23
1.3.1.- Definición.....	23
1.3.2.- Contrato de obra.....	23
1.3.3.- Criterio General.....	23
1.3.4.- Fianzas.....	23
1.3.4.1.- Ejecución de trabajos con cargo a la fianza.....	23
1.3.4.2.- Devolución de las fianzas.....	24
1.3.4.3.- Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales.....	24
1.3.5.- De los precios.....	24
1.3.5.1.- Precio básico.....	24
1.3.5.2.- Precio unitario.....	24
1.3.5.3.- Presupuesto de Ejecución Material (PEM).....	25
1.3.5.4.- Precios contradictorios.....	25
1.3.5.5.- Reclamación de aumento de precios.....	25
1.3.5.6.- Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios.....	25
1.3.5.7.- De la revisión de los precios contratados.....	25



Proyecto:
Situación:
Promotor:

ÍNDICE

1.3.5.8.- Acopio de materiales.....	26
1.3.6.- Obras por administración.....	26
1.3.7.- Valoración y abono de los trabajos.....	26
1.3.7.1.- Forma y plazos de abono de las obras.....	26
1.3.7.2.- Relaciones valoradas y certificaciones.....	26
1.3.7.3.- Mejora de obras libremente ejecutadas.....	27
1.3.7.4.- Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada.....	27
1.3.7.5.- Abono de trabajos especiales no contratados.....	27
1.3.7.6.- Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía.....	27
1.3.8.- Indemnizaciones Mutuas.....	27
1.3.8.1.- Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras.....	27
1.3.8.2.- Demora de los pagos por parte del promotor.....	27
1.3.9.- Varios.....	27
1.3.9.1.- Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra.....	27
1.3.9.2.- Unidades de obra defectuosas.....	28
1.3.9.3.- Seguro de las obras.....	28
1.3.9.4.- Conservación de la obra.....	28
1.3.9.5.- Uso por el contratista de edificio o bienes del promotor.....	28
1.3.9.6.- Pago de arbitrios.....	28
1.3.10.- Retenciones en concepto de garantía.....	28
1.3.11.- Plazos de ejecución: Planning de obra.....	29
1.3.12.- Liquidación económica de las obras.....	29
1.3.13.- Liquidación final de la obra.....	29
2.- PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....	30
2.1.- Prescripciones sobre los materiales.....	30
2.1.1.- Garantías de calidad (Marcado CE).....	30
2.1.2.- Hormigones.....	31
2.1.2.1.- Hormigón estructural.....	31
2.1.3.- Aceros para estructuras metálicas.....	33
2.1.3.1.- Aceros en perfiles laminados.....	33
2.1.4.- Conglomerantes.....	34
2.1.4.1.- Yesos y escayolas para revestimientos continuos.....	34
2.1.5.- Varios.....	34
2.1.5.1.- Equipos de protección individual.....	34
2.2.- Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.....	35
2.2.1.- Estructuras.....	38
2.2.2.- Fachadas y particiones.....	39
2.2.3.- Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares.....	42
2.2.4.- Instalaciones.....	43
2.2.5.- Señalización y equipamiento.....	46
2.2.6.- Control de calidad y ensayos.....	49
2.2.7.- Seguridad y salud.....	50
2.3.- Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado.....	50
2.4.- Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición.....	51



Proyecto:
Situación:
Promotor:

1.- PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

1.1.- Disposiciones Generales

1.1.1.- Disposiciones de carácter general

1.1.1.1.- Objeto del Pliego de Condiciones

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el promotor y el contratista.

1.1.1.2.- Contrato de obra

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el director de obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

1.1.1.3.- Documentación del contrato de obra

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- Las condiciones fijadas en el contrato de obra.
- El presente Pliego de Condiciones.
- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos.

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

1.1.1.4.- Proyecto Arquitectónico

El Proyecto Arquitectónico es el conjunto de documentos que definen y determinan las exigencias técnicas, funcionales y técnicas de las obras contempladas en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación". En él se justificará técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable.

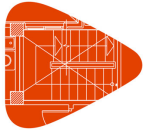
Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos sobre tecnologías específicas o instalaciones del edificio, se mantendrá entre todos ellos la necesaria coordinación, sin que se produzca una duplicidad en la documentación ni en los honorarios a percibir por los autores de los distintos trabajos indicados.

Los documentos complementarios al Proyecto serán:

- Todos los planos o documentos de obra que, a lo largo de la misma, vaya suministrando la Dirección de Obra como interpretación, complemento o precisión.
- El Libro de Órdenes y Asistencias.
- El Programa de Control de Calidad de Edificación y su Libro de Control.
- El Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico de Seguridad y Salud en las obras.
- El Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, elaborado por cada contratista.
- Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.
- Licencias y otras autorizaciones administrativas.

1.1.1.5.- Reglamentación urbanística

La obra a construir se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobado por los organismos competentes, especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación del solar, así como a todas las condiciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las Ordenanzas, a las Normas y al Planeamiento Vigente.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

1.1.1.6.- Formalización del Contrato de Obra

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes.

El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anejos, el Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto.

El contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General.

Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el contratista.

1.1.1.7.- Jurisdicción competente

En el caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

1.1.1.8.- Ejecución de las obras y responsabilidad del contratista

Las obras se ejecutarán con estricta sujeción a las estipulaciones contenidas en el pliego de cláusulas administrativas particulares y al proyecto que sirve de base al contrato y conforme a las instrucciones que la Dirección Facultativa de las Obras diere al contratista.

Cuando las instrucciones fueren de carácter verbal, deberán ser ratificadas por escrito en el más breve plazo posible, para que sean vinculantes para las partes.

El contratista es responsable de la ejecución de las obras y de todos los defectos que en la construcción puedan advertirse durante el desarrollo de las obras y hasta que se cumpla el plazo de garantía, en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

1.1.1.9.- Accidentes de trabajo

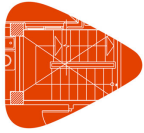
Es de obligado cumplimiento el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción" y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el contratista.

1.1.1.10.- Daños y perjuicios a terceros

El contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros



Proyecto:
Situación:
Promotor:

como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el promotor, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

1.1.1.11.- Anuncios y carteles

Sin previa autorización del promotor, no se podrán colocar en las obras ni en sus vallas más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y los exigidos por la policía local.

1.1.1.12.- Copia de documentos

El contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del Proyecto.

1.1.1.13.- Suministro de materiales

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda caber al contratista por retraso en el plazo de terminación o plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

1.1.1.14.- Hallazgos

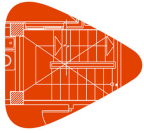
El promotor se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en sus terrenos o edificaciones. El contratista deberá cumplir, para extraerlos, todas las precauciones que se le indiquen por parte del director de obra.

El promotor abonará al contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen, siempre que estén debidamente justificados y aceptados por la Dirección Facultativa.

1.1.1.15.- Causas de rescisión del contrato de obra

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

- a) La muerte o incapacitación del contratista.
- b) La quiebra del contratista.
- c) Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
 - a. La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del director de obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.
 - b. Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
- d) La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
- e) La suspensión de la iniciación de las obras por plazo superior a cuatro meses.
- f) Que el contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
- g) La demora injustificada en la comprobación del replanteo.
- h) La suspensión de las obras por plazo superior a ocho meses por parte del promotor.
- i) El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- j) El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
- k) El desistimiento o el abandono de la obra sin causas justificadas.
- l) La mala fe en la ejecución de la obra.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

1.1.1.16.- Efectos de rescisión del contrato de obra

La resolución del contrato dará lugar a la comprobación, medición y liquidación de las obras realizadas con arreglo al proyecto, fijando los saldos pertinentes a favor o en contra del contratista.

Si se demorase injustificadamente la comprobación del replanteo, dando lugar a la resolución del contrato, el contratista sólo tendrá derecho por todos los conceptos a una indemnización equivalente al 2 por cien del precio de la adjudicación, excluidos los impuestos.

En el supuesto de desistimiento antes de la iniciación de las obras, o de suspensión de la iniciación de las mismas por parte del promotor por plazo superior a cuatro meses, el contratista tendrá derecho a percibir por todos los conceptos una indemnización del 3 por cien del precio de adjudicación, excluidos los impuestos.

En caso de desistimiento una vez iniciada la ejecución de las obras, o de suspensión de las obras iniciadas por plazo superior a ocho meses, el contratista tendrá derecho por todos los conceptos al 6 por cien del precio de adjudicación del contrato de las obras dejadas de realizar en concepto de beneficio industrial, excluidos los impuestos.

1.1.1.17.- Omisiones: Buena fe

Las relaciones entre el promotor y el contratista, reguladas por el presente Pliego de Condiciones y la documentación complementaria, presentan la prestación de un servicio al promotor por parte del contratista mediante la ejecución de una obra, basándose en la BUENA FE mutua de ambas partes, que pretenden beneficiarse de esta colaboración sin ningún tipo de perjuicio. Por este motivo, las relaciones entre ambas partes y las omisiones que puedan existir en este Pliego y la documentación complementaria del proyecto y de la obra, se entenderán siempre suplidas por la BUENA FE de las partes, que las subsanarán debidamente con el fin de conseguir una adecuada CALIDAD FINAL de la obra.

1.2.- Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares

Se describen las disposiciones básicas a considerar en la ejecución de las obras, relativas a los trabajos, materiales y medios auxiliares, así como a las recepciones de los edificios objeto del presente proyecto y sus obras anejas.

1.2.1.- Accesos y vallados

El contratista dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra, pudiendo exigir el director de ejecución de la obra su modificación o mejora.

1.1.2.2.- Replanteo

La ejecución del contrato de obras comenzará con el acta de comprobación del replanteo, dentro del plazo de treinta días desde la fecha de su formalización.

El contratista iniciará "in situ" el replanteo de las obras, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del contratista e incluidos en su oferta económica.

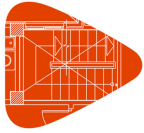
Asimismo, someterá el replanteo a la aprobación del director de ejecución de la obra y, una vez éste haya dado su conformidad, preparará el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada de un plano de replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el director de obra. Será responsabilidad del contratista la deficiencia o la omisión de este trámite.

1.1.2.3.- Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos

El contratista dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los períodos parciales señalados se realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato.

Será obligación del contratista comunicar a la Dirección Facultativa el inicio de las obras, de forma fehaciente y preferiblemente por escrito, al menos con tres días de antelación.

El director de obra redactará el acta de comienzo de la obra y la suscribirán en la misma obra junto con él, el día de



Proyecto:
Situación:
Promotor:

comienzo de los trabajos, el director de la ejecución de la obra, el promotor y el contratista.

Para la formalización del acta de comienzo de la obra, el director de la obra comprobará que en la obra existe copia de los siguientes documentos:

- Proyecto de Ejecución, Anejos y modificaciones.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y su acta de aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de los trabajos.
- Licencia de Obra otorgada por el Ayuntamiento.
- Comunicación de apertura de centro de trabajo efectuada por el contratista.
- Otras autorizaciones, permisos y licencias que sean preceptivas por otras administraciones.
- Libro de Órdenes y Asistencias.
- Libro de Incidencias.

La fecha del acta de comienzo de la obra marca el inicio de los plazos parciales y total de la ejecución de la obra.

1.1.2.4.- Orden de los trabajos

La determinación del orden de los trabajos es, generalmente, facultad del contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias de naturaleza técnica, se estime conveniente su variación por parte de la Dirección Facultativa.

1.1.2.5.- Facilidades para otros contratistas

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el contratista dará todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los Subcontratistas u otros Contratistas que intervengan en la ejecución de la obra. Todo ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar por la utilización de los medios auxiliares o los suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, todos ellos se ajustarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

1.1.2.6.- Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando se precise ampliar el Proyecto, por motivo imprevisto o por cualquier incidencia, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones de la Dirección Facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

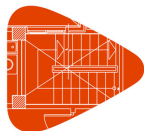
El contratista está obligado a realizar, con su personal y sus medios materiales, cuanto la dirección de ejecución de la obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

1.1.2.7.- Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto

El contratista podrá requerir del director de obra o del director de ejecución de la obra, según sus respectivos cometidos y atribuciones, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de la obra proyectada.

Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos, croquis, órdenes e instrucciones correspondientes, se comunicarán necesariamente por escrito al contratista, estando éste a su vez obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba tanto del director de ejecución de la obra, como del director de obra.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el contratista en contra de las disposiciones tomadas por la Dirección Facultativa, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual le dará el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

1.1.2.8.- Prórroga por causa de fuerza mayor

Si, por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del contratista, éste no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas o no le fuera posible terminirlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para su cumplimiento, previo informe favorable del director de obra. Para ello, el contratista expondrá, en escrito dirigido al director de obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

Tendrán la consideración de casos de fuerza mayor los siguientes:

- Los incendios causados por la electricidad atmosférica.
- Los fenómenos naturales de efectos catastróficos, como maremotos, terremotos, erupciones volcánicas, movimientos del terreno, temporales marítimos, inundaciones u otros semejantes.
- Los destrozos ocasionados violentamente en tiempo de guerra, robos tumultuosos o alteraciones graves del orden público.

1.1.2.9.- Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito, no se le hubiese proporcionado.

1.1.2.10.- Trabajos defectuosos

El contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que puedan existir por su mala ejecución, no siendo un eximente el que la Dirección Facultativa lo haya examinado o reconocido con anterioridad, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las Certificaciones Parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el director de ejecución de la obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos y equipos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o una vez finalizados con anterioridad a la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas o demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado a expensas del contratista. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la sustitución, demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el director de obra, quien mediará para resolverla.

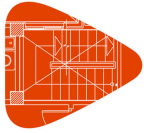
1.1.2.11.- Responsabilidad por vicios ocultos

El contratista es el único responsable de los vicios ocultos y de los defectos de la construcción, durante la ejecución de las obras y el periodo de garantía, hasta los plazos prescritos después de la terminación de las obras en la vigente "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", aparte de otras responsabilidades legales o de cualquier índole que puedan derivarse.

Si la obra se arruina o sufre deterioros graves incompatibles con su función con posterioridad a la expiración del plazo de garantía por vicios ocultos de la construcción, debido a incumplimiento del contrato por parte del contratista, éste responderá de los daños y perjuicios que se produzcan o se manifiesten durante un plazo de quince años a contar desde la recepción de la obra.

Asimismo, el contratista responderá durante dicho plazo de los daños materiales causados en la obra por vicios o defectos que afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad de la construcción, contados desde la fecha de recepción de la obra sin reservas o desde la subsanación de estas.

Si el director de ejecución de la obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará, cuando estime oportuno, realizar antes de la recepción definitiva los ensayos, destructivos o no, que considere necesarios para reconocer o diagnosticar los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al director de obra.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

El contratista demolerá, y reconstruirá posteriormente a su cargo, todas las unidades de obra mal ejecutadas, sus consecuencias, daños y perjuicios, no pudiendo eludir su responsabilidad por el hecho de que el director de obra y/o el director de ejecución de obra lo hayan examinado o reconocido con anterioridad, o que haya sido conformada o abonada una parte o la totalidad de las obras mal ejecutadas.

1.1.2.12.- Procedencia de materiales, aparatos y equipos

El contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en obra, el contratista deberá presentar al director de ejecución de la obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

1.1.2.13.- Presentación de muestras

A petición del director de obra, el contratista presentará las muestras de los materiales, aparatos y equipos, siempre con la antelación prevista en el calendario de obra.

1.1.2.14.- Materiales, aparatos y equipos defectuosos

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas prescritas en el proyecto, no tuvieran la preparación en él exigida o cuando, a falta de prescripciones formales, se reconociera o demostrara que no son los adecuados para su fin, el director de obra, a instancias del director de ejecución de la obra, dará la orden al contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin a que se destinen.

Si a los 15 días de recibir el contratista orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, ésta no ha sido cumplida, podrá hacerlo el promotor a cuenta de contratista.

En el caso de que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del director de obra, se recibirán con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

1.1.2.15.- Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras correrán a cargo y cuenta del contratista.

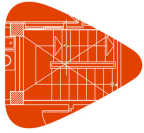
Todo ensayo que no resulte satisfactorio, no se realice por omisión del contratista, o que no ofrezca las suficientes garantías, podrá comenzarse nuevamente o realizarse nuevos ensayos o pruebas especificadas en el proyecto, a cargo y cuenta del contratista y con la penalización correspondiente, así como todas las obras complementarias a que pudieran dar lugar cualquiera de los supuestos anteriormente citados y que el director de obra considere necesarios.

1.1.2.16.- Limpieza de las obras

Es obligación del contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

1.1.2.17.- Obras sin prescripciones explícitas

En la ejecución de trabajos que pertenecen a la construcción de las obras, y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del proyecto, el contratista se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las normas y prácticas de la buena construcción.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

1.1.3.- Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas

1.1.3.1.- Consideraciones de carácter general

La recepción de la obra es el acto por el cual el contratista, una vez concluida la obra, hace entrega de la misma al promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el promotor y el contratista, haciendo constar:

- Las partes que intervienen.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- El coste final de la ejecución material de la obra.
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- Las garantías que, en su caso, se exijan al contratista para asegurar sus responsabilidades.

Asimismo, se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el director de obra y el director de la ejecución de la obra.

El promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecúa a las condiciones contractuales.

En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos treinta días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

El cómputo de los plazos de responsabilidad y garantía será el establecido en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", y se iniciará a partir de la fecha en que se suscriba el acta de recepción, o cuando se entienda ésta tácitamente producida según lo previsto en el apartado anterior.

1.1.3.2.- Recepción provisional

Treinta días antes de dar por finalizadas las obras, comunicará el director de ejecución de la obra al promotor la proximidad de su terminación a fin de convenir el acto de la Recepción Provisional.

Ésta se realizará con la intervención del promotor, del contratista, del director de obra y del director de ejecución de la obra. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

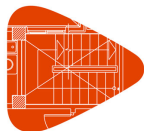
Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección extenderán el correspondiente Certificado de Final de Obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar expresamente en el Acta y se darán al contratista las oportunas instrucciones para subsanar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el contratista no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con la pérdida de la fianza.

1.1.3.3.- Documentación final de la obra

El director de ejecución de la obra, asistido por el contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactará la documentación final de las obras, que se facilitará al promotor, con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente. Esta documentación incluye el Manual de Uso y Mantenimiento del Edificio.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

1.1.3.4.- Medición definitiva y liquidación provisional de la obra

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el director de ejecución de la obra a su medición definitiva, con precisa asistencia del contratista o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el director de obra con su firma, servirá para el abono por el promotor del saldo resultante menos la cantidad retenida en concepto de fianza.

1.1.3.5.- Plazo de garantía

El plazo de garantía deberá estipularse en el contrato privado y, en cualquier caso, nunca deberá ser inferior a un año salvo casos especiales

Dentro del plazo de quince días anteriores al cumplimiento del plazo de garantía, la Dirección Facultativa, de oficio o a instancia del contratista, redactará un informe sobre el estado de las obras.

Si el informe fuera favorable, el contratista quedará exonerado de toda responsabilidad, procediéndose a la devolución o cancelación de la garantía, a la liquidación del contrato y, en su caso, al pago de las obligaciones pendientes que deberá efectuarse en el plazo de sesenta días.

En el caso de que el informe no fuera favorable y los defectos observados se debiesen a deficiencias en la ejecución de la obra, la Dirección Facultativa procederá a dictar las oportunas instrucciones al contratista para su debida reparación, concediéndole para ello un plazo durante el cual continuará encargado de la conservación de las obras, sin derecho a percibir cantidad alguna por la ampliación del plazo de garantía.

1.1.3.6.- Conservación de las obras recibidas provisionalmente

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo y cuenta del contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones ocasionadas por el uso correrán a cargo del promotor y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo del contratista.

1.1.3.7.- Recepción definitiva

La recepción definitiva se realizará después de transcurrido el plazo de garantía, en igual modo y con las mismas formalidades que la provisional. A partir de esa fecha cesará la obligación del contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios, y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran derivar de los vicios de construcción.

1.1.3.8.- Prórroga del plazo de garantía

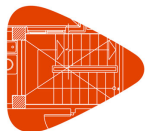
Si, al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el director de obra indicará al contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias. De no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de la fianza.

1.1.3.9.- Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida

En caso de resolución del contrato, el contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo fijado, la maquinaria, instalaciones y medios auxiliares, a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa sin problema alguno.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos anteriormente. Transcurrido el plazo de garantía, se recibirán definitivamente según lo dispuesto anteriormente.

Para las obras y trabajos no determinados, pero aceptables a juicio del director de obra, se efectuará una sola y definitiva recepción.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

1.2.- Disposiciones Facultativas

1.2.1.- Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas por la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación".

Se definen agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones quedan determinadas por lo dispuesto en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

Las definiciones y funciones de los agentes que intervienen en la edificación quedan recogidas en el capítulo III "Agentes de la edificación", considerándose:

1.2.1.1.- El promotor

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la edificación, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparan también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la edificación.

Cuando las Administraciones públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones públicas actúen como promotores, se regirán por la "Ley 9/2017. Ley de Contratos del Sector Público" y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación".

1.2.1.2.- El proyectista

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

1.2.1.3.- El constructor o contratista

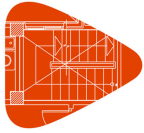
Es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

CABE EFECTUAR ESPECIAL MENCIÓN DE QUE LA LEY SEÑALA COMO RESPONSABLE EXPLÍCITO DE LOS VICIOS O DEFECTOS CONSTRUCTIVOS AL CONTRATISTA GENERAL DE LA OBRA, SIN PERJUICIO DEL DERECHO DE REPETICIÓN DE ÉSTE HACIA LOS SUBCONTRATISTAS.

1.2.1.4.- El director de obra

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del director de obra.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

1.2.1.5.- El director de la ejecución de la obra

Es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo edificado. Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el director de obra, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estimare necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de las mismas.

1.2.1.6.- Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Son entidades de control de calidad de la edificación aquellas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

1.2.1.7.- Los suministradores de productos

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

1.2.2.- Agentes que intervienen en la obra

La relación de agentes intervinientes se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

1.2.3.- Agentes en materia de seguridad y salud

La relación de agentes intervinientes en materia de seguridad y salud se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

1.2.4.- Agentes en materia de gestión de residuos

La relación de agentes intervinientes en materia de gestión de residuos, se encuentra en el Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.

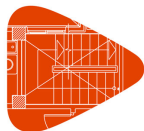
1.2.5.- La Dirección Facultativa

La Dirección Facultativa está compuesta por la Dirección de Obra y la Dirección de Ejecución de la Obra. A la Dirección Facultativa se integrará el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, en el caso de que se haya adjudicado dicha misión a facultativo distinto de los anteriores.

Representa técnicamente los intereses del promotor durante la ejecución de la obra, dirigiendo el proceso de construcción en función de las atribuciones profesionales de cada técnico participante.

1.2.6.- Visitas facultativas

Son las realizadas a la obra de manera conjunta o individual por cualquiera de los miembros que componen la Dirección Facultativa. La intensidad y número de visitas dependerá de los cometidos que a cada agente le son propios, pudiendo variar en función de los requerimientos específicos y de la mayor o menor exigencia presencial requerible al técnico al efecto en cada caso y según cada una de las fases de la obra. Deberán adaptarse al proceso lógico de construcción, pudiendo los agentes ser o no coincidentes en la obra en función de la fase concreta que se esté desarrollando en cada momento y del cometido exigible a cada cual.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

1.2.7.- Obligaciones de los agentes intervinientes

Las obligaciones de los agentes que intervienen en la edificación son las contenidas en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y demás legislación aplicable.

1.2.7.1.- El promotor

Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.

Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra, al director de la ejecución de la obra y al contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.

Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.

Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes que, de conformidad con la normativa aplicable, conlleva la construcción de edificios, la urbanización que procediera en su entorno inmediato, la realización de obras que en ellos se ejecuten y su ocupación.

Garantizar los daños materiales que el edificio pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.

La suscripción obligatoria de un seguro, de acuerdo a las normas concretas fijadas al efecto, que cubra los daños materiales que ocasionen en el edificio el incumplimiento de las condiciones de habitabilidad en tres años o que afecten a la seguridad estructural en el plazo de diez años, con especial mención a las viviendas individuales en régimen de autopromoción, que se regirán por lo especialmente legislado al efecto.

Contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico, en su caso, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".

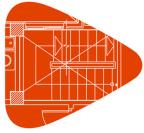
Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.

Entregar al adquirente y usuario inicial, en su caso, el denominado Libro del Edificio que contiene el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.

1.2.7.2.- El proyectista

Redactar el proyecto por encargo del promotor, con sujeción a la normativa urbanística y técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos -proyecto básico- como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.

Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales del edificio, en especial la cimentación y la estructura. Concretar en el Proyecto el emplazamiento de cuartos de máquinas, de contadores, hornacinas, espacios asignados para subida de conductos, reservas de huecos de ventilación, alojamiento de sistemas de telecomunicación y, en general, de aquellos elementos necesarios en el edificio para facilitar las determinaciones concretas y especificaciones detalladas que son cometido de los proyectos parciales, debiendo éstos adaptarse al Proyecto de Ejecución, no pudiendo contravenirlo en modo alguno. Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al director de obra antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

Acordar con el promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.

Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso edificatorio, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del director de obra y, por tanto, de exclusiva responsabilidad de éstos.

Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del director de obra y previo acuerdo con el promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.

Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

2.7.3.- El constructor o contratista

Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.

Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.

Elaborar, y exigir de cada subcontratista, un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dichos planes se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención propuestas, con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.

Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".

Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, así como cumplir las órdenes efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de Ejecución de la obra.

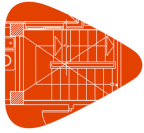
Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes.

Facilitar la labor de la Dirección Facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las Instrucciones del director de obra y del director de la ejecución material de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.

Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales o *lex artis*, aún cuando éstos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.

Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y peones que la obra requiera en cada momento, bien por personal propio o mediante



Proyecto:
Situación:
Promotor:

subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.

Ordenar y disponer en cada momento de personal suficiente a su cargo para que efectúe las actuaciones pertinentes para ejecutar las obras con solvencia, diligentemente y sin interrupción, programándolas de manera coordinada con el director de ejecución material de la obra.

Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.

Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del director de la ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la Dirección Facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.

Dotar de material, maquinaria y utillajes adecuados a los operarios que intervengan en la obra, para efectuar adecuadamente las instalaciones necesarias y no menoscabar con la puesta en obra las características y naturaleza de los elementos constructivos que componen el edificio una vez finalizado.

Poner a disposición del director de ejecución material de la obra los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, recabando de dicho técnico el plan a seguir en cuanto a las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.

Cuidar de que el personal de la obra guarde el debido respeto a la Dirección Facultativa.

Auxiliar al Director de la Ejecución de la Obra en los actos de replanteo y firmar posteriormente y una vez finalizado éste, el acta correspondiente de inicio de obra, así como la de recepción final.

Facilitar a los directores de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.

Subscribir las garantías de obra que se señalan en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio).

1.2.7.4.- El director de obra

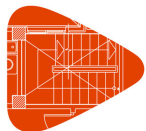
Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.

Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al promotor.

Redactar las modificaciones, ajustes, rectificaciones o planos complementarios que se precisen para el adecuado desarrollo de las obras. Es facultad expresa y única la redacción de aquellas modificaciones o aclaraciones directamente relacionadas con la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno; el cálculo o recálculo del dimensionado y armado de todos y cada uno de los elementos principales y complementarios de la cimentación y de la estructura vertical y horizontal; los que afecten sustancialmente a la distribución de espacios y las soluciones de fachada y cubierta y dimensionado y composición de huecos, así como la modificación de los materiales previstos.

Asesorar al director de la ejecución de la obra en aquellas aclaraciones y dudas que pudieran acontecer para el correcto desarrollo de la misma, en lo que respecta a las interpretaciones de las especificaciones de proyecto.

Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de



Proyecto:
Situación:
Promotor:

Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que se estimara oportunas reseñar para la correcta interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que estimare oportuno.

Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Informar puntualmente al promotor de aquellas modificaciones sustanciales que, por razones técnicas o normativas, conlleven una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales de las viviendas.

Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas. Para ello, los técnicos redactores de proyectos y/o estudios complementarios deberán obligatoriamente entregarle la documentación final en la que se haga constar el estado final de las obras y/o instalaciones por ellos redactadas, supervisadas y realmente ejecutadas, siendo responsabilidad de los firmantes la veracidad y exactitud de los documentos presentados.

Al Proyecto Final de Obra se anexará el Acta de Recepción Final; la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes; las instrucciones de uso y Mantenimiento del Edificio y de sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

La documentación a la que se hace referencia en los dos apartados anteriores es parte constituyente del Libro del Edificio y el promotor deberá entregar una copia completa a los usuarios finales del mismo que, en el caso de edificios de viviendas plurifamiliares, se materializa en un ejemplar que deberá ser custodiado por el Presidente de la Comunidad de Propietarios o por el Administrador, siendo éstos los responsables de divulgar al resto de propietarios su contenido y de hacer cumplir los requisitos de mantenimiento que constan en la citada documentación.

Además de todas las facultades que corresponden al director de obra, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección mediata, denominada alta dirección en lo que al cumplimiento de las directrices generales del proyecto se refiere, y a la adecuación de lo construido a éste.

Debe señalarse expresamente que la resistencia al cumplimiento de las órdenes de los directores de obra en su labor de alta dirección se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá recusar al contratista y/o acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el contratista de las consecuencias legales y económicas.

1.2.7.5.- El director de la ejecución de la obra

Corresponde al director de ejecución material de la obra, según se establece en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y demás legislación vigente al efecto, las atribuciones competenciales y obligaciones que se señalan a continuación:

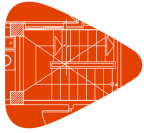
La Dirección inmediata de la Obra.

Verificar personalmente la recepción a pie de obra, previo a su acopio o colocación definitiva, de todos los productos y materiales suministrados necesarios para la ejecución de la obra, comprobando que se ajustan con precisión a las determinaciones del proyecto y a las normas exigibles de calidad, con la plena potestad de aceptación o rechazo de los mismos en caso de que lo considerase oportuno y por causa justificada, ordenando la realización de pruebas y ensayos que fueran necesarios.

Dirigir la ejecución material de la obra de acuerdo con las especificaciones de la memoria y de los planos del Proyecto, así como, en su caso, con las instrucciones complementarias necesarias que recabara del director de obra.

Anticiparse con la antelación suficiente a las distintas fases de la puesta en obra, requiriendo las aclaraciones al director de obra o directores de obra que fueran necesarias y planificando de manera anticipada y continuada con el contratista principal y los subcontratistas los trabajos a efectuar.

Comprobar los replanteos, los materiales, hormigones y demás productos suministrados, exigiendo la presentación de los oportunos certificados de idoneidad de los mismos.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

Verificar la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, extendiéndose dicho cometido a todos los elementos de cimentación y estructura horizontal y vertical, con comprobación de sus especificaciones concretas de dimensionado de elementos, tipos de viguetas y adecuación a ficha técnica homologada, diámetros nominales, longitudes de anclaje y adecuados solape y doblado de barras.

Observancia de los tiempos de encofrado y desencofrado de vigas, pilares y forjados señalados por la Instrucción del Hormigón vigente y de aplicación.

Comprobación del correcto dimensionado de rampas y escaleras y de su adecuado trazado y replanteo con acuerdo a las pendientes, desniveles proyectados y al cumplimiento de todas las normativas que son de aplicación; a dimensiones parciales y totales de elementos, a su forma y geometría específica, así como a las distancias que deben guardarse entre ellos, tanto en horizontal como en vertical.

Verificación de la adecuada puesta en obra de fábricas y cerramientos, a su correcta y completa trabazón y, en general, a lo que atañe a la ejecución material de la totalidad de la obra y sin excepción alguna, de acuerdo a los criterios y leyes de los materiales y de la correcta construcción (lex artis) y a las normativas de aplicación.

Asistir a la obra con la frecuencia, dedicación y diligencia necesarias para cumplir eficazmente la debida supervisión de la ejecución de la misma en todas sus fases, desde el replanteo inicial hasta la total finalización del edificio, dando las órdenes precisas de ejecución al contratista y, en su caso, a los subcontratistas.

Consignar en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que considerara oportuno reseñar para la correcta ejecución material de las obras.

Supervisar posteriormente el correcto cumplimiento de las órdenes previamente efectuadas y la adecuación de lo realmente ejecutado a lo ordenado previamente.

Verificar el adecuado trazado de instalaciones, conductos, acometidas, redes de evacuación y su dimensionado, comprobando su idoneidad y ajuste tanto a las especificaciones del proyecto de ejecución como de los proyectos parciales, coordinando dichas actuaciones con los técnicos redactores correspondientes.

Detener la Obra si, a su juicio, existiera causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata a los directores de obra que deberán necesariamente corroborarla para su plena efectividad, y al promotor.

Supervisar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, respecto a lo especificado por la normativa vigente, en cuyo cometido y obligaciones tiene legalmente competencia exclusiva, programando bajo su responsabilidad y debidamente coordinado y auxiliado por el contratista, las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias de elementos estructurales, así como las pruebas de estanqueidad de fachadas y de sus elementos, de cubiertas y sus impermeabilizaciones, comprobando la eficacia de las soluciones.

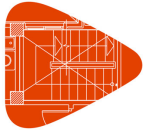
Informar con prontitud a los directores de obra de los resultados de los Ensayos de Control conforme se vaya teniendo conocimiento de los mismos, proponiéndole la realización de pruebas complementarias en caso de resultados adversos.

Tras la oportuna comprobación, emitir las certificaciones parciales o totales relativas a las unidades de obra realmente ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Colaborar activa y positivamente con los restantes agentes intervinientes, sirviendo de nexo de unión entre éstos, el contratista, los subcontratistas y el personal de la obra.

Elaborar y suscribir responsablemente la documentación final de obra relativa a los resultados del Control de Calidad y, en concreto, a aquellos ensayos y verificaciones de ejecución de obra realizados bajo su supervisión relativos a los elementos de la cimentación, muros y estructura, a las pruebas de estanqueidad y escorrentía de cubiertas y de fachadas, a las verificaciones del funcionamiento de las instalaciones de saneamiento y desagües de pluviales y demás aspectos señalados en la normativa de Control de Calidad.

Suscribir conjuntamente el Certificado Final de Obra, acreditando con ello su conformidad a la correcta ejecución de las obras y a la comprobación y verificación positiva de los ensayos y pruebas realizadas.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

Si se hiciera caso omiso de las órdenes efectuadas por el director de la ejecución de la obra, se considerara como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el contratista de las consecuencias legales y económicas.

1.2.7.6.- Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de la obra.

Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las Comunidades Autónomas con competencia en la materia.

1.2.7.7.- Los suministradores de productos

Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable.

Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada.

1.2.7.8.- Los propietarios y los usuarios

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuenta.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

1.2.8.- Documentación final de obra: Libro del Edificio

De acuerdo a la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", una vez finalizada la obra, el proyecto con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el director de obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

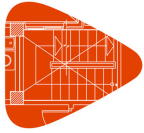
A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Toda la documentación a que hacen referencia los apartados anteriores, que constituirá el {{Libro del Edificio}}, será entregada a los usuarios finales del edificio.

1.2.8.1.- Los propietarios y los usuarios

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuenta.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

1.3.- Disposiciones Económicas

1.3.1.- Definición

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, promotor y contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

1.3.2.- Contrato de obra

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el promotor y el contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (director de obra y director de ejecución de la obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, COORDINAR, DIRIGIR y CONTROLAR la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el contratista.
- Condiciones de ocupación del solar e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.
- Responsabilidades y obligaciones del contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del promotor.
- Presupuesto del contratista.
- Revisión de precios (en su caso).
- Forma de pago: Certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).
- Plazos de ejecución: Planning.
- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la Dirección Facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

1.3.3.- Criterio General

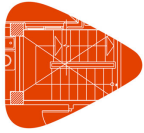
Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

1.3.4.- Fianzas

El contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra:

1.3.4.1.- Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en nombre y representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

1.3.4.2.- Devolución de las fianzas

La fianza recibida será devuelta al contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

1.3.4.3.- Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales

Si el promotor, con la conformidad del director de obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

1.3.5.- De los precios

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construir la obra. Descompondremos el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, calcularemos el presupuesto.

3.5.1.- Precio básico

Es el precio por unidad (ud, m, kg, etc.) de un material dispuesto a pie de obra, (incluido su transporte a obra, descarga a obra, embalajes, etc.) o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.

3.5.2.- Precio unitario

Es el precio de una unidad de obra que obtendremos como suma de los siguientes costes:

- Costes directos: calculados como suma de los productos "precio básico x cantidad" de la mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución de la unidad de obra.
- Medios auxiliares: Costes directos complementarios, calculados en forma porcentual como porcentaje de otros componentes, debido a que representan los costes directos que intervienen en la ejecución de la unidad de obra y que son de difícil cuantificación. Son diferentes para cada unidad de obra.
- Costes indirectos: aplicados como un porcentaje de la suma de los costes directos y medios auxiliares, igual para cada unidad de obra debido a que representan los costes de los factores necesarios para la ejecución de la obra que no se corresponden a ninguna unidad de obra en concreto.

En relación a la composición de los precios, se establece que la composición y el cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se base en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución, sin incorporar, en ningún caso, el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido que pueda gravar las entregas de bienes o prestaciones de servicios realizados.

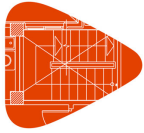
Considera costes directos:

- La mano de obra que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que quedan integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.

Deben incluirse como costes indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorio, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, excepto aquéllos que se reflejen en el presupuesto valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el autor del proyecto a la vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su previsible plazo de ejecución.

Las características técnicas de cada unidad de obra, en las que se incluyen todas las especificaciones necesarias para su correcta ejecución, se encuentran en el apartado de 'Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra', junto a la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

Si en la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra no figurase alguna operación necesaria para su correcta ejecución, se entiende que está incluida en el precio de la unidad de obra, por lo que no supondrá cargo adicional o aumento de precio de la unidad de obra contratada.

Para mayor aclaración, se exponen algunas operaciones o trabajos, que se entiende que siempre forman parte del proceso de ejecución de las unidades de obra:

- El transporte y movimiento vertical y horizontal de los materiales en obra, incluso carga y descarga de los camiones.
- Eliminación de restos, limpieza final y retirada de residuos a vertedero de obra.
- Transporte de escombros sobrantes a vertedero autorizado.
- Montaje, comprobación y puesta a punto.
- Las correspondientes legalizaciones y permisos en instalaciones.
- Maquinaria, andamiajes y medios auxiliares necesarios.

Trabajos que se considerarán siempre incluidos y para no ser reiterativos no se especifican en cada una de las unidades de obra.

1.3.5.3.- Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen.

Se denomina Presupuesto de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Es decir, el coste de la obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

1.3.5.4.- Precios contradictorios

Sólo se producirán precios contradictorios cuando el promotor, por medio del director de obra, decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El contratista siempre estará obligado a efectuar los cambios indicados.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el director de obra y el contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el contrato de obra o, en su defecto, antes de quince días hábiles desde que se le comunique fehacientemente al director de obra. Si subsiste la diferencia, se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto y, en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiese se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato de obra. Nunca se tomará para la valoración de los correspondientes precios contradictorios la fecha de la ejecución de la unidad de obra en cuestión.

1.3.5.5.- Reclamación de aumento de precios

Si el contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

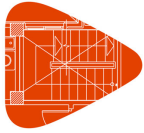
1.3.5.6.- Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios

En ningún caso podrá alegar el contratista los usos y costumbres locales respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas. Se estará a lo previsto en el Presupuesto y en el criterio de medición en obra recogido en el Pliego.

1.3.5.7.- De la revisión de los precios contratados

El presupuesto presentado por el contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios.

Sólo se procederá a efectuar revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el promotor y el contratista.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

1.3.5.8.- Acopio de materiales

El contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el promotor ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el contratista responsable de su guarda y conservación.

1.3.6.- Obras por administración

Se denominan "Obras por administración" aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el promotor, bien por sí mismo, por un representante suyo o por mediación de un contratista.

Las obras por administración se clasifican en dos modalidades:

- Obras por administración directa.
- Obras por administración delegada o indirecta.

Según la modalidad de contratación, en el contrato de obra se regulará:

- Su liquidación.
- El abono al contratista de las cuentas de administración delegada.
- Las normas para la adquisición de los materiales y aparatos.
- Responsabilidades del contratista en la contratación por administración en general y, en particular, la debida al bajo rendimiento de los obreros.

3.7.- Valoración y abono de los trabajos

3.7.1.- Forma y plazos de abono de las obras

Se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (promotor y contratista) que, en definitiva, es el que tiene validez.

Los pagos se efectuarán por el promotor en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el director de ejecución de la obra, en virtud de las cuáles se verifican aquéllos.

El director de ejecución de la obra realizará, en la forma y condiciones que establezca el criterio de medición en obra incorporado en las Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el período de tiempo anterior, pudiendo el contratista presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obra que, por sus dimensiones y características, hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el contratista está obligado a avisar al director de ejecución de la obra con la suficiente antelación, a fin de que éste pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el contratista.

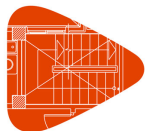
A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al contratista, queda éste obligado a aceptar las decisiones del promotor sobre el particular.

1.3.7.2.- Relaciones valoradas y certificaciones

En los plazos fijados en el contrato de obra entre el promotor y el contratista, éste último formulará una relación valorada de las obras ejecutadas durante las fechas previstas, según la medición practicada por el Director de Ejecución de la Obra.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo, los excesos de obra realizada en unidades, tales como excavaciones y hormigones, que sean imputables al contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la Dirección Facultativa. Tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la Liquidación Final, no suponiendo tampoco dichas



Proyecto:
Situación:
Promotor:

certificaciones parciales la aceptación, la aprobación, ni la recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. Si la Dirección Facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

1.3.7.3.- Mejora de obras libremente ejecutadas

Cuando el contratista, incluso con la autorización del director de obra, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el proyecto o sustituyese una clase de fábrica por otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin solicitársela, cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio de la Dirección Facultativa, no tendrá derecho más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

1.3.7.4.- Abono de trabajos presupuestados con partida alzada

El abono de los trabajos presupuestados en partida alzada se efectuará previa justificación por parte del contratista. Para ello, el director de obra indicará al contratista, con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta.

1.3.7.5.- Abono de trabajos especiales no contratados

Cuando fuese preciso efectuar cualquier tipo de trabajo de índole especial u ordinaria que, por no estar contratado, no sea de cuenta del contratista, y si no se contratase con tercera persona, tendrá el contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por el promotor por separado y en las condiciones que se estipulen en el contrato de obra.

1.3.7.6.- Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional, y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el contratista a su debido tiempo, y el director de obra exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el presente Pliego de Condiciones, sin estar sujetos a revisión de precios.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el promotor, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al contratista.

1.3.8.- Indemnizaciones Mutuas

1.3.8.1.- Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras

Si, por causas imputables al contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el promotor podrá imponer al contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

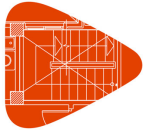
1.3.8.2.- Demora de los pagos por parte del promotor

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

1.3.9.- Varios

1.3.9.1.- Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra

Sólo se admitirán mejoras de obra, en el caso que el director de obra haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como de los materiales y maquinaria previstos en el contrato.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

Sólo se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, en el caso que el director de obra haya ordenado por escrito la ampliación de las contratadas como consecuencia de observar errores en las mediciones de proyecto.

En ambos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o maquinaria ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el director de obra introduzca innovaciones que supongan una reducción en los importes de las unidades de obra contratadas.

1.3.9.2.- Unidades de obra defectuosas

Las obras defectuosas no se valorarán.

1.3.9.3.- Seguro de las obras

El contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

1.3.9.4.- Conservación de la obra

El contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

1.3.9.5.- Uso por el contratista de edificio o bienes del promotor

No podrá el contratista hacer uso de edificio o bienes del promotor durante la ejecución de las obras sin el consentimiento del mismo.

Al abandonar el contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como por resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que se estipule en el contrato de obra.

1.3.9.6.- Pago de arbitrios

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del contratista, siempre que en el contrato de obra no se estipule lo contrario.

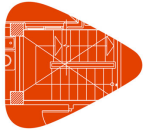
1.3.10.- Retenciones en concepto de garantía

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien (5%) y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del promotor durante el tiempo designado como PERIODO DE GARANTÍA, pudiendo ser dicha retención, "en metálico" o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

1.3.11.- Plazos de ejecución: Planning de obra

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

1.3.12.- Liquidación económica de las obras

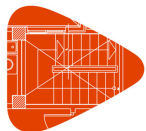
Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el promotor y el contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el promotor, el contratista, el director de obra y el director de ejecución de la obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

1.3.13.- Liquidación final de la obra

Entre el promotor y contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará, en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

2.- PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

2.1.- Prescripciones sobre los materiales

Para facilitar la labor a realizar, por parte del director de la ejecución de la obra, para el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra de acuerdo con lo especificado en el "Real Decreto 314/2006. Código Técnico de la Edificación (CTE)", en el presente proyecto se especifican las características técnicas que deberán cumplir los productos, equipos y sistemas suministrados.

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica que avale sus calidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Este control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas comprenderá:

- El control de la documentación de los suministros.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad.
- El control mediante ensayos.

Por parte del constructor o contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las calidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de los mismos se solicite la aprobación del director de ejecución de la obra y de las entidades y laboratorios encargados del control de calidad de la obra.

El contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

El contratista notificará al director de ejecución de la obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el director de ejecución de la obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el director de ejecución de la obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del contratista.

El hecho de que el contratista subcontrate cualquier partida de obra no le exime de su responsabilidad.

La simple inspección o examen por parte de los Técnicos no supone la recepción absoluta de los mismos, siendo los oportunos ensayos los que determinen su idoneidad, no extinguiéndose la responsabilidad contractual del contratista a estos efectos hasta la recepción definitiva de la obra.

2.1.1.- Garantías de calidad (Marcado CE)

El término producto de construcción queda definido como cualquier producto fabricado para su incorporación, con carácter permanente, a las obras de edificación e ingeniería civil que tengan incidencia sobre los siguientes requisitos esenciales:

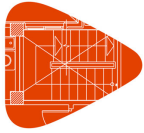
- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.
- Seguridad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

El marcado CE de un producto de construcción indica:

- Que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).
- Que se ha cumplido el sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones indicado en los mandatos relativos a las normas armonizadas y en las especificaciones técnicas armonizadas.

Siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

Es obligación del director de la ejecución de la obra verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del marcado CE y, en caso de ser así, si se cumplen las condiciones establecidas en el "Real



Proyecto:
Situación:
Promotor:

Decreto 1630/1992. Disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE".

El marcado CE se materializa mediante el símbolo "CE" acompañado de una información complementaria.

El fabricante debe cuidar de que el marcado CE figure, por orden de preferencia:

- En el producto propiamente dicho.
- En una etiqueta adherida al mismo.
- En su envase o embalaje.
- En la documentación comercial que le acompaña.

Las letras del símbolo CE deben tener una dimensión vertical no inferior a 5 mm.

Además del símbolo CE deben estar situadas en una de las cuatro posibles localizaciones una serie de inscripciones complementarias, cuyo contenido específico se determina en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, entre las que se incluyen:

- el número de identificación del organismo notificado (cuando proceda)
- el nombre comercial o la marca distintiva del fabricante
- la dirección del fabricante
- el nombre comercial o la marca distintiva de la fábrica
- las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el marcado en el producto
- el número del certificado CE de conformidad (cuando proceda)
- el número de la norma armonizada y en caso de verse afectada por varias los números de todas ellas
- la designación del producto, su uso previsto y su designación normalizada
- información adicional que permita identificar las características del producto atendiendo a sus especificaciones técnicas

Las inscripciones complementarias del marcado CE no tienen por qué tener un formato, tipo de letra, color o composición especial, debiendo cumplir únicamente las características reseñadas anteriormente para el símbolo.

Dentro de las características del producto podemos encontrar que alguna de ellas presente la mención "Prestación no determinada" (PND).

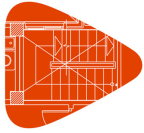
La opción PND es una clase que puede ser considerada si al menos un estado miembro no tiene requisitos legales para la determinada característica y el fabricante no desea facilitar el valor de esa característica.

1.2.- Hormigones

1.2.1.- Hormigón estructural

2.1.2.1.1.- Condiciones de suministro

- El hormigón se debe transportar utilizando procedimientos adecuados para conseguir que las masas lleguen al lugar de entrega en las condiciones estipuladas, sin experimentar variación sensible en las características que poseían recién amasadas.
- Cuando el hormigón se amasa completamente en central y se transporta en amasadoras móviles, el volumen de hormigón transportado no deberá exceder del 80% del volumen total del tambor. Cuando el hormigón se amasa, o se termina de amasar, en amasadora móvil, el volumen no excederá de los dos tercios del volumen total del tambor.
- Los equipos de transporte deberán estar exentos de residuos de hormigón o mortero endurecido, para lo cual se limpiarán cuidadosamente antes de proceder a la carga de una nueva masa fresca de hormigón. Asimismo, no deberán presentar desperfectos o desgastes en las paletas o en su superficie interior que puedan afectar a la homogeneidad del hormigón.
- El transporte podrá realizarse en amasadoras móviles, a la velocidad de agitación, o en equipos con o sin agitadores, siempre que tales equipos tengan superficies lisas y redondeadas y sean capaces de mantener la homogeneidad del hormigón durante el transporte y la descarga.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

2.1.2.1.2.- Recepción y control

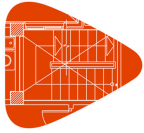
- Documentación de los suministros:
 - Los suministradores entregarán al Constructor, quién los facilitará a la Dirección Facultativa, cualquier documento de identificación del producto exigido por la reglamentación aplicable o, en su caso, por el proyecto o por la Dirección Facultativa. Se facilitarán los siguientes documentos:
 - Antes del suministro:
 - Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente.
 - Se entregarán los certificados de ensayo que garanticen el cumplimiento de lo establecido en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
 - Durante el suministro:
 - Cada carga de hormigón fabricado en central, tanto si ésta pertenece o no a las instalaciones de obra, irá acompañada de una hoja de suministro que estará en todo momento a disposición de la Dirección de Obra, y en la que deberán figurar, como mínimo, los siguientes datos:
 - Nombre de la central de fabricación de hormigón.
 - Número de serie de la hoja de suministro.
 - Fecha de entrega.
 - Nombre del peticionario y del responsable de la recepción.
 - Especificación del hormigón.
 - En el caso de que el hormigón se designe por propiedades:
 - Designación.
 - Contenido de cemento en kilos por metro cúbico (kg/m^3) de hormigón, con una tolerancia de ± 15 kg.
 - Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia de $\pm 0,02$.
 - En el caso de que el hormigón se designe por dosificación:
 - Contenido de cemento por metro cúbico de hormigón.
 - Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia de $\pm 0,02$.
 - Tipo de ambiente.
 - Tipo, clase y marca del cemento.
 - Consistencia.
 - Tamaño máximo del árido.
 - Tipo de aditivo, si lo hubiere, y en caso contrario indicación expresa de que no contiene.
 - Procedencia y cantidad de adición (cenizas volantes o humo de sílice) si la hubiere y, en caso contrario, indicación expresa de que no contiene.
 - Designación específica del lugar del suministro (nombre y lugar).
 - Cantidad de hormigón que compone la carga, expresada en metros cúbicos de hormigón fresco.
 - Identificación del camión hormigonera (o equipo de transporte) y de la persona que proceda a la descarga.
 - Hora límite de uso para el hormigón.
 - Después del suministro:
 - El certificado de garantía del producto suministrado, firmado por persona física con poder de representación suficiente.
 - Ensayos:
 - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

2.1.2.1.3.- Conservación, almacenamiento y manipulación

- En el vertido y colocación de las masas, incluso cuando estas operaciones se realicen de un modo continuo mediante conducciones apropiadas, se adoptarán las debidas precauciones para evitar la segregación de la mezcla.

2.1.2.1.4.- Recomendaciones para su uso en obra

- El tiempo transcurrido entre la adición de agua de amasado al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no debe ser mayor de hora y media. En tiempo caluroso, o bajo condiciones que contribuyan a un rápido fraguado del hormigón, el tiempo límite deberá ser inferior, a menos que se adopten medidas especiales que, sin perjudicar la calidad del hormigón, aumenten el tiempo de fraguado.
- Hormigonado en tiempo frío:
 - La temperatura de la masa de hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5°C .



Proyecto:
Situación:
Promotor:

- Se prohíbe verter el hormigón sobre elementos (armaduras, moldes, etc.) cuya temperatura sea inferior a cero grados centígrados.
- En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de cero grados centígrados.
- En los casos en que, por absoluta necesidad, se hormigone en tiempo de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que, durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón, no se producirán deterioros locales en los elementos correspondientes, ni mermas permanentes apreciables de las características resistentes del material.
- Hormigonado en tiempo caluroso:
 - Si la temperatura ambiente es superior a 40°C o hay un viento excesivo, se suspenderá el hormigonado, salvo que, previa autorización expresa de la Dirección de Obra, se adopten medidas especiales.

2.1.3.- Aceros para estructuras metálicas

2.1.3.1.- Aceros en perfiles laminados

2.1.3.1.1.- Condiciones de suministro

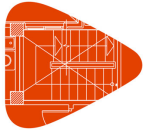
- Los aceros se deben transportar de una manera segura, de forma que no se produzcan deformaciones permanentes y los daños superficiales sean mínimos. Los componentes deben estar protegidos contra posibles daños en los puntos de eslingado (por donde se sujetan para izarlos).
- Los componentes prefabricados que se almacenan antes del transporte o del montaje deben estar apilados por encima del terreno y sin contacto directo con éste. Debe evitarse cualquier acumulación de agua. Los componentes deben mantenerse limpios y colocados de forma que se eviten las deformaciones permanentes.
 - Se verificará que las piezas de acero que lleguen a obra acabadas con imprimación antioxidante tengan una preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y hayan recibido en taller dos manos de imprimación anticorrosiva, libre de plomo y de cromados, con un espesor mínimo de película seca de 35 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura.
 - Se verificará que las piezas de acero que lleguen a obra con acabado galvanizado tengan el recubrimiento de zinc homogéneo y continuo en toda su superficie, y no se aprecien grietas, exfoliaciones, ni desprendimientos en el mismo.

2.1.3.1.2.- Recepción y control

- Documentación de los suministros:
 - Para los productos planos:
 - Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos planos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a elección del fabricante.
 - Si en el pedido se solicita inspección y ensayo, se deberá indicar:
 - Tipo de inspección y ensayos (específicos o no específicos).
 - El tipo de documento de la inspección.
 - Para los productos largos:
 - Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos largos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a elección del fabricante.
- Ensayos:
 - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

2.1.3.1.3.- Conservación, almacenamiento y manipulación

- Si los materiales han estado almacenados durante un largo periodo de tiempo, o de una manera tal que pudieran haber sufrido un deterioro importante, deberán ser comprobados antes de ser utilizados, para asegurarse de que siguen cumpliendo con la norma de producto correspondiente. Los productos de acero resistentes a la corrosión atmosférica pueden requerir un chorreo ligero antes de su empleo para proporcionarles una base uniforme para la exposición a la intemperie.
- El material deberá almacenarse en condiciones que cumplan las instrucciones de su fabricante, cuando se disponga de éstas.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

2.1.3.1.4.- Recomendaciones para su uso en obra

- El material no deberá emplearse si se ha superado la vida útil en almacén especificada por su fabricante.

2.1.4.- Conglomerantes

2.1.4.1.- Yesos y escayolas para revestimientos continuos

2.1.4.1.1.- Condiciones de suministro

- Los yesos y escayolas se deben suministrar a granel o ensacados, con medios adecuados para que no sufran alteración.

2.1.4.1.2.- Recepción y control

- Documentación de los suministros:
 - Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.
- Ensayos:
 - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.
- Inspecciones:
 - Para el control de recepción se establecerán partidas homogéneas procedentes de una misma unidad de transporte (camión, cisterna, vagón o similar) y que provengan de una misma fábrica. También se podrá considerar como partida el material homogéneo suministrado directamente desde una fábrica en un mismo día, aunque sea en distintas entregas.
 - A su llegada a destino o durante la toma de muestras la Dirección Facultativa comprobará que:
 - El producto llega perfectamente envasado y los envases en buen estado.
 - El producto es identificable con lo especificado anteriormente.
 - El producto estará seco y exento de grumos.

2.1.4.1.3.- Conservación, almacenamiento y manipulación

- Las muestras que deben conservarse en obra, se almacenarán en la misma, en un local seco, cubierto y cerrado durante un mínimo de sesenta días desde su recepción.

2.1.5.- Varios

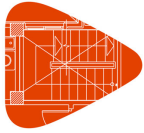
2.1.5.1.- Equipos de protección individual

2.1.5.1.1.- Condiciones de suministro

- El empresario suministrará los equipos gratuitamente, de modo que el coste nunca podrá repercutir sobre los trabajadores.

2.1.5.1.2.- Recepción y control

- Documentación de los suministros:
 - Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.
- Ensayos:
 - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

2.1.5.1.3.- Conservación, almacenamiento y manipulación

- La utilización, el almacenamiento, el mantenimiento, la limpieza, la desinfección y la reparación de los equipos cuando proceda, deben efectuarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

2.1.5.1.4.- Recomendaciones para su uso en obra

- Salvo en casos excepcionales, los equipos de protección individual sólo deben utilizarse para los usos previstos.
- Los equipos de protección individual están destinados, en principio, a un uso personal. Si las circunstancias exigiesen la utilización de un equipo por varias personas, se deben adoptar las medidas necesarias para que ello no origine ningún problema de salud o de higiene a los diferentes usuarios.
- Las condiciones en que un equipo de protección deba ser utilizado, en particular, en lo que se refiere al tiempo durante el cual haya de llevarse, se determinarán en función de:
 - La gravedad del riesgo.
 - El tiempo o frecuencia de exposición al riesgo.
 - Las prestaciones del propio equipo.
 - Los riesgos adicionales derivados de la propia utilización del equipo que no hayan podido evitarse.

2.- Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra

Las prescripciones para la ejecución de cada una de las diferentes unidades de obra se organizan en los siguientes apartados:

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.

Se especifican, en caso de que existan, las posibles incompatibilidades, tanto físicas como químicas, entre los diversos componentes que componen la unidad de obra, o entre el soporte y los componentes.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Se describe la unidad de obra, detallando de manera pormenorizada los elementos que la componen, con la nomenclatura específica correcta de cada uno de ellos, de acuerdo a los criterios que marca la propia normativa.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Se especifican las normas que afectan a la realización de la unidad de obra.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Indica cómo se ha medido la unidad de obra en la fase de redacción del proyecto, medición que luego será comprobada en obra.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

Antes de iniciarse los trabajos de ejecución de cada una de las unidades de obra, el director de la ejecución de la obra habrá recepcionado los materiales y los certificados acreditativos exigibles, en base a lo establecido en la documentación pertinente por el técnico redactor del proyecto. Será preceptiva la aceptación previa por parte del director de la ejecución de la obra de todos los materiales que constituyen la unidad de obra.

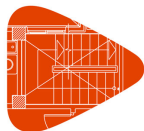
Así mismo, se realizarán una serie de comprobaciones previas sobre las condiciones del soporte, las condiciones ambientales del entorno, y la cualificación de la mano de obra, en su caso.

DEL SOPORTE

Se establecen una serie de requisitos previos sobre el estado de las unidades de obra realizadas previamente, que pueden servir de soporte a la nueva unidad de obra.

AMBIENTALES

En determinadas condiciones climáticas (viento, lluvia, humedad, etc.) no podrán iniciarse los trabajos de ejecución de la unidad de obra, deberán interrumpirse o será necesario adoptar una serie de medidas protectoras.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

DEL CONTRATISTA

En algunos casos, será necesaria la presentación al director de la ejecución de la obra de una serie de documentos por parte del contratista, que acrediten su cualificación, o la de la empresa por él subcontratada, para realizar cierto tipo de trabajos. Por ejemplo la puesta en obra de sistemas constructivos en posesión de un Documento de Idoneidad Técnica (DIT), deberán ser realizados por la propia empresa propietaria del DIT, o por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por ésta y bajo su control técnico.

PROCESO DE EJECUCIÓN

En este apartado se desarrolla el proceso de ejecución de cada unidad de obra, asegurando en cada momento las condiciones que permitan conseguir el nivel de calidad previsto para cada elemento constructivo en particular.

FASES DE EJECUCIÓN

Se enumeran, por orden de ejecución, las fases de las que consta el proceso de ejecución de la unidad de obra.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

En algunas unidades de obra se hace referencia a las condiciones en las que debe finalizarse una determinada unidad de obra, para que no interfiera negativamente en el proceso de ejecución del resto de unidades.

Una vez terminados los trabajos correspondientes a la ejecución de cada unidad de obra, el contratista retirará los medios auxiliares y procederá a la limpieza del elemento realizado y de las zonas de trabajo, recogiendo los restos de materiales y demás residuos originados por las operaciones realizadas para ejecutar la unidad de obra, siendo todos ellos clasificados, cargados y transportados a centro de reciclaje, vertedero específico o centro de acogida o transferencia.

PRUEBAS DE SERVICIO

En aquellas unidades de obra que sea necesario, se indican las pruebas de servicio a realizar por el propio contratista o empresa instaladora, cuyo coste se encuentra incluido en el propio precio de la unidad de obra.

Aquellas otras pruebas de servicio o ensayos que no están incluidos en el precio de la unidad de obra, y que es obligatoria su realización por medio de laboratorios acreditados se encuentran detalladas y presupuestadas, en el correspondiente capítulo X de Control de Calidad y Ensayos, del Presupuesto de Ejecución Material (PEM).

Por ejemplo, esto es lo que ocurre en la unidad de obra ADP010, donde se indica que no está incluido en el precio de la unidad de obra el coste del ensayo de densidad y humedad "in situ".

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

En algunas unidades de obra se establecen las condiciones en que deben protegerse para la correcta conservación y mantenimiento en obra, hasta su recepción final.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

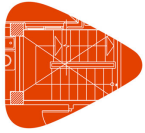
Indica cómo se comprobarán en obra las mediciones de Proyecto, una vez superados todos los controles de calidad y obtenida la aceptación final por parte del director de ejecución de la obra.

La medición del número de unidades de obra que ha de abonarse se realizará, en su caso, de acuerdo con las normas que establece este capítulo, tendrá lugar en presencia y con intervención del contratista, entendiendo que éste renuncia a tal derecho si, avisado oportunamente, no compareciese a tiempo. En tal caso, será válido el resultado que el director de ejecución de la obra consigne.

Todas las unidades de obra se abonarán a los precios establecidos en el Presupuesto. Dichos precios se abonarán por las unidades terminadas y ejecutadas con arreglo al presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.

Estas unidades comprenden el suministro, cánones, transporte, manipulación y empleo de los materiales, maquinaria, medios auxiliares, mano de obra necesaria para su ejecución y costes indirectos derivados de estos conceptos, así como cuantas necesidades circunstanciales se requieran para la ejecución de la obra, tales como indemnizaciones por daños a terceros u ocupaciones temporales y costos de obtención de los permisos necesarios, así como de las operaciones necesarias para la reposición de servidumbres y servicios públicos o privados afectados tanto por el proceso de ejecución de las obras como por las instalaciones auxiliares.

Igualmente, aquellos conceptos que se especifican en la definición de cada unidad de obra, las operaciones descritas en



Proyecto:
Situación:
Promotor:

el proceso de ejecución, los ensayos y pruebas de servicio y puesta en funcionamiento, inspecciones, permisos, boletines, licencias, tasas o similares.

No será de abono al contratista mayor volumen de cualquier tipo de obra que el definido en los planos o en las modificaciones autorizadas por la Dirección Facultativa. Tampoco le será abonado, en su caso, el coste de la restitución de la obra a sus dimensiones correctas, ni la obra que hubiese tenido que realizar por orden de la Dirección Facultativa para subsanar cualquier defecto de ejecución.

TERMINOLOGÍA APLICADA EN EL CRITERIO DE MEDICIÓN.

A continuación, se detalla el significado de algunos de los términos utilizados en los diferentes capítulos de obra.

ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

Volumen de tierras en perfil esponjado. La medición se referirá al estado de las tierras una vez extraídas. Para ello, la forma de obtener el volumen de tierras a transportar, será la que resulte de aplicar el porcentaje de esponjamiento medio que proceda, en función de las características del terreno.

Volumen de relleno en perfil compactado. La medición se referirá al estado del relleno una vez finalizado el proceso de compactación.

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones excavadas hubieran quedado con mayores dimensiones.

CIMENTACIONES

Superficie teórica ejecutada. Será la superficie que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que la superficie ocupada por el hormigón hubiera quedado con mayores dimensiones.

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones de hormigón hubieran quedado con mayores dimensiones.

ESTRUCTURAS

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones de los elementos estructurales hubieran quedado con mayores dimensiones.

ESTRUCTURAS METÁLICAS

Peso nominal medido. Serán los kg que resulten de aplicar a los elementos estructurales metálicos los pesos nominales que, según dimensiones y tipo de acero, figuren en tablas.

ESTRUCTURAS (FORJADOS)

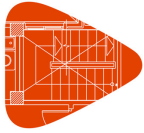
Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se medirá la superficie de los forjados de cara exterior a cara exterior de los zunchos que delimitan el perímetro de su superficie, descontando únicamente los huecos o pasos de forjados que tengan una superficie mayor de $X \text{ m}^2$.

En los casos de dos paños formados por forjados diferentes, objeto de precios unitarios distintos, que apoyen o empotren en una jácena o muro de carga común a ambos paños, cada una de las unidades de obra de forjado se medirá desde fuera a cara exterior de los elementos delimitadores al eje de la jácena o muro de carga común.

En los casos de forjados inclinados se tomará en verdadera magnitud la superficie de la cara inferior del forjado, con el mismo criterio anteriormente señalado para la deducción de huecos.

ESTRUCTURAS (MUROS)

Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se aplicará el mismo criterio que para fachadas y particiones.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

FACHADAS Y PARTICIONES

Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se medirán los paramentos verticales de fachadas y particiones descontando únicamente aquellos huecos cuya superficie sea mayor de $X \text{ m}^2$, lo que significa que:

Cuando los huecos sean menores de $X \text{ m}^2$ se medirán a cinta corrida como si no hubiera huecos. Al no deducir ningún hueco, en compensación de medir hueco por macizo, no se medirán los trabajos de formación de mochetas en jambas y dinteles.

Cuando los huecos sean mayores de $X \text{ m}^2$, se deducirá la superficie de estos huecos, pero se sumará a la medición la superficie de la parte interior del hueco, correspondiente al desarrollo de las mochetas.

Deduciendo todos los huecos. Se medirán los paramentos verticales de fachadas y particiones descontando la superficie de todos los huecos, pero se incluye la ejecución de todos los trabajos precisos para la resolución del hueco, así como los materiales que forman dinteles, jambas y vierteaguas.

A los efectos anteriores, se entenderá como hueco, cualquier abertura que tenga mochetas y dintel para puerta o ventana. En caso de tratarse de un vacío en la fábrica sin dintel, antepecho ni carpintería, se deducirá siempre el mismo al medir la fábrica, sea cual fuere su superficie.

En el supuesto de cerramientos de fachada donde las hojas, en lugar de apoyar directamente en el forjado, apoyen en una o dos hiladas de regularización que abarquen todo el espesor del cerramiento, al efectuar la medición de las unidades de obra se medirá su altura desde el forjado y, en compensación, no se medirán las hiladas de regularización.

INSTALACIONES

Longitud realmente ejecutada. Medición según desarrollo longitudinal resultante, considerando, en su caso, los tramos ocupados por piezas especiales.

REVESTIMIENTOS (YESOS Y ENFOSCADOS DE CEMENTO)

Deduciendo, en los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$, el exceso sobre los $X \text{ m}^2$. Los paramentos verticales y horizontales se medirán a cinta corrida, sin descontar huecos de superficie menor a $X \text{ m}^2$. Para huecos de mayor superficie, se descontará únicamente el exceso sobre esta superficie. En ambos casos se considerará incluida la ejecución de mochetas, fondos de dinteles y aristados. Los paramentos que tengan armarios empotrados no serán objeto de descuento, sea cual fuere su dimensión.

Producido por una versión educativa de CYPE

2.2.1.- Estructuras

Unidad de obra EAS010: Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de hasta 3 m.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.

La zona de soldadura no se pintará.

No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

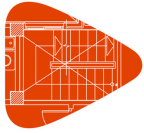
Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de hasta 3 m.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución:

- CTE. DB-SE-A Seguridad estructural: Acero.

- UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

- Instrucción de Acero Estructural (EAE).
- NTE-EAS. Estructuras de acero: Soportes.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

AMBIENTALES

No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

DEL CONTRATISTA

Presentará para su aprobación, al director de la ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional del pilar. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA

El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.

2.2.2.- Fachadas y particiones

Unidad de obra FTS020: Partición interior para tabiquería, realizada mediante el sistema "DBBLOK", formada por una hoja de fábrica de 6,5 cm de espesor de ladrillo de hormigón hueco acústico, Geroblok Tabique "DBBLOK", para revestir, de 49x6,5x19 cm, recibida con mortero de cemento, industrial, M-7,5, revestida por ambas caras con 15 mm de yeso de construcción B1, proyectado, y acabado final con una capa de enlucido de yeso de aplicación en capa fina C6.

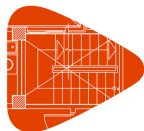
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Formación de partición interior para tabiquería, realizada mediante el sistema "DBBLOK", formada por una hoja de fábrica de 6,5 cm de espesor de ladrillo de hormigón hueco acústico, Geroblok Tabique "DBBLOK", para revestir, de 49x6,5x19 cm, recibida con mortero de cemento, industrial, M-7,5, revestida por ambas caras con 15 mm de yeso de construcción B1, aplicado mediante proyección mecánica, y acabado final con una capa de enlucido de yeso de aplicación en capa fina C6. Incluso p/p de replanteo, nivelación y aplomado, recibido de cercos y precercos, mermas y roturas, enjarjes, mochetas, colocación de guardavivos de plástico y metal con perforaciones, guarniciones de huecos, remates con rodapié, ejecución de encuentros y puntos singulares y limpieza.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución:

- CTE. DB-SI Seguridad en caso de incendio.
- CTE. DB-HR Protección frente al ruido.
- CTE. DB-HE Ahorro de energía.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

- CTE. DB-SE-F Seguridad estructural: Fábrica.
- NTE-PTL. Particiones: Tabiques de ladrillo.
- NTE-RPG. Revestimientos de paramentos: Guarnecidos y enlucidos.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo los huecos de superficie mayor de 3 m².

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA DEL SOPORTE

Se comprobará que se ha terminado la ejecución completa de la estructura, que el soporte ha fraguado totalmente, y que está seco y limpio de cualquier resto de obra.

Se dispondrá en obra de los cercos y precercos de puertas y armarios.

AMBIENTALES

Se suspenderán los trabajos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5°C o superior a 40°C, llueva, nieve o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo y trazado en el forjado de los tabiques a realizar. Colocación y aplomado de miras de referencia. Colocación, aplomado y nivelación de cercos y precercos de puertas y armarios. Tendido de hilos entre miras. Colocación de las piezas por hiladas a nivel. Recibido a la obra de cercos y precercos. Encuentros de la fábrica con fachadas, pilares y tabiques. Encuentro de la fábrica con el forjado superior. Preparación del soporte que se va a revestir. Realización de maestras. Colocación de guardavivos en las esquinas y salientes. Preparación de la pasta de yeso en la máquina mezcladora. Proyección mecánica de la pasta de yeso. Aplicación de regla de aluminio. Paso de cuchilla de acero. Aplicación del enlucido.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La fábrica quedará monolítica, estable frente a esfuerzos horizontales, plana y aplomada. Tendrá una composición uniforme en toda su altura y buen aspecto.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá la obra recién ejecutada frente al agua de lluvia. Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo. Se protegerá el revestimiento recién ejecutado frente a golpes y rozaduras.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo los huecos de superficie mayor de 3 m².

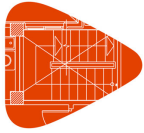
Unidad de obra FUA010: Cerramiento acristalado sin perfiles verticales, gama media, de 5 m de longitud y 1,60 m de altura total, con perfil superior y perfil inferior lacado color blanco, de aluminio y hojas deslizantes y abatibles, de vidrio incoloro templado de seguridad, de 8 mm de espesor, con los cantos pulidos. Incluso juntas, tornillería de acero inoxidable, gomas, felpudos, tirador metálico, juego de remates laterales lacado color blanco y pinzas de sujeción de hojas.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Cerramiento acristalado sin perfiles verticales, gama media, de 5 m de longitud y 1,60 m de altura total, con perfil superior y perfil inferior lacado color blanco, de aluminio y hojas deslizantes y abatibles, de vidrio incoloro templado de seguridad, de 8 mm de espesor, con los cantos pulidos. Incluso juntas, tornillería de acero inoxidable, gomas, felpudos, tirador metálico, juego de remates laterales lacado color blanco y pinzas de sujeción de hojas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA DEL SOPORTE

Se comprobará que el paramento soporte se encuentra completamente terminado.

AMBIENTALES

Se suspenderán los trabajos cuando llueva, nieve o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo. Montaje del perfil superior. Montaje del perfil inferior. Montaje de las hojas de vidrio. Montaje de los complementos.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

Unidad de obra FOM010: Mampara modular mixta (1/5 panel ciego + 2/5 vidrio + 2/5 panel ciego), con paneles de tablero aglomerado de 16 mm de espesor con acabado en melamina, fijados mecánicamente con sujeción oculta, entrecalles horizontales empotradas en panel con perfil de PVC de 10 mm, y cámara entre paneles rellena con lana de roca, vidrio laminar de seguridad 6+6 transparente.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.

Las mamparas no serán solidarias con elementos estructurales verticales, de manera que las dilataciones, las posibles deformaciones o los movimientos impuestos por la estructura no les afecten, ni puedan causar lesiones o patologías durante su vida útil.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Mampara modular mixta (1/5 panel ciego + 2/5 vidrio + 2/5 panel ciego), con paneles de tablero aglomerado de 16 mm de espesor con acabado en melamina, fijados mecánicamente con sujeción oculta, entrecalles horizontales empotradas en panel con perfil de PVC de 10 mm, y cámara entre paneles rellena con lana de roca, vidrio laminar de seguridad 6+6 transparente, junta entre vidrios con silicona, sin perfiles entre módulos, perfiles verticales internos de aluminio, ocultos entre módulos, perfiles vistos superiores de 35x45 mm e inferiores de 60x45 mm, de aluminio anodizado o lacado estándar. Incluso p/p de herrajes, remates, sellado de juntas, soportes, encuentros con otros tipos de paramentos, colocación de canalizaciones para instalaciones y cajeados para mecanismos eléctricos. Totalmente terminada.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Montaje: NTE-PML. Particiones: Mamparas de aleaciones ligeras.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA DEL SOPORTE

Se comprobará que el pavimento sobre el que se van a colocar las mamparas está totalmente terminado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

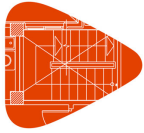
Replanteo y marcado de los puntos de fijación. Aplomado, nivelación y fijación de los perfiles que forman el entramado. Colocación y fijación del empanelado. Colocación de la canalización para instalaciones. Tratamiento de juntas. Remate del perímetro del elemento, por las dos caras.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

El conjunto será resistente y estable. Quedará plano y aplomado.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá el conjunto frente a golpes o cargas debidas al acarreo de materiales o a las actividades de la obra.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

2.2.3.- Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares

Unidad de obra LPA015: Fijo lateral de una hoja de 38 mm de espesor, 700x2000 mm, acabado galvanizado con tratamiento antihuellas formada por dos chapas de acero galvanizado de 0,5 mm de espesor plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia rellena de poliuretano, sobre marco de acero galvanizado de 1 mm de espesor con patillas de anclaje a obra, sin premarco. Incluso patillas de anclaje para la fijación del marco al paramento.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Fijo lateral de una hoja de 38 mm de espesor, 700x2000 mm, acabado galvanizado con tratamiento antihuellas formada por dos chapas de acero galvanizado de 0,5 mm de espesor plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia rellena de poliuretano, sobre marco de acero galvanizado de 1 mm de espesor con patillas de anclaje a obra, sin premarco. Incluso patillas de anclaje para la fijación del marco al paramento.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA DEL SOPORTE

Se comprobará que las dimensiones del hueco y del cerco se corresponden con las de Proyecto.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Marcado de puntos de fijación y aplomado del marco. Fijación del marco al paramento. Colocación del fijo.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

El conjunto será sólido. Quedará aplomado y ajustado.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA

El precio no incluye el recibido en obra de la carpintería.

Unidad de obra LFA010: Puerta cortafuegos de acero galvanizado homologada, EI2 60-C5, de una hoja, 800x2000 mm de luz y altura de paso, acabado lacado en color blanco, con cierrapuertas para uso moderado.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

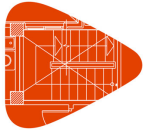
Puerta cortafuegos pivotante homologada, EI2 60-C5, de una hoja de 63 mm de espesor, 800x2000 mm de luz y altura de paso, acabado lacado en color blanco formada por 2 chapas de acero galvanizado de 0,8 mm de espesor, plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia de lana de roca de alta densidad y placas de cartón yeso, sobre cerco de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor con junta intumescente y garras de anclaje a obra, incluso cierrapuertas para uso moderado. Elaborada en taller, con ajuste y fijación en obra. Totalmente montada y probada.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA DEL SOPORTE

Se comprobará que las dimensiones del hueco y del cerco, así como el sentido de apertura, se corresponden con los de Proyecto.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Marcado de puntos de fijación y aplomado del cerco. Fijación del cerco al paramento. Sellado de juntas perimetrales. Colocación de la hoja. Colocación de herrajes de cierre y accesorios.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

El conjunto será sólido. Las hojas quedarán aplomadas y ajustadas.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

2.2.4.- Instalaciones

Unidad de obra IGA010: Acometida de gas, D=63 mm de polietileno de alta densidad SDR 11 de 8 m de longitud, con llave de acometida formada por válvula de esfera de latón niquelado de 2 1/2" alojada en arqueta prefabricada de polipropileno.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Acometida de gas que une la red de distribución de gas de la empresa suministradora o la llave de salida en el caso de depósitos de almacenamiento de gases licuados del petróleo (GLP) con la llave de acometida, formada por tubería enterrada de 8 m de longitud de polietileno de alta densidad SDR 11, de 63 mm de diámetro colocada sobre cama de arena en el fondo de la zanja previamente excavada, con sus correspondientes accesorios y piezas especiales, collarín de toma en carga colocado sobre la red general de distribución que sirve de enlace entre la acometida y la red y llave de acometida formada por válvula de esfera de latón niquelado de 2 1/2" de diámetro colocada mediante unión roscada, suada junto a la edificación, fuera de los límites de la propiedad, alojada en arqueta prefabricada de polipropileno de 40x40x40 cm, colocada sobre solera de hormigón en masa HM-20/P/20/I de 15 cm de espesor y cerrada superiormente con tapa de PVC. Incluso hormigón en masa HM-20/P/20/I para la posterior reposición del firme existente. Totalmente montada, conexiada y probada.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón: Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Instalación: Normas de la compañía suministradora.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE

Se comprobará que el trazado de las zanjas corresponde con el de Proyecto.

Se tendrán en cuenta las separaciones mínimas de la acometida con otras instalaciones.

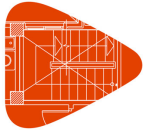
PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo y trazado de la acometida en planta y pendientes, coordinado con el resto de instalaciones o elementos que puedan tener interferencias. Rotura del pavimento con compresor. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido y compactación del hormigón en formación de solera. Colocación de la arqueta prefabricada. Formación de agujeros para conexiada de tubos. Empalme y rejuntado de los tubos a la arqueta. Colocación de la tapa y los accesorios. Presentación en seco de tuberías y piezas especiales. Vertido de la arena en el fondo de la zanja. Colocación de tuberías. Montaje de la llave de acometida. Empalme de la acometida con la red de distribución de gas. Realización de pruebas de servicio.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La acometida será estanca. La instalación tendrá resistencia mecánica.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

PRUEBAS DE SERVICIO

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.

Normativa de aplicación: UNE 60311. Canalizaciones de distribución de combustibles gaseosos con presión máxima de operación hasta 5 bar

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá frente a golpes.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA

El precio incluye la demolición y el levantado del firme existente y el conexionado con la red, pero no incluye la excavación ni el relleno principal.

Unidad de obra IGL010: Sistema de detección automática de gas natural compuesto de 3 sondas conectadas a central de detección automática de gas natural para 3 zonas, con grado de protección IP54, con instalación en superficie, 3 barras de leds que indican el estado de funcionamiento, el estado de las sondas y la concentración de gas medida por la sonda de cada zona, 2 niveles de alarma, un relé aislado al vacío para cada nivel de alarma con los contactos libres de tensión y fuente de alimentación de 230 V, electroválvula de acero inoxidable, de 3/8", normalmente cerrada y 1 sirena con señal óptica y acústica. Incluso cable unipolar y canalización de protección de cableado.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Sistema de detección automática de gas natural compuesto de 3 sondas conectadas a central de detección automática de gas natural para 3 zonas, con grado de protección IP54, con instalación en superficie, 3 barras de leds que indican el estado de funcionamiento, el estado de las sondas y la concentración de gas medida por la sonda de cada zona, 2 niveles de alarma, un relé aislado al vacío para cada nivel de alarma con los contactos libres de tensión y fuente de alimentación de 230 V, electroválvula de acero inoxidable, de 3/8", normalmente cerrada y 1 sirena con señal óptica y acústica. Incluso cable unipolar y canalización de protección de cableado.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA DEL SOPORTE

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto y que la zona de ubicación está completamente terminada.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

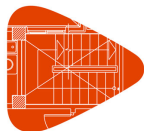
Replanteo y trazado de la instalación. Colocación y fijación del tubo protector y de las cajas. Tendido de cables. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La instalación funcionará correctamente.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

Unidad de obra III140: Suministro e instalación en superficie de luminaria lineal, de 1486x85x85 mm, para 1 lámpara fluorescente T5 de 49 W, con cuerpo de luminaria formado por perfiles de aluminio extruido, acabado termoesmaltado de color gris RAL 9006; tapas finales; difusor opal de alta transmitancia; reflector interior acabado termoesmaltado, de color blanco; protección IP20. Incluso lámparas.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro e instalación en superficie de luminaria lineal, de 1486x85x85 mm, para 1 lámpara fluorescente T5 de 49 W, con cuerpo de luminaria formado por perfiles de aluminio extruido, acabado termoesmaltado de color gris RAL 9006; tapas finales; difusor opal de alta transmitancia; reflector interior acabado termoesmaltado, de color blanco; protección IP20. Incluso lámparas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA DEL SOPORTE

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto.

El paramento soporte estará completamente acabado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo. Montaje, conexonado y comprobación de su correcto funcionamiento.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

El nivel de iluminación será adecuado y uniforme. La fijación al soporte será correcta.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

Unidad de obra IOD001: Central de detección automática de incendios, convencional, microprocesada, de 6 zonas de detección, con caja y puerta metálica con cerradura, con módulo de alimentación, rectificador de corriente y cargador de batería, panel de control con display retroiluminado, led indicador de alarma y avería, y conmutador de corte de zonas. Incluso baterías.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Central de detección automática de incendios, convencional, microprocesada, de 6 zonas de detección, con caja y puerta metálica con cerradura, con módulo de alimentación, rectificador de corriente y cargador de batería, panel de control con display retroiluminado, led indicador de alarma y avería, y conmutador de corte de zonas. Incluso baterías.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Instalación:

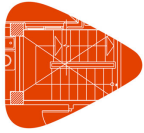
- CTE. DB-SI Seguridad en caso de incendio.
- Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA DEL SOPORTE

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto y que hay espacio suficiente para su instalación.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

DEL CONTRATISTA

Las instalaciones se ejecutarán por empresas instaladoras autorizadas para el ejercicio de la actividad.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo. Fijación al paramento. Colocación de las baterías. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La central de detección de incendios será accesible.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá de la humedad y del contacto con materiales agresivos.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

Unidad de obra IVA010: Suministro y montaje de aireador de admisión graduable, de aluminio lacado en color a elegir de la carta RAL, caudal máximo 10 l/s, de 1200x80x12 mm, con abertura de 800x12 mm, aislamiento acústico de 39 dBA y filtro antipolución. Incluso elementos de fijación.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro y montaje de aireador de admisión graduable, de aluminio lacado en color a elegir de la carta RAL, caudal máximo 10 l/s, de 1200x80x12 mm, con abertura de 800x12 mm, aislamiento acústico de 39 dBA y filtro antipolución. Incluso elementos de fijación.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Instalación: CTE. DB-HS Salubridad.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto y que hay espacio suficiente para su instalación.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo. Montaje. Colocación y fijación del aireador encima de la carpintería.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La ventilación será adecuada.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

2.2.5.- Señalización y equipamiento

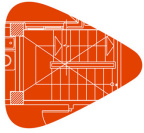
Unidad de obra SMA022: Jabonera de pared, para baño, de acero inoxidable AISI 304, acabado satinado, circular, con soporte mural.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Jabonera de pared, para baño, de acero inoxidable AISI 304, acabado satinado, circular, con soporte mural, fijada al soporte con las sujeciones suministradas por el fabricante. Totalmente montada.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA DEL SOPORTE

Se comprobará que se ha finalizado el revestimiento de la superficie soporte.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo y trazado en el paramento de la situación del accesorio. Colocación y fijación de los accesorios de soporte.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La fijación y nivelación serán adecuadas.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá frente a golpes.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente colocadas según especificaciones de Proyecto.

Unidad de obra SMA032: Escobillero de pared, para baño, de acero inoxidable AISI 304, acabado satinado, con soporte mural, con sistema de cierre mediante presión.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Escobillero de pared, para baño, de acero inoxidable AISI 304, acabado satinado, con soporte mural, con sistema de cierre mediante presión, fijado al soporte con las sujeciones suministradas por el fabricante. Totalmente montado.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA DEL SOPORTE

Se comprobará que se ha finalizado el revestimiento de la superficie soporte.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo y trazado en el paramento de la situación del accesorio. Colocación y fijación de los accesorios de soporte.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La fijación y nivelación serán adecuadas.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá frente a golpes.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente colocadas según especificaciones de Proyecto.

Unidad de obra SMG010: Espejo giratorio, para baño, de latón con acabado cromado.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

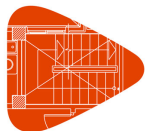
Espejo giratorio, para baño, de latón con acabado cromado, con aumento en una cara y soporte mural con brazo extensible, fijado al soporte con las sujeciones suministradas por el fabricante. Totalmente montado.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo y trazado en el paramento de la situación del accesorio. Colocación y fijación de los accesorios de soporte.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

Unidad de obra SMN010: Mueble de baño (módulo base), para lavabo de empotrar en encimera, de madera natural de cerezo, de 600 mm de anchura.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Mueble de baño (módulo base), para lavabo de empotrar en encimera, de madera natural de cerezo, de 600 mm de anchura. Incluso elementos de fijación. Totalmente montado.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE

Se comprobará que el soporte sobre el que se va a colocar el mueble está totalmente terminado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo del emplazamiento y marcado de los puntos de fijación. Montaje del mueble.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

El conjunto será resistente y estable. Quedará plano y aplomado.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá frente a golpes.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente colocadas según especificaciones de Proyecto.

Unidad de obra SIR010: Rótulo con soporte de madera para señalización de vivienda, de 85x85 mm, con las letras o números grabados en latón extra.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Rótulo con soporte de madera para señalización de vivienda, de 85x85 mm, con las letras o números grabados en latón extra.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto.

Se comprobará que el paramento soporte está completamente acabado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

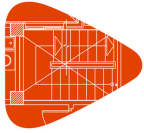
Replanteo. Fijación en paramento mediante elementos de anclaje.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

Estará correctamente fijado y será visible.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente colocadas según especificaciones de Proyecto.

Unidad de obra SVT010: Taquilla modular para vestuario, de 300 mm de anchura, 500 mm de profundidad y 1800 mm de altura, de tablero aglomerado hidrófugo, acabado con revestimiento de melamina.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Taquilla modular para vestuario, de 300 mm de anchura, 500 mm de profundidad y 1800 mm de altura, de tablero aglomerado hidrófugo, acabado con revestimiento de melamina formada por dos puertas de 900 mm de altura, laterales, estantes, techo, división y suelo de 16 mm de espesor, y fondo perforado para ventilación de 4 mm de espesor. Incluso elementos de fijación, patas regulables de PVC, cerraduras de resbalón, llaves, placas de numeración, bisagras antivandálicas de acero inoxidable y barras para colgar de aluminio con colgadores antideslizantes de ABS. Totalmente montada.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA DEL SOPORTE

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto y que la zona de ubicación está completamente terminada.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo. Colocación, nivelación y fijación de la taquilla.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La fijación será adecuada.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente colocadas según especificaciones de Proyecto.

2.2.6.- Control de calidad y ensayos

Unidad de obra XGA010: Ensayo sobre una muestra de agua, con determinación de: pH, contenido de sales disueltas, contenido de sulfatos, contenido de cloruros, contenido de hidratos de carbono, contenido de aceites y de grasas.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

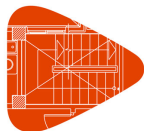
Ensayos a realizar en laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, sobre una muestra de agua, tomada en obra, para la determinación de las siguientes características: pH según UNE 83952, contenido de sales disueltas según UNE 83957, contenido de sulfatos según UNE 83956, contenido de cloruros según UNE 7178, contenido de hidratos de carbono según UNE 7132, contenido de aceites y de grasas según UNE 7235. Incluso desplazamiento a obra, toma de muestra e informe de resultados.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Ensayo a realizar, según documentación del Plan de control de calidad.

FASES DE EJECUCIÓN

Desplazamiento a obra. Toma de muestras. Realización de ensayos. Redacción de informe de los resultados de los ensayos realizados.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

Unidad de obra XUX010: Conjunto de pruebas y ensayos, realizados por un laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, necesarios para el cumplimiento de la normativa vigente.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Conjunto de pruebas y ensayos, realizados por un laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, necesarios para el cumplimiento de la normativa vigente.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Pruebas y ensayos a realizar, según documentación del Plan de control de calidad.

CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA

El precio incluye el alquiler, construcción o adaptación de locales para este fin, el mantenimiento en condiciones seguras durante todo el periodo de tiempo que se requiera y la demolición o retirada final.

2.2.7.- Seguridad y salud

Unidad de obra YCS040: Protector de cables, de PVC, en zona de paso de peatones, de 75x12 mm, color negro, amortizable en 3 usos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Protector de cables, de PVC, en zona de paso de peatones, de 75x12 mm, color negro, amortizable en 3 usos.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Longitud medida según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.

FASES DE EJECUCIÓN

Montaje del elemento. Desmontaje del elemento. Transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá la longitud realmente montada según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Unidad de obra YIO010: Juego de orejeras, estándar, compuesto por un casquete diseñado para producir presión sobre la cabeza mediante un arnés y ajuste con almohadillado central, con atenuación acústica de 36 dB, amortizable en 10 usos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Juego de orejeras, estándar, compuesto por un casquete diseñado para producir presión sobre la cabeza mediante un arnés y ajuste con almohadillado central, con atenuación acústica de 36 dB, amortizable en 10 usos.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Utilización: Real Decreto 773/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

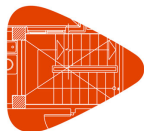
Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente suministradas según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.

2.3.- Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado

De acuerdo con el "Real Decreto 314/2006. Código Técnico de la Edificación (CTE)", en la obra terminada, bien sobre el edificio en su conjunto, o bien sobre sus diferentes partes y sus instalaciones, totalmente terminadas, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el presente pliego, por parte del constructor, y a su cargo, independientemente de las ordenadas por la Dirección Facultativa y las exigidas por la legislación aplicable, que serán realizadas por laboratorio acreditado y cuyo coste se especifica detalladamente en el capítulo de Control de Calidad y Ensayos, del Presupuesto de Ejecución material (PEM) del proyecto.



Proyecto:
Situación:
Promotor:

E ESTRUCTURAS

Una vez finalizada la ejecución de cada fase de la estructura, al entrar en carga se comprobará visualmente su eficaz comportamiento, verificando que no se producen deformaciones no previstas en el proyecto ni aparecen grietas en los elementos estructurales.

En caso contrario y cuando se aprecie algún problema, se deben realizar pruebas de carga, cuyo coste será a cargo de la empresa constructora, para evaluar la seguridad de la estructura, en su totalidad o de una parte de ella. Estas pruebas de carga se realizarán de acuerdo con un Plan de Ensayos que evalúe la viabilidad de las pruebas, por una organización con experiencia en este tipo de trabajos, dirigida por un técnico competente.

F FACHADAS Y PARTICIONES

Prueba de escorrentía para comprobar la estanqueidad al agua de una zona de fachada mediante simulación de lluvia sobre la superficie de prueba, en el paño más desfavorable.

Prueba de escorrentía, por parte del constructor, y a su cargo, para comprobar la estanqueidad al agua de puertas y ventanas de la carpintería exterior de los huecos de fachada, en al menos un hueco cada 50 m² de fachada y no menos de uno por fachada, incluyendo los lucernarios de cubierta, si los hubiere.

I INSTALACIONES

Las pruebas finales de la instalación se efectuarán, una vez esté el edificio terminado, por la empresa instaladora, que dispondrá de los medios materiales y humanos necesarios para su realización.

Todas las pruebas se efectuarán en presencia del instalador autorizado o del director de Ejecución de la Obra, que debe dar su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados obtenidos.

Los resultados de las distintas pruebas realizadas a cada uno de los equipos, aparatos o subsistemas, pasarán a formar parte de la documentación final de la instalación. Se indicarán marca y modelo y se mostrarán, para cada equipo, los datos de funcionamiento según proyecto y los datos medidos en obra durante la puesta en marcha.

Cuando para extender el certificado de la instalación sea necesario disponer de energía para realizar pruebas, se solicitará a la empresa suministradora de energía un suministro provisional para pruebas, por el instalador autorizado o por el director de la instalación, y bajo su responsabilidad.

Serán a cargo de la empresa instaladora todos los gastos ocasionados por la realización de estas pruebas finales, así como los gastos ocasionados por el incumplimiento de las mismas.

2.4.- Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición

El correspondiente Estudio de Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición, contendrá las siguientes prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de la obra:

El depósito temporal de los escombros se realizará en contenedores metálicos con la ubicación y condiciones establecidas en las ordenanzas municipales, o bien en sacos industriales con un volumen inferior a un metro cúbico, quedando debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.

Aquellos residuos valorizables, como maderas, plásticos, chatarra, etc., se depositarán en contenedores debidamente señalizados y segregados del resto de residuos, con el fin de facilitar su gestión.

Los contenedores deberán estar pintados con colores vivos, que sean visibles durante la noche, y deben contar con una banda de material reflectante de, al menos, 15 centímetros a lo largo de todo su perímetro, figurando de forma clara y legible la siguiente información:

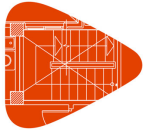
- Razón social.
- Código de Identificación Fiscal (C.I.F.).
- Número de teléfono del titular del contenedor/envase.
- Número de inscripción en el Registro de Transportistas de Residuos del titular del contenedor.

Dicha información deberá quedar también reflejada a través de adhesivos o placas, en los envases industriales u otros elementos de contención.

El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas pertinentes para evitar que se depositen residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados o cubiertos fuera del horario de trabajo, con el fin de evitar el depósito de restos ajenos a la obra y el derramamiento de los residuos.

En el equipo de obra se deberán establecer los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de RCD.

Se deberán cumplir las prescripciones establecidas en las ordenanzas municipales, los requisitos y condiciones de la licencia de obra, especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición, debiendo el constructor o el jefe de obra realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, considerando las posibilidades reales de llevarla a cabo, es decir, que la obra o construcción lo



Proyecto:
Situación:
Promotor:

permita y que se disponga de plantas de reciclaje o gestores adecuados.

El constructor deberá efectuar un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCD presenten los vales de cada retirada y entrega en destino final. En el caso de que los residuos se reutilicen en otras obras o proyectos de restauración, se deberá aportar evidencia documental del destino final.

Los restos derivados del lavado de las canaletas de las cubas de suministro de hormigón prefabricado serán considerados como residuos y gestionados como le corresponde (LER 17 01 01).

Se evitará la contaminación mediante productos tóxicos o peligrosos de los materiales plásticos, restos de madera, acopios o contenedores de escombros, con el fin de proceder a su adecuada segregación.

Las tierras superficiales que puedan destinarse a jardinería o a la recuperación de suelos degradados, serán cuidadosamente retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible, dispuestas en caballones de altura no superior a 2 metros, evitando la humedad excesiva, su manipulación y su contaminación.

DOCUMENTO IV: PRESUPUESTO

Presupuesto parcial nº 1 Maquinaria

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	Ud	Electrolizador PEM			
		Total ud:	1,000	24.561.600,00	24.561.600,00
1.2	Ud	Equipo de filtración			
		Total ud:	1,000	7.000,00	7.000,00
1.3	Ud	Desionizador de agua			
		Total ud:	1,000	1.875,00	1.875,00
1.4	Ud	Tanque pulmón de agua			
		Total ud:	2,000	19.130,00	38.260,00
1.5	Ud	Intercambiador de calor de carcasa y tubos de carburo de silicio			
		Total ud:	1,000	30.000,00	30.000,00
1.6	Ud	Separador Gas-Líquido			
		Total ud:	1,000	25.000,00	25.000,00
1.7	Ud	Secador de Hidrógeno			
		Total ud:	1,000	10.000,00	10.000,00
1.8	Ud	Compresor de Hidrógeno			
		Total ud:	1,000	39.000,00	39.000,00
1.9	Ud	Tanque de almacenamiento de Hidrógeno			
		Total ud:	1,000	12.000,00	12.000,00
1.10	Ud	Sensores de Concentración			
		Total ud:	4,000	143,00	572,00
1.11	Ud	Sensores de nivel			
		Total ud:	4,000	76,00	304,00
1.12	Ud	Sensores de Presión			
		Total ud:	3,000	136,25	408,75
1.13	Ud	Sensores de Flujo			
		Total ud:	5,000	80,27	401,35
1.14	Ud	Sensores de Temperatura			
		Total ud:	4,000	55,78	223,12
Total presupuesto parcial nº 1 Maquinaria :					24.726.644,22

Presupuesto parcial nº 2 Servicios e Ingeniería

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.1	Ud	Ingeniería básica y de detalle			
		Total ud:	1,000	100,00	100,00
2.2	Ud	Legalización y permisos			
		Total ud:	1,000	20,00	20,00
2.3	Ud	Puesta en marcha y formación			
		Total ud:	1,000	30,00	30,00
Total presupuesto parcial nº 2 Servicios e Ingeniería :					150,00

Presupuesto parcial nº 3 Seguridad y Salud

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
3.1	Ud	Cartel general indicativo de riesgos			
		Total ud	1,000	7,29	7,29
3.2	Ud	Equipos usados en planta para protección individual			
		Total ud	5,000	40,00	200,00
3.3	Ud	Señal de advertencia			
		Total ud	5,000	3,69	18,45
3.4	Ud	Señal de prohibición			
		Total ud	5,000	3,69	18,45
3.5	M	Protector de cables, de PVC, en zona de paso de peatones, de 75x12 mm, color negro, amortizable en 3 usos.			
		Total m	3,000	11,04	33,12
3.6	Ud	Juego de orejeras, estándar, compuesto por un casquete diseñado para producir presión sobre la cabeza mediante un arnés y ajuste con almohadillado central, con atenuación acústica de 36 dB, amortizable en 10 usos.			
		Total Ud	10,000	6,82	68,20
Total presupuesto parcial nº 3 Seguridad y Salud :					345,51

Presupuesto parcial nº 4 Gestión de Residuos

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.1	M3	Canon de vertido de aguas residuales			
		Total m3:	1,000	20,00	20,00
4.2	M3	Clasificación de los residuos generados en planta			
		Total m3:	1,000	15,45	15,45
Total presupuesto parcial nº 4 Gestión de Residuos :					35,45

Presupuesto parcial nº 5 Instalaciones

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
5.1	Ud	Toma de tierra con tres picas de acero cobreado			
		Total ud:	1,000	216,00	216,00
5.2	Ud	Línea general de alimentación fija			
		Total ud:	1,000	24,39	24,39
5.3	Ud	Suministro e instalación en superficie de luminaria lineal, de 1486x85x85 mm, para 1 lámpara fluorescente T5 de 49 W, con cuerpo de luminaria formado por perfiles de aluminio extruido, acabado termoesmaltado de color gris RAL 9006; tapas finales; difusor opal de alta transmitancia; reflector interior acabado termoesmaltado, de color blanco; protección IP20. Incluso lámparas.			
		Total Ud:	10,000	165,43	1.654,30
5.4	Ud	Suministro y montaje de aireador de admisión graduable, de aluminio lacado en color a elegir de la carta RAL, caudal máximo 10 l/s, de 1200x80x12 mm, con abertura de 800x12 mm, aislamiento acústico de 39 dBA y filtro antipolución. Incluso elementos de fijación.			
		Total Ud:	5,000	52,76	263,80
5.5	Ud	Acometida de gas, D=63 mm de polietileno de alta densidad SDR 11 de 8 m de longitud, con llave de acometida formada por válvula de esfera de latón niquelado de 2 1/2" alojada en arqueta prefabricada de polipropileno.			
		Total Ud:	3,000	1.202,73	3.608,19
5.6	Ud	Sistema de detección automática de gas natural compuesto de 3 sondas conectadas a central de detección automática de gas natural para 3 zonas, con grado de protección IP54, con instalación en superficie, 3 barras de leds que indican el estado de funcionamiento, el estado de las sondas y la concentración de gas medida por la sonda de cada zona, 2 niveles de alarma, un relé aislado al vacío para cada nivel de alarma con los contactos libres de tensión y fuente de alimentación de 230 V, electroválvula de acero inoxidable, de 3/8", normalmente cerrada y 1 sirena con señal óptica y acústica. Incluso cable unipolar y canalización de protección de cableado.			
		Total Ud:	3,000	1.725,02	5.175,06
Total presupuesto parcial nº 5 Instalaciones :					10.941,74

Presupuesto parcial nº 6 Edificación

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
6.1	Kg	Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de hasta 3 m.			
		Total kg	9,000	1,69	15,21
6.2	M²	Partición interior para tabiquería, realizada mediante el sistema "DBBLOK", formada por una hoja de fábrica de 6,5 cm de espesor de ladrillo de hormigón hueco acústico, Geroblok Tabique "DBBLOK", para revestir, de 49x6,5x19 cm, recibida con mortero de cemento, industrial, M-7,5, revestida por ambas caras con 15 mm de yeso de construcción B1, proyectado, y acabado final con una capa de enlucido de yeso de aplicación en capa fina C6.			
		Total m²	9,000	43,98	395,82
6.3	Ud	Cerramiento acristalado sin perfiles verticales, gama media, de 5 m de longitud y 1,60 m de altura total, con perfil superior y perfil inferior lacado color blanco, de aluminio y hojas deslizantes y abatibles, de vidrio incoloro templado de seguridad, de 8 mm de espesor, con los cantos pulidos. Incluso juntas, tornillería de acero inoxidable, gomas, felpudos, tirador metálico, juego de remates laterales lacado color blanco y pinzas de sujeción de hojas.			
		Total Ud	4,000	2.324,02	9.296,08
6.4	M²	Mampara modular mixta (1/5 panel ciego + 2/5 vidrio + 2/5 panel ciego), con paneles de tablero aglomerado de 16 mm de espesor con acabado en melamina, fijados mecánicamente con sujeción oculta, entrecalles horizontales empotradas en panel con perfil de PVC de 10 mm, y cámara entre paneles rellena con lana de roca, vidrio laminar de seguridad 6+6 transparente.			
		Total m²	2,000	202,81	405,62
6.5	Ud	Puerta cortafuegos de acero galvanizado homologada, EI2 60-C5, de una hoja, 800x2000 mm de luz y altura de paso, acabado lacado en color blanco, con cierrapuertas para uso moderado.			
		Total Ud	5,000	368,40	1.842,00
6.6	Ud	Fijo lateral de una hoja de 38 mm de espesor, 700x2000 mm, acabado galvanizado con tratamiento antihuellas formada por dos chapas de acero galvanizado de 0,5 mm de espesor plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia rellena de poliuretano, sobre marco de acero galvanizado de 1 mm de espesor con patillas de anclaje a obra, sin premarco. Incluso patillas de anclaje para la fijación del marco al paramento.			
		Total Ud	5,000	111,42	557,10
Total presupuesto parcial nº 6 Edificación :					12.511,83

Presupuesto parcial nº 7 Ensayos Laboratorio

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
7.1	Ud	Ensayo sobre una muestra de agua, con determinación de: pH, contenido de sales disueltas, contenido de sulfatos, contenido de cloruros, contenido de hidratos de carbono, contenido de aceites y de grasas.			
Total Ud:			1,000	136,97	136,97
7.2	Ud	Conjunto de pruebas y ensayos, realizados por un laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, necesarios para el cumplimiento de la normativa vigente.			
Total Ud:			1,000	2.060,00	2.060,00
Total presupuesto parcial nº 7 Ensayos Laboratorio :					2.196,97

Presupuesto parcial nº 8 Equipamiento

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
8.1	Ud	Jabonera de pared, para baño, de acero inoxidable AISI 304, acabado satinado, circular, con soporte mural.			
		Total Ud:	3,000	69,53	208,59
8.2	Ud	Escobillero de pared, para baño, de acero inoxidable AISI 304, acabado satinado, con soporte mural, con sistema de cierre mediante presión.			
		Total Ud:	10,000	50,47	504,70
8.3	Ud	Espejo giratorio, para baño, de latón con acabado cromado.			
		Total Ud:	5,000	71,78	358,90
8.4	Ud	Mueble de baño (módulo base), para lavabo de empotrar en encimera, de madera natural de cerezo, de 600 mm de anchura.			
		Total Ud:	5,000	890,41	4.452,05
8.5	Ud	Taquilla modular para vestuario, de 300 mm de anchura, 500 mm de profundidad y 1800 mm de altura, de tablero aglomerado hidrófugo, acabado con revestimiento de melamina.			
		Total Ud:	7,000	155,37	1.087,59
8.6	Ud	Rótulo con soporte de madera para señalización de vivienda, de 85x85 mm, con las letras o números grabados en latón extra.			
		Total Ud:	5,000	6,60	33,00
Total presupuesto parcial nº 8 Equipamiento :					6.644,83

Presupuesto de ejecución material

1 Maquinaria	24.726.644,22
2 Servicios e Ingeniería	150,00
3 Seguridad y Salud	345,51
4 Gestión de Residuos	35,45
5 Instalaciones	10.941,74
6 Edificación	12.511,83
7 Ensayos Laboratorio	2.196,97
8 Equipamiento	6.644,83
Total	24.759.470,55

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de VEINTICUATRO MILLONES SETECIENTOS CINCUENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS SETENTA EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS.