



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



Fomentado por:
Ministerio Federal
de Economía
y Protección del Clima
en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por
giz
Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES REGULATORIAS PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE Y DERIVADOS EN URUGUAY



IMPRINT

Como empresa federal, la GIZ asiste al Gobierno de la República Federal de Alemania en su labor para alcanzar sus objetivos en el ámbito de la cooperación internacional para el desarrollo sostenible.

Publicado por:
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Domicilios de la Sociedad:
Bonn y Eschborn, Alemania

International PtX Hub
Potsdamer Platz 10
10785 Berlin, Alemania
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15

E info@ptx-hub.org
I www.ptx-hub.org

Responsables:
Verónica Vukasovic & Diego Messina (International PtX Hub)

Investigador:


Registro de Propiedad Intelectual Inscripción: 978-956-8066-61-1
Primera edición digital: febrero 2024

El International PtX Hub es implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH en nombre del Ministerio Federal Alemán de Asuntos Económicos y Acción Climática (BMWK). El International PtX Hub es una contribución a la Estrategia Nacional Alemana del Hidrógeno de 2020 y representa uno de los cuatro pilares del programa de acción PtX de la BMUV iniciado en 2019.

Las opiniones y recomendaciones expresadas no reflejan necesariamente las posiciones de las instituciones encargantes, contrapartes o de la agencia implementadora.

Montevideo Uruguay, febrero de 2024.

Índice

1. Resumen ejecutivo	7
2. Análisis de la regulación vigente en Uruguay	11
2.1 Garantías de Origen	11
2.2 Producción	11
2.2.1 Reformado	11
2.2.2 Electrólisis	11
2.2.3 Gasificación	12
2.3 Almacenamiento	12
2.4 Transporte y distribución	12
2.4.1 Inyección en redes de transporte y distribución de gas natural	12
2.5 Instalaciones internas	12
2.6 Automoción	13
2.7 Seguridad	13
2.8 Ordenamiento territorial y medio ambiente	13
2.9 Energía eléctrica	14
2.10 Formación y calificación	14
3. Análisis de la regulación aplicable a nivel internacional	16
3.1 Producción de Hidrógeno	16
3.1.1 Requerimientos de uso de suelo	16
3.1.2 Autorizaciones ambientales. evaluación de impacto ambiental	17
3.1.3 Trámites relacionados con la seguridad industrial	18
3.2 Logística del hidrógeno	27
3.2.1 Transporte por carretera	27
3.2.2 Transporte ferroviario	28
3.2.3 Transporte marítimo	29
3.2.4 Transporte de hidrógeno por tuberías	29
3.3 Consumo de hidrógeno	30
3.3.1 Pilas de Combustible	30
3.3.2 Estaciones de repostaje de hidrógeno	31
3.3.3 Combustión	33
3.3.4 Uso del hidrógeno como materia prima	33
3.4 Reglamentación existente para el hidrógeno y sus derivados según sus distintos usos	34
3.4.1 Hidrógeno para su utilización en transporte	34
3.4.2 Combustibles sintéticos	35
3.4.3 Hidrógeno como combustible de aviación	35
3.4.4 Metanol para uso como combustible	36
3.4.5 Hidrógeno como combustible para mezcla con gas natural. Uso residencial	37
3.4.6 Amoníaco como combustible marítimo	39
3.4.7 Generación eléctrica	42

3.4.8	Homologación y certificación de equipos	43
3.5	Estándares Técnicos	46
4.	Propuesta de un esquema regulatorio para la cadena de valor del hidrógeno renovable en Uruguay basado en la normativa internacional	51
4.1	Producción	51
4.2	Seguridad	51
4.3	Almacenamiento	51
4.4	Transporte por gasoducto, mezclas y uso térmico residencial e industrial	52
4.5	Uso en transporte ligero y pesado.....	52
4.6	Otros usos. Hidrógeno para metanol, combustibles sintético o amoníaco	52
4.7	Conclusiones	53
5.	Producción de hidrógeno y transporte de cargas en un mercado local	60
5.1	Producción de hidrógeno por electrólisis	60
5.2	Distribución y almacenamiento de hidrógeno en planta	60
5.3	Dispensado de hidrógeno	60
5.4	Uso local de hidrógeno gaseoso en vehículos de carga pesada (Fuel Cell Electric Heavy-Vehicles, FCEHVs)	61
5.5	Energía Eléctrica	61
5.6	Orientación regulatoria. Propuesta de actuación	66
5.6.1	Reglamento de instalaciones de Hidrógeno	66
5.7	Normativas departamentales para instalaciones de Hidrógeno	70
5.8	Reglamento de Circulación Vial.....	70
5.9	Instructivo Inspección Técnica de Vehículos (ITV).....	71
5.10	Reglamento de Vehículos Equipados con Pila de Combustible	71
5.11	Normativas departamentales para instalaciones de producción, almacenamiento y dispensado de hidrógeno.....	72
6.	Cadena de valor del metanol para exportación	74
6.1	Introducción.....	74
6.2	Producción y almacenamiento en planta	74
6.3	Transporte de metanol desde la planta de producción hasta el puerto de exportación y almacenamiento en puerto de exportación	80
6.4	Normativas departamentales para instalaciones de Metanol	81
7.	Cadena de valor del amoníaco y fertilizantes	84
7.1	Introducción.....	84
7.2	Características fisicoquímicas del amoníaco.....	85

7.3	Derivados del amoníaco	85
7.4	El proceso de producción de Amoníaco Verde	86
7.5	Proceso de fabricación de derivados del amoníaco para su uso como fertilizante	86
7.5.1	Fabricación de Urea	86
7.5.2	Fabricación de Nitrato de Amonio	87
7.6	Propuesta reglamentaria para la producción y almacenamiento de amoníaco	87
7.7	Tramitación de instalaciones de producción y almacenamiento de amoníaco y derivados.....	91
7.8	Transporte de amoníaco	94
7.8.1	Transporte por carretera	94
7.8.2	Transporte por ferrocarril.....	94
7.8.3	Transporte marítimo	95
7.9	Normativas departamentales para instalaciones de Amoníaco	95
7.10	La regulación del sector del amoníaco en Uruguay	96
8.	Calidad del hidrógeno y derivados	99
8.1	Calidad del Hidrógeno verde para vehículos pesados	99
8.1.1	Normativa ISO para calidad de hidrógeno.....	99
8.1.2	Normativa europea para calidad de hidrógeno.....	101
8.1.3	Normativa USA para la calidad de hidrógeno.....	101
8.1.4	Conclusiones.....	101
8.2	Calidad del amoníaco y fertilizantes derivados de hidrógeno verde.....	102
8.3	Calidad del metanol verde.....	104
8.4	Sistema de acreditación y certificación	105
9.	Leyes, Decretos, Reglamentos y Normas nacionales citados	107
10.	Acrónimos	108
11.	Bibliografía.....	109

Índice de tablas

Tabla 1. Especificaciones de calidad del gas procedente de fuentes no convencionales introducido en el Sistema Gasista Español	39
Tabla 2. Tabla resumen de normativa técnica internacional.....	48
Tabla 3. Esquema regulatorio nacional	55
Tabla 4. Esquema normativo para la cobertura del caso Producción de hidrógeno y transporte de cargas en un mercado local- Producción de hidrógeno por electrólisis	62
Tabla 5. Esquema normativo para la cobertura del caso Producción de hidrógeno y transporte de cargas en un mercado local - Distribución y almacenamiento de hidrógeno en planta	63
Tabla 6. Esquema normativo para la cobertura del caso Producción de hidrógeno y transporte de cargas en un mercado local - Dispensado de hidrógeno	64
Tabla 7. Esquema normativo para la cobertura del caso Producción de hidrógeno y transporte de cargas en un mercado local -Uso local de hidrógeno gaseoso en vehículos de carga pesada (Fuel Cell Electric Heavy-Vehicules, FCEHVs).	65
Tabla 8. Esquema normativo para la cobertura del caso Producción de hidrógeno y transporte de cargas en un mercado local - Energía Eléctrica.....	65
Tabla 9. Índice con aspectos mínimos a regular para la cadena de valor del hidrógeno verde.....	67
Tabla 10. Normativa ya desarrollada y en funcionamiento operativo para la calidad del Etanol combustible según norma UNIT 1122 y derivadas	76
Tabla 11. Normas ASTM D1152-97 y normativa de referencia IMPCA para metanol	77
Tabla 12. Esquema normativo para la cobertura del caso Planta de producción de metanol a partir de hidrógeno renovable.....	78
Tabla 13. Esquema normativo para la cobertura del caso Transporte de metanol y su almacenamiento/manipulación en puertos.	82
Tabla 14. Índice con aspectos mínimos a regular para transporte de metanol y su almacenamiento/manipulación en puertos	88
Tabla 15. Esquema normativo para la cobertura del caso Instalaciones de producción y almacenamiento de amoníaco y derivados.....	91
Tabla 16. Tipos de hidrógeno y sus aplicaciones según ISO 14867:2019.....	99
Tabla 17. Especificaciones para el hidrógeno gas vehicular	100
Tabla 18. Catálogo de normas UNIT para calidad de fertilizantes	103
Tabla 19. Clasificación del Amoníaco en forma comercial.....	104
Tabla 20. Porcentajes máximos autorizados de metanol en blending con gasolina, con requisitos de aditivos y otros alcoholes co-solventes (por ejemplo, etanol)	105

Índice de figuras

Figura 1. Esquema normativo DIN VDE 0100-100	22
Figura 2. Porcentajes máximos admisibles de hidrógeno en red de gas natural por países de la unión europea.	38
Figura 3. Producción de amoníaco según proceso Haber-Bosch. Fuente: InfoAmoníaco	41

1

RESUMEN EJECUTIVO

1. Resumen ejecutivo

1.1 Castellano

En el presente estudio se analizaron los principales aspectos regulatorios técnicos, de seguridad y calidad, que deberían considerarse para los proyectos que se incorporen en la cadena de valor del hidrógeno verde y sus derivados, para el caso específico del Uruguay.

A tales efectos, el estudio se ha estructurado en capítulos, los que en primera instancia fueron orientados a analizar el estado de la regulación en Uruguay y a nivel de países que ya cuentan con una regulación avanzada en hidrógeno verde y sus derivados, a fin de develar las brechas regulatorias existentes en el país para el desarrollo de la industria. A objetivo de ofrecer al lector un contenido relevante y propositivo sobre para la superación de brechas regulatorias, este reporte se ha enfocado en los siguientes aspectos:

Se ofrece un análisis de la normativa actualmente vigente en Uruguay, así como de su aplicabilidad para la implementación de proyectos asociados a la cadena de valor del hidrógeno verde y sus derivados, en todas las etapas de la misma (producción, almacenamiento, transporte y distribución, inyección en redes, instalaciones internas, repostaje y automoción), considerando tanto los aspectos relativos a la seguridad de personas, bienes, instalaciones y equipos, como los que hacen a la implementación técnica de los diversos procesos considerados.

Se consideraron, además, diversos lineamientos y condicionantes relativos al ordenamiento territorial, uso del suelo y evaluación de impacto ambiental, a efectos de propender a la reducción de los riesgos correspondientes.

Se incluyó, asimismo, un capítulo dedicado a analizar las necesidades relativas a la formación y calificación de trabajadores, técnicos y profesionales, contrastando los instrumentos actualmente existentes en Uruguay y su necesaria complementación, a efectos de incorporar los conocimientos y destrezas que requiere la implementación de la cadena de valor del hidrógeno.

El análisis de los diversos capítulos incluidos se basa en información obtenida a partir de una serie de entrevistas mantenidas con actores relevantes en la cadena de valor del hidrógeno, tanto desde el punto de vista regulatorio (DNB-MINT, IMM-SIME, DNT-MTOP, AEIA-MA) como productivo y/o comercial (UTE, ANCAP, MDVGAS, GCDS).

Se realizó seguidamente un análisis de la regulación aplicable a nivel internacional, a partir de la cual (y tomando en consideración los antecedentes locales) se elaboró una propuesta integral para un esquema regulatorio de la cadena de valor del hidrógeno renovable en Uruguay, incluyendo entre otras áreas, el transporte por gasoducto, el *blending* con gas natural, el uso térmico residencial e industrial, la utilización en transporte ligero y pesado, la producción de metanol, combustibles sintéticos y amoníaco.

Asimismo, este estudio ofrece cuatro estudios de casos o escenarios específicos, que se entendieron particularmente relevantes a nivel nacional:

- i. Integración de una cadena de producción electrolítica de hidrógeno, su distribución, almacenamiento y dispensado con destino a vehículos pesados equipados con celdas de combustible.
- ii. Producción de metanol a partir de hidrógeno verde, destinado principalmente a la exportación y/o al *blending* con gasolinas.
- iii. Estudio de los principales aspectos regulatorios vinculados a la producción de amoníaco y fertilizantes a partir de hidrógeno verde.
- iv. Requisitos de calidad para los productos analizados en los casos anteriores: hidrógeno destinado vehículos pesados, metanol, amoníaco y fertilizantes.

Se incluye, además, una propuesta de esquema regulatorio integral para la producción, almacenamiento y transporte de amoníaco en Uruguay, habida cuenta que durante el desarrollo del estudio se identificaron carencias en la regulación actualmente vigente.

Como colofón de este reporte se incorporaron, asimismo, algunos lineamientos para la implementación de un sistema de acreditación y certificación de productos y sistemas incluidos en la cadena de valor del hidrógeno verde.

Conclusiones principales

Las conclusiones principales que emergen de este estudio son que, si bien hay un marco normativo y de procedimientos para la permisología básica aplicable a proyectos de hidrógeno renovable y sus derivados, este se encuentra parcialmente completo y define en gran medida las competencias y autoridades necesarias, siendo un punto de partida aceptable.

Dentro de este marco, se integran estándares internacionales (como ASME, NFPA, entre otros), lo que permite anticipar que sus avances en materia de hidrógeno renovable y sus derivados podrían enriquecer la normativa uruguaya, siempre y cuando se actualice en paralelo a ellos. Sin embargo, se plantea la viabilidad de incorporar nuevas familias de normas (principalmente ISO y EN) que no solo llenen los vacíos existentes, incluso con los estándares más actuales que se han evidenciado en los informes, sino que también sirvan como catalizadores para abrir el mercado uruguayo de equipos e instalaciones de hidrógeno a fabricantes y desarrolladores de proyectos internacionales.

Dada la complejidad de los trámites y las responsabilidades implicadas, se sugiere establecer esquemas normativos específicos para la gestión de proyectos de hidrógeno y amoníaco, así como para la regulación de su producción, almacenaje y uso. Esto es especialmente relevante para el amoníaco, dada su naturaleza peligrosa y la potencial expansión a gran escala de su producción en Uruguay, aprovechando su ventaja competitiva en términos de disponibilidad de recursos.

Estos marcos regulatorios deberían integrar las normativas existentes con las particularidades de estas tecnologías, buscando garantizar la seguridad de las instalaciones y la calidad de los productos de manera unificadora, complementaria y flexible. Su impacto no debería limitarse a ser un facilitador para iniciativas empresariales, sino también a coordinar a todos los agentes y autoridades involucrados, e incluso a promover la participación de otros roles y entidades, o la creación de nuevas figuras (como inspectores especializados), con el fin de que la administración uruguaya en su conjunto pueda actuar como un elemento facilitador en la consecución de los objetivos establecidos en la Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde en Uruguay.

En síntesis, este análisis exhaustivo de la normativa y los procedimientos para proyectos de hidrógeno renovable y sus derivados en Uruguay desvela un escenario prometedor y lleno de oportunidades, aunque no exento de desafíos y cierta incertidumbre. A pesar de las brechas y desafíos en la normativa, que no son exclusivos de nuestro país sino globales, Uruguay se perfila no solo como un líder potencial en la producción de hidrógeno renovable a gran escala, sino también como un referente de cómo la regulación puede evolucionar de forma proactiva y coherente para aprovechar las oportunidades del futuro energético y enfrentar sus desafíos.

1.2 Inglés

This study analyzed the main technical, safety and quality regulatory aspects that should be considered for projects to be incorporated in the value chain of green hydrogen and its derivatives, for the specific case of Uruguay.

For this purpose, the study has been structured into chapters, based on the findings obtained after conducting an analysis of Uruguay's regulations, aimed at unveiling the existing regulatory gaps in the country for the development of the green hydrogen industry and its derivatives. In order to provide the reader with relevant content on these matters, this report offers the following:

An analysis of the regulations currently in force in Uruguay, as well as their applicability for the implementation of projects associated to the value chain of green hydrogen and its derivatives, in all its stages (production, storage, transportation and distribution, injection in networks, internal facilities, refueling and automotive), considering both the aspects related to the safety of people, goods, facilities and equipment, and those related to the technical implementation of the different processes considered.

In addition, several guidelines and conditioning factors related to land management, land use and environmental impact assessment were considered in order to reduce the corresponding risks.

It also included a chapter dedicated to analyzing the needs related to the training and qualification of workers, technicians and professionals, contrasting the instruments currently existing in Uruguay and their necessary complementation, in order to incorporate the knowledge and skills required for the implementation of the hydrogen value chain.

The analysis of the various chapters included, among other inputs, the information obtained from a series of interviews held with relevant actors in the hydrogen value chain, both from the regulatory (DNB-MINT, IMM-SIME, DNT-MTOP, AEIAMA) and production and/or commercial (UTE, ANCAP, MDVGAS, GCDS) points of view.



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán



An analysis of the applicable regulations at international level was then carried out, from which (and taking into consideration the local background) a comprehensive proposal was prepared for a regulatory scheme for the renewable hydrogen value chain in Uruguay, including, among other areas, pipeline transportation, blending with natural gas, residential and industrial thermal use, use in light and heavy transport, production of methanol, synthetic fuels and ammonia.

Additionally, this report presents four case studies or specific scenarios deemed particularly pertinent at the national level:

- i. Integration of an electrolytic hydrogen production chain, its distribution, storage and dispensing for heavy vehicles equipped with fuel cells.
- ii. Production of methanol from green hydrogen, mainly destined for export and/or blending with gasoline.
- iii. Study of the main regulatory aspects related to the production of ammonia and fertilizers from green hydrogen.
- iv. Quality requirements for the products analyzed in the previous cases: hydrogen for heavy-duty vehicles, methanol, ammonia and fertilizers.

Lastly, the report includes a proposal for a comprehensive regulatory framework governing the production, storage, and transportation of ammonia in Uruguay. This proposal addresses shortcomings identified in the existing regulations during the study's development.

As a culmination of this report, some guidelines for the implementation of an accreditation and certification system for products and systems included in the green hydrogen value chain were also included.

Main conclusions

The main conclusions that emerge from this study are that, although there is a regulatory and procedural framework for basic permitting applicable to renewable hydrogen projects and their derivatives, it is partially complete and largely defines the necessary competencies and authorities, being an acceptable starting point.

Within this framework, international standards (such as ASME, NFPA, among others) are integrated, which allows anticipating that their advances in renewable hydrogen and its derivatives could enrich the Uruguayan regulations, as long as they are updated in parallel to them. However, the feasibility of incorporating new families of standards (mainly ISO and EN) that not only fill the existing gaps, even with the most current standards that have been evidenced in the reports, but also serve as catalysts to open the Uruguayan market for hydrogen equipment and facilities to international manufacturers and project developers.

Given the complexity of the procedures and responsibilities involved, it is suggested to establish specific regulatory schemes for the management of hydrogen and ammonia projects, as well as for the regulation of their production, storage and use. This is especially relevant for ammonia, given its hazardous nature and the potential large-scale expansion of its production in Uruguay, taking advantage of its competitive advantage in terms of resource availability.

These regulatory frameworks should integrate existing regulations with the particularities of these technologies, seeking to guarantee the safety of the facilities and the quality of the products in a unifying, complementary and flexible manner. Its impact should not be limited to being a facilitator for business initiatives, but also to coordinate all the agents and authorities involved, and even to promote the participation of other roles and entities, or the creation of new figures (such as specialized inspectors), so that the Uruguayan administration as a whole can act as a facilitating element in the achievement of the objectives established in the Green Hydrogen Roadmap in Uruguay.

In summary, this exhaustive analysis of the regulations and procedures for renewable hydrogen projects and its derivatives in Uruguay reveals a promising scenario full of opportunities, although not without challenges and some uncertainty. Despite the gaps and challenges in regulation, which are not unique to our country but global, Uruguay is emerging not only as a potential leader in large-scale renewable hydrogen production, but also as a benchmark of how regulation can evolve in a proactive and coherent manner to take advantage of the opportunities of the energy future and face its challenges.

2

ANÁLISIS DE LA REGULACIÓN VIGENTE EN URUGUAY

2. Análisis de la regulación vigente en Uruguay

En el presente apartado se realiza un estudio de la normativa vigente en Uruguay relacionada a la utilización del hidrógeno. Se estudia en particular normativa en cuanto a garantías de origen, almacenamiento, transporte y distribución, instalaciones internas, automoción, seguridad, ordenamiento territorial y medio ambiente, energía eléctrica y formación y calificación.

2.1 Garantías de Origen

Debido a que actualmente no existe generación de energía eléctrica a partir de hidrógeno, tampoco se ha implementado ningún sistema de certificación o garantías de origen del hidrógeno renovable (“verde”) o bajo en carbono (“azul”).

Como antecedente de interés, se cita el Decreto 259/021, por el cual se encomienda al Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) la implementación y administración de un Sistema de Certificados de Energía Eléctrica de Fuente Primaria Renovable (SCER), conforme a los principios de trazabilidad, inmutabilidad, transparencia y publicidad.

Los Certificados de Energía Eléctrica Renovable (CER) se emiten y gestionan a través de un sistema de *blockchain* en el que participan la Administración del Mercado Eléctrico (ADME), la Dirección Nacional de Energía (DNE) del MIEM, los agentes del Mercado Mayorista de Energía Eléctrica (MMEE) y la Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE). Se entiende que el SCER constituye una base para, mediante su complementación, implementar un sistema de certificación y garantías de origen para el hidrógeno producido a partir de energía renovables o fuentes y procesos de baja emisión (hidrógeno “verde” y “azul”).

2.2 Producción

2.2.1 Reformado

Actualmente la casi totalidad del hidrógeno producido en Uruguay se genera y consume internamente en la Refinería de la Teja, mediante procesos convencionales de reformado.

No existe reglamentación específica al respecto. Las operaciones se realizan bajo control directo de ANCAP, utilizando su propia normativa interna (procedimientos de operación, control, seguridad, etc. de la Refinería), generalmente basados en estándares ASME.

2.2.2 Electrólisis

Existe generación marginal de hidrógeno, como sub-producto, en algunos procesos industriales electroquímicos, pero no se aprovecha como tal ni se comercializa.

No existe reglamentación específica para el manejo de hidrógeno en este sector. Recientemente (05-06/2023) se han anunciado públicamente sendos proyectos para generación de e-gasolina y e-metanol en los departamentos de Paysandú y Tacuarembó. El primero de ellos (HIF Global) utilizaría CO₂ biogénico e hidrógeno “verde” producido mediante electrólisis alcalina (1 GW), a partir de energía renovable (2 GW). El otro proyecto que se ha hecho público (Tambor Green Hydrogen Hub) también implicaría la instalación de electrolizadores (350 MW), alimentados con energía de origen renovable, para producir hasta 15000 ton/año de hidrógeno “verde”.

Asimismo, el Fondo Sectorial de Hidrógeno Verde ha seleccionado el proyecto H24U para apoyar la instalación de una hidrogenadora destinada a abastecer una flota de camiones de carga forestal en el departamento de Durazno. La hidrogenadora se abastecería con hidrógeno producido por electrólisis, utilizando energía de origen fotovoltaico.

En una segunda fase de este proyecto, se prevé la inyección de hidrógeno en las redes de transporte y/o distribución de gas natural de la ciudad de Paysandú, operadas por las empresas ANCAP y CONECTA, respectivamente.

2.2.3 Gasificación

No existen actualmente en Uruguay procesos de gasificación destinados a la producción de hidrógeno. En algunas plantas de tratamiento biológico de aguas residuales y residuos sólidos (relleno sanitario) se recupera biogás, el cual es aprovechado localmente mediante combustión para generación de energía eléctrica.

A nivel industrial, existen algunos gasógenos (gasificadores de biomasa) que tampoco separan hidrógeno de la corriente gaseosa, la cual se quema para generación de vapor y/o calor.

No existe reglamentación específica para el manejo de hidrógeno en estos sectores.

2.3 Almacenamiento

No existe reglamentación específica para el almacenamiento de hidrógeno. Los criterios técnicos para autorizar instalaciones que involucren depósitos presurizados y/o criogénicos de gases industriales (incluyendo hidrógeno) en industrias o servicios se basa, normalmente, en la Sección VIII del Código ASME.

2.4 Transporte y distribución

No existe reglamentación específica para el transporte de hidrógeno, en ninguna de sus modalidades.

Particularmente, en el caso de transporte presurizado a granel, el precedente más cercano (aunque prácticamente irrelevante a los efectos aquí considerados) es el Reglamento de Transporte a Granel de Gas Natural Comprimido (GNC) de la URSEA (2004), el cual nunca fue puesto en práctica.

El transporte por carretera de hidrógeno (o de cualquier otro combustible), ya sea en forma fraccionada o a granel, está sujeta al Reglamento Nacional sobre Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, MTOP (Decreto 560/003 de 31/12/2003), en el cual se recogen las disposiciones del Acuerdo para la Facilitación del Transporte de Mercancías Peligrosas en el MERCOSUR (1999).

Las autorizaciones requeridas para habilitar a los vehículos que transporten mercancías peligrosas (incluyendo hidrógeno, y cualquier otro combustible) son emitidas por el MTOP (a nivel nacional) y por las autoridades departamentales (a nivel local).

En particular, en el departamento de Montevideo, las disposiciones correspondientes están contenidas en el Volumen V del Digesto Departamental, siendo el Servicio de Instalaciones Mecánicas y Eléctricas (SIME) de la Intendencia de Montevideo (IM) la Autoridad Competente.

2.4.1 Inyección en redes de transporte y distribución de gas natural

No existe reglamentación ni antecedentes en Uruguay para operaciones de inyección de hidrógeno en las redes de transporte (gasoductos de acero en alta presión) y/o distribución (redes de PEAD en 4 bar). En el pasado se plantearon iniciativas, que no prosperaron, para inyectar biogás recuperado de rellenos sanitarios en la red de distribución de Montevideo, para las cuales tampoco se llegó a desarrollar la reglamentación correspondiente.

El proyecto (H24U, que ha recibido el apoyo del Fondo Sectorial de Hidrógeno Verde en Uruguay, prevé en una segunda fase la inyección de hidrógeno en las redes de transporte y/o distribución de gas natural de la ciudad de Paysandú.

2.5 Instalaciones internas

El Reglamento de Instalaciones Fijas de Gas Combustible (RIFGC, URSEA, 06/2014) establece, en su párrafo II-I/6/d, que: *“Para las instalaciones y condiciones operativas no comprendidas en el alcance de las normas citadas precedentemente (UNIT 1005, NFPA 54, NFPA 58), y en tanto no exista normativa correspondiente se utilizarán las normas NFPA correspondientes.”*

Esto habilitaría, en principio, la utilización de la normativa NFPA que se detalla en el cuadro incluido al final de este capítulo, en *“toda instalación fija de gas combustible”*, según se establece en el párrafo I-II/2 (Alcance) del RIFGC, es decir, instalaciones estacionarias de tipo industrial, comercial o residencial (téngase presente que ninguna de las normas citadas precedentemente incorpora al hidrógeno en su alcance).



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



2.6 Automoción

No existe reglamentación para el uso de hidrógeno como combustible automotriz en Uruguay. El precedente más cercano (aunque prácticamente irrelevante, desde el punto de vista técnico, a los efectos del presente estudio) viene dado por el Reglamento de Suministro y Uso Vehicular de Gas Natural Comprimido (GNC) de la URSEA (2003), el cual nunca fue llevado cabalmente a la práctica, dado que no ha existido, hasta la fecha, ninguna estación de GNC en el país.

En 2023 se ha otorgado un fondo sectorial para apoyar la implementación de un proyecto (H24U) que busca instalar una hidrogenera en el departamento de Durazno, destinada al abastecimiento de vehículos pesados de transporte forestal.

2.7 Seguridad

No existe reglamentación nacional ni local que contemple específicamente los aspectos de seguridad, prevención de accidentes y control de emergencias relacionados al uso de hidrógeno en Uruguay.

En términos generales, la normativa considera en conjunto a los gases inflamables o combustibles, entre los cuales sólo existe reglamentación específica de seguridad, con alcance nacional o departamental, para el gas natural, los GLPs y algunos gases de uso industrial (acetileno, oxígeno, amoníaco).

En el caso de la DNB, no existen aún instructivos técnicos específicos aprobados para el hidrógeno, por lo cual la eventual evaluación y autorización de proyectos que involucren hidrógeno se realizaría con base en la normativa NFPA y, eventualmente, otras normas reconocidas regional o internacionalmente.

2.8 Ordenamiento territorial y medio ambiente

En materia de ordenamiento territorial La Ley N° 18308 (LOTDS) atribuye competencia al Poder Ejecutivo para la elaboración de Directrices Nacionales (aprobadas por el PL) y Programas Nacionales (aprobados por el PE). Asimismo, dicha ley atribuye a los Gobiernos Departamentales nuevas potestades en materia de ordenamiento territorial, asignándoles competencia para categorizar el suelo, establecer y aplicar regulaciones territoriales sobre usos, fraccionamientos, urbanización, edificación, demolición, conservación, protección del suelo y policía territorial, en todo el territorio departamental mediante la elaboración, aprobación e implementación de distintos instrumentos de OT (Ordenanza y Directrices Departamentales y Planes Locales e Interdepartamentales).

En materia ambiental la ley 16.466 establece qué actividades quedarán sometidas a un estudio de impacto ambiental previo (art. 6°) y el Decreto Reglamentario (N° 349/2005) indica las actividades que requerirán autorización ambiental previa.

En materia de aguas, el Código de Aguas regula los usos de dicho recurso estableciendo que el Poder Ejecutivo es la autoridad nacional en la materia, pudiendo intervenir según el tipo de Proyectos el MA y el MTOP.

En general, los nuevos proyectos relacionados con la producción y almacenamiento de hidrógeno “verde” implicarán la instalación de electrolizadores de potencia elevada, vinculados a fuentes de generación eléctrica renovable.

Por lo tanto, los criterios y requisitos que involucrarán en materia de impacto ambiental y ordenamiento territorial deberían presentar similitudes y analogías importantes con los que actualmente se manejan para la instalación de estaciones de interconexión y conversión eléctrica en alta potencia (del orden de MW a GW), eventualmente combinadas con parques de tanques estacionarios (cilíndricos y/o esféricos) para almacenamiento a elevada presión (cientos de bares) de hidrógeno a granel. También en la medida que los proyectos utilicen agua para la generación del hidrógeno, deberán tenerse en cuenta los permisos correspondientes para el uso de aguas.

Existen actualmente en el territorio nacional algunas instalaciones de uno y otro tipo (aunque no combinadas), con funciones y especificidades diferentes (en particular, no se maneja hidrógeno), pero que conceptualmente sirven para ilustrar el tipo de complejidades técnicas y restricciones en materia de seguridad y ordenamiento territorial que deberían considerarse.

Sin perjuicio de ello, se entiende que tanto a nivel nacional (leyes y regulaciones ambientales del MA, directrices y programas del MVOT-DINOT) como a nivel regional (ordenanzas departamentales relativas a ordenamiento territorial y medio ambiente), es necesario generar normativa que defina explícitamente los requerimientos aplicables a estos proyectos.

Tan importante como lo anterior es que dicha normativa se elabore de forma armónica, estrechamente coordinada y consensuada entre las autoridades nacionales y departamentales, evitando toda contradicción entre los requisitos respectivamente previstos, así como la superposición y/o redundancia de estudios, permisos y autorizaciones exigibles, avalando la homologación interinstitucional de los mismos.

2.9 Energía eléctrica

La Ley de Marco Regulatorio (Ley N° 16.832) fue reglamentada a través de cuatro Reglamentos que fueron propuestos por la UREE (actual URSEA - Unidad Reguladora de servicios de Energía y Agua) al Poder Ejecutivo quien los emitió como Decretos.

- Decreto N° 276/002 – Reglamento General del Marco Regulatorio del Sistema Eléctrico Nacional (30/07/2002).
- Decreto N° 277/002 – Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica (30/07/2002).
- Decreto N° 278/002 – Reglamento de Transmisión de Energía Eléctrica (30/07/2002).
- Decreto N° 360/002 – Reglamento del Mercado Mayorista de Energía Eléctrica (17/09/2002).

Estos reglamentos establecen en detalle el funcionamiento del mercado definiendo los agentes y participantes del mismo, sus derechos y obligaciones, las formas en que se realizan las operaciones de compra y venta de energía, así como también el régimen tarifario de la transmisión y de la distribución de electricidad.

Dentro del nuevo esquema existe un mercado de energía eléctrica en el cual participan los generadores locales, la generación de importación, los grandes consumidores, UTE Distribución y la demanda de exportación. Las áreas operativas de UTE se separan en UTE Generación, UTE Distribución y UTE Trasmisión, siendo solo las dos últimas actividades en régimen de monopolio. Las actividades de generación y comercialización mayorista de energía eléctrica son libres y están sujetas a competencia para el suministro de la demanda.

Se considera que el actual marco normativo se adecua correctamente a los futuros proyectos, no requiriéndose adecuación normativa en ese sentido.

2.10 Formación y calificación

En Uruguay no existen, actualmente, procesos de formación profesional orientados específicamente al hidrógeno, más allá de la capacitación laboral que recibe el personal involucrado en algunos procesos o instalaciones muy específicas donde se trabaje con hidrógeno, particularmente en el caso de la Refinería de la Teja.

Nuevamente, el precedente más próximo y análogo que se puede referenciar es el que acompañó a la introducción del gas natural a partir del año 2001, cuando se promovió un sistema de formación técnica y profesional especializada, reglamentada por el MIEM-DNE y con participación de la UDELAR y de la ANEP-CETP, junto con la creación de un registro de empresas y técnicos matriculados (habilitados o autorizados) para el diseño, construcción y mantenimiento de las instalaciones de gas natural.

Posteriormente, el sistema se generalizó para todos los gases combustibles comercializados masivamente en Uruguay (gas natural, GLPs, propano indiluido); más recientemente aún (en un proceso que dista mucho de estar concluido), dicho sistema viene siendo reconocido por algunas otras Autoridades Competentes con injerencia en la autorización de dichas instalaciones: MINT-DNB, MIEM-SIME.

Paralelamente, la URSEA ha establecido, a través de su Reglamento Técnico y de Seguridad de Instalaciones y Equipos Destinados al Manejo del GLP (RTS), los requisitos para la capacitación técnica que deben recibir todas las personas que trabajan con GLP, lo cual ha constituido, asimismo, una herramienta efectiva para mejorar la seguridad y eficiencia en ese ámbito laboral específico.

La ampliación de los instrumentos arriba mencionados para promover la formación y especialización de profesionales, técnicos y trabajadores de la cadena de valor del hidrógeno (incluyendo la generación de programas específicos para los cursos de especialización profesional, formación técnica y capacitación laboral en el ámbito del hidrógeno) se entiende como una necesidad básica para el desarrollo de dicha cadena.

3

ANÁLISIS DE LA REGULACIÓN APLICABLE A NIVEL INTERNACIONAL

3. Análisis de la regulación aplicable a nivel internacional

En el siguiente apartado se presenta el estudio de la normativa internacional que puede ser tomada de referencia para un nuevo marco normativo en Uruguay. En particular se profundiza en normativa relacionada a la producción de hidrógeno, logística del hidrógeno, consumo del hidrógeno, reglamentación para el hidrógeno y sus derivados según sus distintos usos y estándares técnicos aplicables.

3.1 Producción de Hidrógeno

Generalmente la producción de hidrógeno en la legislación se considera como una industria química de producción de un gas inorgánica. En este caso disponemos de tres grandes campos normativos que deben ser tenidos en cuenta:

3.1.1 Requerimientos de uso de suelo

Dada la naturaleza industrial de las instalaciones productoras de hidrógeno, normalmente existen restricciones para el uso de los terrenos atendiendo a su clasificación, siendo muy relevante el papel de las administraciones públicas con respecto al mismo. Algunos ejemplos de modelos de gestión son los siguientes:

Estados Unidos

En los Estados Unidos, la regulación del uso del suelo industrial es principalmente responsabilidad de los gobiernos estatales y locales, con algunas pautas y directrices federales. Los usos industriales están sujetos a una variedad de normativas ambientales, de zonificación y de construcción. Las leyes federales, como la Ley de Aire Limpio (*Clean Air Act*¹) y la Ley de Agua Limpia (*Clean Water Act*²), establecen estándares ambientales para las actividades industriales.

La *Zoning Ordinance* (ordenanza de zonificación) es una herramienta clave utilizada a nivel local para regular el uso del suelo industrial. Cada municipio y condado puede establecer zonas industriales designadas donde se permite la operación de industrias específicas. Estas zonas están separadas de áreas residenciales y comerciales para evitar posibles conflictos de uso.

Alemania

En Alemania, de forma similar al resto del entorno europeo se tiene un enfoque altamente regulado en cuanto al uso del suelo industrial para garantizar la protección del medio ambiente y la seguridad de las comunidades locales. La planificación del uso del suelo se basa en la Ley Federal de Ordenación Territorial (*Bundesraumordnungsgesetz*³) y la Ley de Planificación Territorial del Estado (*Landesplanungsgesetz*^{4 5 6}).

La planificación espacial y regional se utiliza para determinar las áreas industriales y evitar la urbanización descontrolada. Además, la Ley Federal de Control de la Contaminación (*Bundes-Immissionsschutzgesetz*⁷) establece regulaciones estrictas para reducir las emisiones y la contaminación del aire y del agua en las zonas industriales.

¹[https://www.boem.gov/air-quality-act-1967-or-clean-air-act-caa#:~:text=The%20Clean%20Air%20Act%20\(CAA\)%20\(42%20U.S.C.,public%20health%20and%20the%20environment.](https://www.boem.gov/air-quality-act-1967-or-clean-air-act-caa#:~:text=The%20Clean%20Air%20Act%20(CAA)%20(42%20U.S.C.,public%20health%20and%20the%20environment.)

²[HTTPS://WWW.EPA.GOV/LAWS-REGULATIONS/SUMMARY-CLEAN-WATER-ACT#:~:TEXT=THE%20CLEAN%20WATER%20ACT%20\(CWA,QUALITY%20STANDARDS%20FOR%20SURFACE%20WATERS.](https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-water-act#:~:text=The%20Clean%20Water%20Act%20(CWA,QUALITY%20STANDARDS%20FOR%20SURFACE%20WATERS.)

³[HTTPS://WWW.GESETZE-IM-INTERNET.DE/ROG_2008/](https://www.geetze-im-internet.de/rog_2008/)

⁴[HTTPS://RECHT.NRW.DE/LMI/OWA/BR_TEXT_ANZEIGEN?v_id=920070925160557909](https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_text_anzeigen?v_id=920070925160557909)

⁵[HTTPS://WWW.LANDESRECHT-BW.DE/JPORTAL/?QUELLE=JLINK&QUERY=LPLG+BW&PSML=BSBAWUEPROD.PSML&MAX=TRUE&AIZ=TRUE](https://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=jlink&query=LPLG+BW&psml=BSBAWUEPROD.PSML&max=true&aiZ=true)

⁶[HTTP://WWW.LEXSOFT.DE/CGI-BIN/LEXSOFT/JUSTIZPORTAL_NRW.CGI?XID=526315,1](http://www.lexsoft.de/cgi-bin/lexsoft/justizportal_nrw.cgi?xid=526315,1)

⁷[HTTPS://WWW.GESETZE-IM-INTERNET.DE/BIMSCHG/](https://www.geetze-im-internet.de/bimSchG/)

China

Por otra parte, China, quien ha experimentado un rápido crecimiento industrial en las últimas décadas, también se ha enfrentado a desafíos en la regulación del uso del suelo industrial. La Ley de Gestión Ambiental de la República Popular de China⁸ es el marco legal fundamental para la protección del medio ambiente, que también se aplica a las áreas industriales.

El gobierno central y los gobiernos locales trabajan en conjunto para establecer zonas industriales específicas, conocidas como parques industriales, donde se concentran las actividades industriales. Estos parques están diseñados para tener infraestructuras y servicios compartidos, lo que mejora la eficiencia y facilita la aplicación de regulaciones ambientales más estrictas.

Chile

En Chile, la regulación del uso del suelo industrial está contemplada principalmente en el Código Urbano (Ley General de Urbanismo y Construcciones⁹). La zonificación y planificación territorial son competencia de los gobiernos locales, y cada municipio establece sus propias normativas para la creación de zonas industriales.

Un ejemplo es el Plan Regulador Comunal (PRC), que determina la zonificación y define las áreas aptas para uso industrial en cada comuna. Además, existen normativas ambientales, como la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente¹⁰, que establece estándares para la protección ambiental en áreas industriales.

En Chile, el gobierno ha promovido la creación de áreas industriales especiales, como las Zonas Francas y los Parques Industriales, que ofrecen incentivos fiscales y facilidades para la instalación de industrias.

España

En España, la regulación del uso del suelo industrial se basa en la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana (Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre¹¹) y la Ley de Ordenación de la Edificación (Ley 38/1999¹²). Estas leyes establecen los principios básicos de la ordenación territorial y urbana, incluyendo la planificación del uso del suelo industrial.

Cada comunidad autónoma en España tiene competencias para establecer sus propias normativas y planes de ordenación territorial. Un ejemplo es el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU), que regula la zonificación y define las áreas para uso industrial en cada municipio.

En resumen, es necesario destacar la regulación del uso del suelo industrial está influenciada por consideraciones ambientales y de seguridad para proteger a las comunidades locales y el entorno. Por norma, los países tienen en cuenta las necesidades de desarrollo económico y la creación de empleo al establecer áreas destinadas a actividades industriales, pero siempre bajo el respeto a unas condiciones de conservación del entorno.

3.1.2 Autorizaciones ambientales. evaluación de impacto ambiental

Como ya se ha visto, los requisitos medioambientales están muy presentes en la categorización de los terrenos en los que ubicar una planta de producción de hidrógeno, pero hay que tener en cuenta que también existen normativas propias de autorización basadas únicamente en la perspectiva medioambiental, o procedimientos específicos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). A continuación, se hace una mención de algunos ejemplos:

Estados Unidos

En Estados Unidos, el proceso de autorización ambiental y EIA para una planta de producción de hidrógeno está regulado principalmente por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y las autoridades estatales y locales. La Ley de Política Ambiental Nacional (NEPA¹³) es una ley fundamental que exige la evaluación de los impactos ambientales significativos

⁸ http://www.npc.gov.cn/zgrdw/englishnpc/Law/2007-12/12/content_1383917.htm#:~:text=laws&text=Article%201%20This%20Law%20is,the%20development%20of%20socialist%20modernization.

⁹ [HTTPS://WWW.BCN.CL/LEYCHILE/NAVEGAR?IDNORMA=13560](https://www.bcn.cl/LEYCHILE/NAVEGAR?IDNORMA=13560)

¹⁰ [HTTPS://WWW.BCN.CL/LEYCHILE/NAVEGAR?IDNORMA=30667](https://www.bcn.cl/LEYCHILE/NAVEGAR?IDNORMA=30667)

¹¹ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/ACT.PHP?ID=BOE-A-2015-11723](https://www.boe.es/BUSCAR/ACT.PHP?ID=BOE-A-2015-11723)

¹² [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/ACT.PHP?ID=BOE-A-1999-21567](https://www.boe.es/BUSCAR/ACT.PHP?ID=BOE-A-1999-21567)

¹³ [HTTPS://WWW.FEMA.GOV/ES/EMERGENCY-MANAGERS/PRACTITIONERS/ENVIRONMENTAL-HISTORIC/NEPA-REPOSITORY](https://www.fema.gov/es/emergency-managers/practitioners/environmental-historic/NEPA-repository)



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



antes de que se pueda otorgar cualquier permiso. El proceso de EIA en Estados Unidos es exhaustivo y abarca una amplia gama de aspectos ambientales, incluyendo calidad del aire, recursos hídricos, hábitats de especies protegidas, entre otros. Además, los proyectos de hidrógeno deben cumplir con las normas ambientales y de emisiones de la EPA.

Alemania

La regulación medioambiental en Alemania es especialmente estricta en todos sus ámbitos. La construcción de una planta de producción de hidrógeno está sujeta a una rígida regulación. La Ley Federal de Control de la Contaminación (*Bundes-Immissionsschutzgesetz*¹⁴) establece normas para el control de emisiones y protección del aire y el agua. El proceso de EIA en Alemania implica una evaluación integral de los impactos ambientales y sociales del proyecto. También se requiere la participación pública y se fomenta la transparencia en el proceso de toma de decisiones

China

Políticamente, China está manifestando un compromiso con la transición hacia una economía baja en carbono, y la producción de hidrógeno se considera una prioridad. La Autoridad de Protección Ambiental de China (SEPA) es responsable de la evaluación y aprobación de proyectos, y el país ha establecido un sistema de EIA, sobre el que se plantean dudas con respecto a su rigurosidad y la efectividad de los mecanismos de control de la contaminación y protección del medio ambiente.

España

En España, la legislación ambiental para la construcción de plantas de producción de hidrógeno se rige por la Ley de Evaluación Ambiental (Ley 21/2013¹⁵). La ley establece la obligatoriedad de realizar una EIA para proyectos que puedan tener un impacto significativo en el medio ambiente.

En España, también se aplican normativas muy estrictas en caso de impacto medioambiental, como la Ley 26/2007 de Responsabilidad Medioambiental¹⁶, que establece la obligación de prevenir y reparar los daños ambientales causados por actividades industriales.

El proceso de EIA en España aborda aspectos como la protección de recursos naturales, la conservación de la biodiversidad y la prevención de la contaminación. Además, se promueve la participación ciudadana en el proceso de autorización, mediante mecanismos de exposición pública.

Chile

Chile está llevando a cabo un importante esfuerzo normativo como acompañamiento al interés creciente en la producción de hidrógeno verde debido a su abundante capacidad de generación de energía renovable. La Evaluación de Impacto Ambiental en Chile se rige por la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente¹⁷. Estas medidas están comenzando a aplicarse de forma práctica y extensiva y aún no se tienen certezas de la efectividad en cuanto a la supervisión y control de la implantación de las mismas.

A modo de conclusión, puede indicarse que existen regulaciones diversas y desde diferentes enfoques para las autorizaciones ambientales y la Evaluación de Impacto Ambiental en la construcción de una planta de producción de hidrógeno, los principales matices diferenciales pueden encontrarse en cuanto a la rigurosidad del proceso, la participación ciudadana y la efectividad de los mecanismos de seguimiento y control de su cumplimiento.

3.1.3 Trámites relacionados con la seguridad industrial

La seguridad industrial en instalaciones que producen hidrógeno es de suma importancia para proteger a los trabajadores, el medio ambiente y la comunidad circundante. Cada país tiene su propio conjunto de regulaciones y trámites para

¹⁴ [HTTPS://WWW.GESETZE-IM-INTERNET.DE/BIMSGCH/](https://www.geetze-im-internet.de/bimsgch/)

¹⁵ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/ACT.PHP?ID=BOE-A-2013-12913](https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-12913)

¹⁶ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/DOC.PHP?ID=BOE-A-2007-18475](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-18475)

¹⁷ [HTTPS://WWW.BCN.CL/LEYCHILE/NAVEGAR?IDNORMA=30667](https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idnorma=30667)

garantizar que estas instalaciones operen de manera segura y cumplan con los estándares de seguridad, que normalmente provienen de normas técnicas de carácter internacional.

Principalmente las normativas de referencia van a poder agruparse según los riegos a los que atienden: normativa sobre equipos a presión debido a trabajos en condiciones de presión superiores a la atmosférica, reglamentos eléctricos, por la presencia de tensiones en los procesos de electrólisis y para la maquinaria asociada a la planta (refrigeradoras, bombas, etc.) y relativa a la protección contra incendios al tratarse el hidrógeno como un gas inflamable. También, aunque el uso del Hidrógeno vaya a ser energético, la tradición de considerar a estas instalaciones como productoras de gases dará lugar a que, en algunos casos, sea relevante alguna normativa del ámbito químico.

Una muestra de normativa aplicable de seguridad industrial es la siguiente:

Estados Unidos

Equipos a Presión: En Estados Unidos, la regulación de equipos a presión en una planta de hidrógeno se regiría principalmente por el Código ASME (*American Society of Mechanical Engineers*¹⁸) y otros estándares relevantes. Estos códigos y estándares establecen los requisitos técnicos y de seguridad para el diseño, fabricación, instalación, inspección y operación de equipos a presión utilizados en la producción, almacenamiento y distribución de hidrógeno. A continuación, se presenta una relación de la regulación ASME más relevante:

- Código ASME Sección VIII División 1: Este código establece los requisitos para el diseño, construcción y certificación de recipientes a presión, como tanques de almacenamiento y reactores, utilizados en la planta de hidrógeno.
- Código ASME Sección VIII División 2: Esta sección del Código ASME trata sobre el diseño y construcción de equipos a presión sujetos a altas presiones y temperaturas, lo que puede ser relevante para ciertos componentes de la planta de hidrógeno.
- Código ASME Sección VIII División 3: Esta sección se centra en el diseño y construcción de recipientes a presión de alta presión para aplicaciones de refinerías y petroquímicas, y también puede ser relevante para ciertos equipos en la planta de hidrógeno.
- Código ASME B31.3: Establece los requisitos para el diseño y construcción de tuberías y sistemas de tuberías utilizados en la planta de hidrógeno para el transporte y distribución segura del gas.

Reglamentos Eléctricos: En Estados Unidos, las instalaciones eléctricas a nivel industrial, incluyendo las de alta tensión, están reguladas principalmente por el *National Electrical Code* (NEC¹⁹), publicado por la *National Fire Protection Association* (NFPA). La NEC establece los requisitos y prácticas mínimas para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos en todo tipo de instalaciones, desde residenciales hasta industriales.

En cuanto a las instalaciones eléctricas de alta tensión en Estados Unidos, la NEC cuenta con secciones específicas que abordan estos sistemas. Algunas de las partes más relevantes de la NEC que aplican a las instalaciones eléctricas de alta tensión son:

- Artículo 490: Esta sección trata sobre equipos que operan a más de 600 voltios, nominales. Contiene requisitos para el diseño y la instalación de sistemas eléctricos de alta tensión, así como para la protección contra cortocircuitos y sobrecorrientes en estas instalaciones.
- Artículo 480: Este artículo aborda los sistemas de distribución eléctrica de alta tensión, incluidos los transformadores y subestaciones.
- Artículo 450: Contiene requisitos para los equipos de transformadores y su instalación en instalaciones eléctricas industriales.
- Artículo 250: Esta sección trata sobre la puesta a tierra y la protección contra descargas atmosféricas, aspectos críticos en instalaciones eléctricas de alta tensión.

Es importante destacar que la NEC es una norma adoptada voluntariamente por muchos estados y localidades en Estados Unidos. Algunas jurisdicciones pueden realizar enmiendas o adiciones a la NEC según sus necesidades y condiciones

¹⁸ [HTTPS://WWW.ASME.ORG/CODES-STANDARDS](https://www.asme.org/codes-standards)

¹⁹ [HTTPS://WWW.NFPA.ORG/CODES-AND-STANDARDS/ALL-CODES-AND-STANDARDS/LIST-OF-CODES-AND-STANDARDS/DETAIL?CODE=70](https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=70)



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán



locales. Además de la NEC, otras regulaciones y normativas federales y estatales pueden aplicarse a las instalaciones eléctricas de alta tensión en Estados Unidos. Algunas de estas normativas pueden ser emitidas por la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) y la Comisión Federal de Energía Regulatoria (FERC), entre otras agencias.

Protección contra Incendios: La *National Fire Protection Association* (NFPA²⁰) desarrolla varios códigos y estándares para la protección contra incendios en instalaciones industriales. En particular, la NFPA 2 aborda la manipulación, almacenamiento, uso y transporte de hidrógeno, proporcionando criterios específicos para la seguridad en diferentes etapas del proceso, la NFPA 30 regula el almacenamiento y manejo de líquidos inflamables, incluidos los gases inflamables utilizados en la producción de hidrógeno y la NFPA 55 se ocupa de los sistemas de gases comprimidos y licuados, lo que incluye el hidrógeno, conteniéndose en ella las antiguas NFPA 50A “*Standard for Gaseous Hydrogen Systems at Consumer Sites*” y NFPA 50B “*Standard for Liquefied Hydrogen Systems at Consumer Sites*”.

En cuanto a la zonificación de atmósferas potencialmente explosivas, la clasificación UL (ANSI 1203) para entornos peligrosos clasifica estos según la presencia de gases inflamables: Clase I para vapores o líquidos; Clase II para polvos combustibles y Clase III para fibras inflamables. Las clases 1 y 2 se subdividen en grupos según la naturaleza de la inflamabilidad.

La probabilidad se incluye con la “División” (1 cuando la presencia de gases explosivos más frecuente y 2 cuando la presencia es más excepcional). Adicionalmente, está presente un parámetro T, para la temperatura. Por, ejemplo, una zona con presencia de hidrógeno continua sería Clase I Grupo B División 1.

Además de las regulaciones específicas para gases inflamables, la “Occupational Safety and Health Administration” (OSHA) también regula la seguridad en el manejo de productos químicos peligrosos en el lugar de trabajo a través del “Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos” (GHS - *Global Harmonized System*). La Norma de Comunicación de Peligros OSHA’s *Hazard Communication Standard* (HCS) de la OSHA exige la elaboración y difusión de información relativa a los productos químicos peligrosos:

- Fabricantes e importadores de sustancias químicas están obligados a evaluar los peligros de las sustancias químicas que producen o importan, y a preparar etiquetas y fichas de datos de seguridad para transmitir la información sobre peligros a sus clientes intermedios.
- Los empresarios con sustancias químicas peligrosas en sus lugares de trabajo deben disponer de etiquetas y fichas de datos de seguridad para sus trabajadores expuestos, y formarles para que manejen las sustancias químicas de forma adecuada.

Es importante destacar que la regulación puede variar según el estado y la jurisdicción en Estados Unidos, y es fundamental cumplir con los códigos y estándares aplicables en la ubicación específica de la planta de hidrógeno.

Alemania

Equipos a Presión: En Alemania, la regulación de equipos a presión se rige por una serie de normativas y estándares técnicos que garantizan la seguridad y la calidad en la fabricación, instalación y operación de estos equipos que son de directa aplicación en el contexto de una planta de producción de hidrógeno, donde se manejan presiones y temperaturas elevadas. Algunas de las regulaciones más relevantes para equipos a presión en Alemania son:

- AD 2000-Merkblatt²¹: Esta normativa alemana es un conjunto de reglas y directrices técnicas desarrolladas por la Asociación de Ingenieros Alemanes (VdTÜV) y la Asociación Alemana de Calderas y Recipientes a Presión (AD). El AD 2000-Merkblatt establece los requisitos técnicos para la construcción de equipos a presión, incluidos los utilizados en la producción y almacenamiento de hidrógeno en la planta. Los fabricantes deben cumplir con estas normas para obtener la certificación de sus equipos.

²⁰ [HTTPS://WWW.NFPA.ORG/CODES-AND-STANDARDS/ALL-CODES-AND-STANDARDS/LIST-OF-CODES-AND-STANDARDS](https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards)

²¹ [HTTPS://WWW.BEUTH.DE/EN/272130!SEARCH?ALX.SEARCHTYPE=COMPLEX&ALX.SEARCH.AUTO_SUGGEST=FALSE&SEARCHAREAID=1&QUERY=AD+2000-MERKBLATT&FACETS%5B276624%5D=&HITS_PER_PAGE=10](https://www.beuth.de/en/272130!SEARCH?ALX.SEARCHTYPE=COMPLEX&ALX.SEARCH.AUTO_SUGGEST=FALSE&SEARCHAREAID=1&QUERY=AD+2000-MERKBLATT&FACETS%5B276624%5D=&HITS_PER_PAGE=10)



- TRB/TRR: Los reglamentos técnicos alemanes TRB (*Technische Regeln für Betriebssicherheit*²²) y TRR (*Technische Regeln für Druckbehälter*²³) abordan la seguridad de las instalaciones a presión y su inspección, lo que incluye los equipos y recipientes utilizados en la planta de hidrógeno. Estos reglamentos establecen las pautas para la inspección periódica de los equipos y la capacitación del personal involucrado en su manejo.
- DGRL (PED²⁴): La Directiva de Equipos a Presión de la Unión Europea (PED), implementada en Alemania como DGRL (*Druckgeräterichtlinie*), es aplicable a los equipos a presión utilizados en la planta de hidrógeno. La PED establece los requisitos esenciales para la fabricación y certificación de equipos a presión, y garantiza que los equipos cumplan con los estándares de seguridad necesarios.
- Normas DIN/EN: Las normas técnicas alemanas DIN (*Deutsches Institut für Normung*) y las normas europeas EN (*European Norm*) también son relevantes para los equipos a presión en Alemania. Estas normas establecen especificaciones técnicas detalladas para diversos tipos de equipos y componentes, asegurando la calidad y la seguridad de los productos utilizados en la planta de hidrógeno.

Reglamentos Eléctricos: En Alemania, las instalaciones eléctricas a nivel industrial están reguladas principalmente por el Reglamento de Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión (DIN VDE 0100²⁵). Sin embargo, para instalaciones eléctricas de mayor potencia y voltaje, como las de alta tensión, existen regulaciones específicas que se rigen bajo el reglamento de Instalaciones Eléctricas en Alta Tensión (DIN VDE 0105²⁶).

El DIN VDE 0105 establece los requisitos técnicos y de seguridad para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos en alta tensión, es decir, aquellos que operan por encima de 1 kV (kilovoltio). Estas instalaciones suelen encontrarse en subestaciones eléctricas, plantas industriales de gran escala, redes de transmisión de energía y otras infraestructuras eléctricas críticas.

Las empresas que operan con instalaciones eléctricas de alta tensión en Alemania deben contar con personal capacitado y especializado en la normativa aplicable, así como realizar inspecciones y mantenimientos regulares para asegurar el correcto funcionamiento y la seguridad de estas infraestructuras eléctricas críticas. Además, deben mantener un compromiso constante con la actualización de los conocimientos técnicos y la mejora continua en sus prácticas para garantizar el cumplimiento de los estándares de seguridad más altos en sus instalaciones eléctricas de alta tensión.

Protección contra Incendios: La protección contra incendios y la estabilidad de los edificios en Alemania generalmente se regulan en el "*Musterbauordnung*" (MBO²⁷ abreviado, código de construcción modelo). Sin embargo, cada estado federal todavía tiene su propio código de construcción estatal (por ejemplo, BauO NRW²⁸), que también debe tenerse en cuenta. También es importante la aplicación del Reglamento Administrativo Técnico de Edificación (MVV TB²⁹) que complementa y detalla los anteriores.

²²<https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/TRBS.html>

²³ [HTTPS://WWW.UMWELT-ONLINE.DE/RECHT/T_REGELN/TRB/UEBER.HTM](https://www.umwelt-online.de/recht/t_regeln/trb/ueber.htm)

²⁴ [HTTPS://WWW.BOE.ES/DOUE/2014/189/L00164-00259.PDF](https://www.boe.es/DOUE/2014/189/L00164-00259.PDF)

²⁵ [HTTPS://WWW.BEUTH.DE/EN/272130!SEARCH?ALX.SEARCHTYPE=COMPLEX&ALX.SEARCH.AUTO_SUGGEST=FALSE&SEARCHAREAID=1&QUERY=DIN+VDE+0100&FACETS%5B276624%5D=&HITSPERPAGE=10](https://www.beuth.de/en/272130!SEARCH?ALX.SEARCHTYPE=COMPLEX&ALX.SEARCH.AUTO_SUGGEST=FALSE&SEARCHAREAID=1&QUERY=DIN+VDE+0100&FACETS%5B276624%5D=&HITSPERPAGE=10)

²⁶ [HTTPS://WWW.BEUTH.DE/EN/ERWEITERTE-SUCHE/272130!SEARCH?ALX.SEARCHTYPE=COMPLEX&ALX.SEARCH.AUTO_SUGGEST=FALSE&SEARCHAREAID=1&QUERY=DIN+VDE+0105&FACETS%5B276624%5D=&HITSPERPAGE=10](https://www.beuth.de/en/erweiterte-suche/272130!SEARCH?ALX.SEARCHTYPE=COMPLEX&ALX.SEARCH.AUTO_SUGGEST=FALSE&SEARCHAREAID=1&QUERY=DIN+VDE+0105&FACETS%5B276624%5D=&HITSPERPAGE=10)

²⁷ [HTTPS://WWW.BAUMINISTERKONFERENZ.DE/VERZEICHNISS.ASPX?ID=991&O=7](https://www.bauministerkonferenz.de/verzeichniss.aspx?id=991&o=7)

²⁸ [HTTPS://RECHT.NRW.DE/LMI/OWA/BR_TEXT_ANZEIGEN?V_ID=74820170630142752068](https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_text_anzeigen?v_id=74820170630142752068)

²⁹ [HTTPS://WWW.DIBT.DE/FILEADMIN/DIBT-WEBSITE/DOKUMENTE/REFERAT/P5/TECHNISCHE_BESTIMMUNGEN/MVVTB_2023-1.PDF](https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/dokumente/referat/p5/technische_bestimmungen/mvvtb_2023-1.pdf)

En un segundo nivel encontramos la directriz de edificios industriales (MindBauRL³⁰) y, en un tercero, Alemania cuenta con la "Asociación Alemana de Seguros contra Incendios" (VdS), que desarrolla normas y recomendaciones técnicas para la prevención y extinción de incendios en instalaciones industriales, incluyendo las plantas de producción de gases.

China

Equipos a Presión: La principal norma es la Regulación de Seguridad Técnica para Equipos a Presión: Esta regulación china, también conocida como "Safety Technical Regulations for Pressure Vessels" (SGR-PV³¹), establece las normas para el diseño, fabricación, inspección y operación segura de equipos a presión, incluidos aquellos utilizados en la producción y almacenamiento de hidrógeno en la planta. Esta regulación asegura que los equipos cumplan con los estándares de seguridad y calidad necesarios para su correcto funcionamiento.

Figura 1. Esquema normativo DIN VDE 0100-100



³⁰ [HTTPS://IS-ARGEBAU.DE/DOKUMENTE/42322566.PDF](https://is-argebau.de/dokumente/42322566.pdf)

³¹ [HTTP://EN.CSEI.ORG.CN/UPLOAD/92451/TSG%2021-2016%20SUPERVISION%20REGULATION%20ON%20SAFETY%20TECHNOLOGY%20FOR%20STATIONARY%20PRESSURE%20VESSELS.PDF](http://en.csei.org.cn/upload/92451/TSG%2021-2016%20SUPERVISION%20REGULATION%20ON%20SAFETY%20TECHNOLOGY%20FOR%20STATIONARY%20PRESSURE%20VESSELS.PDF)

Otras normas aplicables son:

- Normas GB: Las normas nacionales chinas GB abordan diferentes aspectos relacionados con equipos a presión y otras industrias. Algunas de estas normas pueden ser aplicables a la planta de hidrógeno, asegurando que los equipos cumplan con las especificaciones técnicas y de seguridad establecidas por las autoridades chinas.
- Normas de la Administración General de Supervisión de Calidad, Inspección y Cuarentena (AQSIQ): La AQSIQ es el organismo gubernamental responsable de la supervisión de la calidad, la inspección y la cuarentena en China. Las normas y regulaciones emitidas por la AQSIQ pueden abarcar diferentes aspectos de la seguridad y la calidad de los equipos a presión utilizados en la planta de hidrógeno.
- Normas de la Administración Estatal de Seguridad Laboral (SAWS): La SAWS es la entidad gubernamental encargada de la seguridad laboral en China. Las normas y regulaciones emitidas por la SAWS pueden ser relevantes para garantizar la seguridad de los trabajadores involucrados en la operación y mantenimiento de los equipos a presión en la planta.

También es necesario indicar aquí que existe cierta sincronía, por motivos comerciales, con los estándares de fabricación en China y la normativa europea de equipos a presión.

Reglamentos Eléctricos: En China, las instalaciones eléctricas a nivel industrial están reguladas principalmente por las normas y regulaciones del Instituto Nacional de Normalización de China (GB - Guobiao). Estas normas establecen los requisitos técnicos y de seguridad para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos en todo tipo de instalaciones, incluidas aquellas que operan con alta tensión.

Cabe destacar las normas relativas a la serie GB 3836.1 y .2³² ³³ para equipos eléctricos utilizados en entornos con atmósferas explosivas.

Además de las normas del Instituto Nacional de Normalización, otras regulaciones y directrices relacionadas con la seguridad eléctrica pueden ser emitidas por el Ministerio de Recursos Naturales y Planificación Urbana, así como otras autoridades relevantes en China.

Tras su incorporación a la Comisión Internacional Electrotécnica (IEC), China está procediendo a armonizar paulatinamente los estándares internacionales al sistema de normas nacional, existiendo ya un amplio listado de normas técnicas de aplicación

Protección contra Incendios: A nivel de instalaciones, destaca el Código de Diseño de Protección contra Incendios para Estructuras Industriales (GB 50016-2018³⁴) Este código establece los requisitos de protección contra incendios para todas las estructuras industriales, incluyendo las plantas de producción de hidrógeno. Entre otras cosas, proporciona directrices sobre el uso seguro de materiales, la prevención de la propagación del fuego y el diseño de sistemas de extinción de incendios.

En cuanto a los requisitos para operar de manera segura con gases inflamables, incluyendo el hidrógeno, la Administración Estatal de Supervisión de Calidad, Inspección y Cuarentena de China ha emitido el Reglamento de Seguridad para Operaciones de Gas Inflamable (GB 3836.1-2010³⁵)

³² [HTTPS://WWW.CODEOFCHINA.COM/STANDARD/GBT3836.1-2021.HTML](https://www.codeofchina.com/STANDARD/GBT3836.1-2021.HTML)

³³ [HTTPS://WWW.CODEOFCHINA.COM/STANDARD/GBT3836.2-2021.HTML](https://www.codeofchina.com/STANDARD/GBT3836.2-2021.HTML)

³⁴ [HTTPS://WWW.CHINESESTANDARD.NET/PDF.aspx/GB50016-2018](https://www.chinesestandard.net/PDF.aspx/GB50016-2018)

³⁵ [HTTPS://WWW.CHINESESTANDARD.NET/PDF.aspx/GBT3836.1-2021](https://www.chinesestandard.net/PDF.aspx/GBT3836.1-2021)

España

Equipos a Presión: La normativa española de equipos a presión está regulada en gran medida por las normativas de la Unión Europea. En relación a una planta de producción de hidrógeno verde, los equipos a presión estarían sujetos a las siguientes normativas:

- Real Decreto 809/2021³⁶, por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad de los equipos a presión. Este real decreto implementa la Directiva 2014/68/UE en España. El objetivo principal de esta normativa es asegurar que los equipos a presión se diseñen, fabriquen e inspeccionen de tal manera que garantice la seguridad en su uso. Dentro de ese texto legal, se destacan las instrucciones técnicas complementarias (en especial ITC-EP-2 Centrales Generadoras de Energía Eléctrica, ITC-EP-3 Refinerías de Petróleos y Plantas Petroquímicas y ITC-EP-6 Recipientes a Presión Transportables). Estas instrucciones técnicas incluyen reglas y regulaciones específicas para el diseño, fabricación, instalación, operación, inspección y mantenimiento de los equipos a presión.
- Real Decreto 550/2020, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias. Aunque este reglamento está enfocado en las instalaciones frigoríficas, podría ser relevante en caso de que la planta de hidrógeno verde necesite almacenar hidrógeno a temperaturas extremadamente bajas o incluya equipos de refrigeración superiores a las potencias establecidas en el reglamento.

De forma similar a lo que ocurre con los reglamentos, debe indicarse que, a pesar de ser un única norma y general puede aplicarse en toda la extensión a los proyectos de hidrógeno renovable, aunque no se descarta que en un futuro sea ampliada por alguna instrucción técnicas específica para ellos.

Reglamentos Eléctricos: Para una planta de producción de hidrógeno renovable en España, varias normativas y reglamentos eléctricos serían relevantes para garantizar la seguridad, eficiencia y sostenibilidad de la instalación. Los principales reglamentos que afectarían a dicha planta son:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT³⁷): El REBT establece los requisitos técnicos y de seguridad para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos de baja tensión. En una planta de producción de hidrógeno, esto sería relevante para la alimentación eléctrica de los equipos y sistemas de control.
- Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión (REAT³⁸): El REAT regula las instalaciones eléctricas de alta tensión en España. Si la planta de hidrógeno tiene una infraestructura eléctrica de alta tensión para la distribución de energía, este reglamento será aplicable.

En cuanto a estos reglamentos es destacable su concreción y la forma en la que cubren la mayoría de los casos existentes. En concreto en el reglamento de baja tensión se encuentra información muy relevante en el artículo 6.1.3 que aborda las instalaciones en ambientes con riesgo de explosión y define los requisitos para la selección y ubicación de equipos eléctricos en zonas clasificadas y en el de alta también se pueden encontrar indicaciones de aplicación directa en el 6.2.1.1, que trata sobre las instalaciones eléctricas en lugares con riesgo de explosión y establece las condiciones para la elección de los equipos eléctricos en dichas áreas.

Estos reglamentos incluyen las llamadas Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) de desarrollo, que son de carácter eminentemente práctico y amplían a sectores específicos el alcance de los reglamentos.

³⁶ [HTTPS://WWW.BOE.ES/DIARIO_BOE/TXT.PHP?ID=BOE-A-2021-16407](https://www.boe.es/DIARIO_BOE/TXT.PHP?ID=BOE-A-2021-16407)

³⁷ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/DOC.PHP?ID=BOE-A-2002-18099](https://www.boe.es/BUSCAR/DOC.PHP?ID=BOE-A-2002-18099)

³⁸ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/DOC.PHP?ID=BOE-A-2014-6084](https://www.boe.es/BUSCAR/DOC.PHP?ID=BOE-A-2014-6084)

Protección contra Incendios: En España, la regulación de protección contra incendios está establecida principalmente en el Real Decreto 513/2017, por el cual se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios (RIPCI³⁹). Esta regulación es de vital importancia en la construcción y operación de una planta de producción de hidrógeno, ya que busca prevenir y controlar los incendios, protegiendo la vida de las personas, los bienes y el medio ambiente.

La aplicación del RIPCI en una planta de producción de hidrógeno asegura que se adopten medidas adecuadas para la prevención y detección temprana de incendios, así como para la extinción rápida y eficiente en caso de que ocurra un siniestro. Algunas de las principales áreas de importancia del RIPCI en la construcción de la planta son:

- **Diseño de Sistemas de Protección contra Incendios:** El reglamento establece las pautas para el diseño de sistemas de detección y extinción de incendios, tales como alarmas, rociadores, extintores y sistemas de agua contra incendios. Estos sistemas son esenciales para mitigar los riesgos de incendio y garantizar una respuesta rápida en caso de emergencia.
- **Clasificación de Riesgos y Zonificación:** El RIPCI clasifica los diferentes tipos de riesgos de incendio, lo que es relevante para la zonificación de la planta de hidrógeno. Esto implica identificar áreas donde puedan presentarse atmósferas explosivas o donde el almacenamiento y manipulación de hidrógeno puedan aumentar el riesgo de incendio. La normativa ATEX europea divide en Zonas 0, 1 o 2 (fundamentalmente por la probabilidad de estar presentes vapores o nieblas potencialmente inflamables) y en subzonas de la 2 (20, 21, 22 por la presencia de polvo).
- **Formación y Planes de Emergencia:** El reglamento requiere que el personal reciba formación en prevención y extinción de incendios, y que se elaboren planes de emergencia específicos para la planta. Esto garantiza que el personal esté preparado para actuar ante una situación de incendio y minimiza los efectos adversos que pueda tener un siniestro en la planta.
- **Seguridad Estructural:** El RIPCI también establece requisitos de seguridad estructural, como la resistencia al fuego de los materiales utilizados en la construcción de la planta y el diseño de rutas de evacuación seguras.

La aplicación adecuada del Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios es esencial para la seguridad y sostenibilidad de la planta de producción de hidrógeno en España. Cumplir con esta regulación garantiza que la planta esté equipada con los sistemas y medidas necesarios para prevenir y controlar incendios, minimizando riesgos y protegiendo a las personas, el medio ambiente y las instalaciones. Además, el cumplimiento del RIPCI es requerido por las autoridades competentes para la obtención de las licencias y permisos necesarios para operar la planta, lo que destaca aún más su importancia en la construcción y funcionamiento exitoso de la planta de producción de hidrógeno.

Por último, es importante hacer mención a la importancia en de la regulación de productos químicos en España y su importancia en la construcción de una planta de producción de hidrógeno:

El Real Decreto 656/2017⁴⁰, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10, es la principal normativa en España que regula el almacenamiento seguro de productos químicos, incluyendo aquellos utilizados en la producción de hidrógeno en una planta.

Esta regulación es de suma importancia para la construcción de una planta de producción de hidrógeno, ya que se centra en garantizar un adecuado almacenamiento y manipulación de sustancias químicas peligrosas, como las que pueden estar involucradas en el proceso de producción de hidrógeno.

³⁹ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/ACT.PHP?ID=BOE-A-2017-6606](https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2017-6606)

⁴⁰ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/PDF/2017/BOE-A-2017-8755-CONSOLIDADO.PDF](https://www.boe.es/buscar/pdf/2017/BOE-A-2017-8755-CONSOLIDADO.PDF)



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



Algunas áreas clave del Real Decreto 656/2017 y su relevancia en la construcción de la planta son:

- **Clasificación de Zonas de Riesgo:** El reglamento establece criterios para la clasificación de las zonas de riesgo en función de las sustancias químicas almacenadas. En una planta de producción de hidrógeno, esto es esencial para identificar y delimitar las áreas donde puedan existir atmósferas explosivas o riesgos asociados a la presencia de productos químicos peligrosos.
- **Diseño de Instalaciones de Almacenamiento:** El Real Decreto 656/2017 establece requisitos técnicos para el diseño y construcción de instalaciones de almacenamiento de productos químicos. Esto incluye aspectos como la capacidad de los tanques y recipientes, sistemas de ventilación adecuados y medidas de seguridad contra incendios y fugas.
- **Gestión y Control de Riesgos:** La regulación requiere la implementación de medidas adecuadas para la gestión y control de riesgos, como la adopción de procedimientos de trabajo seguros, la capacitación del personal y la elaboración de planes de emergencia y respuesta ante incidentes.
- **Etiquetado y Señalización:** El reglamento establece requisitos para el etiquetado y señalización de las áreas de almacenamiento y manipulación de productos químicos. Esto es esencial para informar y alertar a los trabajadores y visitantes sobre los riesgos asociados y las precauciones a tomar.

Chile

Equipos a Presión: La normativa de equipos a presión en Chile está derivada de lo contenido en el Decreto 10⁴¹ que aprueba el Reglamento de Calderas, Autoclaves y Equipos que utilizan vapor de agua, del Ministerio de Salud; subsecretaría de salud pública. Este decreto ha acabado estableciendo los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los equipos a presión para su comercialización, instalación y operación en Chile.

Es especialmente destacable que expresamente en Chile se acepta que recipiente sometido a presión pueda estar diseñado y construido por varias normas o códigos internacionalmente reconocido, siendo aceptados Códigos ASME I y VIII, Directiva 97/23/CE del Parlamento Europeo relativo a equipos de presión o Código de Diseño y Construcción de Equipo a presión AD 2000 MERKBLATT.

Reglamentos Eléctricos: En Chile, los reglamentos eléctricos están definidos por el Instituto Nacional de Normalización (INN). Las instalaciones eléctricas a nivel industrial, incluyendo las de alta tensión y aquellas que operan en entornos con atmósferas explosivas, están reguladas principalmente por el Reglamento de seguridad de las Instalaciones Eléctricas destinadas a la producción, transporte, prestación de servicios complementarios, sistemas de almacenamiento y distribución de energía eléctrica (RSIE⁴²). Estos reglamentos establecen los requisitos técnicos y de seguridad para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos en todo tipo de instalaciones.

La norma "NCh Elec 4/2003⁴³" establece los requisitos para la instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos en instalaciones industriales. Para entornos con atmósferas explosivas, las normas más relevantes en Chile son:

- NCh 2050 Of.2009: Esta norma chilena establece los requisitos para la clasificación de áreas con riesgo de explosión y la selección de equipos eléctricos adecuados para estos entornos.
- NCh 2137 Of.2013: Norma que establece los requisitos para la instalación de equipos eléctricos en áreas clasificadas con riesgo de explosión.
- NCh 2138 Of.2013: Esta norma chilena aborda el uso de equipos eléctricos con protección de tipo "d" para áreas con atmósferas explosivas.

⁴¹ [HTTPS://WWW.BCN.CL/LEYCHILE/NAVEGAR?IDNORMA=1055319](https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idnorma=1055319)

⁴² [HTTPS://WWW.BCN.CL/LEYCHILE/NAVEGAR?IDNORMA=1119451](https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idnorma=1119451)

⁴³ [HTTPS://WWW.SEC.CL/SITIOWEB/ELECTRICIDAD_NORMA4/NORMA4_COMPLETA.PDF](https://www.sec.cl/sitioWEB/ELECTRICIDAD_NORMA4/NORMA4_COMPLETA.PDF)

- NCh 2139 Of.2013: Norma que regula el uso de equipos eléctricos con protección de tipo "e" en áreas con riesgo de explosión.

Estas normas chilenas establecen los procedimientos y requisitos específicos para la selección, instalación y mantenimiento de equipos eléctricos utilizados en áreas con riesgo de explosión, asegurando que los equipos sean intrínsecamente seguros y cumplan con los estándares necesarios para prevenir cualquier fuente de ignición que pueda generar una atmósfera explosiva. En el caso de Chile, es importante destacar la existencia de normativa específica para el ámbito minero, que puede ser de aplicación en instalaciones de hidrógeno, bien por ser más restrictiva en cuanto a seguridad o directamente porque las instalaciones de producción de hidrógeno estén ligadas a la industria minera.

Protección contra Incendios: Aunque en Chile son de aplicación las normas NFPA, de Estados Unidos, adicionalmente se han desarrollado normas específicas como el Reglamento de Seguridad para Establecimientos Industriales (RSI⁴⁴), regulación que establece los requisitos de seguridad para el funcionamiento de establecimientos industriales que manejan sustancias peligrosas.

Seguridad química: En Chile se puede destacar la existencia de una "Política Nacional de Seguridad Química⁴⁵" y el "Programa para la Gestión de Sustancias Químicas de Uso Industrial⁴⁶" del Ministerio del Medio Ambiente, en los que se establecen medidas de seguridad y gestión de riesgos para el uso de productos químicos (etiquetado, revisión por parte de la autoridad, inventarios de sustancias, etc.), así como las relaciones de colaboración y cooperación interministeriales.

3.2 Logística del hidrógeno

3.2.1 Transporte por carretera

En el transporte por carretera existe cierta uniformidad al asumir Naciones Unidas (ONU) la normativa más relevante a nivel internacional para el transporte de sustancias peligrosas, incluido el hidrógeno, es el "Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera" (ADR⁴⁷). Esta normativa es administrada por el Comité de Expertos en Transporte de Mercancías Peligrosas de las Naciones Unidas y es adoptada por muchos países a nivel mundial. El ADR establece los requisitos para el transporte seguro de hidrógeno y otros materiales peligrosos por carretera, incluyendo aspectos como la clasificación, el envasado, la señalización, el etiquetado y las medidas de emergencia.

En la Unión Europea (UE), la normativa aplicable al transporte de hidrógeno por carretera sigue el marco del ADR mencionado anteriormente. La Directiva Europea 2008/68/CE establece los requisitos para el transporte de mercancías peligrosas, incluyendo el hidrógeno, por carretera, y los países miembros adoptan estas normativas en sus legislaciones nacionales. Será de aplicación el reglamento de homologación de vehículos RE (UE) 2021/535⁴⁸.

En Estados Unidos, la regulación para el transporte de hidrógeno por carretera es gestionada por la Administración de Seguridad en el Transporte de Materiales Peligrosos (PHMSA) del Departamento de Transporte de los Estados Unidos. La PHMSA ha adoptado las regulaciones de las Naciones Unidas y aplica el Código de Título 49 del Código de Regulaciones Federales (CFR⁴⁹) para el transporte de hidrógeno y otros materiales peligrosos por carretera en sus Partes 171-180, también conocida como las Regulaciones Federales de Materiales Peligrosos (*Hazardous Materials Regulations*, HMR).

En Japón, el transporte de hidrógeno por carretera se rige por las regulaciones nacionales establecidas por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria (METI) y el Ministerio de Tierra, Infraestructura, Transporte y Turismo (MLIT). Japón ha desarrollado regulaciones específicas para el transporte seguro y eficiente de hidrógeno, alineándose con las pautas internacionales.

⁴⁴ [HTTPS://WWW.BCN.CL/LEYCHILE/NAVEGAR?IDNORMA=14900](https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNORMA=14900)

⁴⁵ [HTTPS://SQI.MMA.GOB.CL/WP-CONTENT/UPLOADS/2022/06/R1-POLITICA-NACIONAL-DE-SEGURIDAD-QUIMICA.PDF](https://sqi.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/06/r1-politica-nacional-de-seguridad-quimica.pdf)

⁴⁶ [HTTPS://SQI.MMA.GOB.CL/WP-CONTENT/UPLOADS/2022/06/R2-PROGRAMA-GESTION-QUIMICOS-INDUSTRIALES.PDF](https://sqi.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/06/r2-programa-gestion-quimicos-industriales.pdf)

⁴⁷ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/DOC.PHP?ID=DOUE-L-2008-81911](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2008-81911)

⁴⁸ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/DOC.PHP?ID=DOUE-L-2021-80420](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2021-80420)

⁴⁹ [HTTPS://WWW.ECFR.GOV/CURRENT/TITLE-49](https://www.ecfr.gov/current/title-49)

En primer lugar, es esencial comprender que el transporte de hidrógeno por carretera se rige por un conjunto de normas de seguridad que han sido diseñadas para mitigar los riesgos inherentes. La normativa "*Ordinance for Enforcement of the High Pressure Gas Safety Act*⁵⁰" (Ley de Seguridad de Gases a Alta Presión) estipula cómo debe ser transportado y almacenado el hidrógeno.

Además, la "*Road Trucking Vehicle Act*⁵¹" (Ley de Vehículos de Transporte por Carretera) establece que los vehículos destinados al transporte de hidrógeno deben estar equipados con características de seguridad especiales para mitigar los riesgos asociados.

En Corea del Sur, el transporte de hidrógeno por carretera también está regido por regulaciones nacionales establecidas por el Ministerio de Comercio, Industria y Energía (MOTIE) y el Ministerio de Territorio, Infraestructura y Transporte (MOLIT). El país está promoviendo activamente el desarrollo de una economía del hidrógeno, y el transporte seguro es un componente clave para su implementación exitosa. Corea del Sur se ha posicionado como un líder en el crecimiento y desarrollo de la industria del hidrógeno, estableciendo regulaciones y estándares estrictos para garantizar la seguridad y eficiencia del transporte de hidrógeno por carretera y, en virtud de ello dispone de una normativa especialmente avanzada, como pueden ser:

- Regulaciones de Seguridad y Vehículos Especiales La "*High-Pressure Gas Safety Control Act*^{52 53}" (Ley de Control de Seguridad de Gases a Alta Presión) es el principal marco legal que regula el transporte de hidrógeno en Corea del Sur. Esta legislación estipula los requisitos de seguridad que deben cumplir los vehículos y las instalaciones de almacenamiento de hidrógeno.
- "*Road Traffic Act*^{54 55}" (Ley de Tráfico por Carretera) estipula que los vehículos utilizados para el transporte de hidrógeno deben cumplir con una serie de regulaciones de seguridad adicionales para minimizar cualquier riesgo.

En cuanto a normas técnicas aplicables a los contenedores de gas utilizables en vehículos, se pueden consultar la UNE-EN 12245⁵⁶, ISO 11119-3⁵⁷ e ISO/TS 17519⁵⁸.

3.2.2 Transporte ferroviario

En los Estados Unidos, el transporte de hidrógeno por ferrocarril está regulado principalmente por la Administración Federal de Ferrocarriles (FRA) y la Administración de Materiales Peligrosos (PHMSA). Las normas para el transporte de materiales peligrosos, incluido el hidrógeno, se detallan en el Título 49 del Código de Regulaciones Federales (CFR⁵⁹), partes 100 a 185.

En la Unión Europea, el transporte de hidrógeno por ferrocarril está regulado por la Directiva 2008/68/EC⁶⁰ sobre el transporte interior de mercancías peligrosas, que se aplica a los 27 estados miembros de la UE.

⁵⁰ [HTTPS://WWW.CAS.GO.JP/JP/SEISAKU/HOUREI/DATA/HPGSA.PDF](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/hourei/data/hpgsa.pdf)

⁵¹ [HTTPS://WWW.JAPANESELAWTRANSLATION.GO.JP/EN/LAWS/VIEW/2962/EN](https://www.japaneselawtranslation.go.jp/en/laws/view/2962/en)

⁵² [HTTPS://ELAW.KLRI.RE.KR/KOR_SERVICE/LAWVIEW.DO?HSEQ=57188&LANG=ENG](https://elaw.klri.re.kr/kor_service/lawview.do?hseq=57188&lang=eng)

⁵³ [HTTPS://ELAW.KLRI.RE.KR/KOR_SERVICE/LAWVIEW.DO?HSEQ=60795&LANG=ENG](https://elaw.klri.re.kr/kor_service/lawview.do?hseq=60795&lang=eng)

⁵⁴ [HTTPS://ELAW.KLRI.RE.KR/KOR_SERVICE/LAWVIEW.DO?HSEQ=62211&LANG=ENG](https://elaw.klri.re.kr/kor_service/lawview.do?hseq=62211&lang=eng)

⁵⁵ [HTTPS://ELAW.KLRI.RE.KR/KOR_SERVICE/LAWVIEW.DO?HSEQ=60650&LANG=ENG](https://elaw.klri.re.kr/kor_service/lawview.do?hseq=60650&lang=eng)

⁵⁶ [HTTPS://WWW.GASTEC.DE/DOWNLOAD/EN_12245_2002_02.PDF](https://www.gastec.de/download/en_12245_2002_02.pdf)

⁵⁷ [HTTPS://WWW.UNE.ORG/ENCUENTRA-TU-NORMA/BUSCA-TU-NORMA/ISO?C=075817](https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/iso?c=075817)

⁵⁸ [HTTPS://WWW.ISO.ORG/STANDARD/77998.HTML](https://www.iso.org/standard/77998.html)

⁵⁹ [HTTPS://WWW.ECFR.GOV/CURRENT/TITLE-49](https://www.ecfr.gov/current/title-49)

⁶⁰ [HTTPS://EUR-LEX.EUROPA.EU/LEGAL-CONTENT/EN/ALL/?URI=CELEX%3A32008L0068](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/all/?uri=CELEX%3A32008L0068)

En Canadá, la *Transport Canada* es la entidad encargada de regular el transporte de hidrógeno, incluido el ferrocarril. Su marco regulatorio se encuentra en el "*Transportation of Dangerous Goods Act*⁶¹" (Ley de Transporte de Mercancías Peligrosas).

Australia se rige por el Código Australiano para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera y Ferrocarril (*ADG Code*⁶²), que abarca el transporte de hidrógeno.

3.2.3 Transporte marítimo

A nivel global, la Organización Marítima Internacional (OMI) establece las regulaciones para el transporte marítimo de materiales peligrosos, incluido el hidrógeno. Estas normas están detalladas en el Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (*IMDG Code*⁶³).

En los Estados Unidos, la Guardia Costera y la Administración Marítima (MARAD) regulan el transporte marítimo de hidrógeno en conformidad con las normas de la OMI. El Código de Regulaciones Federales, Título 46⁶⁴, trata los temas relacionados con el transporte marítimo de materiales peligrosos.

Dentro de la Unión Europea, el transporte marítimo de hidrógeno se rige por la Directiva 2002/59/EC⁶⁵, que establece un sistema comunitario de seguimiento y de información del tráfico marítimo, y la Directiva 2008/68/EC⁶⁶ que regula el transporte de mercancías peligrosas.

En Canadá, la normativa para el transporte marítimo de hidrógeno es provista por *Transport Canada* y sigue las directrices del *IMDG Code*. Las normativas específicas están descritas en el "*Transportation of Dangerous Goods Act*⁶⁷".

Australia sigue el "*Marine Orders, Part 17 Chemical tankers and gas carriers*⁶⁸, *Part 41 Carriage of dangerous goods*⁶⁹" (para regular el transporte marítimo de mercancías peligrosas, incluido el hidrógeno, que se basa en el *IMDG Code*).

3.2.4 Transporte de hidrógeno por tuberías

En Estados Unidos, la mezcla de hidrógeno y gas natural está regulada en función de dónde se utilice y dónde se añada el hidrógeno en la cadena de suministro de gas natural. La Comisión Federal de Regulación de la Energía (FERC) regularía la importación/exportación de combustibles mezclados.

Una vez que la mezcla de hidrógeno y gas natural se introduce en el sistema de tuberías, la PHMSA (*Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration*), la BSEE *Office of Offshore Regulatory Programs* (BSEE) y la *United States Coast Guard* (USCG) regularían las tuberías según si están en tierra o en alta mar, según lo indicado en la Sección 2.2.1.

Las regulaciones clave están contenidas en el del Código de Regulaciones Federales⁷⁰ (CFR), Título 18 partes 1 a 399 y Título 49, partes 190 a 199.

⁶¹ [HTTPS://LAWS-LOIS.JUSTICE.GC.CA/ENG/ACTS/T-19.01/](https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/T-19.01/)

⁶² [HTTPS://WWW.NTC.GOV.AU/SITES/DEFAULT/FILES/ASSETS/FILES/AUSTRALIAN%20DANGEROUS%20GOODS%20CODE%20-%20207.8.PDF](https://www.ntc.gov.au/sites/default/files/assets/files/Australian%20Dangerous%20Goods%20Code%20-%20207.8.pdf)

⁶³ [HTTP://WWW.PGRWEB.GO.CR/DOCSDESCARGAR/NORMAS/NO%20DE-39201/VERSION1/CODIGOIMDG.PDF](http://www.pgrweb.go.cr/docsdescargar/normas/no%20de-39201/version1/codigoimdg.pdf)

⁶⁴ [HTTPS://WWW.ECFR.GOV/CURRENT/TITLE-46](https://www.ecfr.gov/current/title-46)

⁶⁵ [HTTPS://EUR-LEX.EUROPA.EU/LEGAL-CONTENT/ES/TXT/?URI=CELEX%3A32002L0059](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/txt/?uri=CELEX%3A32002L0059)

⁶⁶ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/DOC.PHP?ID=DOUE-L-2008-81911](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2008-81911)

⁶⁷ [HTTPS://TC.CANADA.CA/EN/CORPORATE-SERVICES/ACTS-REGULATIONS/LIST-REGULATIONS/TRANSPORTATION-DANGEROUS-GOODS-REGULATIONS](https://tc.canada.ca/en/corporate-services/acts-regulations/list-regulations/transportation-dangerous-goods-regulations)

⁶⁸ [HTTPS://WWW.AMSA.GOV.AU/ABOUT/REGULATIONS-AND-STANDARDS/MARINE-ORDER-17-CHEMICAL-TANKERS-AND-GAS-CARRIERS](https://www.amsa.gov.au/about/regulations-and-standards/marine-order-17-chemical-tankers-and-gas-carriers)

⁶⁹ [HTTPS://WWW.AMSA.GOV.AU/ABOUT/REGULATIONS-AND-STANDARDS/MARINE-ORDER-41-CARRIAGE-DANGEROUS-GOODS](https://www.amsa.gov.au/about/regulations-and-standards/marine-order-41-carriage-dangerous-goods)

⁷⁰ [HTTPS://WWW.ECFR.GOV/CURRENT/TITLE-18](https://www.ecfr.gov/current/title-18)

La inyección de hidrógeno en las redes de gas natural en la Unión Europea está regulada por la Directiva 2009/73/EC⁷¹ concerniente a normas comunes para el mercado interno del gas natural. Por otra parte, el Reglamento (UE) 2015/703⁷², de 30 de abril de 2015, establece un código de red sobre normas de interoperabilidad y de intercambio de datos, esto alinea los procedimientos técnicos utilizados por los operadores de red dentro de la UE y los operadores de red en la Comunidad de la Energía y otros países vecinos de la UE. También ha sido tratada la cuestión tarifaria en el Reglamento (UE) 2017/460⁷³ de la Comisión.

Alemania cuenta con un avanzado desarrollo en la “Ley de Suministro de Electricidad y Gas” (*Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung EnWG*⁷⁴), en cuya sección 3b se detalla la regulación de redes de hidrógeno y cuenta con un agente regulador, la *Federal Network Agency* (BNetzA).

En España han sido publicados el Real Decreto 376/2022⁷⁵, de 17 de mayo y la orden Orden TED/1026/2022⁷⁶, de 28 de octubre para la gestión de las garantías de origen de gases renovables. Según lo establecido en el artículo 64 de la Ley 34/1998⁷⁷, corresponde al Gestor Técnico del Sistema, gestionar las entradas y salidas de gas natural en el sistema gasista. Actualmente el Protocolo de Detalle PD – 01 de las NGTS⁷⁸ en su punto 5.2 establece en su tabla 4 una limitación de composición de los gases procedentes de fuentes no convencionales introducido en el sistema que fija una composición máxima del hidrógeno del 5 %.

En Canadá, la inyección de hidrógeno en las redes de gas natural está regulada por la *National Energy Board* (NEB), que se encuentra modificando la *Canadian Energy Regulator Onshore Pipeline Regulations* (SOR/99-294⁷⁹) a través de la actualización de la norma técnica Z262 por parte de CER (*Canadian Energy Regulator*).

De forma similar, en Australia se está estudiando la modificación de la norma AS/NZS 2885⁸⁰, en la que se basa la regulación de gasoductos, para incorporación de elementos de las normas ASME B31.12 de forma que la hagan compatible con futuras aplicaciones de hidrógeno.

3.3 Consumo de hidrógeno

3.3.1 Pilas de Combustible

En Estados Unidos la *Federal Energy Regulatory Commission* (FERC) regula las instalaciones de cogeneración y pequeños productores de energía que incluyen equipos para producir electricidad o energía térmica para la red a través de la Parte 292 del Título 18 del CFR. Es importante tener en cuenta que los requisitos específicos para la clasificación como una instalación de pequeño productor de energía o una instalación de cogeneración se definen en la Sección 292.203 del Título 18 del *Code of Federal Regulations* (CFR⁸¹). El Capítulo I del Título 18 del CFR establece los requisitos que FERC hace cumplir con respecto a la transmisión eléctrica interestatal, interconexiones, licencias/permisos, etc.

⁷¹ [HTTPS://EUR-LEX.EUROPA.EU/LEGAL-CONTENT/EN/ALL/?URI=CELEX%3A32009L0073](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0073)

⁷² [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/DOC.PHP?ID=DOUE-L-2015-80902](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2015-80902)

⁷³ [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32017R0460#:~:text=Reglamento%20\(UE\)%202017%2F460,pertinente%20a%20efectos%20del%20EEE.%20](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32017R0460#:~:text=Reglamento%20(UE)%202017%2F460,pertinente%20a%20efectos%20del%20EEE.%20)

⁷⁴ [HTTPS://WWW.GESETZE-IM-INTERNET.DE/ENWG_2005/](https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/)

⁷⁵ [HTTPS://WWW.BOE.ES/DIARIO_BOE/TXT.PHP?ID=BOE-A-2022-8121](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-8121)

⁷⁶ [HTTPS://BOE.ES/DIARIO_BOE/TXT.PHP?ID=BOE-A-2022-17721](https://boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-17721)

⁷⁷ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/ACT.PHP?ID=BOE-A-1998-23284](https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1998-23284)

⁷⁸ [HTTPS://ENERGIA.GOB.ES/GAS/NGTS/PAGINAS/NGTS.ASPX](https://energia.gob.es/gas/ngts/paginas/ngts.aspx)

⁷⁹ [HTTPS://LAWS-LOIS.JUSTICE.GC.CA/ENG/REGULATIONS/SOR-99-294/INDEX.HTML](https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/sor-99-294/index.html)

⁸⁰ [HTTPS://WWW.STANDARDS.GOVT.NZ/SHOP/ASNZS-2885-12018/](https://www.standards.govt.nz/shop/asnz-2885-12018/)

⁸¹ [HTTPS://WWW.ECFR.GOV/CURRENT/TITLE-18](https://www.ecfr.gov/current/title-18)

La Oficina de Energía de Combustibles Fósiles (FE) del Departamento de Energía (DOE) regula los combustibles alternativos a través del Subcapítulo E del Título 10 del CFR⁸² - Combustibles Alternativos. Tanto las plantas de energía existentes como las nuevas están sujetas a estos requisitos a través de las Partes 503 y 504 del Título 10 del CFR, respectivamente. Además, las regulaciones estatales y locales desempeñan un papel en la regulación de la producción y transmisión de electricidad. En Europa la comunicación de la Comisión en el marco de la aplicación de la Directiva 2014/35/UE⁸³ del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de comercialización de material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión, publica los títulos y referencias de las normas armonizadas conforme a la legislación sobre armonización de la Unión Europea. En la citada comunicación se incluyen como referente a las Pilas de Combustible la norma UNE-EN 62282-3⁸⁴ que regula las tecnologías de pilas de combustible, en sus partes:

- EN 62282-3-100:2012. Tecnología de las pilas de combustible. Parte 3-100: Sistemas estacionarios de pilas de combustible. Seguridad.
- EN 62282-3-300:2012. Tecnología de las pilas de combustible. Parte 3-300: Sistemas estacionarios de pilas de combustible. Instalación.
- EN 62282-3-100:2012. Tecnología de las pilas de combustible. Parte 5-1: Sistemas de pilas de combustible portátiles. Seguridad.

Dichas normas armonizadas, si bien derivan de la Directiva 2014/35/UE de material eléctrico, no solo incluyen los riesgos de la parte eléctrica, sino todo conjunto de riesgos del equipo, incluidos los derivados del sistema de alimentación de gas. El certificado CE que debe emitir el fabricante debe incluir el análisis de todos estos riesgos. Al tratarse de equipos incluidos en el ámbito de aplicación de las disposiciones que transponen a derecho interno español las directivas específicas de la Unión Europea, a las Pilas de Combustible no les es de aplicación la ITC-ICG 08 de aparatos de gas.

En España, el sistema que alimenta una pila de combustible se considera una instalación a gas, por lo que debe cumplir con el reglamento de instalaciones a gas, RD 919/2006, de 28 de junio, en concreto las ITC- ICG 07 de instalaciones receptoras de combustibles gaseosos, pero, como se ha dicho anteriormente, no aplica a la propia pila. Al tratarse de elementos generadores de electricidad también deberá cumplirse con el reglamento electrotécnico de baja tensión, RD 842/2002, de 2 de agosto de 2002, en concreto la ITC-BT 40 de instalaciones generadoras de baja tensión.

En cuanto a la homologación de vehículos y sus componentes, aplica el Reglamento de Ejecución (UE) 2021/535⁸⁵ de la Comisión, de 31 de marzo de 2021, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (UE) 2019/2144 del Parlamento Europeo y del Consejo relativas a los procedimientos uniformes y las especificaciones técnicas para la homologación de tipo de los vehículos y de los sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos, en lo que respecta a sus características generales de construcción y seguridad, actualizado para incluir componentes de vehículos de hidrógeno.

3.3.2 Estaciones de repostaje de hidrógeno

En Europa, la Directiva 2014/94/UE⁸⁶ de 22 de octubre de 2014 relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos, entre los que se incluye el hidrógeno. Establece un marco común de medidas para la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos en la Unión a fin de minimizar la dependencia de los transportes respecto del petróleo y mitigar el impacto medioambiental del transporte. Establece además los requisitos mínimos para la creación de una infraestructura para los combustibles alternativos, incluyendo puntos de recarga para vehículos eléctricos y puntos de repostaje de gas natural (GNL y GNC) y de hidrógeno, que se habrán de aplicar mediante los marcos de acción nacionales de los Estados miembros, así como mediante las especificaciones técnicas comunes sobre dichos puntos de recarga y de repostaje, y los requisitos de información a los usuarios.

⁸² [HTTPS://WWW.ECFR.GOV/CURRENT/TITLE-10](https://www.ecfr.gov/current/title-10)

⁸³ [HTTPS://WWW.BOE.ES/DOUE/2014/096/L00357-00374.PDF](https://www.boe.es/DOUE/2014/096/L00357-00374.PDF)

⁸⁴ [HTTPS://WWW.EN-STANDARD.EU/BS-EN-IEC-62282-3-100-2020-FUEL-CELL-TECHNOLOGIES-STATIONARY-FUEL-CELL-POWER-SYSTEMS-SAFETY/](https://www.en-standard.eu/bs-en-iec-62282-3-100-2020-fuel-cell-technologies-stationary-fuel-cell-power-systems-safety/)

⁸⁵ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/DOC.PHP?ID=DOUE-L-2021-80420](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2021-80420)

⁸⁶ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/DOC.PHP?ID=DOUE-L-2014-83154](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2014-83154)

La Directiva 2014/94/UE establece unas especificaciones técnicas para los puntos de repostaje de hidrógeno para vehículos de motor:

- ISO/TS 20100 relativa al suministro de hidrógeno gaseoso y que se sustituye por la ISO 19880 1 de estaciones de repostaje de hidrógeno.
- ISO 14687 2 que se usará como referencia para la conformidad de las especificaciones relativas al grado de pureza del hidrógeno distribuido por los puntos de repostaje de hidrógeno.
- Norma ISO 17268, relativa a los dispositivos de conexión para el suministro de hidrógeno gaseoso a vehículos de motor, para los conectores de los vehículos de motor para el repostaje de hidrógeno gaseosos deberán ser conformes con la misma.

También se ha desarrollado Real Decreto 919/2006⁸⁷, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas ICG 01 a 11. La ITC ICG 05 establece los requisitos técnicos esenciales y las medidas de seguridad mínimas que deben observarse al proyectar, construir y explotar las instalaciones de almacenamiento y suministro de gas licuado del petróleo (GLP) a granel o de gas natural, tanto comprimido (GNC) como licuado (GNL), o de hidrógeno en fase gas para su utilización como carburante para vehículos a motor. Además de las normas incluidas en la Directiva 2014/94/UE, la ITC ICG 05 incluye la norma ISO 19880 1 de estaciones de repostaje de hidrógeno.

Además, existen una serie de normas que son requisito en España:

- UNE EN 17127⁸⁸: Puntos de suministro de hidrógeno al aire libre que dispensan hidrógenos gaseosos e incorporan protocolos de llenado.
- UNE EN 17124⁸⁹: Hidrógeno como combustible. Especificación de producto y aseguramiento de la calidad. Aplicaciones que utilizan pilas de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM) para vehículos de carretera.

Si se dispone de producción in situ, se aplicará el Real Decreto 815/2013⁹⁰, de 18 de octubre, por el que se aprueba el reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

Otro ejemplo puede ser el de Japón, en el que son aplicables para una estación de repostaje de hidrógeno:

- *High Pressure Gas Safety Act*⁹¹
 - *Regulation on Safety of General High Pressure Gas*
 - *Regulation on Safety of Containers*
 - *Regulation on Designated Equipment Inspection*
 - *Regulation on Safety of Industrial Complexes*
- *Fire Service Act*⁹²
- *Building Standards Act*⁹³
- *Industrial Safety and Health Act*⁹⁴
- *Act on the Prevention of Disaster in Petroleum Industrial Complexes and Other Petroleum Facilities*⁹⁵
- *Road Traffic Act*⁹⁶

⁸⁷ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/DOC.PHP?ID=BOE-A-2006-15345](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-15345)

⁸⁸ <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0064970#:~:text=Puntos%20de%20suministro%20de%20hidr%C3%B3geno,Normalizaci%C3%B3n%20en%20enero%20de%202021>

⁸⁹ [HTTPS://WWW.UNE.ORG/ENCUENTRA-TU-NORMA/BUSCA-TU-NORMA/NORMA?C=N0069870](https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0069870)

⁹⁰ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/DOC.PHP?ID=BOE-A-2013-10949](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2013-10949)

⁹¹ [HTTPS://WWW.CAS.GO.JP/JP/SEISAKU/HOUREI/DATA/HPGSA.PDF](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/houre/data/hpgsa.pdf)

⁹² [HTTPS://WWW.JAPANESELAWTRANSLATION.GO.JP/EN/LAWS/VIEW/3772](https://www.japaneselawtranslation.go.jp/en/laws/view/3772)

⁹³ [HTTPS://WWW.JAPANESELAWTRANSLATION.GO.JP/EN/LAWS/VIEW/4024/EN](https://www.japaneselawtranslation.go.jp/en/laws/view/4024/en)

⁹⁴ [HTTPS://WWW.JAPANESELAWTRANSLATION.GO.JP/EN/LAWS/VIEW/3440](https://www.japaneselawtranslation.go.jp/en/laws/view/3440)

⁹⁵ [HTTPS://WWW.JAPANESELAWTRANSLATION.GO.JP/EN/LAWS/VIEW/1032](https://www.japaneselawtranslation.go.jp/en/laws/view/1032)

⁹⁶ [HTTPS://WWW.JAPANESELAWTRANSLATION.GO.JP/EN/LAWS/VIEW/2962/EN](https://www.japaneselawtranslation.go.jp/en/laws/view/2962/en)

Y se cuenta con guías de buenas prácticas HySUT (*Quality Control HySUT-G 0001, Hydrogen Metering HySUT-G 0002, Fueling Performance Validation HySUT-G 0003, Inspection Apparatus HySUT-G 0004, Hydrogen Powered Industrial Truck HySUT-G 0005*).

En el caso de los Estados Unidos, existe una gran fragmentación, en función de la regulación estatal. Por ejemplo, puede citarse la normativa californiana en la que, en el Código de Construcción de California⁹⁷, Título 24 del Código de Reglamentos de California (CCR) varias partes rigen la instalación de una estación de repostaje de hidrógeno: Código de Construcción de California (Parte 2), Código Eléctrico de California (Parte 3), Código de Energía de California (Parte 6), Código de incendios de California (Parte 9). En el caso del estado de Colorado, se dispone del *Retail Hydrogen Fueling Regulations 7 CCR 1101-17*⁹⁸ de la división de petróleo y seguridad pública del Departamento de Trabajo y Empleo.

3.3.3 Combustión

En Estados Unidos la FERC regula el combustible utilizado en los sistemas de combustión para la generación de energía, como se menciona en los apartados anteriores relativos al transporte por tubería. La DOE *Office of Energy Efficiency and Renewable Energy* (EERE) regula los electrodomésticos de calefacción donde se pueda utilizar este combustible mezclado según la parte 431 del CFR 10. La FE también regula los combustibles alternativos a través de la parte 503 y la parte 504 del Título 10 del CFR. Estas regulaciones incluyen el uso de mezclas establecidas en la Parte 503 para nuevas instalaciones y en la Parte 504 para plantas de energía existentes.

Estos requisitos se aplican a las instalaciones que deben cumplir con el Título VIII de la Ley de Política Nacional de Conservación de Energía (Capítulo 91 del Título 42 del USC⁹⁹), que prohíbe que una planta de energía quemara gas natural o petróleo como su principal fuente de energía. Existen pautas sobre exenciones permitidas para operar con combustibles fósiles de forma permanente, temporal o debido a una emergencia.

Además, el uso de la mezcla de hidrógeno y gas natural como fuente de combustible está sujeto a regulaciones estatales y locales.

A nivel europeo, el Consejo de Ministros de Energía del 28 de marzo de 2023 alcanzó un acuerdo de orientación general sobre las propuestas legislativas que componen el marco normativo del sector del gas natural y el hidrógeno (este último incluido por primera vez en el alcance) en el contexto de descarbonización. Actualmente existen la “Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a los mercados interiores del gas natural y los gases renovables y del hidrógeno¹⁰⁰” y la “Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a normas comunes para los mercados interiores del gas natural y los gases renovables y del hidrógeno¹⁰¹”, como elementos reguladores que marcarán los desarrollos del uso del hidrógeno como combustible.

3.3.4 Uso del hidrógeno como materia prima

El hidrógeno se utiliza ampliamente con fines químicos e industriales. Ejemplos incluyen el uso de hidrógeno en la producción de amoníaco, el procesamiento del petróleo y otras aplicaciones industriales debido a las propiedades físicas únicas del hidrógeno.

En Estados Unidos, estos usos están regulados por la EPA (Agencia de Protección Ambiental) y OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional). OSHA hace cumplir la Parte 1910 del Título 29 del *Code of Federal Regulations* (CFR), que incluye requisitos específicos sobre la seguridad de los componentes estructurales y las operaciones de sistemas de hidrógeno gaseoso y líquido. La EPA cubre los requisitos de informe de emisiones de gases de efecto invernadero a través de la Parte 98 del Título 40 del CFR. La Subparte P - Producción de Hidrógeno abarca específicamente las instalaciones que producen hidrógeno. Si el hidrógeno se utiliza en otro proceso o aplicación mencionada en esta regulación, como la Subparte G - Fabricación de Amoníaco, existen otras normativas derivadas.

⁹⁷ [HTTPS://WWW.DGS.CA.GOV/BSC/CODES](https://www.dgs.ca.gov/BSC/CODES)

⁹⁸ [HTTPS://OPS.COLORADO.GOV/SITES/OPS/FILES/RETAIL%20HYDROGEN%20FUELING%20REGULATIONS%20010117.PDF](https://ops.colorado.gov/sites/ops/files/retail%20hydrogen%20fueling%20regulations%20010117.pdf)

⁹⁹ [HTTPS://USCODE.HOUSE.GOV/BROWSE/PRELIM@TITLE42/CHAPTER91&EDITION=PRELIM](https://uscode.house.gov/browse/prelim@title42/chapter91&edition=prelim)

¹⁰⁰ [HTTPS://ENERGY.EC.EUROPA.EU/SYSTEM/FILES/2023-02/C_2023_1087_1_EN_ACT_PART1_V8.PDF](https://energy.ec.europa.eu/system/files/2023-02/C_2023_1087_1_EN_ACT_PART1_V8.PDF)

¹⁰¹ [HTTPS://ENERGY.EC.EUROPA.EU/SYSTEM/FILES/2023-02/C_2023_1086_1_EN_ACT_PART1_V5.PDF](https://energy.ec.europa.eu/system/files/2023-02/C_2023_1086_1_EN_ACT_PART1_V5.PDF)

3.4 Reglamentación existente para el hidrógeno y sus derivados según sus distintos usos

3.4.1 Hidrógeno para su utilización en transporte

En este apartado se hará referencia a la normativa existente para vehículos de pila de combustible, independientemente de su tamaño porque dada la modularidad de estos generadores energéticos no se prevé que vaya a existir un gran disparidad en cuanto a los requisitos del hidrógeno con respecto al tamaño del vehículo. Por ejemplo, en la actualidad se están aplicando a los prototipos para vehículos y camiones los mismos estándares que al repostaje de material rodante en el ámbito ferroviario.

Las dos organizaciones regulatorias principales en este ámbito a nivel internacional son la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE).

Las normas ISO más relevantes son:

- **ISO 12619:** Especifica los requisitos generales y las definiciones de los componentes del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido y de mezclas de hidrógeno y gas natural, destinados a utilizarse en los tipos de vehículos de motor definidos en la norma ISO 3833. También proporciona los principios generales de diseño y especifica los requisitos para las instrucciones y el marcado. Es aplicable a los vehículos que utilizan CGH2 de conformidad con las normas ISO 14687-1 o ISO 14687-2 y a las mezclas de hidrógeno y gas natural que utilizan gas natural de conformidad con las normas ISO 15403-1 e ISO/TR 15403-2.
- **ISO 14687:** Esta norma específica la calidad del hidrógeno usado en vehículos de pila de combustible. Aborda la pureza del hidrógeno, los contaminantes permitidos y los métodos de ensayo.

ISO 19880: Define los requisitos mínimos de diseño, instalación, puesta en servicio, funcionamiento, inspección y mantenimiento para la seguridad y, en su caso, el rendimiento de las estaciones de servicio públicas y no públicas que suministran hidrógeno gaseoso a vehículos de carretera ligeros (por ejemplo, vehículos eléctricos de pila de combustible). Esta norma tiene por objeto establecer requisitos mínimos para las estaciones de servicio, aunque este documento está destinado al repostaje de vehículos ligeros de carretera de hidrógeno, también se incluyen requisitos y orientaciones para el repostaje de vehículos de carretera medianos y pesados (por ejemplo, autobuses y camiones). De hecho, muchos de los requisitos genéricos de este documento son aplicables a las estaciones de servicio para otras aplicaciones del hidrógeno (estaciones de servicio para motocicletas, carretillas elevadoras, tranvías, trenes y aplicaciones fluviales y marítimas; estaciones de servicio con suministro en interiores; aplicaciones residenciales para repostar vehículos terrestres; estaciones de servicio móviles y estaciones de servicio de demostración no públicas).

- **ISO 23273:** Se enfoca en vehículos de carretera propulsados por células de combustible de hidrógeno. Establece los requisitos de rendimiento y seguridad, y es vital para garantizar que los vehículos con celdas de combustible de hidrógeno sean tan seguros como los vehículos convencionales.
- **ISO/DIS 19885** Esta norma tiene por objeto identificar y describir los requisitos para el diseño y desarrollo de protocolos de repostaje en surtidores de hidrógeno y abordar los problemas que plantean los protocolos actuales en lo que se refiere a su aceptación y exhaustividad de verificación, así como a su aplicación segura en sistemas de surtidores. Pretende coordinarse con la familia de documentos ISO 19880 en lo que respecta a los vehículos de carretera y, al mismo tiempo, abordar una necesidad más general en relación con el repostaje de una gama mucho más amplia de vehículos. Será la primera parte de una serie de documentos sobre protocolos de repostaje para una amplia gama de aplicaciones de vehículos.



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



Por otra parte, con respecto a las Normas SAE se destacan:

- **SAE J2601:** Establece los parámetros de llenado de hidrógeno para vehículos con celdas de combustible. Es fundamental para garantizar cargas seguras, rápidas y confiables.
- **SAE J2799:** Aborda el desempeño de la interfaz de llenado de vehículos y estaciones, asegurando una conexión segura y eficiente durante el proceso de carga.
- **SAE J2579:** Establece criterios específicos para evaluar la integridad y la seguridad de sistemas de almacenamiento de hidrógeno en vehículos.

También pueden considerarse ilustrativas las normas europeas:

- **EN 17124:2022** Hidrógeno combustible. Especificación de producto y garantía de calidad para los puntos de suministro de hidrógeno que dispensan hidrógeno gaseoso. Aplicaciones que utilizan las pilas de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM) para los vehículos.
- **EN 17127:2022** Para puntos de suministro de hidrógeno al aire libre que dispensan hidrógeno gaseoso e incorporan protocolos de llenado.

Estas normas abordan una variedad de aspectos, desde la calidad del hidrógeno hasta los procedimientos de llenado y los requisitos de diseño para el almacenamiento. La adopción generalizada de estas normas y reglamentaciones garantiza que los vehículos de hidrógeno sean tanto eficientes como seguros.

3.4.2 Combustibles sintéticos

En la búsqueda constante de alternativas energéticas limpias y sostenibles, los combustibles sintéticos emergen como una opción viable para reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles que permita extender la vida de los actuales motores de combustión interna y otras instalaciones que funcionan con combustibles derivados del petróleo. Estos combustibles serán claves para una transición ordenada, sirviendo como puente entre los equipos alimentados por combustibles fósiles y otras tecnologías.

Se considera combustible sintético a aquellos que, fabricados a partir de procesos industriales utilizan materias primas diversas como el agua, hidrógeno, dióxido de carbono y la electricidad renovable. Los combustibles sintéticos, también conocidos como *e-fuels*, son líquidos o gases producidos con las mismas especificaciones de uso que los combustibles convencionales a los que van a sustituir. Por tanto, los *e-fuels* deben cumplir con los mismos estándares específicos de calidad para garantizar su eficiencia y seguridad. Estos estándares pueden variar según el país y el uso previsto del combustible (transporte, calefacción, etc.) y el país, no habiéndose detectado en ninguna normativa analizada que exista una diferencia regulatoria (más allá de posibles incentivos económicos o fiscales) que hagan un tratamiento significativamente diferente al de sus homólogos provenientes de fuentes fósiles.

Derivado de ello, tampoco se han detectado desarrollos normativos relativos al proceso de fabricación, infraestructura de transporte o utilización de estos combustibles con respecto a aquellos considerados no renovables.

No se profundiza más en esta sección por darse por hecho la existencia de normativa específica uruguaya para combustibles derivados del petróleo afín a lo expuesto en este apartado.

3.4.3 Hidrógeno como combustible de aviación

En este caso, debe dividirse el estudio en tres vertientes. Una de ellas, el uso del hidrógeno en forma gaseosa en pila de combustible como suministro total, parcial o auxiliar de energía quedaría cubierta por la normativa de aplicación general en transporte. Otra sería la relativa al uso de los “Combustibles Sostenibles de Aviación” (SAF’s), ya tratada dentro del apartado de combustibles sostenibles.

Finalmente, si que en el ámbito de la aviación se considera que puede existir un marco normativo de gran impacto, el del uso de Hidrógeno líquido. El hidrógeno líquido (LH2) ha surgido como una de las soluciones potenciales para descarbonizar la industria de la aviación. El hidrógeno líquido presentar importantes ventajas, como una densidad

energética por masa más alta que los combustibles convencionales, lo que significa que, en teoría, puede ofrecer un mayor alcance o duración del vuelo con menos peso de combustible.

Si bien en la actualidad no se han emitido normas por parte de las entidades competentes del sector aeronáutico (FAA, EASA u OACI) quienes serán, sí que se está trabajando en desarrollos relativos al uso del hidrógeno en aviación, principalmente basado en estándares de otros sectores, como, por ejemplo:

- **ISO 19887:2018** - Hidrógeno líquido. Sistemas de almacenamiento a baja temperatura para aplicaciones estacionarias y móviles. Esta norma de la Organización Internacional de Normalización (ISO) establece los requisitos para el diseño y fabricación de sistemas de almacenamiento a baja temperatura para hidrógeno líquido en aplicaciones estacionarias y móviles.
- **NFPA 2** - Norma de hidrógeno líquido, gaseoso y sistemas de generación de hidrógeno para aplicaciones de usuario industrial y comercial. Esta norma de la *National Fire Protection Association* (NFPA) de Estados Unidos proporciona requisitos de seguridad para la manipulación, almacenamiento y uso de hidrógeno líquido y gaseoso en aplicaciones industriales y comerciales.

Normas técnicas para infraestructura de repostaje de hidrógeno líquido:

- **ISO 19880-1:2020** - Hidrógeno líquido. Sistemas de combustible a bordo para vehículos de carretera. Parte 1: Sistemas de combustible de hidrógeno líquido para vehículos de carretera. Esta norma de la ISO establece los requisitos para los sistemas de combustible a bordo que utilizan hidrógeno líquido en vehículos de carretera.
- **CSA B51** - Código de calderas, recipientes a presión y tuberías. Esta norma de la *Canadian Standards Association* (CSA) establece los requisitos para el diseño y fabricación de recipientes a presión utilizados en el almacenamiento y transporte de hidrógeno líquido.

Normas técnicas para seguridad y mitigación de riesgos:

- **ISO/TR 15916:2019** - Hidrógeno como combustible. Guía para el control de riesgos. Esta norma técnica de la ISO proporciona orientación sobre la identificación y mitigación de riesgos asociados con el uso de hidrógeno como combustible en diversas aplicaciones industriales.
- **NFPA 55** - Norma para el almacenamiento, uso y manejo de gases comprimidos y líquidos criogénicos inflamables y no inflamables. Esta norma de la NFPA aborda las prácticas seguras para el almacenamiento y manejo de hidrógeno líquido y otros gases inflamables y no inflamables.

3.4.4 Metanol para uso como combustible

El metanol, también conocido como alcohol metílico, ha sido identificado como un combustible alternativo prometedor debido a sus características intrínsecas y su potencial de producción sostenible.

El metanol es tóxico y puede ser peligroso si se ingiere, inhala o entra en contacto con la piel. Las regulaciones de uso de productos químicos ya lo tienen catalogado como sustancia peligrosa y existe normativa específica según cada país para establecer niveles de exposición, uso de equipos de protección, tratamiento de vertidos, etc. Estos problemas están limitando el desarrollo para múltiples aplicaciones (excepto aplicaciones como mezcla en pequeñas proporciones con gasolina en algunas aplicaciones muy concretas), siendo el ámbito marítimo al que se está enfocando especialmente.

Estados Unidos.

Los principales reglamentos federales de OSHA, EPA y DOT en Estados Unidos que afectan la producción, el almacenamiento, el empaquetado, la distribución o el uso de metanol son:



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



- Regulación relativa a seguridad y salud en el trabajo: *Code of Federal Regulations* 102 (CFR) – 29: Partes 1904 y 1910
- Regulación medioambiental – 40 CFR. Partes 61, 68, 141, 260 a 269, 302, 355, 370, 372 y 373.
- Regulación transporte terrestre – 49 CFR. Partes 106, 107, 172 a 174, 176 a 180, 190 a 192 y 195.
- Aguas navegables y transporte marítimo – 33 CFR. Partes 1 a 26, 126, 130, 153, 154, 155, 156, 160 a 167. – 46 CFR. Partes 2, 10 a 12, 15, 30 a 40, 151.

Unión Europea.

- Control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan Sustancias Peligrosas (Directiva 96/82/CE¹⁰³).
- Directiva sobre valores límite de exposición Valores Límite de Exposición Profesional (DIR 2006/15/CE¹⁰⁴) & Directiva sobre agentes químicos en el trabajo (DIR 98/24/CE¹⁰⁵).
- Directiva sobre sustancias peligrosas (Directiva 67/548/CEE¹⁰⁶).
- Restricción de Sustancias y Preparados Químicos (REACH) (CE/2006/1907¹⁰⁷).

En el sector marítimo existe la Guía para la seguridad de utilización del metanol como combustible¹⁰⁸, aprobada por la IMO (*International Maritime Organization*) en 2020, dentro de las estipulaciones del código IGF Código Internacional de Seguridad para los buques que utilicen gases u otros combustibles de bajo punto de inflamación¹⁰⁹, que se considera como referencia para el uso de este combustible.

3.4.5 Hidrógeno como combustible para mezcla con gas natural. Uso residencial

En el ámbito energético-térmico, la combinación de hidrógeno con gas natural se está explorando como una forma de reducir las emisiones de carbono mientras se mantiene un suministro energético eficiente y confiable. La adición de hidrógeno al gas natural, conocida como "mezcla", puede diluir la concentración de metano y reducir las emisiones de CO₂ durante la combustión. Al mezclar hidrógeno con gas natural, se puede lograr un balance que maximiza los beneficios energéticos del gas natural mientras reduce su huella de carbono.

Actualmente, hay límites en la concentración de hidrógeno que puede mezclarse con gas natural sin requerir modificaciones significativas en la infraestructura y en los equipos de los consumidores. Si bien existe regulación al respecto, actualmente los sectores técnicos se encuentran en una continua discusión sobre los niveles máximos de hidrógeno aceptables, así como en otros aspectos técnicos con clara incidencia regulatoria que podrían suponer continuas modificaciones de normativa.

¹⁰² [HTTPS://WWW.ECFR.GOV/](https://www.ecfr.gov/)

¹⁰³ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/DOC.PHP?ID=DOUE-L-1997-80038](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1997-80038)

¹⁰⁴ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/DOC.PHP?ID=DOUE-L-2006-80254](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2006-80254)

¹⁰⁵ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/DOC.PHP?ID=DOUE-L-1998-80770](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1998-80770)

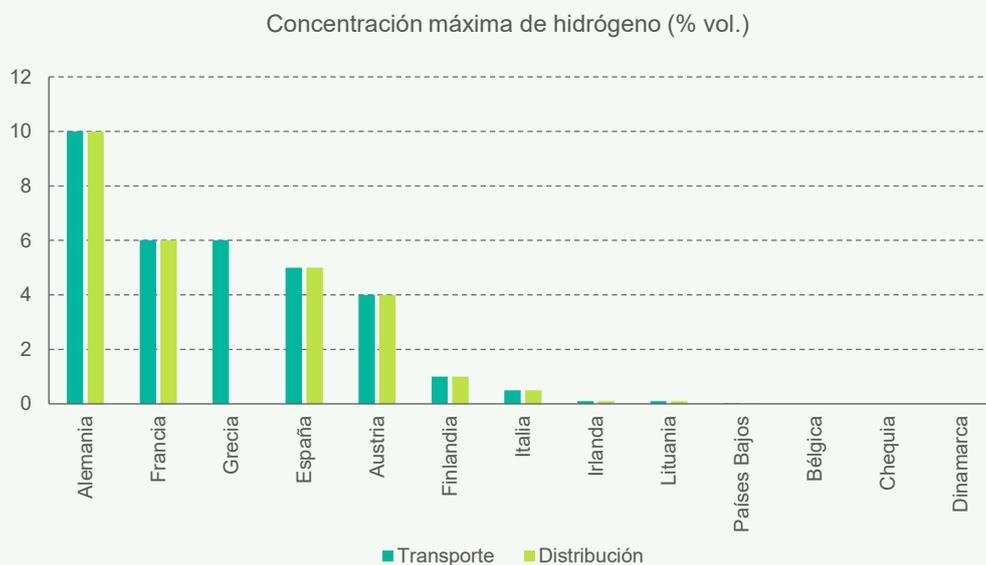
¹⁰⁶ [HTTPS://OP.EUROPA.EU/EN/PUBLICATION-DETAIL/-/PUBLICATION/8E12A450-CB71-4356-BD3B-8A9F980208A0/LANGUAGE-ES/FORMAT-PDF/1B](https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/8e12a450-cb71-4356-bd3b-8a9f980208a0/language-es/format-pdf/1B)

¹⁰⁷ [HTTPS://EUR-LEX.EUROPA.EU/LEGAL-CONTENT/ES/TXT/?URI=CELEX%3A32006R1907](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/txt/?uri=CELEX%3A32006R1907)

¹⁰⁸ [HTTPS://WWW.REGISTER-IRI.COM/WP-CONTENT/UPLOADS/MSC.1-CIRC.1621.PDF](https://www.register-iri.com/wp-content/uploads/msc.1-circ.1621.pdf)

¹⁰⁹ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BOE/DIAS/2017/05/02/PDFS/BOE-A-2017-4763.PDF](https://www.boe.es/boe/dias/2017/05/02/pdfs/BOE-A-2017-4763.pdf)

Figura 2. Porcentajes máximos admisibles de hidrógeno en red de gas natural por países de la unión europea



Fuente: adaptado de Paquete de Gas CE, Informe de evaluación de impacto (2021)

En este caso se propuso por parte del “Fit for 55 Package¹¹⁰” de la Unión Europea, un límite admisible del 5% en volumen en los puntos transfronterizos por parte de los operadores de sistema (TSO), de obligatoria aceptación por el receptor y libertad para acordar niveles superiores entre TSO adyacentes.

En España, la limitación al 5% viene establecida por el artículo 54 de la Ley de Hidrocarburos¹¹¹, en las que incide en que la inyección sea técnicamente posible y segura.

Esto se desarrolla en la Norma de Gestión Técnica del Sistema Gasista NGTS-PD01¹¹², donde se establece el 5% molar máximo de hidrógeno en la red. Existe en curso una modificación que remite a la norma UNE EN 16726, para la calidad del gas que indica que “No es posible especificar un valor límite válido general para toda la infraestructura gasista y, en consecuencia, se recomienda un análisis caso por caso”.

Con respecto al uso de mezclas de gas natural, resulta interesante referenciar las normas ISO 14912, relativa a la medición y caracterización de mezclas gaseosas, la ISO 14687 como referencia a los niveles de calidad exigibles al hidrógeno y la ISO 16726 para lo relativo a la seguridad de uso.

También, entrando en detalles más concretos, es interesante hacer referencia al estudio Hy4HEAT¹¹³ realizado en Reino Unido. En él, bajo el marco de las normas BS (British Estándar) se analizan distintos límites técnicos del hidrógeno para su uso en el sistema gasista inglés.

Algunas conclusiones interesantes son la determinación de un porcentaje mínimo de pureza en el usuario final del 98% en hidrógeno para el uso de sistemas dedicados, la posibilidad de utilizar el *Odorant NB* sin perjudicar los parámetros de combustible o la recomendación con respecto al uso de colorantes para la detección de llamas. Fruto de este

¹¹⁰ [HTTPS://WWW.CONSILIUM.EUROPA.EU/EN/POLICIES/GREEN-DEAL/FIT-FOR-55-THE-EU-PLAN-FOR-A-GREEN-TRANSITION/](https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/)

¹¹¹ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/ACT.PHP?ID=BOE-A-1998-23284](https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1998-23284)

¹¹² [HTTPS://WWW.BOE.ES/DIARIO_BOE/TXT.PHP?ID=BOE-A-2013-185](https://www.boe.es/diario_BOE/TXT.PHP?ID=BOE-A-2013-185)

¹¹³ [HTTPS://WWW.HY4HEAT.INFO/](https://www.hy4heat.info/)

proyecto se ha elaborado por parte del *Department for Business, Energy and Industrial Strategy (BEIS)* un borrador de norma (PAS 4444:202) para el uso de hidrógeno en el sector residencial y que aplicaría a la modificación de sistemas existentes como a la implantación de otros específicos.

Tabla 1. Especificaciones de calidad del gas procedente de fuentes no convencionales introducido en el Sistema Gasista Español

Propiedad (*)	Unidad	Mínimo	Máximo
Metano (CH ₄)	mol %	95	–
CO	mol %	–	2
H ₂	mol %	–	5
Compuestos Halogenados:			
– Flúor/Cloro	mg/m ³	–	10/1
Amoníaco	mg/m ³	–	3
Mercurio	µg/m ³	–	1
Siloxanos	mg/m ³	–	10
Benceno, Tolueno, Xileno (BTX)	mg/m ³	–	500
Microorganismos	–	Técnicamente puro	
Polvo/Partículas	–	Técnicamente puro	

3.4.6 Amoníaco como combustible marítimo

El proceso Haber-Bosch es el estándar en la producción industrial de amoníaco. Desarrollado por Fritz Haber y Carl Bosch a principios del siglo XX, este proceso es el más utilizado para la producción de amoníaco a grandes escalas.

La síntesis de amoníaco a través del proceso Haber-Bosch implica la combinación de hidrógeno y nitrógeno gaseosos para formar amoníaco (NH₃) en condiciones controladas de alta presión y temperatura. La eficiencia y la productividad de este proceso dependen en gran medida de la pureza de los gases reactantes utilizados. Asegurar una alta pureza en los gases es esencial para evitar el envenenamiento de los catalizadores, mantener una actividad catalítica óptima y mejorar la eficiencia general del proceso.

En la actualidad el hidrógeno normalmente se obtiene mediante la reforma de gas natural, lo que resulta en la liberación de grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂). Para avanzar hacia una producción de amoníaco más sostenible y respetuosa con el medio ambiente, se ha investigado la posibilidad de introducir hidrógeno renovable en

el proceso Haber-Bosch. Esto implica el uso de hidrógeno producido a partir de fuentes de energía renovable, como la electrólisis del agua utilizando energía solar o eólica. Al hacerlo, se podría reducir significativamente la huella de carbono asociada con la producción de amoníaco.

Los catalizadores son sustancias cruciales en el proceso Haber-Bosch, ya que aceleran las reacciones químicas sin consumirse en el proceso. En el contexto de este proceso, los catalizadores juegan un papel esencial para lograr una conversión eficiente de nitrógeno e hidrógeno en amoníaco. Los dos catalizadores más comúnmente utilizados en el proceso Haber-Bosch son el hierro y el rutenio, aunque también se han investigado otros materiales.

La pureza de los gases utilizados en el proceso Haber-Bosch es un factor crítico para asegurar un rendimiento óptimo del catalizador y evitar el envenenamiento catalítico. Cualquier contaminante presente en los gases puede interactuar con el catalizador, alterar su estructura y reducir su actividad catalítica. Además, la presencia de impurezas puede favorecer la formación de subproductos indeseables y afectar la selectividad de la reacción hacia la formación de amoníaco.

Para evitar el envenenamiento de los catalizadores, es necesario purificar los gases reactantes antes de introducirlos en el reactor de síntesis. Los principales contaminantes que deben ser eliminados son:

- **Oxígeno (O₂):** El oxígeno es particularmente perjudicial para los catalizadores de hierro, ya que puede oxidar la superficie del catalizador y disminuir su actividad. Se debe asegurar una baja concentración de oxígeno en los gases reactantes para evitar su impacto negativo en la reacción.
- **Monóxido de carbono (CO):** El monóxido de carbono es otro contaminante crítico que puede envenenar los catalizadores de hierro y rutenio. Este gas puede competir con el nitrógeno y el hidrógeno por los sitios activos del catalizador y reducir la formación de amoníaco.
- **Dióxido de carbono (CO₂):** El dióxido de carbono también puede afectar negativamente el rendimiento de los catalizadores, especialmente los basados en hierro. La presencia de CO₂ puede alterar la cinética de la reacción y reducir la producción de amoníaco.
- **Vapor de agua (H₂O):** El vapor de agua es otro contaminante que puede interferir con la actividad catalítica y favorecer la formación de subproductos. Se debe mantener una baja concentración de vapor de agua para evitar su impacto en el proceso.

Los métodos de purificación de gases que se emplean en la fabricación de amoníaco son:

- **Absorción:** El uso de solventes líquidos para absorber impurezas gaseosas, como oxígeno y dióxido de carbono, es una técnica común para purificar los gases en el proceso Haber-Bosch.
- **Adsorción:** La adsorción en materiales porosos, como zeolitas o carbones activados, también puede utilizarse para eliminar contaminantes gaseosos, como monóxido de carbono y vapor de agua.
- **Membranas de separación:** Las membranas selectivas pueden emplearse para separar gases específicos, como oxígeno y dióxido de carbono, de las corrientes de gas.
- **Criogenia:** La refrigeración a bajas temperaturas puede utilizarse para condensar y eliminar contaminantes gaseosos, como vapor de agua y dióxido de carbono.

- Eficiencia Logística: Reduciría la necesidad de almacenar grandes cantidades de combustible separado, ya que el amoníaco transportado serviría para ambos propósitos.
- Economía: Podría representar ahorros significativos para las operadoras de buques al combinar los costos de transporte y combustible.
- Reducción de Emisiones: Un buque propulsado por amoníaco no solo reduciría o eliminaría sus emisiones de CO₂, sino que también reduciría su huella de carbono general al transportar un combustible limpio para otras industrias.

Si bien a priori podría incluirse el amoníaco en el apartado relativo al metanol, por considerarse afectado en el código IGF Código Internacional de Seguridad para los buques que utilicen gases u otros combustibles de bajo punto de inflamación¹¹⁴, debe tenerse en cuenta una limitación existente ahora mismo en esa regulación, que no es otra sino que el Código IGF incluye un capítulo separado sobre el uso de la carga como combustible, pero no permite el uso de cargas identificadas como productos tóxicos como el amoníaco para este fin. Esto significa que el Código, en su forma actual, no permite a los buques gaseros utilizar amoníaco como combustible.

Si bien los requisitos del Código CIG pueden proporcionar una orientación útil sobre cómo diseñar sistemas de almacenamiento de combustible para el amoníaco, a día de hoy constituyen un impedimento para la tramitación de proyectos ambiciosos que combinen el uso de amoníaco transportado como combustible del navío, lo que reduce ampliamente las posibilidades y rentabilidad de este uso y requerirá desarrollos por parte de la Organización Marítima Internacional o de otras organizaciones nacionales de abanderamiento.

En este sentido han surgido normas menores o recomendaciones para el desarrollo del uso del amoníaco como, por ejemplo:

- *Guidelines on Ammonia Fueled Vessels*¹¹⁵ de la Indian Register of Shipping (IRclass).
- *Guide for Ammonia Fueled Vessels*¹¹⁶ de la American Bureau of Shipping.
- *Recommendations for Design and Operation of Ammonia-Fueled Vessels Based on Multi-disciplinary Risk Analysis*¹¹⁷. Maersk McKinney Moller Center, Lloyd's Register.

Por último, en cuanto a uso de amoníaco como combustible para navíos, es interesante hacer referencia al desarrollo en curso de una normativa, la NR 671¹¹⁸ por parte de Bureau Veritas que cubre la disposición, instalación, control y supervisión de la maquinaria, equipos y sistemas que utilizan amoníaco para minimizar el riesgo para el buque, la tripulación, los pasajeros y el medio ambiente, teniendo en cuenta las propiedades específicas del amoníaco, en particular su toxicidad.

3.4.7 Generación eléctrica

En primer lugar, debe indicarse que, como cualquier apartaenta eléctrica conectada a la red, los equipos de generación eléctrica deberán ser capaces de sincronizarse automáticamente con los parámetros de la red y adaptarse a las variaciones de la demanda, no perturbando la red. Estos condicionantes técnicos están recogidos en los correspondientes reglamentos eléctricos ya citados, junto a otros parámetros relativos a interoperabilidad, ausencia/inmunidad de perturbaciones electromagnéticas, etc. y son de general aplicación.

Por ejemplo, para el caso concreto de generadores en la Unión Europea sería de aplicación:

- Directiva 2006/42/EC119, Seguridad de las Maquinarias: el grupo electrógeno es considerado como maquinaria que puede o no ser utilizada por un operario. Como tal, debe cumplir con esta directiva marcada por la UE.
- Directiva 2014/35/EU 120, Equipos de Baja Tensión: como equipo que puede proporcionar corriente eléctrica de baja tensión (<1000 Vac), es necesario que todos los grupos electrógenos cumplan con esta normativa.

¹¹⁴ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BOE/DIAS/2017/05/02/PDFS/BOE-A-2017-4763.PDF](https://www.boe.es/BOE/DIAS/2017/05/02/PDFS/BOE-A-2017-4763.PDF)

¹¹⁵ [HTTPS://WWW.IRCLASS.ORG/MEDIA/6395/GUIDELINES-ON-AMMONIA-FUELED-VESSELS_IRS-G-SAF-05_DECEMBER-2022_NEW.PDF](https://www.irclass.org/media/6395/guidelines-on-ammonia-fueled-vessels_IRS-G-SAF-05_DECEMBER-2022_NEW.PDF)

¹¹⁶ [HTTPS://MARITIMECYPRUS.COM/WP-CONTENT/UPLOADS/2021/11/ABS-AMMONIA-FUELED-VESSELS-SEPT21.PDF](https://maritimecyprus.com/wp-content/uploads/2021/11/ABS-AMMONIA-FUELED-VESSELS-SEPT21.PDF)

¹¹⁷ [HTTPS://CMS.ZEROCARBONSHIPPING.COM/MEDIA/UPLOADS/DOCUMENTS/LR-AMMONIA-REPORT-V3.PDF](https://cms.zerocarbonsipping.com/media/uploads/documents/LR-AMMONIA-REPORT-V3.PDF)

¹¹⁸ [HTTPS://ERULES.VERISTAR.COM/DY/DATA/BV/PDF/671-NR_2022-07.PDF](https://erules.veristar.com/dy/data/bv/pdf/671-NR_2022-07.PDF)

¹¹⁹ [HTTPS://WWW.BOE.ES/DOUE/2006/157/L00024-00086.PDF](https://www.boe.es/DOUE/2006/157/L00024-00086.PDF)

¹²⁰ [HTTPS://WWW.BOE.ES/DOUE/2014/096/L00357-00374.PDF](https://www.boe.es/DOUE/2014/096/L00357-00374.PDF)

- Directiva 2004/108/EC121, Compatibilidad Electromagnética. Los grupos electrógenos son equipos capaces de emitir campos electromagnéticos y como tal, deben cumplir con las normas dictadas por la UE sobre compatibilidad electromagnética.
- Directiva 2005/88 / CE122, sobre emisión de ruido de los equipos al aire libre: los grupos electrógenos generan ruido y eso obliga a los fabricantes a cumplir con la normativa sobre emisiones de ruido de equipos al aire libre.

En cuanto a normativa ISO, únicamente se encuentra como referencia la ISO 8528, de aplicación limitada, puesto que está orientada a grupos generadores accionados por motores alternativos de combustión interna. Algo similar ocurre al acudir a la regulación para este tipo de equipos en los Estados Unidos, que se encuentra muy orientada al aspecto de las emisiones de los motores Diesel asociadas a ellos.

La regulación de la inyección de electricidad a la red por pequeños productores varía considerablemente en distintos países alrededor del mundo, y esta diversidad se refleja en las diferentes leyes, regulaciones y normas técnicas que rigen esta actividad, especialmente en lo referente a la calidad de la energía inyectada.

En Europa, Alemania ha sido un referente en políticas de energías renovables y generación distribuida. Su marco regulatorio, incluyendo la *Renewable Energy Sources Act* (EEG¹²³), establece normativas técnicas detalladas para garantizar la calidad de la energía inyectada a la red. Los pequeños productores deben cumplir con requisitos específicos, como límites de armónicos, distorsión armónica total y factor de potencia, para asegurar que la energía generada no afecte negativamente la estabilidad y operación de la red eléctrica.

En España, la regulación técnica también ha sido abordada a través del Real Decreto 244/2019¹²⁴, que estableció condiciones técnicas para la conexión y operación de instalaciones de generación distribuida. Estas condiciones incluyen requisitos sobre la calidad de la energía, tales como los límites de tensión, frecuencia y distorsión armónica, para asegurar una inyección segura y confiable a la red eléctrica.

En Estados Unidos, la regulación de la calidad de la energía inyectada a la red varía según cada estado. Algunos estados tienen normas técnicas específicas que los pequeños productores deben cumplir para garantizar la compatibilidad con la red. Por ejemplo, California cuenta con normas detalladas sobre la calidad de la energía para sistemas de generación distribuida, asegurando que los pequeños generadores no afecten adversamente la calidad del suministro eléctrico.

En América Latina, la normativa técnica en cuanto a calidad de la energía inyectada ha sido abordada en países como Chile, donde la Ley 20.571¹²⁵ establece estándares técnicos y de seguridad para la conexión de generadores distribuidos. Esto incluye la regulación de la calidad de la energía en términos de tensión, frecuencia y distorsión armónica, para proteger la integridad de la red eléctrica y garantizar un suministro estable y seguro.

3.4.8 Homologación y certificación de equipos

Europa

La Directiva 93/68/CEE es un marco normativo fundamental dentro de la Unión Europea para asegurar la seguridad y protección de los consumidores y usuarios de productos. El objetivo principal de esta directiva es garantizar que los productos comercializados en el Espacio Económico Europeo cumplan con los requisitos esenciales de salud, seguridad y protección del medio ambiente. Las declaraciones de conformidad son un componente clave de la certificación CE y juegan un papel crucial para acceder al mercado europeo.

¹²¹ [HTTPS://WWW.BOE.ES/DOUE/2004/390/L00024-00037.PDF](https://www.boe.es/DOUE/2004/390/L00024-00037.PDF)

¹²² [HTTPS://WWW.BOE.ES/DOUE/2005/344/L00044-00046.PDF](https://www.boe.es/DOUE/2005/344/L00044-00046.PDF)

¹²³ [HTTPS://WWW.BMWK.DE/REDAKTION/EN/DOWNLOADS/RENEWABLE-ENERGY-SOURCES-ACT-2017.PDF?__BLOB=PUBLICATIONFILE&V=1](https://www.bmwk.de/REDAKTION/EN/DOWNLOADS/RENEWABLE-ENERGY-SOURCES-ACT-2017.PDF?__BLOB=PUBLICATIONFILE&V=1)

¹²⁴ [HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/DOC.PHP?ID=BOE-A-2019-5089](https://www.boe.es/BUSCAR/DOC.PHP?ID=BOE-A-2019-5089)

¹²⁵ [HTTPS://WWW.BCN.CL/LEYCHILE/NAVEGAR?IDNORMA=1038211](https://www.bcn.cl/LEYCHILE/NAVEGAR?IDNORMA=1038211)

La Directiva 93/68/CEE, también conocida como "Directiva de Aproximación", tiene como objetivo armonizar las legislaciones nacionales de los Estados miembros en cuanto a la comercialización de productos. Esta directiva enmienda varias directivas específicas de productos y establece un marco general para la emisión de declaraciones de conformidad.

Una Declaración de Conformidad es un documento emitido por el fabricante del producto en el que certifica que el producto cumple con los requisitos legales y técnicos de la Directiva 93/68/CEE y otras directivas específicas. La Declaración de Conformidad debe ser emitida por el fabricante o su representante autorizado y ser válida para cada unidad del producto comercializado.

El fabricante es el principal responsable de garantizar que el producto cumpla con todos los requisitos esenciales establecidos en las directivas aplicables. El fabricante debe realizar una evaluación de conformidad y mantener una documentación técnica adecuada que respalde la Declaración de Conformidad. Una Declaración de Conformidad debe contener información precisa y completa, incluyendo el nombre y dirección del fabricante, descripción del producto, identificación del tipo o modelo, referencias a las directivas aplicables y las normas armonizadas utilizadas, así como la fecha de emisión.

La Declaración de Conformidad debe contener información detallada sobre el fabricante, el producto y los requisitos legales cumplidos, asegurando que los usuarios y autoridades puedan verificar su autenticidad. Debe ser firmada por un representante autorizado del fabricante, lo que le otorga validez legal y responsabilidad sobre la veracidad de la declaración. Cada Declaración de Conformidad debe incluir un número de identificación único para rastrear y relacionar la declaración con el producto específico.

La documentación técnica es un conjunto de información y pruebas que respaldan la conformidad del producto con los requisitos aplicables, incluyendo el diseño, ensayos, análisis, cálculos y cualquier otra información relevante. La Directiva 93/68/CEE hace referencia a otras directivas específicas para diferentes tipos de productos, cada una con sus propias normas armonizadas que pueden utilizarse para demostrar la conformidad con los requisitos.

Una vez que el fabricante ha emitido la Declaración de Conformidad y el producto ha sido evaluado como cumplidor, puede llevar el marcado CE, lo que indica que cumple con las directivas y está autorizado para ser comercializado en el EEE. La Declaración de Conformidad es válida durante el tiempo que el producto se comercialice y cumpla con las directivas aplicables. Es responsabilidad del fabricante mantenerla actualizada y accesible. El fabricante debe asegurarse de que la Declaración de Conformidad se distribuya adecuadamente con el producto y esté disponible para las autoridades competentes durante el tiempo requerido.

Los organismos notificados son entidades designadas por los Estados miembros para evaluar la conformidad de ciertos productos y emitir certificados de conformidad. Su participación es obligatoria para algunos productos. La evaluación de la conformidad puede incluir pruebas de laboratorio, inspecciones en fábrica o evaluaciones del sistema de calidad del fabricante, dependiendo del tipo de producto y el módulo de certificación utilizado.

Según la Directiva 93/68/CEE y ofrecen diferentes opciones (módulos) para que los fabricantes demuestren la conformidad de sus productos con las normativas europeas:

- **Módulo A - Conformidad interna del fabricante:** En este módulo, el fabricante asume toda la responsabilidad de asegurar la conformidad de su producto con los requisitos de las directivas aplicables. No se involucra ningún organismo notificado, y el fabricante emite una Declaración de Conformidad y coloca el marcado CE en el producto por su propia cuenta. Este módulo es adecuado para productos de bajo riesgo.
- **Módulo B - Examen CE de tipo:** En el módulo B, un organismo notificado realiza una evaluación completa del diseño del producto y el cumplimiento con los requisitos de las directivas aplicables. El organismo notificado emite un certificado de examen CE de tipo, y el fabricante utiliza este certificado para emitir la Declaración de Conformidad y colocar el marcado CE en el producto. Este módulo se aplica a productos de riesgo medio o alto.
- **Módulo C - Conformidad con el aseguramiento de calidad del producto:** En este módulo, el fabricante debe establecer y mantener un sistema de aseguramiento de calidad, que incluya procedimientos de control de producción. Un organismo notificado realiza auditorías periódicas para verificar el cumplimiento del sistema de calidad y evaluar la conformidad de los productos. El fabricante emite una Declaración de Conformidad basada en este sistema y coloca el marcado CE en el producto. Este módulo también se aplica a productos de riesgo medio o alto.

- **Módulo D - Conformidad con el aseguramiento de calidad del producto (producción aprobada):** En este módulo, el fabricante debe someterse a una evaluación exhaustiva de su sistema de aseguramiento de calidad por parte de un organismo notificado, quien otorga una aprobación para la producción en serie. Una vez aprobado, el fabricante asume la responsabilidad completa de la calidad del producto y emite una Declaración de Conformidad, colocando el marcado CE en el producto. Este módulo también es aplicable a productos de riesgo medio o alto.
- **Módulo E - Verificación de diseño:** Este módulo se aplica a productos de alto riesgo o complejos. En el módulo E, un organismo notificado evalúa y aprueba tanto el diseño técnico del producto como el proceso de producción. El organismo notificado realiza un seguimiento constante del producto y verifica la conformidad con las directivas aplicables a lo largo de su vida útil.
- **Módulo F - Verificación del producto:** En el módulo F, un organismo notificado examina y aprueba cada producto individual antes de que se coloque en el mercado. Este proceso se aplica a productos de alto riesgo y garantiza que cada unidad cumpla con los requisitos de seguridad y calidad antes de su distribución.

Es necesario que los fabricantes identifiquen el módulo de certificación adecuado para su producto, teniendo en cuenta el nivel de riesgo, la complejidad y los requisitos específicos de las directivas aplicables. La elección del módulo correcto garantiza una evaluación y certificación adecuadas y es requisito al mercado europeo con el marcado CE.

Las autoridades de los Estados miembros pueden realizar verificaciones y controles en el mercado para garantizar que los productos cumplan con los requisitos de la Directiva y la Declaración de Conformidad sea precisa y válida.

A modo ilustrativo, se puede hacer referencia al Mercado CE de Equipos a Presión en Europa, aplicable a los recipientes y equipos que trabajan con hidrógeno gas. El Mercado CE de Equipos a Presión es un proceso de certificación obligatorio dentro del Espacio Económico Europeo (EEE) que asegura que los equipos a presión comercializados en la región cumplan con los requisitos de seguridad y protección del medio ambiente establecidos en la Directiva 2014/68/UE, también conocida como la "Directiva de Equipos a Presión".

Esta directiva se aplica a una amplia gama de equipos diseñados para contener gases o líquidos a presiones superiores a 0,5 bares, lo que incluye calderas, recipientes a presión, intercambiadores de calor y otros dispositivos similares. El objetivo principal del Mercado CE de Equipos a Presión es garantizar la seguridad de estos equipos, tanto para los operadores como para el público en general, al evitar posibles accidentes y daños a personas o al medio ambiente.

El proceso de certificación para el Mercado CE de Equipos a Presión implica varias etapas clave:

- **Evaluación de Conformidad:** El fabricante del equipo a presión debe llevar a cabo una evaluación de conformidad para asegurar que el producto cumpla con los requisitos esenciales de seguridad establecidos en la Directiva. Esto incluye el análisis de riesgos, la verificación del diseño y el cumplimiento de las normas técnicas armonizadas aplicables.
- **Diseño y Fabricación:** Los equipos a presión deben ser diseñados y fabricados de acuerdo con las normas técnicas armonizadas que se aplican a cada tipo de equipo específico. Estas normas establecen los requisitos técnicos y las especificaciones que garantizan un diseño seguro y una fabricación adecuada.
- **Documentación Técnica:** El fabricante debe crear y mantener una documentación técnica completa que respalde la conformidad del equipo a presión con la Directiva. Esta documentación debe estar disponible para las autoridades competentes en caso de ser requerida.
- **Involucramiento de un Organismo Notificado:** Para ciertas categorías de equipos a presión, se requiere la participación de un organismo notificado, que es una entidad independiente autorizada por el Estado miembro para evaluar la conformidad del equipo. El organismo notificado realiza una evaluación exhaustiva del equipo y verifica que cumple con los requisitos de seguridad y protección establecidos.
- **Marcado CE:** Una vez que el equipo a presión ha sido evaluado y cumple con los requisitos de la Directiva, el fabricante puede colocar el marcado CE en el producto. El marcado CE es un símbolo que indica que el equipo a presión cumple con los requisitos legales y técnicos para ser comercializado en el EEE.

Con esto, el Mercado CE de Equipos a Presión no solo garantiza la seguridad de los equipos y la protección del público, sino que también facilita el libre movimiento de estos productos en el mercado europeo. Una vez que un equipo ha obtenido el Mercado CE, puede ser comercializado y utilizado en todos los países del EEE sin necesidad de cumplir con requisitos adicionales de certificación. Esto simplifica el proceso para los fabricantes y fomenta la armonización de normas y estándares en toda la región.

Estados Unidos

El equivalente al Mercado CE en Estados Unidos es el mercado UL (*Underwriters Laboratories*). UL es una organización de pruebas y certificación independiente que evalúa y certifica la seguridad de productos y sistemas para el mercado estadounidense. Al obtener la certificación UL, los fabricantes demuestran que sus productos cumplen con los estándares de seguridad establecidos por la organización, lo que brinda confianza a los consumidores y usuarios finales.

Además del mercado UL, en EE. UU. también existen otros organismos de certificación y normas específicas para diferentes tipos de productos y sectores industriales. Por ejemplo, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) regula la certificación de equipos de telecomunicaciones y dispositivos electrónicos, mientras que la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) se encarga de la aprobación de productos relacionados con la salud y alimentos.

Sudamérica

En Sudamérica, no hay un mercado CE equivalente que abarque toda la región, ya que cada país tiene sus propios requisitos y regulaciones específicas para la certificación de productos. Sin embargo, algunos países sudamericanos pueden reconocer y aceptar la certificación CE como evidencia de conformidad para ciertos productos importados.

Además, existen organismos de certificación y regulaciones nacionales en cada país sudamericano. Por ejemplo, en Argentina, la Secretaría de Industria y Comercio establece requisitos de seguridad y calidad para la certificación de productos. En Brasil, el Instituto Nacional de Metrología, Calidad y Tecnología (INMETRO) es el organismo encargado de la certificación y acreditación.

Asia

En Asia, el equivalente al Mercado CE varía según el país. Algunos países tienen sus propios sistemas de certificación y mercado, mientras que otros pueden aceptar la certificación CE como evidencia de conformidad para ciertos productos.

En China, por ejemplo, el mercado CCC (*China Compulsory Certification*) es obligatorio para una amplia gama de productos, y certifica que estos cumplen con los estándares de seguridad y calidad establecidos por las autoridades chinas. En Japón, el mercado PSE (*Product Safety Electrical Appliance & Materials*) es requerido para muchos productos eléctricos y electrónicos.

En otros países asiáticos, como India y Corea del Sur, también existen sistemas de certificación específicos y regulaciones para diferentes tipos de productos.

3.5 Estándares Técnicos

La existencia de estándares técnicos, como los desarrollados por organizaciones reconocidas como la Organización Internacional de Normalización (ISO), la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos (ASME) y la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA), entre otras juega un papel esencial a la hora de desarrollar normativa regulatoria sobre el hidrógeno renovable. Estos estándares proporcionan un marco sólido y coherente que garantiza la seguridad, la eficiencia y la interoperabilidad en la producción, almacenamiento, transporte y uso del hidrógeno renovable.

Los estándares técnicos desempeñan un papel crucial al proporcionar pautas claras y específicas para el diseño, la operación y el mantenimiento de las instalaciones de hidrógeno renovable.

La profesionalidad de estas organizaciones garantiza que los estándares que desarrollan se basen en la mejor práctica y en la investigación científica más actualizada. Los comités de expertos, con experiencia en la industria, la academia y otras áreas relevantes, colaboran para establecer criterios rigurosos y coherentes que aborden los desafíos específicos del hidrógeno renovable, promoviendo así la confianza y la seguridad en la adopción de esta tecnología.

La independencia de los gobiernos también es crucial para asegurar la imparcialidad y la objetividad en el proceso de desarrollo de estándares. Al no estar sujetas a influencias políticas, estas organizaciones pueden centrarse en la protección del interés público y el bienestar general. La normativa basada en estándares técnicos independientes se vuelve más resistente a cambios políticos y menos susceptible a decisiones que puedan comprometer la seguridad o la eficiencia en la implementación del hidrógeno renovable.

Por ejemplo, las normas ISO pueden abordar aspectos como la pureza y la calidad del hidrógeno producido, los métodos de almacenamiento seguros y eficientes, y los requisitos para su transporte y distribución. Por su parte, los estándares desarrollados por ASME pueden abordar aspectos relacionados con la ingeniería y diseño de equipos, como tanques de almacenamiento y tuberías, garantizando que estén contruidos para soportar las condiciones específicas del hidrógeno, minimizando riesgos y maximizando la eficiencia. Además, los estándares de la NFPA son cruciales para garantizar la seguridad en el manejo del hidrógeno, especialmente porque es altamente inflamable. Estas normas definen las prácticas adecuadas para la prevención de incendios y explosiones, la protección contra riesgos asociados al hidrógeno y la respuesta a emergencias.

La aplicación de estándares técnicos en la normativa regulatoria también facilita la cooperación internacional y el comercio de hidrógeno renovable. Al seguir normas reconocidas a nivel mundial, se logra una mayor coherencia entre los diferentes países, lo que promueve la confianza en el mercado y acelera la adopción de esta fuente de energía limpia.

En resumen, la existencia de estándares técnicos desarrollados por organismos no gubernamentales es fundamental para el desarrollo de normativa regulatoria sobre el hidrógeno renovable. Estos estándares proporcionan una base sólida para garantizar la seguridad, eficiencia e interoperabilidad, allanando el camino para la implantación de las tecnologías.

En este apartado se va a estudiar la normativa relacionada con las diferentes etapas de la cadena de valor del hidrógeno de la que disponen las siguientes organizaciones normalizadoras:

- **ASME¹²⁶**: American Society of Mechanical Engineers.
- **CGA¹²⁷**: Compressed Gas Association.
- **EIGA¹²⁸**: European Industrial Gas Association.
- **ISO¹²⁹**: International Organization for Standardization.
- **NFPA¹³⁰**: National Fire Protection Association (USA).
- **SAE¹³¹**: Society of Automotive Engineers.

La Tabla 2 compila la normativa técnica internacional existente mencionada, presentada para las diferentes etapas de la cadena: Normativa General, Producción, Almacenamiento, Transporte y Usos.

¹²⁶ [HTTPS://WWW.ASME.ORG/CODES-STANDARDS](https://www.asme.org/codes-standards)

¹²⁷ [HTTPS://WWW.CGANET.COM/WHAT-WE-DO/STANDARDS-PUBLICATIONS/](https://www.cganet.com/what-we-do/standards-publications/)

¹²⁸ [HTTPS://WWW.EIGA.EU/PUBLICATIONS/](https://www.eiga.eu/publications/)

¹²⁹ [HTTPS://WWW.ISO.ORG/STANDARDS.HTML](https://www.iso.org/standards.html)

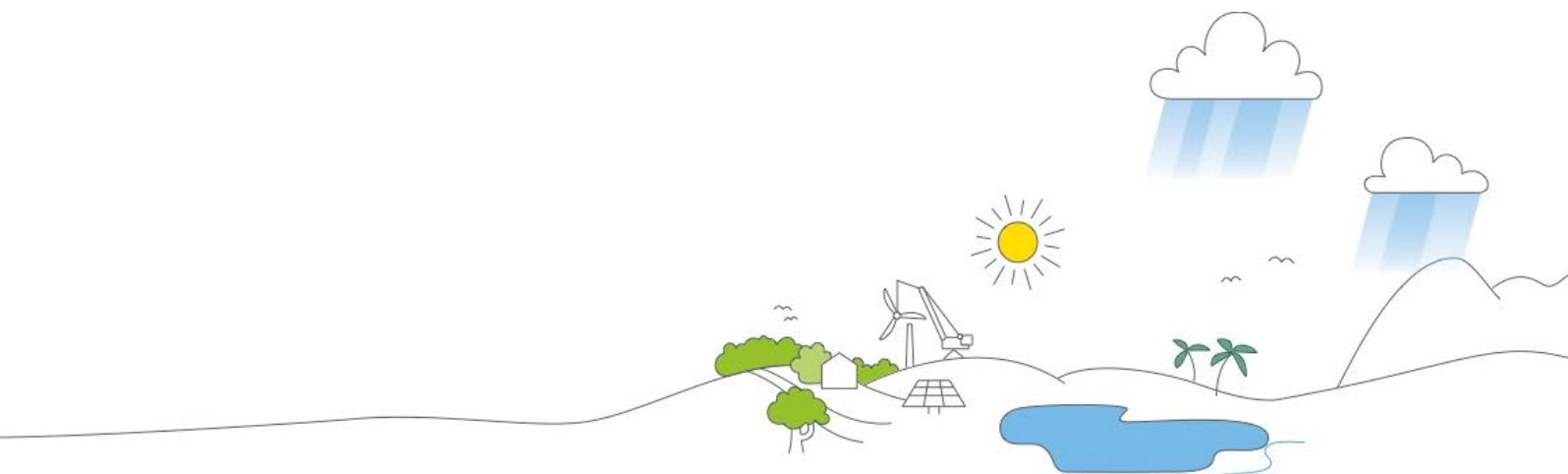
¹³⁰ [HTTPS://WWW.NFPA.ORG/CODES-AND-STANDARDS/ALL-CODES-AND-STANDARDS/LIST-OF-CODES-AND-STANDARDS](https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards)

¹³¹ [HTTPS://WWW.SAE.ORG/STANDARDS](https://www.sae.org/standards)

Tabla 2. Tabla resumen de normativa técnica internacional

	TIPOLOGÍA	ASME	CGA	EIGA	EN	ISO	NFPA	SAE
GENERALES		B31.12	G-5 H-4	Doc 122/18	181001	15916	2	
	Electrólisis			Doc 122/18 Doc 220/19		22734	2.13 50.A	
PRODUCCIÓN	Reformado			Doc 122/18 Doc 155/09/E Doc 183/13/E		16110 19883	497	
ALMACENAMIENTO	A presión	STP/PT-0005 STP/PT-014	H-5 C-17	Doc 100/11 Doc 171/12	10229 17533 17339	11114 15330 16573 17081 19884 20491 7539-11	2.7 2.8 55	AMS2451 USCAR5-4
	Criogénico		H-3 P-8.8 P-12 P-28 P-56 P-96 PS-33	Doc 06/19 Doc 24/18 Doc 151/15	1797 10229 26505	20421 21009 21010 21012 21013 21014 20421 23208 24490	2.7 2.8 50B 55	
	Hidruros		H-2			16111		
	Otros			Doc 171/12		17081		

	TIPOLOGÍA	ASME	CGA	EIGA	EN	ISO	NFPA	SAE
TRANSPORTE	Tanque - Comprimido	STP-PT-0005 STP-PT-014	H-5		10229	7539-11 15330 16573 17081 20491	50A 55	AMS2451 USCAR5-4
	Tubería puro	B31.3 B31.12 STP-PT-006	G-5.4 G-5.6 P-8.10	Doc 121/14	10229	7539-11 15330		AMS2451 USCAR5-4
	Tubería mezcla			P-8.10		14912 16726		
USOS	Energético			G-5.3 G-5.4 PS-31			16110 26142 62282 (IEC)	2.12 50A 55
	Vehículos			Doc 15/06	16942 17124 17127	12619 14687 13984 13985 17268 19880 19881 19882 19885 21087 21266 23273 62282 (IEC)	2.12 50A 853	J2579 J2600 J2601 J2719 J2799



4

PROPUESTA DE ESQUEMA REGULATORIO

4. Propuesta de un esquema regulatorio para la cadena de valor del hidrógeno renovable en Uruguay basado en la normativa internacional

En el presente apartado se construirá una propuesta normativa para la cadena de valor del hidrógeno y sus usos derivados para la República Oriental del Uruguay. Debe tenerse en cuenta el carácter propositivo de esta y que deberán tenerse en consideración posibles cambios normativos internacionales o nacionales, así como desarrollos tecnológicos e incluso tendencias comerciales que pueden tener un impacto relevante en la propuesta que requieran modificarla o adaptarla a las circunstancias.

4.1 Producción

En cuanto a la generación y los aspectos puramente industriales, se recomienda seguir con la regulación basada en la normativa ASME, incluyendo y potenciando el uso de los estándares del Código B31.12 “Hydrogen Piping and Pipelines” para la infraestructura y los sistemas de tuberías. No obstante, y por la influencia que pueden tener en etapas posteriores, sí que se recomienda introducir la normativa ISO relativa a la calidad del hidrógeno, como pueden ser ISO 14687 “Hidrógeno como combustible. Especificaciones de producto” e ISO 62282, para asegurar unos niveles de calidad en producción coherentes con los que pueden ser exigidos en las aplicaciones del hidrógeno generado.

4.2 Seguridad

En general, la vía debe ser seguir con el uso de normas NFPA, pero en el aspecto de la seguridad debe incidirse con especial intensidad en lo vital que resulta una vigilancia tecnología continua, por dos cuestiones principales derivadas del rápido crecimiento del sector:

- 1 Se prevé una ampliación y actualización de entidad en las normas NFPA, que continúe e incluso acreciente el ritmo de actualización y la ampliación de ámbitos y especificidad en cuanto al hidrógeno.
- 2 Pueden existir desarrollos normativos sectoriales (aviación, transporte marítimo, etc.) que puedan resultar, o bien obligatorios, o bien interesantes por aportar mejores prácticas o desarrollos tecnológicos que puedan resultar beneficiosos de incorporar.

4.3 Almacenamiento

Por extensión de lo anterior, enlazando con la naturaleza industrial de los grandes sistemas de almacenamiento se plantea dar continuidad a la aplicación de estándares ASME, por ejemplo, en lo referente a equipos a presión. No obstante, aquí debe indicarse que puede existir una casuística mayor y coexistir aplicaciones a diferente escala, como pueden ser grandes depósitos para el almacenamiento tras producción con una red mucho más capitalizada con volúmenes inferiores. En esa situación puede resultar que existan diversidad de fabricantes y tecnologías en la que, si bien la producción quede más próxima a estándares ASME (STP-PT-005 o STP-PT-014), la introducción de equipos de consumo (calderas, pilas de combustible, botellas) implique necesariamente la asunción de normativa ISO o CGA.

La propuesta en este punto es generar un marco en el que se permita cierta libertad, de forma que convivan esquemas normativos americanos y europeos, siempre desde el rigor y obligando siempre al actuante a constatar que sus instalaciones han sido debidamente calculadas y ejecutadas según alguna de las normas de prestigio internacional, pero



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



Fomentado por:



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



no limitando la potencial entrada de equipamiento o productos al país por dejar fuera alguna de las familias de normas. En este sentido debe tenerse en cuenta que va a existir una gran demanda a nivel mundial y cualquier aplicación normativa excesivamente restrictiva puede resultar perjudicial para el crecimiento del sector. Un sistema nacional riguroso, pero abierto a diversos estándares internacionales, puede ser clave.

4.4 Transporte por gasoducto, mezclas y uso térmico residencial e industrial

En este caso debe partirse de una situación real y global del desconocimiento y la falta de un criterio uniforme a la hora de definir un porcentaje máximo de hidrógeno inyectable en las redes existentes. En ese sentido se recuerda lo establecido en la norma EN 16726:2016 “Infraestructura gasista. Calidad del gas. Grupo H.”, que resalta las dificultades para establecer valores límites con carácter general y remite a estudios particulares.

Con respecto a estos estudios, puede indicarse que existen varios en curso y que de ellos podrá resultar información muy relevante y cuyas conclusiones servirán a los distintos reguladores para elaborar sus normas de gestión de la red. Como ejemplo, puede remitirse al “Informe de Evaluación de Pruebas realizadas en H₂SAREA¹³²” en el que se publican los resultados satisfactorios para test de mezclas en ensayos al 10% en el seno de una experimentación en la que se incrementarán progresivamente los niveles de H₂, testeándose la integridad y comportamiento de instalaciones comerciales de distribución de gas y uso doméstico.

También puede resultar de mucho interés la incorporación de otros resultados, como los del proyecto Hy4Heat133 en cuanto a propuestas concretas de seguridad y uso (colorización, odorización, características de quemadores), pero siempre bajo la competencia de URSEA, quien deberá incluir en los decretos de gestión de la red tanto esos resultados como algunos aspectos concretos de normas de carácter internacional como podría ser las básicas de diseño como la ASME STP-PR-006 detección de fragilización (ISO 15330), pero siempre desde una clara estrategia de integración y coherencia con la normativa ya existente, que es abundante y exhaustiva.

4.5 Uso en transporte ligero y pesado

Aquí es indudable que debe apostarse por la normativa ISO y SAE tanto para la infraestructura como para los vehículos. El peso europeo que ha conseguido trasladar su normativa ADR a ser un estándar prácticamente internacional se ve reflejado también en los fabricantes de vehículos a nivel internacional y aquí resulta evidente que los nuevos desarrollos se van a basar en normas de ambas organizaciones, que en algunas regulaciones nacionales (como la española para estaciones de repostaje) ya están incorporadas y se aplican de forma coordinada.

En este punto, la situación de Uruguay, que es un importador neto de vehículos debe suponer una actitud de seguimiento de los estándares que estén asumiendo los fabricantes a nivel internacional e incorporación lo más directa posible a la normativa nacional, precisamente para no imponer barreras regulatorias a la importación de vehículos y equipos que pueda dificultar la implantación tecnológica.

4.6 Otros usos. Hidrógeno para metanol, combustibles sintéticos o amoníaco

En este punto es necesario indicar que, de partida, todos los desarrollos que se están llevando a cabo a nivel tecnológico persiguen que la introducción de Hidrógeno renovable en estos derivados no suponga ninguna alteración en las

¹³² [HTTPS://WWW.H2SAREA.COM/ASSETS/MEDIA/INFORME-EVALUACION-PROYECTO-H2SAREA.PDF](https://www.h2sarea.com/assets/media/informe-evaluacion-proyecto-h2sarea.pdf)

¹³³ [HTTPS://WWW.HY4HEAT.INFO/](https://www.hy4heat.info/)



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



Fomentado por:



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



condiciones de uso de estos y, por ello, se toman en todo caso las referencias normativas existentes para la comercialización de estos productos cuando provienen de energías primarias de origen fósil.

La actividad regulatoria aquí puede ser más enfocada en la incentivación por mecanismos fiscales o de otro tipo, pero se recomienda seguir la línea internacional de mantener las especificaciones para otros combustibles, de forma que la incorporación del hidrógeno renovable no implique modificación en los equipos existentes, facilitando la penetración de las fuentes de energía renovables en nuevos usos, sin requerir esfuerzos por parte de los usuarios finales.

Una cuestión particular es la relativa al amoníaco y su transporte marítimo como vector energético para la exportación de excedentes de energía renovable. Aquí, si bien el reglamento IGF proporciona algunas soluciones, existen algunos bloqueos a nivel de la Organización Marítima Internacional que los países como India y entidades privadas como Bureau Veritas están intentando superar con desarrollos propios. Aquí surgiría una oportunidad para que la Prefectura Naval, como Autoridad Marítima Nacional del Uruguay, valorase emprender una línea de desarrollo normativo al respecto.

4.7 Conclusiones

En la Tabla 3 a continuación se realiza un análisis sintético por área temática de la normativa existente en Uruguay, la que eventualmente habría que desarrollar, las autoridades competentes y otras involucradas, y las referencias internacionales a tener en cuenta.

Se requiere el desarrollo, adaptación y/o adopción de normas específicas para el uso de hidrógeno en todas las etapas de su cadena de valor, siendo posible en un primer nivel jerárquico, adoptar códigos ya existentes en otros países y regiones, por ejemplo: NFPA 2, ISO 14687, ASME B31.12, etc.

La adopción de tales códigos debería implementarse a través de reglamentos elaborados específicamente para el uso de hidrógeno, en forma coordinada y armónica por parte de todas las Autoridades Competentes en los respectivos ámbitos de su competencia (es decir, a nivel nacional: MIEM-DNE, MTOP, MVOT-DINAT, MA, URSEA, DNB; y también departamental: IM-SIME, Juntas Departamentales, etc.)

Tales Reglamentos y Ordenanzas remitirían, cuando corresponda, a los códigos internacionales de referencia, pero especificando claramente y en cada caso cuáles son los ámbitos y circunstancias específicos de su aplicación, eliminando en lo posible toda ambigüedad al respecto.

De hecho, la reglamentación nacional y departamental debería priorizar siempre la referencia a códigos y normas técnicas nacionales, específicamente elaboradas para contemplar adecuadamente las particularidades del país.

Dichas normas técnicas constituyen un nivel jerárquico inferior, y deberían ser elaboradas por instituciones especializadas (por ejemplo, UNIT, comités técnicos convocados por la DNB, los GDs, etc.) con base en los estándares técnicos ya existentes (ISO, ASME, CGA, etc.) y con el asesoramiento de consultores externos y de instituciones nacionales directamente involucradas en las distintas etapas de la cadena de valor del hidrógeno (DNE, URSEA, DNB, SIME, ANCAP, UTE, Empresa y Técnicos Instaladores, Asociaciones Profesionales, Asociaciones de Fabricantes y Proveedores, etc.)

Otro aspecto complementario de lo anterior, pero de gran importancia para la implementación y desarrollo de la cadena del valor del H₂, viene dado por la creación de mecanismos ágiles y preestablecidos para la homologación y certificación de sistemas, equipos y productos constitutivos de dicha cadena.

Existen organismos de certificación en Uruguay con competencia y experiencia adecuadas para asumir tales funciones, pero se requiere generar normativa específica al respecto, con participación de las Autoridades Competentes.

Estas normas de homologación y certificación constituirán, conceptualmente, un tercer nivel jerárquico del corpus normativo nacional, que será imprescindible para la incorporación y regulación exitosa del H₂ en la matriz energética del Uruguay.

Con respecto a la formación y calificación de profesionales, técnicos y trabajadores involucrados con el hidrógeno, se entiende imprescindible la implementación de cursos de especialización, tanto en el ámbito universitario como técnico-profesional, reglamentados y obligatorios para la obtención de matrículas habilitantes con miras al diseño, construcción,

operación y mantenimiento de las instalaciones de hidrógeno. Ello implica la creación simultánea de un registro nacional de empresas y técnicos habilitados.

Es posible utilizar el sistema ya implementado para los gases combustibles actualmente en uso, pero en tal caso debería necesariamente revisarse y complementarse significativamente, puesto que el alcance de la formación específica, capacitación y entrenamiento que se imparte en dichos cursos resulta completamente insuficiente e inadecuada para el conocimiento y manejo de las actuales tecnologías del hidrógeno.

La reglamentación debería establecer, además, las prescripciones relativas a la formación y capacitación continua de las personas que trabajan en las diversas etapas operativas de la cadena de valor del hidrógeno.

Concretando a nivel de normas técnicas y teniendo en cuenta el amplio desarrollo de las tecnologías de hidrógeno y sus aplicaciones, no es viable realizar una recomendación taxativa del uso de una única familia de normas (ISO, ASME, etc.), puesto que deben seguirse los desarrollos en curso y la evolución de los mercados que, en algunos casos, puede condicionar la propia regulación.

Si bien es imprescindible el desarrollo de un marco normativo previo o, como poco, paralelo a la implantación tecnológica, no pueden desprejiciarse los elementos existentes y que ya constituyen un ecosistema económico e industrial a la hora de asumir normativa. Debe considerarse que el hidrógeno ya está presente en muchas aplicaciones en la actualidad y la actividad en esos casos debe ser de una rápida incorporación de los cambios que se están llevando a cabo en los estándares existente para facilitar un uso más eficiente y seguro de las posibilidades del hidrógeno.

También es importante indicar que, conforme se avanza en la cadena de valor y surgen nuevos usos del hidrógeno, se están desarrollando normas, como podría ser en el sector de la automoción o en un futuro en el de la aviación, y que necesariamente van a tener que ser incorporadas a la regulación nacional, puesto que presumiblemente se van a convertir en hegemónicas y estándares de facto en los mercados y su no recepción en el derecho uruguayo podría ser una barrera de entrada.

Finalmente, indicar que, sobre todo en aplicaciones futuras, existen amplios grados de libertad y decisión, por ejemplo, en el ámbito del hidrógeno líquido, no hay una tendencia marcada a nivel internacional y, en otros casos, como el transporte del amoníaco marítimo, existen verdaderas oportunidades de desarrollo de normativas nacionales facilitadoras que supongan encabezar la aplicación de tecnología a nivel internacional.

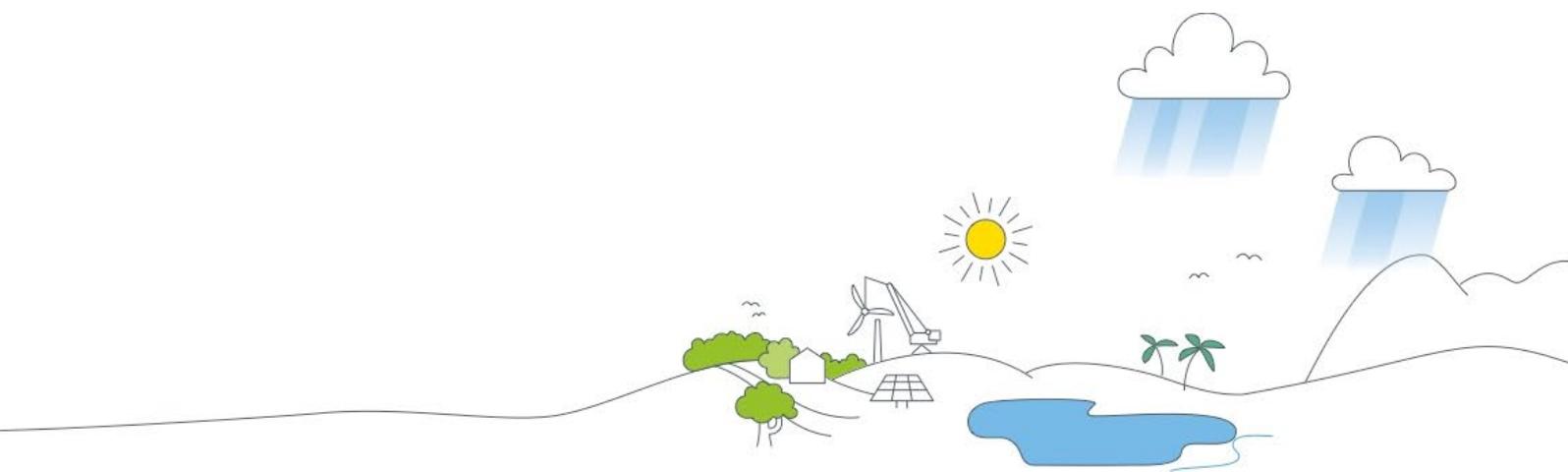


Tabla 3. Esquema regulatorio nacional

Ítem	Área Temática	Normativa Nacional Existente	Normativa a Desarrollar, Revisar y/o Actualizar	Instrumento	OP	Alcance	Autoridades Competentes	Otras Instituciones Involucradas	Referencias Internacionales	
1.1	Garantías de Origen	Decreto 259/021	Reglamento Nacional	Reglamento MIEM		Nacional	MIEM-DNE	URSEA	UNE-EN ISO 14067:2021	
			Sistema de Emisión, Registro y Control de Certificados	Sistema Nacional de Emisión, Registro y Control de Certificados				UTE	RD 376/2022, O TED/1026/2022	
								ANCAP ADME Productores Privados	Proyecto CertifHy Certificación Tüd Süd	
1.2	Producción		Reglamento Nacional	Reglamento MIEM		Nacional	MIEM-DNE	URSEA	ASME B31.12 (2019)	
								MINT-DNB	NFPA 2 (2023)	
								ANCAP	ISO 14687:2019	
								CIU	ISO 22734:2019	
								Fabricantes y Proveedores Empresas y Técnicos Instaladores Asociaciones Profesionales	IFGC (2023)	
1.3a	Almacenamiento presurizado	-	Reglamento Nacional	Reglamento URSEA		Nacional	URSEA	ANCAP	NFPA 2 (2023)	
1.3b	Almacenamiento criogénico		Instructivos Técnicos (Its)	ITs DNB		Departamental	MINT-DNB	UNIT	NFPA 55 (2023)	
			Ordenanzas Departamentales	Ordenanzas GDs				GDs	LATU	IFGC (2023)
			Normas Técnicas (NTs)	NTs UNIT					CIU	
									Asociaciones Profesionales Fabricantes y Proveedores Envasadores Privados	
1.4a	Transporte y distribución por carretera	RTMPC (2003)	Reglamento Nacional	Revisión del RTPMC del MTOP		Nacional	MTOP-DNC	URSEA	NFPA 2 (2023)	
			Normas Técnicas (NTs)	NTs UNIT				UNIT	NFPA 55 (2023)	
								ATCU	ASME VIII (2023)	
							APPLUS	DOT 49 CFR, Part 100-180		
							Fabricantes y Proveedores Asociaciones Profesionales Transportistas Privados	IFGC (2023)		



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán



Implementado por

Ítem	Área Temática	Normativa Nacional Existente	Normativa a Desarrollar, Revisar y/o Actualizar	Instrumento	OP	Alcance	Autoridades Competentes	Otras Instituciones Involucradas	Referencias Internacionales
1.4b	Transporte y distribución por tuberías	RIFGC (2014)	Reglamento Nacional	Reglamento URSEA		Nacional	MIEM-DNE	ANCAP	ASME B31.12 (2019)
			Guía Nacional	Guía MA		Departamental	MA-DNCEA	UNIT	CGA G-5.6 (EIGA Doc. 121/04)
			Ordenanzas Departamentales	Ordenanzas GDs			URSEA	Asociaciones Profesionales	SEIA
			Normas Técnicas (NTs)	NTs UNIT			GDs	GCDS MG	
1.5	Inyección en redes de transporte y distribución de gas natural	Contratos de Concesión para Distribución y Transporte de Gas Natural por Tuberías	Reglamento Nacional	Reglamento MIEM-DNE		Nacional	URSEA	ANCAP	UNE-EN 16726:2016+A1:2019
			Instructivos Técnicos (ITs)	ITs DNB			MINT-DNB	UNIT	RD 18/2022, Cap. II, Art. 13
			Normas Técnicas (NTs)	NTs UNIT			URSEA	GCDS	Proyecto Power to Green Hydrogen Mallorca
							GDs	MG CONECTA Asociaciones Profesionales	
1.6	Instalaciones internas	RIFGC (2014)	Reglamento Nacional	Revisión del RIFGC de la URSEA		Nacional	URSEA	MIEM-DNE	NFPA 50A (1999)
		Registro de Productos Autorizados (URSEA)	Instructivos Técnicos (ITs)	ITs DNB				MEC-DNA	NFPA 853 (2020)
		Registro de Productos Certificados (UNIT, LATU)	Ordenanzas Departamentales	Ordenanzas GDs				UNIT	ASME B31.12 (2019)
			Normas Técnicas (NTs)	NTs UNIT				LATU	UNE-EN IEC 62282:2020
			Registros de Productos Certificados	Registro de Productos Autorizados URSEA				GCDS	
			Registro Nacional de Productos Autorizados	Registros de Productos Certificados UNIT, LATU				MG	
								CONECTA CIU Empresas y Técnicos Instaladores Asociaciones Profesionales Fabricantes y Proveedores	



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



Ítem	Área Temática	Normativa Nacional Existente	Normativa a Desarrollar, Revisar y/o Actualizar	Instrumento	OP	Alcance	Autoridades Competentes	Otras Instituciones Involucradas	Referencias Internacionales		
1.7	Automoción	Registros de Productos Autorizados (URSEA)	Reglamento Nacional	Reglamento URSEA	■	Nacional	MINT-DNB	MVOT-DNT	UN-EN 17124:2022		
		Registros de Productos Certificados (UNIT, LATU)	Ordenanzas Departamentales	ITs DNB			MIEM-DNE	MEC-DNA	UN-EN 17127:2022		
		Registros de Productos Autorizados	Normas Técnicas (NTs)	Ordenanzas GDs			■	MTOP-DNT	ANCAP	UNE-EN ISO 17268:2022	
			Registro de Certificación de Sistemas y Productos	NTs UNIT				URSEA	UNIT	Reglamento CEPE N° 134	
			Registro de Sistemas y Productos Autorizados	PRs AAPP				GDs	LATU		
Registro de Productos Autorizados URSEA	Registro de Productos Autorizados URSEA	Registro de Productos Certificados	■		UNVENU	Empresas y Técnicos Instaladores					
							Operadores EESS				
							Asociaciones Profesionales				
							Fabricantes y Proveedores				
1.8	Seguridad y Prevención de Sinistros	Decreto 222/010	Instructivos Técnicos (ITs)	ITs DNB	■	Nacional	MINT-DNB	ANCAP	NFPA 2 (2023)		
									CIU	IFGC (2023)	
								Empresas y Técnicos Instaladores			
								Asociaciones Profesionales			
								Fabricantes y Proveedores			
								Operadores EESS			
1.9	Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente	Decreto 349/005	Guías e Instructivos	Guías e Instructivos MA	■	Nacional	MA-DNCEA	MIEM-DNE	SEIA (03/2023)		
		Ordenanzas Departamentales	Ordenanzas Departamentales	Ordenanzas GDs		■	Departamental	GDs	URSEA		
								Empresas y Técnicos Instaladores			
								Asociaciones Profesionales			
1.10	Energía Eléctrica	Decreto N° 276/002		Decreto del Poder Ejecutivo	■	Nacional	MIEM	UTE	Ya incorporados en normativa nacional		
		Decreto N° 277/002		Reglamentos URSEA			URSEA	ADME			
		Decreto N° 278/002								Agentes del MMEE	
		Decreto N° 360/002									



Ítem	Área Temática	Normativa Nacional Existente	Normativa a Desarrollar, Revisar y/o Actualizar	Instrumento	OP	Alcance	Autoridades Competentes	Otras Instituciones Involucradas	Referencias Internacionales
1.11	Formación y Calificación	Convenio Marco MIEM-UDELAR 12-08-1998	Reglamento para Autorización de Empresas y Técnicos Instaladores	Reglamento URSEA	Red	Nacional	URSEA	MIEM-DNED	SEPE (2021)
		Convenio MIEM-UDELAR 29-05-2002		Convenios Interinstitucionales			UDELAR	MEC-DNE	
		Registro de Regulados (URSEA)	Convenios MIEM/MEC/URSEA-UDELAR/UUPP/ANEP/CETP/UT EC	Ampliación del Registro de Regulados URSEA	Amplio		UUPP	CIU	
			Programas de Estudio para Especialistas en H2 Programas de Capacitación Laboral para Trabajadores del H2 Registro de Empresas y Técnicos Instaladores	Programas de Estudio Oficiales	Red		ANEP-CETP UTECH	MTSS-DNT ANEP-CETP Instituciones Privadas de Formación Técnica	

OP: Código de colores para Orden de Prioridad en el Desarrollo de Instrumentos Normativos

Color Orden de Prioridad

Red Corto plazo, prioritario.

Amarillo Corto a mediano plazo y/o no antes que los arriba indicados.

Verde Mediano a largo plazo y/o no antes que los arriba indicados.



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán



Implementado por

5

PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO Y TRANSPORTE DE CARGAS EN UN MERCADO LOCAL

5. Producción de hidrógeno y transporte de cargas en un mercado local

En este capítulo se analiza y propone la documentación a presentar ante las Autoridades y/o Instituciones Competentes, a efectos de obtener los correspondientes permisos de implantación y puesta en servicio de la planta de producción electrolítica de hidrógeno y su utilización como combustible para el transporte local de cargas, implicando la presentación de los documentos que se detallan en el capítulo a seguir a efectos de obtener los correspondientes permisos de implantación y operación.

El proceso se divide en las siguientes etapas, las cuales se detallan a continuación:

- Producción de hidrógeno por electrólisis.
- Distribución y almacenamiento de hidrógeno en planta.
- Dispensado de hidrógeno.
- Uso local del hidrógeno gaseoso en vehículos de carga pesada.
- Energía eléctrica.

5.1 Producción de hidrógeno por electrólisis

La actividad de producción electrolítica de hidrógenos se desarrollará en una planta industrial que, por sus características generales, se adscribe a la rama de la industria química. Dicha planta aloja a las instalaciones de producción de hidrógeno por electrólisis de agua, propiamente dichas, pero a las correspondientes a procesos auxiliares y periféricos, principalmente: suministro, tratamiento y almacenamiento de agua; compresión y almacenamiento de hidrógeno gaseoso; instalación de repostaje (estación de recarga de vehículos pesados movidos equipados con celdas de combustible: FCEHV); conducciones y equipamiento auxiliar.

5.2 Distribución y almacenamiento de hidrógeno en planta

Incluye a las instalaciones destinadas a la distribución, presurización y almacenamiento de hidrógeno gaseoso, ubicadas en el interior de la planta de producción.

5.3 Dispensado de hidrógeno

Incluye las instalaciones de repostaje de hidrógeno gaseoso (estación de recarga de vehículos a hidrógeno o “hidrolinera”): conexión a red interna de alta presión, depósitos de alta, media y baja presión, *precooler*, surtidores y obras civiles asociadas (accesos, pista, estacionamiento). A los efectos del presente estudio, se considera contigua a la Planta de Producción Electrolítica de Hidrógeno e incorporada a la misma desde el punto de vista ambiental y territorial.

Desde el punto de vista técnico y de seguridad, se entiende como una unidad de proceso separada de la planta de producción, aunque vinculada con la misma (a través de la cañería o anillo de alta presión de hidrógeno), requiriendo de proyecto y autorizaciones específicas según se detalla a continuación.

5.4 Uso local de hidrógeno gaseoso en vehículos de carga pesada (Fuel Cell Electric Heavy-Vehicles, FCEHVs)

Incluye la gestión (adquisición, operación, mantenimiento) de una flota cautiva de FCEHVs, abastecida desde la hidrolinera referida en el apartado anterior. Se asume que los vehículos deben ser habilitados para circular por la vía pública y ser utilizados para el transporte de cargas.

5.5 Energía Eléctrica

Todo nuevo proyecto de demanda o generación eléctrica debe presentar a UTE un estudio de conectividad que muestre la viabilidad de la misma. La nueva conexión no debe provocar sobrecargas en la red o aumentar las existentes, en cuyos casos, el usuario deberá realizar los refuerzos de red necesarios para su resolución. Una vez culminados estos estudios, UTE confecciona un Anteproyecto de conexión, donde se indican las obras necesarias para la conexión y el presupuesto estimado asociado. Esto aplica también si el proyecto cuenta con generación propia. Estas obras son realizadas por el Proyecto. Se deberá además tramitar el Documento de Asunción de Responsabilidad correspondiente, el cual es firmado por un Técnico Instalador Categoría A reconocido por UTE y el titular del Proyecto.

A continuación, deben ser firmados los siguientes contratos:

1 Contrato de transporte en redes de transmisión:

El objeto del Contrato es establecer, sin perjuicio de la aplicabilidad de las demás normas reglamentarias vigentes, los requisitos técnicos y económicos en lo referente al servicio de transporte por las redes de Transmisión, así como las obligaciones y derechos de las partes.

2 Contrato de Obras:

El objeto del Contrato de Obras es convenir entre las partes la realización de Obras en la Red de Transmisión de UTE, a efectos que el usuario se conecte al "Sistema Interconectado Nacional", así como determinar el régimen de derechos y obligaciones que asume cada parte, con relación a tales Obras.

En las tablas a continuación, se presenta el esquema normativo para la cobertura de este caso de estudio, subrayándose aquellos instrumentos nuevos a desarrollar y/o complementar.

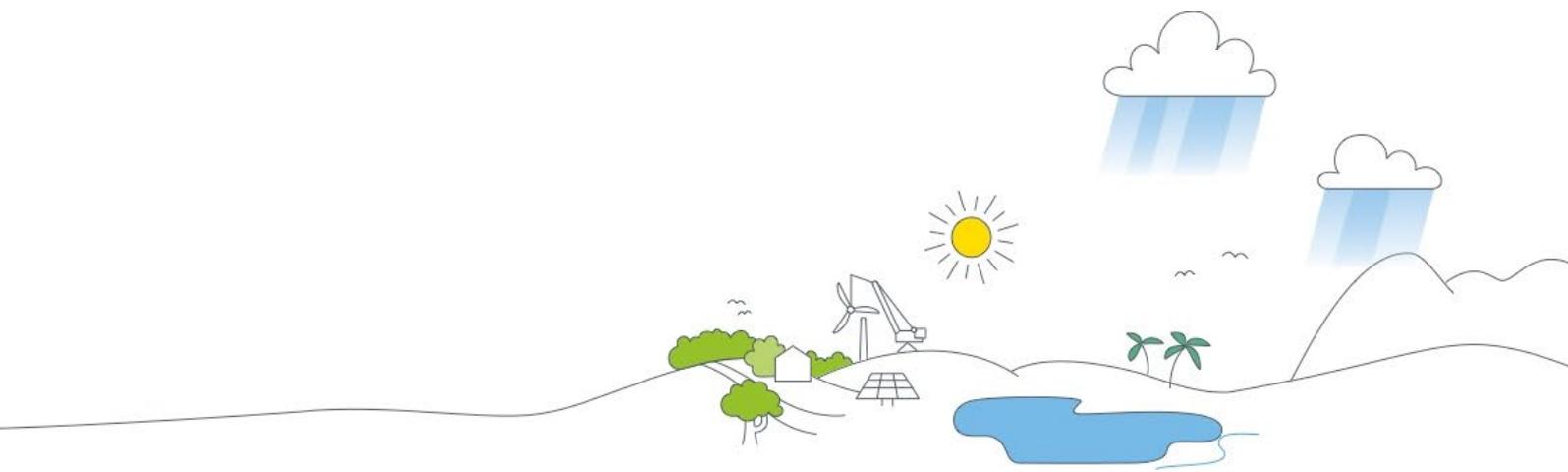


Tabla 4. Esquema normativo para la cobertura del caso Producción de hidrógeno y transporte de cargas en un mercado local- Producción de hidrógeno por electrólisis

A. Producción de hidrógeno por electrólisis					
MOMENTO	TRÁMITE	NORMATIVA	DOCUMENTACIÓN	AUTORIDAD/ INSTITUCIÓN COMPETENTE	OBSERVACIONES
Previo a la construcción	Autorización para instalación de actividad. Cambio de categoría de suelo si aplica (Programa de Actuación Integrada). Autorización para la instalación de la actividad, Otras autorizaciones reguladas específicamente en instrumentos departamentales vigentes	Ley 18308 (Artículos 21, 33 y 34) e instrumento de ordenamiento territorial departamental vigente	Ver instrumento de ordenamiento territorial departamental vigente	Intendencia Departamental	
Previo a la construcción	Viabilidad Ambiental de Localización (VAL)	Ley No. 16466, Decreto PE No. 349/005 Artículo 20 (aplicable a actividades identificadas en numerales 6, 9 a 12, 16 y 17, 19 a 23 y 32 del artículo 2° del Decreto en cuestión).	Estudio de localización o selección del sitio donde habrá de ejecutarse el proyecto, comprendiendo el análisis de distintas alternativas si las hubiere. ¹³⁴	DINACEA-MA	
Previo a la construcción	Autorización Ambiental Previa (AAP)	Ley No. 16466, Decreto PE No. 349/005 Artículo 2 numerales 6, 16, 27, otros.	Comunicación del Proyecto acompañado de información detallada en Artículo 4 Decreto PE No. 349/005	DINACEA-MA	
Previo a la puesta en servicio	Alta de servicio eléctrico. Documento de Asunción de Responsabilidad (DAR)	Reglamento de Baja Tensión (UTE) Reglamento General del Marco Regulatorio del Sistema Eléctrico Nacional	Proyecto Eléctrico de la Planta y Proyecto de Instalaciones de Enlace, avalados por firma de Técnico Instalador Eléctrico Categoría A	UTE	
Previo a la puesta en servicio	Permiso o Concesión de uso de agua superficial o subterránea	Decreto Ley N° 14.859 (Código de Aguas)	Solicitud de derecho de aprovechamiento de agua subterránea o superficial según corresponda. ¹³⁵	DINAGUA-MA	

¹³⁴ [HTTPS://WWW.GUB.UY/TRAMITES/VIABILIDAD-AMBIENTAL-LOCALIZACION-COMUNICACION-PROYECTO](https://www.gub.uy/TRAMITES/VIABILIDAD-AMBIENTAL-LOCALIZACION-COMUNICACION-PROYECTO)

¹³⁵ <https://www.gub.uy/tramites/solicitud-derechos-uso-agua>



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



Tabla 5. Esquema normativo para la cobertura del caso Producción de hidrógeno y transporte de cargas en un mercado local - Distribución y almacenamiento de hidrógeno en planta

B. Distribución y almacenamiento de hidrógeno en planta					
MOMENTO	TRÁMITE	NORMATIVA	DOCUMENTACIÓN	AUTORIDAD/ INSTITUCIÓN COMPETENTE	OBSERVACIONES
Previo a la Construcción	Permiso de Construcción	Reglamento de Instalaciones de Hidrógeno (a desarrollar)	Proyecto de Instalación Interna de Hidrógeno Gaseoso, avalado por firma de Instalador Gasista Autorizado (perfil a definir).	URSEA	Ver nota (1).
		Normativa Departamental (a desarrollar y/o complementar)	Proyecto de Instalaciones avalado por firma de Técnico Registrado (perfil a definir).	Intendencia Departamental	
Previo a la puesta en servicio	Permiso de Operación	Reglamento de Instalaciones de Hidrógeno (a desarrollar)	Planos Conforme a Obra y Memorias Técnicas, avalados por firma de Técnico Registrado (perfil a definir)	URSEA	
		Normativa Departamental (a desarrollar y/o complementar)	Planos Conforme a Obra y Memorias Técnicas, avalados por firma de Técnico Registrado (perfil a definir)	Intendencia Departamental.	
		Reglamentación para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (Dec. 307/2009)	Plan de Protección de la Salud y la Seguridad de los Trabajadores, avalado por firma de Técnico Prevencionista registrado.	IGTSS-MTSS	
Previo a la Puesta en Servicio	Habilitación de Bomberos	Reglamento de Policía del Fuego para las Construcciones No Destinadas a Vivienda (Dec. 222/2010: se entiende conveniente su revisión y actualización específica para las instalaciones de hidrógeno)	Proyecto de Protección contra el Fuego, avalado por firma de Técnico Registrado	DNB-MINT	
Durante la Operación	Permiso de Operación	Reglamento de Instalaciones de Hidrógeno (a desarrollar)	Certificados de Inspección y Mantenimiento, avalado por firma del responsable Técnico del Inspector/Técnico Gasista (perfiles a definir)	URSEA	

- (1) Siendo que en una primera etapa los proyectos son poco numerosos y singulares, se entiende que podrían analizarse y autorizarse por vía de excepción o régimen transitorio. Por ejemplo, podría establecerse una Comisión para la recepción y estudio de los proyectos, integrada por técnicos de las distintas Autoridades Competentes involucradas, las cuales emitirían las respectivas Autorizaciones excepcionales (en el sentido de que, en el futuro, las mismas quedarían condicionadas a la reglamentación que se desarrolle, y no sientan precedentes para proyectos futuros), sujetas a las condiciones que dicha Comisión prescriba para ello. Por otra parte, esta Comisión podría devenir en ámbito idóneo para el desarrollo y/o articulación interinstitucional de la reglamentación futura.



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán



Tabla 6. Esquema normativo para la cobertura del caso Producción de hidrógeno y transporte de cargas en un mercado local - Dispensado de hidrógeno

C. Dispensado de hidrógeno					
MOMENTO	TRÁMITE	NORMATIVA	DOCUMENTACIÓN	AUTORIDAD/ INSTITUCIÓN COMPETENTE	OBSERVACIONES
Previo a la Construcción	Permiso de Construcción	<u>Reglamento de Instalaciones de Hidrógeno (a desarrollar)</u>	Proyecto de Hidrolinera, avalado por firma de Instalador Gasista Autorizado (perfil a definir)	URSEA	Estos permisos podrían ser eventualmente gestionados de forma conjunta y simultánea con el de la Planta de Producción de Hidrógeno
		<u>Normativa Departamental (a desarrollar y/o complementar)</u>	Proyecto de Instalación avalado por firma de Técnico Registrado (perfil a definir)	Intendencia Departamental	
Previo a la Puesta en Servicio	Habilitación de Bomberos	Reglamento de Policía del Fuego para las Construcciones No Destinadas a Vivienda (Dec. 222/2010: se entiende conveniente su revisión y actualización específica para las instalaciones de hidrógeno)	Proyecto de Protección contra el Fuego, avalado por firma de Técnico Registrado.	DNB-MINT	Estos permisos podrían ser eventualmente gestionados de forma conjunta y simultánea con el de la Planta de Producción de Hidrógeno
Previo a la Puesta en Servicio	Permiso de Operación	<u>Reglamento de Instalaciones de Hidrógeno (a desarrollar)</u>	Planos Conforme a Obra. Procedimientos de Operación, Mantenimiento y Emergencias. Certificados de Pruebas y Conformidad, avalados por firma del responsable Técnico de la Empresa Instaladora (2)	URSEA.	
		<u>Normativa Departamental (a desarrollar y/o complementar)</u>	Planos Conforme a Obra y Memorias Técnicas, avalados por firma de Técnico Registrado (2)	Intendencia Departamental.	
		Reglamentación para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (Dec. 307/2009)	Plan de Protección de la Salud y la Seguridad de los Trabajadores, avalado por firma de Técnico Prevencionista registrado	IGTSS-MTSS	
Durante la Operación	Permiso de Operación	<u>Reglamento de Instalaciones de Hidrógeno (a desarrollar)</u>	Certificados de Inspección y Mantenimiento, avalado por firma del responsable Técnico del Inspector/Técnico Gasista (2)	URSEA	

- (2) Para la formación y habilitación de técnicos matriculados podría emplearse el mismo esquema que hoy se utiliza con los instaladores de gas, pero redefiniendo tanto las exigencias mínimas de formación previa como la categoría otorgada (esta última vinculada tanto a la potencia como al tipo de instalación). Se entiende que lo más adecuado sería definir un conjunto limitado de perfiles técnicos (es decir, tanto la formación previa mínima exigida para cada uno, como sus respectivos campos de especialización: producción, automoción, combustión, etc.) y elaborar los correspondientes cursos de especialización.



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



Tabla 7. Esquema normativo para la cobertura del caso Producción de hidrógeno y transporte de cargas en un mercado local -Uso local de hidrógeno gaseoso en vehículos de carga pesada (Fuel Cell Electric Heavy-Vehicles, FCEHVs).

D. Uso local de hidrógeno gaseoso en vehículos de carga pesada (Fuel Cell Electric Heavy-Vehicles, FCEHVs)					
MOMENTO	TRÁMITE	NORMATIVA	DOCUMENTACIÓN	AUTORIDAD/ INSTITUCIÓN COMPETENTE	OBSERVACIONES
Previo a la Puesta en Servicio	Obtención de Certificado de Aptitud Técnica del Vehículo (C.A.T.)	Dec. 451/1994, Dec. 81/2014, Ley 19824/2019, Reglamento Nacional de Circulación Vial (se entiende conveniente su revisión, actualización y/o complementación, para contemplar requisitos específicos de FCEHVs) Instructivo para la Inspección Técnica Vehicular (I.T.V.) de FCEHVs (a desarrollar)	Certificado de Aptitud Técnica del Vehículo (C.A.T.)	A definir (MTO, APPLUS, otras)	
Previo a la Puesta en Servicio	Obtención del Permiso Nacional de Circulación	Art. 270 de la Ley 17296 y Decrs. 119/1964, 21/1990, 378/2005, 381/2009	Certificado de Aptitud Técnica del Vehículo (C.A.T.)	DNT-MTO	
Previo a la Puesta en Servicio	Empadronamiento del vehículo	Normativa Departamental	Formulario de Empadronamiento (a completar por el Titular del vehículo) o Documentación de Origen del Vehículo y Seguro Obligatorio (SOA)	Intendencia Departamental	
Previo a la Puesta en Servicio	Permiso de Operación (a definir)	Reglamento de Vehículos equipados con Celdas de Combustible (a desarrollar)	Certificación del Vehículo (homologada de origen y/o a definir)	A definir (URSEA, MTO, otros)	
Durante el servicio	Renovación del Permiso de Operación (a definir)	Reglamento de Vehículos equipados con Celdas de Combustible (a desarrollar)	Certificado de Inspección y Mantenimiento (a definir)	A definir (URSEA, MTO, otros)	

Tabla 8. Esquema normativo para la cobertura del caso Producción de hidrógeno y transporte de cargas en un mercado local - Energía Eléctrica.

E. Energía Eléctrica					
MOMENTO	TRÁMITE	NORMATIVA	DOCUMENTACIÓN	AUTORIDAD/ INSTITUCIÓN COMPETENTE	OBSERVACIONES
Previo a la puesta en servicio del generador	Autorización de generación	Decreto N° 360/002, artículos 53 y 54, y sus actualizaciones: Decretos 072/010, 174/013 y 043/015.	Proyecto Eléctrico de la Planta y Proyecto de Instalaciones de Enlace, avalados por firma de Técnico Instalador Eléctrico Categoría A.	MIEM	Solo aplica en caso de usuario autoproducer para su conexión al SIN.

5.6 Orientación regulatoria. Propuesta de actuación

En función de lo anterior, se detectan las siguientes brechas normativas en las que sería necesario una intervención regulatoria:

5.6.1 Reglamento de instalaciones de Hidrógeno

Tendría como objetivo establecer los lineamientos técnicos y de seguridad para la construcción, operación y mantenimiento de plantas de producción, almacenamiento y suministro de hidrógeno en Uruguay. El hidrógeno debería ser considerado tanto desde el punto de vista de un producto químico, precursor de derivados, como de un agente energético.

Este reglamento debería incluir los requisitos de seguridad correspondientes al hidrógeno como producto químico inflamable y explosivo, gas a alta presión y comprender aspectos relativos a las condiciones de operación y mantenimiento, así como al régimen de inspecciones.

Esta norma debería incluir referencias a la ubicación de la planta de hidrógeno (distancias de seguridad con respecto a otras instalaciones, vías de escape, etc.), criterios de diseño (materiales, especificaciones de soldaduras, bases de cálculo), procedimientos operativos y de emergencia, sistemas de detección y alarma y requisitos de mantenimiento e inspecciones, implicando tanto la actividad del industrial, como la de la autoridad o autoridades competentes.

Debería prestarse especial atención a contemplar una serie de reglamentaciones relativas a seguridad industrial que serán de aplicación y que deberían ampliar y especializar el conjunto de normas uruguayas en los siguientes campos.

A modo de ejemplo se incluyen en la Tabla 9 a continuación un hipotético índice con los aspectos mínimos a regular en un esquema normativo completo (a desarrollar en uno o varios instrumentos jurídicos adecuados a las estructuras competenciales) y los estándares de aplicación en cada uno de ellos:

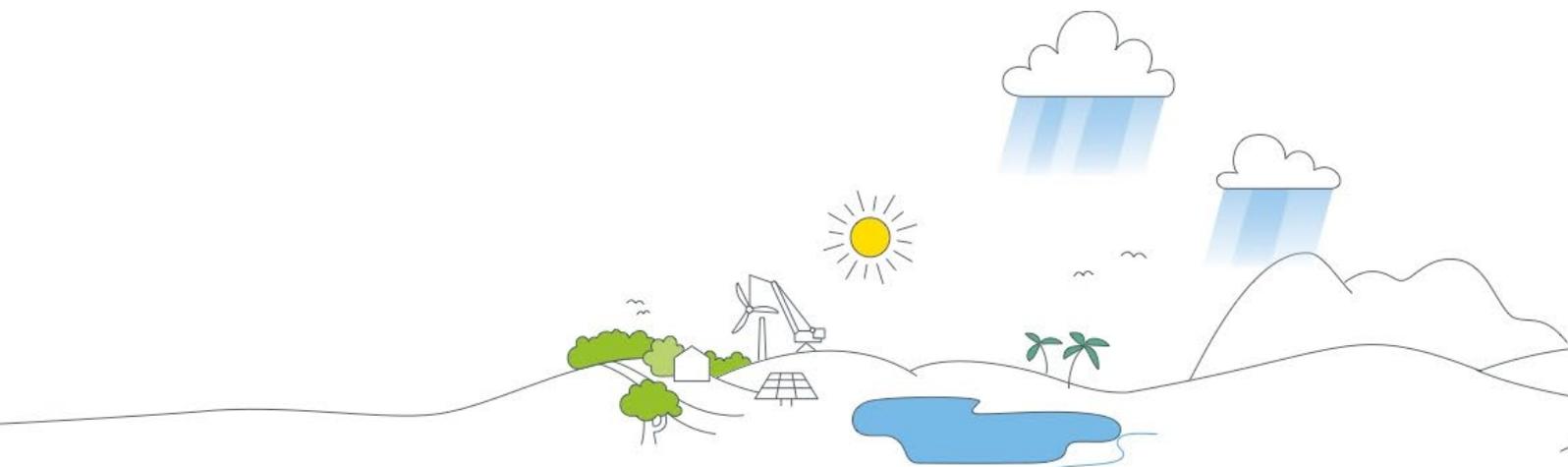


Tabla 9. Índice con aspectos mínimos a regular para la cadena de valor del hidrógeno verde.

APARTADO DEL REGLAMENTO	NORMATIVA O ESTÁNDARES DE APOYO	OBSERVACIONES SOBRE LOS ESTÁNDARES
1. Introducción		
1.1. Objetivos del Reglamento		
1.2. Alcance y Aplicación		
2. Definiciones y Terminología		
2.1. Definiciones Generales	EN 181001	Norma específica para terminología en tecnologías del hidrógeno.
2.2. Definiciones Específicas de Seguridad Industrial	ISO 15916, NFPA 2	<p>La norma ISO 15916 proporciona directrices básicas para la seguridad en el uso del hidrógeno. Su enfoque es amplio y cubre aspectos generales de seguridad, manejo y almacenamiento del hidrógeno. Es más, una guía que establece principios básicos y buenas prácticas en el manejo del hidrógeno.</p> <p>La norma NFPA 2 es un código técnico de hidrógeno y tecnologías de celdas de combustible. Es más específica y detallada, proporcionando requisitos de seguridad para la instalación, almacenamiento, uso y manejo del hidrógeno en diversas aplicaciones. NFPA 2 es más prescriptiva y se enfoca en estándares específicos de seguridad y procedimientos operativos.</p> <p>Las dos normas pueden ser complementarias en el sentido de que ISO 15916 ofrece una visión general y orientaciones, mientras que NFPA 2 proporciona detalles más específicos y requisitos concretos. Si bien la NFPA es más amplia y concreta, se considera muy interesante la visión general y principios básicos importantes para la comprensión y el manejo seguro del hidrógeno.</p> <p>La ISO 15916 puede proporcionar un marco de referencia útil para establecer un entendimiento común y principios de seguridad, que son fundamentales antes de entrar en detalles específicos como los proporcionados por NFPA 2.</p> <p>Por último, la presencia de referencias a la norma ISO en regulación de otros países del entorno (Argentina, Chile), hace conveniente tenerla en cuenta para cualquier desarrollo normativo en Uruguay.</p>
3. Requisitos Generales		
3.1. Normativas Aplicables		
3.2. Responsabilidades del Operador		
3.3. Requisitos de Diseño y Localización		



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán



4. Producción de Hidrógeno		
4.1. Electrólisis	ISO 14687, 22734 y EIGA Doc 122/18, 220/19	La norma ISO 14687 será esencial a lo largo de toda la cadena de valor pues establece las características de calidad mínimas del hidrógeno para aplicaciones vehiculares y estacionarias, se está utilizando como referencia para la medida de calidad del hidrógeno en múltiples aplicaciones. La norma 22734 define los requisitos de construcción, seguridad y rendimiento de los electrolizadores, puede ser relevante a la hora de regular su comercialización y utilización. Las normas EIGA deberán ser tenidas en cuenta para el establecimiento de los requisitos medioambientales.
4.2. Equipos y Materiales	ASME B31.12	Establece criterios sobre la selección y utilización de materiales.
4.3. Seguridad en la Producción	NFPA 2.13 Y 50.A	Aunque la norma 50.A esté orientada al uso del hidrógeno, muchos de sus principios y prácticas pueden adaptarse y aplicarse en el contexto de la producción. En particular, se consideran útiles sus indicaciones sobre los sistemas de detección de fugas, instrucciones sobre el manejo de hidrógeno, así como los procedimientos de emergencia, que pueden ser adaptables a situaciones de producción.
5. Almacenamiento de Hidrógeno		
5.1. Tipos de Almacenamiento	ASME Boiler & Pressure Vessel Code" (BPVC); EN 13445	Si bien ambas normas son muy amplias en cuanto a enfoque, pueden dar una orientación sobre la categorización de equipos de cara al desarrollo de los apartados siguientes.
5.2. Diseño y Construcción de Almacenamientos a presión	ASME STP/PT-0005 y STP/PT-014. CGA H-5 y C-17. ISO 11120, 9809 y 16964 UNE-EN ISO 19884.; EIGA Doc 121	Normativa relativa a diseño, construcción y prueba de recipientes, puede ser complementada con normas enfocadas al testeo de materiales, que podrían ser implementadas por Comités técnicos nacionales (UNIT), en base por ejemplo a ISO 11114, ISO 15330 o ISO 7539-11. Deberá prestarse especialmente al desarrollo por parte del comité de ISO de normas específicas de ampliación en la familia 19884 en curso.
5.3. Medidas de Seguridad y Prevención de Riesgos	Reglamento de Policía del Fuego para las Construcciones No Destinadas a Vivienda (Decreto 222/2010, DNB-MINT) Protección de la seguridad y la salud de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (Decreto 307/2009, MTSS) Reglamento de Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (2003, MTOP)	Ver nota (3)
6. Dispensación de Hidrógeno para Vehículos Pesados		
6.1. Equipos y Componentes	ISO 12619, 14687, 21087, 23273. SAE J2579, J2600	Pueden tomarse como referencia normas ANSI/CSA HGV 4.1 a 4.10, pero deben tenerse en cuenta sus limitaciones para vehículos pesados, recurriendo en esos casos a las normas CSA HPIT 2.
6.2. Procedimientos de Dispensación	ISO 19880, 19881 Y 19882. SAE J2601, J2719 Y J2799,	Si bien la familia 19.880 es amplia y está en desarrollo, en las regulaciones se está incluyendo el esquema de la norma 19.880-1 como certificable y es el estándar que la regulación está utilizando como referencia para la actividad de inspección.
6.3. Medidas de Seguridad	ISO 21266, 62282	



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán



Implementado por

7. Seguridad Industrial y Protección Ambiental		
7.1. Identificación, Evaluación Y Gestión de Riesgos	ISO 31000, 31010, 45001 y ANSI Z10 Y Z690.1 a 3.	
7.2. Sistemas de Detección y Alarma	ISO 7240, NFPA 72, EN 54	
7.3. Equipos de Protección Personal y Colectiva	Existe normativa uruguaya suficiente	
7.4. Planes de Emergencia y Respuesta	ISO 22320, NFPA 1600, OSHA 1910.38	
7.5. Capacitación y Formación del Personal	OSHA 2254	
8. Inspecciones y Auditorías		
8.1. Inspecciones Regulares	ISO/IEC 17020, ISO/IEC 17025	Participación del Organismo Uruguayo de Acreditación en la habilitación de empresas de inspección para la emisión de los certificados correspondientes a instalaciones de hidrógeno, en particular se considera prioritario disponer de esta capacidad para certificar instalaciones según la norma 19880.
8.2. Inspecciones No Programadas		
8.3. Auditorías Internas y Externas	ISO 19011, Buenas prácticas recomendadas de la <i>American Society of Safety Professionals (ASSP)</i> .	
9. Mantenimiento y Operación		
9.1. Mantenimiento Preventivo y Correctivo	ISO 55000, 14224. ANSI/NETA MTS. EN 13306	
9.2. Procedimientos de Operación Segura	ISO 45001, NFPA 70E, OSHA 29 CFR1910, EN ISO 12100	
10. Gestión de Incidentes y Accidentes		
10.1. Reporte y Registro	ISO 45001, OSHA 29 CFR 1904	
10.2. Investigación de Incidentes	ILO-OSH (OIT) 2001, OSHA 29 CFR 1904	
10.3. Acciones Correctivas y Preventivas	Directiva 89/391/CEE	
11. Normativas de Construcción y Materiales		
11.1. Materiales Permitidos y Prohibidos	ASME B31.3, B31.12, STP-PT- 006 CGA G-5.4, 5.6 Y P-8.10. EN 10229 E ISO 7539-11 y 15330 y SAE AMS2451, USCAR5-4	
11.2. Estándares de Construcción	ASME B31.12	
12. Finalidad y Revisión del Reglamento		
12.1. Vigencia del Reglamento		
12.2. Procedimiento de Revisión y Actualización		
13. Anexos y Referencias		
13.1. Normativas Relacionadas		
13.2. Glosario de Términos		

- (3) Se entiende que, en el caso específico de la URSEA, la relación de sus reglamentos específicos con otros desarrollados por las distintas Autoridades Competentes (DNB, GDs, MTOP, etc.) podría considerarse a la luz del criterio manejado al respecto, por ejemplo, en su Reglamento Técnico y de Seguridad de Instalaciones de GLP, o en su Reglamento de Instalaciones Fijas de Gas Combustible. Del mismo modo, otras Autoridades deberían hacer referencia y compatibilizar sus respectivas reglamentaciones a las que emanen de la URSEA, citándolas y exigiendo, según corresponda en cada etapa del proyecto o instancia administrativa, la posesión de las Autorizaciones (de construcción, de operación, etc.) otorgadas por esta.



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán



Adicionalmente, puede ser interesante añadir requerimientos o especificaciones contenidos en las siguientes normas:

Equipos a Presión

Pueden tenerse en cuenta la Directiva 2014/68/UE para Equipos a presión, o el Código de Diseño y Construcción de Equipo a presión AD 2000 MERKBLATT.

Zonificación de atmósferas potencialmente explosivas

Clasificación UL (ANSI 1203) para entornos peligrosos clasifica estos según la presencia de gases inflamables o Directivas ATEX 94/9/CE, ATEX 99/92/CE y norma EN 60079.

Sistemas Eléctricos

National Electrical Code (NEC) de la National Fire Protection Association (NFPA). Reglamentos electrotécnicos para alta y baja tensión de España (especialmente artículos 6.1.3 del reglamento de baja tensión y el 6.2.1.1 del de alta tensión, que incluyen recomendaciones relativas a las instalaciones eléctricas en lugares con riesgo de explosión). Normas chilenas 2050 y 2137 a 2139, de equipos eléctricos en zonas con riesgo de explosión.

5.7 Normativas departamentales para instalaciones de Hidrógeno

La normativa departamental debería contemplar:

- Zonificación y ubicación permitida de las plantas.
- Infraestructura requerida y normas de construcción (accesos, viales, alturas).
- Programa y registros de mantenimiento.
- Medidas de prevención y respuesta ante derrames o fugas.
- Manejo y disposición de residuos.
- Vigilancia y control. Responsabilidad de las autoridades departamentales.
- Inspecciones periódicas y reportes.
- Beneficios fiscales o incentivos para instalaciones de hidrógeno.
- Tipificación de infracciones.
- Procedimientos sancionadores y penalidades.

5.8 Reglamento de Circulación Vial

La introducción de vehículos de hidrógeno en el parque automotor de un país implica revisar y posiblemente modificar el reglamento de seguridad vial para garantizar su operación segura y eficiente.

Además de las normas técnicas específicas de vehículos, deberían establecerse algunas disposiciones relativas a la formación y capacitación de conductores de vehículos de hidrógeno, centrándose en la operación segura y las características específicas del combustible, así como para personal de talleres mecánicos y estaciones de servicio en el manejo seguro del hidrógeno.

También se deben establecer requisitos de señalización clara para vehículos de hidrógeno, con el fin de informar a los servicios de emergencia y a otros conductores sobre la naturaleza del vehículo.

Se deberán establecer normativas para inspecciones periódicas de los sistemas de almacenamiento y distribución de hidrógeno en los vehículos (ver apartado a continuación) y definir frecuencias de mantenimiento y tipos de pruebas requeridas para garantizar la seguridad a largo plazo.

5.9 Instructivo Inspección Técnica de Vehículos (ITV)

Su objetivo sería garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento de vehículos de pila de combustible a través de inspecciones técnicas periódicas. Un esquema para este instructivo podría ser el siguiente:

- Revisión documental (Identidad del propietario o representante, Título de propiedad, certificados de inspecciones anteriores, manual del vehículo y especificaciones técnicas.
- Inspección del sistema de pila de combustible: Comprobar el estado externo del compartimento de la pila de combustible, verificar la ausencia de fugas de hidrógeno utilizando un detector adecuado, revisar las conexiones, válvulas y conducciones asociadas al sistema, comprobar el estado y funcionamiento de los ventiladores del sistema de pila de combustible.
- Verificación del sistema de almacenamiento de hidrógeno: Inspeccionar visualmente los tanques de almacenamiento para detectar daños o deformaciones, verificar la integridad y fijación de las tuberías y válvulas del sistema de almacenamiento.
- Prueba del sistema de detección interno: Verificación de parada en caso de fuga de hidrógeno, mediante la excitación de sensores.
- Comprobación del sistema de venteo. Que la válvula correspondiente no se encuentre deteriorada u obstruida.

Otras verificaciones correspondientes a la ausencia de derrames o pérdidas de refrigerantes, estado de carga de baterías o estado de protecciones eléctricas.

Comprobaciones habituales relativas a elementos de señalización, de seguridad comunes, elementos de desgaste, etc. como para cualquier otro vehículo.

5.10 Reglamento de Vehículos Equipados con Pila de Combustible

Para la homologación de vehículos equipados con pilas de combustible, se sugiere la integración de los requisitos del Reglamento N° 134 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) 136 —Disposiciones uniformes relativas a la homologación de los vehículos de motor y sus componentes en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno.

Este texto normativo puede ser ampliado con las indicaciones del Reglamento de Ejecución (UE) 2021/535 de la Comisión, de 31 de marzo de 2021, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (UE) 2019/2144 137 del Parlamento Europeo y del Consejo relativas a los procedimientos uniformes y las especificaciones técnicas para la homologación de tipo de los vehículos y de los sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos, en lo que respecta a sus características generales de construcción y seguridad y el Reglamento (ce) n o 79/2009 138 del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de enero de 2009 relativo a la homologación de los vehículos de motor impulsados por hidrógeno y que modifica la Directiva 2007/46/CE.

Si bien, es menos extensa en lo relativo al hidrógeno, también puede ser tenida en cuenta la serie de Motor Vehicle Safety Standard (FMVSS) 139 No. 301 a 305 de la *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA), del *Department of Transportation* (DOT) de los Estados Unidos.

¹³⁶[HTTPS://EUR-LEX.EUROPA.EU/LEGAL-CONTENT/ES/TXT/PDF/?URI=CELEX:42019X0795&FROM=ES](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/txt/pdf/?uri=CELEX:42019X0795&from=es)

¹³⁷[HTTPS://WWW.BOE.ES/BUSCAR/DOC.PHP?ID=DOUE-L-2021-80420](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2021-80420)

¹³⁸[HTTPS://WWW.BOE.ES/DOUE/2009/035/L00032-00046.PDF](https://www.boe.es/DOUE/2009/035/L00032-00046.PDF)

¹³⁹[HTTPS://WWW.ECFR.GOV/CURRENT/TITLE-49/SUBTITLE-B/CHAPTER-V/PART-571/SUBPART-B?TOC=1](https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-V/part-571/subpart-B?toc=1)

Estas consideraciones parten de la asunción por parte de la República Oriental del Uruguay del Acuerdo de 1958 de la ONU para la homologación de vehículos, que no se considera incluido en el alcance de la presente.

5.11 Normativas departamentales para instalaciones de producción, almacenamiento y dispensado de hidrógeno

La regulación normativa integral de la instalación y puesta en servicio de la planta de producción electrolítica de hidrógeno y las distintas actividades asociadas a la misma hasta su efectivo transporte tiene una dimensión nacional que necesariamente debe complementarse con la sanción de normativa departamental.

La normativa departamental a sancionarse debería contemplar al menos los siguientes aspectos:

- Zonificación y ubicación permitida de las plantas conforme a los instrumentos de ordenamiento territorial departamentales vigentes.
- Infraestructura requerida y normas de construcción (accesos, viales, alturas).
- Programa y registros de mantenimiento.
- Medidas de prevención y respuesta ante derrames o fugas.
- Manejo y disposición de residuos.
- Vigilancia y control. Responsabilidad de las autoridades departamentales.
- Inspecciones periódicas y reportes.
- Tipificación de infracciones.
- Procedimientos sancionadores y penalidades.

Así, una política sectorial efectiva a nivel país implica el involucramiento de los Gobiernos Departamentales a nivel normativo y administrativo para la efectiva implementación de la misma.

Esto implica no solo contar con un marco normativo departamental que se encuentre en consonancia con el nacional sino también que los Gobiernos Departamentales deben contar con recursos técnicos y económicos apropiados para su implementación.

Para ello, es importante el rol del Congreso de Intendentes a los efectos de trabajar los distintos aspectos asociados a la producción de hidrógeno verde y el rol de los Gobiernos Departamentales en la materia.



6

CADENA DE VALOR DEL METANOL PARA EXPORTACIÓN

6. Cadena de valor del metanol para exportación

En este capítulo se analiza y propone la documentación a presentar ante las Autoridades y/o Instituciones Competentes, a efectos de obtener los correspondientes permisos de implantación y operación para desarrollar las siguientes actividades:

- Producción y almacenamiento de metanol en planta.
- Almacenamiento y transporte de metanol, tanto en planta como en puerto.

6.1 Introducción

El metanol generado a partir de hidrógeno renovable se perfila como una solución prometedora y sostenible. Este compuesto, conocido comúnmente como "metanol verde" o *e-methanol*, no solo representa un avance tecnológico significativo, sino que también ofrece una serie de ventajas medioambientales y económicas que podrían catalizar un cambio positivo en el panorama energético global.

El metanol verde es un vector energético versátil, capaz de adaptarse a diversas necesidades y mercados, y facilita la transición hacia sistemas de energía más flexibles y sostenibles. En términos económicos, el metanol verde abre nuevas avenidas para el comercio internacional.

En este apartado se analizarán, desde el punto de vista regulatorio, los aspectos más representativos de la situación actual en cuanto a posibilidad de generación de metanol en Uruguay y las necesidades o brechas normativas a cubrir para la efectiva cobertura de su cadena de valor.

Dado que ya se ha incluido la producción por electrólisis y almacenamiento en planta de hidrógeno en el caso de estudio II, en el presente se tratarán únicamente las siguientes etapas específicas:

6.2 Producción y almacenamiento en planta

El metanol se fabrica principalmente a través del procesado de un gas de síntesis, una mezcla de hidrógeno (H₂), monóxido de carbono (CO), y dióxido de carbono (CO₂), a menudo derivado de gas natural o a través de hidrógeno renovable y CO₂ capturado. Las transformaciones fundamentales son:

Proceso de Producción de Metanol: Llevado a cabo en el reactor de síntesis a partir de una corriente de mezcla de H₂, sobre un catalizador a base de cobre, en unas condiciones operativas típicas en el rango de 50-100 bar y 250-300°C. La reacción exotérmica principal es:



Después de la síntesis, el flujo de producto contiene metanol, agua y gases no reaccionados. El metanol crudo se separa de los gases no reaccionados en un condensador de alta presión y se envía a una serie de columnas de destilación. La destilación extractiva es una técnica común para separar el metanol del agua y de los subproductos, obteniendo metanol con una pureza superior al 99 %.

Una vez producido el metanol verde, se suele almacenar en recipientes que pueden ser:

Tanques de Almacenamiento Atmosféricos

Se usan comúnmente para almacenar grandes volúmenes de metanol. Deben estar contruidos de materiales compatibles con el metanol, como acero inoxidable o acero al carbono revestido. Los tanques atmosféricos no están diseñados para operar a presiones por encima de la atmosférica.

Tanques de Almacenamiento a Presión

Adecuados para almacenar metanol a presiones superiores a la atmosférica. Pueden ser necesarios en casos particulares si el metanol se almacena a una temperatura superior a su punto de ebullición normal (64.7 °C a nivel del mar).

Las pautas para diseñar, fabricar, construir y proteger las instalaciones de producción y almacenamiento de metanol de metanol en superficie son esencialmente las mismas que la de los combustibles líquidos para el transporte, como la gasolina, queroseno, naftas o las materias primas líquidas inflamables (benceno, tolueno, etc.). Sin embargo, las propiedades físicas y químicas del metanol son particulares y en algunos casos no son las mismas que los de otros líquidos inflamables almacenados a granel. Una consideración importante es el rango superior de inflamabilidad del metanol es 36 por ciento en volumen en volumen en comparación con el de la gasolina que es 6-7% en volumen, por lo que deben establecerse medidas para evitar que el vapor puede encenderse y quemarse dentro del espacio libre del tanque.

La corrosión es otra consideración. El metanol es un disolvente polar conductor; la gasolina no es conductora y disolvente no polar. La corrosión galvánica y de metales diferentes en el servicio de metanol puede ser alto si se colocan materiales incompatibles en contacto eléctrico entre sí.

Los estándares de aplicación serán los ya presentes en la industria química y del petróleo como pueden ser:

- **API 650** (*American Petroleum Institute*): Para el diseño y construcción de tanques de almacenamiento atmosféricos de acero soldado.
- **API 653**: Inspección, reparación, alteración y reconstrucción de tanques.
- **API 620**: Para tanques de almacenamiento de baja presión.
- **ASME BPVC Section VIII** (*American Society of Mechanical Engineers Boiler and Pressure Vessel Code*): Para tanques de almacenamiento a presión.
- **NACE standards** para la protección contra la corrosión.

Adicionalmente será necesaria la presencia de **Sistemas de Detección y Extinción de Incendios**. Debido a la alta inflamabilidad del metanol, los tanques de almacenamiento deben estar equipados con sistemas de detección de fugas y sistemas de extinción de incendios como rociadores de agua o espuma. En este caso serán de aplicación los estándares en la industria química y oil & gas como el **NFPA 30**, que cubre los requisitos generales para el almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, incluyendo los sistemas de protección contra incendios o la **ISO 7240-7**: Sistemas de detección y alarma de incendios. OSHA tiene regulaciones como la norma **29 CFR 1910.106**, que dicta los requisitos de seguridad para el almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, lo que incluye al metanol.

Tanques con Medidas de Contención Secundaria

Por la toxicidad para las personas y el medioambiente es habitual el uso de cubetas, diques o bermas de contención de contención secundaria, alrededor de los tanques para contener derrames o fugas. Puede ser interesante tomar como referencia las normas EPA 40 CFR 68, 110 y 112, o UL 58 y UL 1746 para tanques de acero y revestimientos protectores subterráneos.

Sistemas de Ventilación y Desgasificación

Para prevenir la acumulación de presión o la formación de mezclas explosivas, los tanques deben tener sistemas adecuados de ventilación. En este caso puede acudirse a normas de diseño como la **API 2000** para tanques de almacenamiento que contienen líquidos inflamables o su equivalente, la **ISO 28300**, para sistemas de ventilación de tanques de almacenamiento de petróleo.

En cuanto a la operación de la planta, como unidad productiva de productos químicos, deberá estar sujeta a la reglamentación correspondiente a la operación de una planta de esta naturaleza, por tanto debe indicarse que estará sujeta a la normativa de aplicación para esta actividad, como la Ley n° 16.170, Código de Aguas (Decreto-Ley N° 14.859 de 1978) y la Ley de Conservación de Suelos y Aguas (Decreto-Ley N° 15.239 de 1981), o el Decreto 306 de 2005 Disposiciones mínimas obligatorias para la gestión de la prevención y protección contra los riesgos derivados o que puedan derivarse de la actividad productiva en la industria química.

En este aspecto debe indicarse que se considera que existe un esquema normativo suficiente en Uruguay como para poder dar cobertura completa a la producción y almacenamiento de metanol a escala industrial, no suponiendo que su origen corresponda a hidrógeno renovable un elemento que pueda suponer un desajuste.

No obstante, dada la existencia de una normativa ya desarrollada y en funcionamiento operativo (principalmente por ANCAP) para la calidad del Etanol combustible según norma UNIT 1122 y derivadas (ver Tabla 10), sería recomendable que por parte del Normalizador Uruguayo se desarrollase un esquema normativo equivalente, que asegurase unos requisitos equivalentes para el caso del metanol.

Si bien aquí se detecta que, a diferencia del caso del etanol, existe un menor desarrollo de normativa internacional, se podría acudir a las normas **ASTM D1152-97** (*Standard Specification for Methanol (Methyl Alcohol)*) y al conjunto de normativa de referencia de IMPCA para el metanol lo cual se puede observar en la Tabla 11.

Otra normativa para consultar podría ser la **ISO 1387:1982** (*Methanol for industrial use*), actualmente derogada y también los desarrollos del grupo **ISO/CD 6583** que se encuentra elaborando normativa relativa a especificaciones para uso de metanol como fuel en aplicaciones marítimas.

Tabla 10. Normativa ya desarrollada y en funcionamiento operativo para la calidad del Etanol combustible según norma UNIT 1122 y derivadas

Normas (14)		
Norma	Título	
Etanol combustible		
vigente	UNIT 1122:2022	Alcohol etílico anhidro combustible (AEAC) - Requisitos
vigente	UNIT 1124:2010	Alcohol etílico hidratado combustible (AEHC). Requisitos.
vigente	UNIT 1144:2008	Alcohol etílico combustible. Determinación de los contenidos de etanol y metanol.
vigente	UNIT 1145:2008	Alcohol etílico combustible. Determinación de la acidez total. Método de titulación con indicador de color.
vigente	UNIT 1146:2008	Alcohol etílico combustible. Determinación del pH.
vigente	UNIT 1164:2008	Alcohol etílico combustible. Determinación de la contaminación por partículas. Método por inspección visual.
vigente	UNIT 1166:2009	Alcohol etílico combustible. Determinación de la conductividad eléctrica.
vigente	UNIT 1168:2009	Alcohol etílico combustible. Determinación del contenido de cobre por espectrofotometría de absorción atómica.
vigente	UNIT 1172:2009	Alcohol etílico combustible. Determinación del contenido de cloruro por la técnica potenciométrica.
vigente	UNIT 1173:2009	Alcohol etílico combustible. Determinación de cloruro inorgánico total, sulfato total y sulfato potencial.
vigente	UNIT 1176:2009	Alcohol etílico combustible. Determinación de cloruro inorgánico. Método turbidimétrico por comparación visual o medida instrumental.
vigente	UNIT 1187:2009	Alcohol etílico combustible. Determinación del contenido de hierro por espectrometría de absorción atómica.
vigente	UNIT 1188:2010	Alcohol etílico combustible. Determinación del contenido de sodio por fotometría de llama.
vigente	UNIT-ISO 17315:2014	Derivados del petróleo y otros líquidos - Etanol - Determinación de la acidez total por valoración potenciométrica

Tabla 11. Normas ASTM D1152-97 y normativa de referencia IMPCA para metanol

	TEST	UNIT	METHOD	LIMITS
1	Appearance		IMPCA 003-98	Clear and free of suspended matter
2	Purity on dry basis	% W/W	IMPCA 001-14	Min 99.85
3	Acetone	mg/kg	IMPCA 001-14	Max 30
4	Ethanol	mg/kg	IMPCA 001-14	Max 50
5	Colour	Pt-Co	ASTM D1209-11	Max 5
6	Water	% W/W	ASTM E1064-12	Max 0.100
7	Distillation Range at 760 mm Hg	°C	ASTM D1078-11	Max 1.0 to include 64.6° +/- 0.1°
8	Specific Gravity 20°/20°		ASTM D4052-11	0.7910-0.7930
9	Potassium Permanganate Time test at 15 °C	minutes	ASTM D1363-11	Min 60
10	Chloride as Cl ⁻	mg/kg	IMPCA 002-98	Max 0.5
11	Sulphur	mg/kg	ASTM D 3961-98	Max 0.5
		Note 1, page 3 mg/kg	ASTM D 5453-12	Max 0.5
12	Hydrocarbons		ASTM D 1722-09	Pass test
13	Carbonisable Substances (Sulfuric Acid Wash Test)	Pt-Co	ASTM E 346-08	Max 30
14	Acidity as Acetic acid	mg/kg	ASTM D 1613-12	Max 30
15	Iron in solution	mg/kg	ASTM E 394-09	Max 0.10
16	Non Volatile Matter	mg/1000ml	ASTM D 1353-13	Max 8
17	TMA	Note 2, page 3	optional (see notes for recommended methods)	
18	AROMATICS	Note 2, page 3	optional (see notes for recommended methods)	

En las tablas a continuación, se presenta el esquema normativo para la cobertura de este caso de estudio, subrayándose aquellos instrumentos nuevos a desarrollar y/o complementar.

Tabla 12. Esquema normativo para la cobertura del caso Planta de producción de metanol a partir de hidrógeno renovable

1. Producción de metanol y almacenamiento en planta.					
MOMENTO	TRÁMITE	NORMATIVA	DOCUMENTACIÓN	AUTORIDAD/ INSTITUCIÓN COMPETENTE	OBSERVACIONES
Previo a la construcción	Autorización para instalación de actividad. Cambio de categoría de suelo si aplica (Programa de Actuación Integrada): Autorización para la instalación de la actividad, Otras autorizaciones reguladas específicamente en instrumentos departamentales vigentes	Ley 18308 (Artículos 21, 33 y 34) e instrumento de ordenamiento territorial departamental vigente	Ver instrumento de ordenamiento territorial departamental vigente	Intendencia Departamental	
Previo a la construcción	Viabilidad Ambiental de Localización (VAL)	Ley No. 16466, Decreto PE No. 349/005 Artículo 20 (aplicable a actividades identificadas en numerales 6, 9 a 12, 16 y 17, 19 a 23 y 32 del artículo 2° del Decreto en cuestión)	Estudio de localización o selección del sitio donde habrá de ejecutarse el proyecto, comprendiendo el análisis de distintas alternativas si las hubiere. ¹⁴⁰	DINACEA-MA	
Previo a la construcción	Autorización Ambiental Previa (AAP)	Ley No. 16466, Decreto PE No. 349/005 Artículo 2 numerales 6, 16, 27, otros	Comunicación del Proyecto acompañado de información detallada en Artículo 4 Decreto PE No. 349/005. ¹⁴¹	DINACEA-MA	
Previo a la Construcción	Permiso de Construcción	<u>Reglamento de Instalaciones de Hidrógeno (a desarrollar)</u>	Proyecto de Instalación Interna de Hidrógeno Gaseoso, avalado por firma de Instalador Gasista Autorizado (perfil a definir)	URSEA	
		Normativas Departamentales	Proyecto de Instalaciones avalado por firma de Técnico Registrado (perfil a definir).	Intendencia Departamental	
Previo a la puesta en servicio	Alta de servicio eléctrico. Documento de Asunción de Responsabilidad (DAR)	Reglamento de Baja Tensión (UTE) Reglamento General del Marco Regulatorio del Sistema Eléctrico Nacional.	Proyecto Eléctrico de la Planta y Proyecto de Instalaciones de Enlace, avalados por firma de Técnico Instalador Eléctrico Categoría A	UTE	

¹⁴⁰ [HTTPS://WWW.GUB.UY/TRAMITES/VIABILIDAD-AMBIENTAL-LOCALIZACION-COMUNICACION-PROYECTO](https://www.gub.uy/tramites/viabilidad-ambiental-localizacion-comunicacion-proyecto)

¹⁴¹ [HTTPS://WWW.GUB.UY/TRAMITES/AUTORIZACION-AMBIENTAL-PREVIA-AAP](https://www.gub.uy/tramites/autorizacion-ambiental-previa-aap)

MOMENTO	TRÁMITE	NORMATIVA	DOCUMENTACIÓN	AUTORIDAD/ INSTITUCIÓN COMPETENTE	OBSERVACIONES
Previo a la puesta en servicio	Permiso o Concesión de uso de agua superficial o subterránea	Decreto Ley N° 14.859 (Código de Aguas)	Solicitud de derecho de aprovechamiento de agua subterránea o superficial según corresponda. ¹⁴²	DINAGUA-MA	
Previo a la puesta en servicio	Permiso de Operación	<u>Reglamento de Instalaciones de Hidrógeno (a desarrollar)</u>	Planos Conforme a Obra y Memorias Técnicas, avalados por firma de Técnico Registrado (perfil a definir)	URSEA	
		Normativas Departamentales	Planos Conforme a Obra y Memorias Técnicas, avalados por firma de Técnico Registrado.	Intendencia Departamental	
Previo a la Puesta en Servicio	Habilitación de Bomberos	Reglamento de Policía del Fuego para las Construcciones No Destinadas a Vivienda (Dec. 222/2010: se entiende conveniente su revisión y actualización específica para las instalaciones de hidrógeno)	Proyecto de Protección contra el Fuego, avalado por firma de Técnico Registrado	DNB-MINT	
Durante la Operación	Permiso de Operación	Reglamentación para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (Dec. 307/2009)	Plan de Protección de la Salud y la Seguridad de los Trabajadores, avalado por firma de Técnico Previsionista registrado.	IGTSS-MTSS	

¹⁴²[HTTPS://WWW.GUB.UY/TRAMITES/SOLICITUD-DERECHOS-USO-AGUA](https://www.gub.uy/tramites/solicitud-derechos-uso-agua)

6.3 Transporte de metanol desde la planta de producción hasta el puerto de exportación y almacenamiento en puerto de exportación

El metanol se considera un producto peligroso y como tal, está clasificado con el número ONU 1430 como mercancía peligrosa y con las Clases 3 y 6 según criterio MERCOSUR. Por tanto, para su transporte por carretera, aplica íntegramente Reglamento nacional sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera, Decreto N° 560/003 de 31/12/2003, tras el análisis de esta normativa y su correspondencia con el Acuerdo para la Facilitación del Transporte de Mercancías Peligrosas en el MERCOSUR no se considera que sea necesario modificación o adaptación alguna para cubrir el transporte por carretera de metanol de origen renovable.

En el caso de transporte ferroviario, aplica íntegramente el Reglamento Nacional sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (Decreto N° 201/022 de 20/06/2022), considerando que no resulta relevante que el metanol haya sido obtenido a partir de un hidrógeno renovable.

Para los recipientes o contenedores de metanol existen los siguientes estándares (reconocidos por el DOT) para pruebas de caída, apilamiento y vibración de bidones:

- **ASTM D-5276**, "Standard Test Method for Drop Test of Loaded Containers by Free Fall".
- **ISO 2248** *Packaging. Complete, filled transport packages. Vertical impact test by dropping.*
- **ASTM D-4577** "Standard Test Method for Compression Resistance of a Container Under Constant Load".
- **ASTM D-999** "Standard Test Methods for Vibration Testing of Shipping Containers".
- **ISO 2247** "Packaging - Complete, filled transport packages and unit loads - Vibration tests at fixed low frequency".

Si bien es poco habitual encontrar en el mercado contenedores para su uso con metanol que no cumplan estos requisitos normativos, se recomienda su inclusión como referencia en cualquier regulación local al respecto que se pudiera desarrollar.

En cuanto a las instalaciones portuarias, será de total aplicación la Ley N° 16.246 de 1992 Ley de Puertos.

Según la Ley 16.320 del 1° de enero de 1994, la Prefectura Nacional Naval dispondrá los servicios de vigilancia adecuados a las características de cada operación, función de las normas internacionales estipuladas por la Organización Marítima Internacional en el Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas.

Existe en Uruguay una normativa amplia en cuanto al manejo de mercancías peligrosas en ámbito portuario, según el "Manual de Seguridad Portuaria y Cargas Peligrosas" (en concordancia con lo dispuesto en el Art. 105 del Decreto del Poder Ejecutivo No 183/1994 del 22/4/994) de la Administración Nacional de Puertos que se considera suficientemente exhaustivo para cumplir todos los aspectos regulatorios, quedando solo la posibilidad de que sea necesario en un futuro ampliar el alcance de la regulación si tiene lugar el uso del metanol almacenado como combustible para embarcaciones o si se desarrollan actividades de bunkering (trasvase entre navíos).

Las principales normativas internacionales de referencia en ese caso serían:

Código IMDG o Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas es una publicación de la Organización Marítima Internacional, (*International Maritime Dangerous Goods Code. IMO*). Recopila las disposiciones vigentes que regulan el transporte de mercancías peligrosas por vía marítima.

Código Internacional de Gestión de la Seguridad Operacional del Buque y la Prevención de la Contaminación (*ISM Code*)

El *ISM Code*, bajo el paraguas de la Organización Marítima Internacional (IMO), establece un marco internacional para la gestión y operación segura de los barcos y para la prevención de la contaminación. Aunque no se refiere específicamente al metanol, el código exige que las compañías navieras operen bajo un Sistema de Gestión de la Seguridad (SMS) que debe incluir procedimientos para el manejo seguro de sustancias peligrosas. También puede ser relevante la MSC

1/Circ.1621 “Interim guidelines for the safety of ships using methyl/ethyl alcohol as fuel” y el código IGF ya referenciado en este estudio.

Código Internacional para la Construcción y el Equipamiento de Buques que Transportan Sustancias Químicas Peligrosas a Granel (IBC Code)

El IBC Code proporciona normas sobre la construcción y equipamiento de barcos destinados al transporte de productos químicos peligrosos en forma líquida a granel, incluido el metanol. Establece detalladamente las disposiciones técnicas para prevenir la contaminación del mar. Además, deberán tenerse en consideración los anexos I, II y VI del Convenio MARPOL.

Debe destacarse en este punto la norma **CEN SIS-CWA 17540:2020** *Ships and marine technology – Specification for bunkering of methanol fuelled vessels*, que si bien está enfocada al transvase entre navíos (*bunkering*), dispone de información importante en cuanto a procedimientos operaciones, uso de equipamiento y entrenamiento de personal, que puede ser de gran utilidad para el desarrollo de procedimientos operativos o normativa de operación en puerto.

Por último, como documento de recomendaciones y de carácter general, no puede dejar de hacerse referencia a UN *Recommendations on Transport of Dangerous Goods (United Nations Location Codes (UN/LOCODES))*, también conocido como Libro Naranja de la ONU para mercancías peligrosas.

6.4 Normativas departamentales para instalaciones de Metanol

La regulación normativa integral de la instalación y puesta en servicio de la planta de producción electrolítica de hidrógeno, producción de metanol y las distintas actividades asociadas a las mismas hasta su efectivo transporte tiene una dimensión nacional que necesariamente debe complementarse con la sanción de normativa departamental.

La normativa departamental a sancionarse debería contemplar al menos los siguientes aspectos:

- Zonificación y ubicación permitida de las plantas conforme a los instrumentos de ordenamiento territorial departamentales vigentes.
- Infraestructura requerida y normas de construcción (accesos, viales, alturas).
- Programa y registros de mantenimiento.
- Medidas de prevención y respuesta ante derrames o fugas.
- Manejo y disposición de residuos.
- Vigilancia y control. Responsabilidad de las autoridades departamentales.
- Inspecciones periódicas y reportes.
- Tipificación de infracciones.
- Procedimientos sancionadores y penalidades.

Así, una política sectorial efectiva a nivel país implica el involucramiento de los Gobiernos Departamentales a nivel normativo y administrativo para la efectiva implementación de la misma.

Esto implica no solo contar con un marco normativo departamental que se encuentre en consonancia con el nacional sino también que los Gobiernos Departamentales deben contar con recursos técnicos y económicos apropiados para su implementación.

Para ello, es importante el rol del Congreso de Intendentes a los efectos de trabajar los distintos aspectos asociados a la producción de hidrógeno verde y el rol de los Gobiernos Departamentales en la materia.

En las tablas a continuación, se presenta el esquema normativo para la cobertura de este caso de estudio, subrayándose aquellos instrumentos nuevos a desarrollar y/o complementar.

Tabla 13. Esquema normativo para la cobertura del caso Transporte de metanol y su almacenamiento/manipulación en puertos.

2. Transporte de metanol y almacenamiento en puerto					
ACTIVIDAD	TRÁMITE	NORMATIVA	DOCUMENTACIÓN	AUTORIDAD/ INSTITUCIÓN COMPETENTE	OBSERVACIONES
Transporte por carretera	Alta de Vehículo (MTOP-DNT) Obtención del Permiso Nacional de Carga (MTOP-DNT) Obtención de la Autorización Municipal de Circulación (GDs) Contratación de Seguro de Responsabilidad Civil	Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (Dec. 560/2003). Acuerdo para la Facilitación del Transporte de Mercancías Peligrosas en el MERCOSUR.	Cédula de Identificación de Transporte Profesional de Carga. Resolución Municipal de Autorización y Habilitación para circular. Certificado de Aptitud Técnica (CAT) Permiso Nacional de Circulación. Certificado de Capacitación para Transporte de Mercancías Peligrosas. Seguro de Responsabilidad Civil. Declaración de carga. Ficha Técnica, Instructivos y Procedimiento de Emergencia.	MTOP-DNT GDs BSE	Se recomienda que las Autoridades Competentes actualicen, complementen y/o desarrollen reglamentación específica para la inspección, certificación y homologación de vehículos y cisternas destinados al transporte a granel de metanol.
Transporte por ferrocarril	Contrato de Transporte (con un Operador Ferroviario, titular de una Licencia de Operador Ferroviario emitida por el MTOP-DNTF)	Reglamento Nacional para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (Dec. 201/2022). Acuerdo para la Facilitación del Transporte de Mercancías Peligrosas en el MERCOSUR. Reglamento General Operativo (AFE).	Seguro de Responsabilidad Civil. Declaración de carga. Ficha Técnica, Instructivos y Procedimiento de Emergencia.	MTOP-DNTF AFE ANCAP SELF BSE	
Almacenamiento	Permiso de Construcción y Operación	Ley de Puertos (Ley N° 16.246) y Reglamento de la Ley de Puertos (Decreto N° 412/992).		Administración Nacional de Puertos (ANP)	
Operación	Habilitación para operar con cargas peligrosas	Manual de Seguridad Portuaria y Cargas Peligrosas y el Decreto N° 158/85.		Prefectura Nacional Naval (PNN) Administración Nacional de Puertos (ANP)	



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



7

CADENA DE VALOR DEL AMONÍACO Y FERTILIZANTES



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



Fomentado por:



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



7. Cadena de valor del amoníaco y fertilizantes

En este capítulo se analiza y propone la documentación a presentar ante las Autoridades y/o Instituciones Competentes, a efectos de obtener los correspondientes permisos de implantación y operación para desarrollar las siguientes actividades:

- Almacenamiento de amoníaco y su utilización para la producción de fertilizantes.
- Almacenamiento y transporte de fertilizantes, tanto en planta como en puerto.

7.1 Introducción

Uruguay, un país con fuerte tradición agrícola, ha reconocido la importancia de regular el sector de los fertilizantes para garantizar prácticas sostenibles y seguras. Encontramos un amplio marco regulatorio que rige el sector de fertilizantes en Uruguay, destacando cómo estas regulaciones influyen en la producción, distribución y uso de estos productos en el país.

Dentro del marco regulatorio general existen como entidades reguladoras en Uruguay el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), que es la principal entidad gubernamental responsable de regular el sector agrícola, incluyendo los fertilizantes y dentro de él varias direcciones y unidades con competencias específicas relacionadas con fertilizantes.

Uruguay cuenta con diversas normativas que abarcan desde la calidad y seguridad de los fertilizantes hasta aspectos ambientales relacionados con su uso y distribución. Adicionalmente existen medidas para el registro y control de la calidad: Todos los fertilizantes (así como sus productores) deben estar registrados y aprobados por el MGAP. Esto implica un control estricto de la composición, calidad y etiquetado de los productos. La legislación también regula la importación y exportación de fertilizantes, asegurando que los productos que entran y salen del país cumplan con los estándares establecidos.

En particular, rige la Ley N° 13.663 de fecha 14/06/1968 “Producción comercialización importación y exportación de fertilizantes”¹⁴³, que ha sido actualizada con numerosas enmiendas y disposiciones adicionales, por ejemplo, de la Dirección General de Servicios Agrícolas.

En virtud de lo anterior y, teniendo en cuenta que el proceso inicial de obtención y manejo de hidrógeno como materia prima ya ha sido cubierto, y que ya existe una amplia regulación para la producción y comercialización de los productos finales, principalmente nitratos y urea y que incluso su transporte como mercancía peligrosa ha sido ya cubierto en el caso de estudio relativo al metanol, se considera que este estudio deberá enfocarse hacia las particularidades de la fabricación y almacenado del amoníaco a partir de hidrógeno renovable, en la que se considera que sí que pueden existir necesidades en cuanto a normativa en la regulación Uruguaya. Adicionalmente, por su especial peligrosidad, se incluirá alguna referencia al uso de los nitratos derivados del amoníaco en aquellos aspectos que se considere que puede ser necesario un tratamiento especial para sus riesgos.

No encontrándose en la regulación uruguaya más que alguna normativa dispersa como el Reglamento para el uso de amoníaco en las industrias procesadoras de pescado, aprobado/a por: Decreto N° 334/979 de 11/06/1979¹⁴⁴ u otras relativas al uso de amoníaco como refrigerante que, si bien serían aplicables parcialmente, son evidentemente orientadas a otros usos, se debería desarrollar un esquema normativo completo para regular la producción de amoníaco en una escala industrial orientada a la producción masiva de fertilizantes, aprovechando los recursos naturales de la nación para conseguir la reducción de las importaciones de fertilizantes a niveles coherente con lo establecido en la nota “WEC–NFEL–UY: Descarbonización del sector agropecuario y cadenas agroindustriales a través del desarrollo de una economía de urea basada en hidrógeno verde.”¹⁴⁵

¹⁴³[HTTPS://WWW.GUB.UY/MINISTERIO-GANADERIA-AGRICULTURA-PESCA/INSTITUCIONAL/NORMATIVA/LEY-N-13663-FECHA-14061968-PRODUCCION-COMERCIALIZACION-IMPORTACION](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/institucional/normativa/ley-n-13663-fecha-14061968-produccion-comercializacion-importacion)

¹⁴⁴[HTTPS://WWW.IMPO.COM.UY/BASES/DECRETOS-REGLAMENTO/334-1979](https://www.impo.com.uy/bases/decretos-reglamento/334-1979)

¹⁴⁵[HTTPS://DRIVE.GOOGLE.COM/FILE/D/16vFVBPN2UJ9oz7KYB6JU8LO3ELDJV0WP/VIEW?PLI=1](https://drive.google.com/file/d/16vFVBPN2UJ9oz7KYB6JU8LO3ELDJV0WP/view?pli=1)



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán



7.2 Características fisicoquímicas del amoníaco

La fórmula química del amoníaco es NH_3 . En disolución acuosa se comporta como una base formando el ion amonio NH_4^+ . El amoníaco a temperatura ambiente es un gas incoloro que presenta un fuerte olor. Las principales propiedades del amoníaco (NH_3) son:

Propiedades Físicas

- Estado Físico: A temperatura y presión ambientales, el amoníaco es un gas incoloro con un olor característico penetrante.
- Punto de Ebullición y Fusión: Tiene un punto de ebullición de $-33.34\text{ }^\circ\text{C}$ y un punto de fusión de $-77.73\text{ }^\circ\text{C}$.
- Solubilidad: Es altamente soluble en agua, formando hidróxido de amonio, una solución alcalina.
- Densidad: El amoníaco es menos denso que el aire, lo que influye en su dispersión en la atmósfera.

Propiedades Químicas

- Reactividad: El amoníaco es una base débil y puede formar sales con ácidos. Reacciona con óxidos de metales para formar amidas.
- Formación de Compuestos: Combina con ácidos para formar sales de amonio y es un precursor clave en la síntesis de nitritos y nitratos para fertilizantes.
- Estabilidad: Es relativamente estable bajo condiciones normales, pero puede descomponerse bajo alta temperatura o en presencia de catalizadores.

Riesgos del amoníaco para la salud humana

- Toxicidad: El amoníaco es altamente tóxico. La inhalación de vapores de amoníaco puede causar irritación severa y daño a las vías respiratorias, los ojos y la piel.
- Exposición Aguda: La exposición a altas concentraciones puede llevar a dificultades respiratorias, edema pulmonar y, en casos extremos, la muerte.
- Exposición Crónica: La exposición prolongada a niveles bajos puede resultar en condiciones crónicas, como bronquitis y daño a los tejidos pulmonares.

Riesgos Físicos

- Corrosividad: El amoníaco puede ser corrosivo para ciertos materiales, lo que representa un riesgo para el almacenamiento y la infraestructura de transporte.
- Combustibilidad: Aunque el amoníaco en sí no es altamente inflamable, puede formar mezclas explosivas con aire en determinadas concentraciones.

Riesgos Ambientales

- Eutrofización: Las fugas de amoníaco pueden contribuir a la eutrofización de cuerpos de agua, un proceso que lleva al crecimiento excesivo de algas y la disminución de oxígeno, afectando negativamente la vida acuática.
- Contaminación del Aire: El amoníaco liberado en la atmósfera puede reaccionar con otros contaminantes, contribuyendo a la formación de partículas finas y smog.

7.3 Derivados del amoníaco

Los derivados del amoníaco son fundamentales en la industria de fertilizantes debido a su alto contenido de nitrógeno, un elemento crucial para el crecimiento de las plantas.

Los derivados más importantes para su uso como fertilizante son:



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán



Urea:

Es el fertilizante de nitrógeno más utilizado en el mundo. Se produce al combinar amoníaco con dióxido de carbono. La urea es valorada por su alto contenido de nitrógeno (alrededor del 46%) y su solubilidad en agua, lo que facilita su uso en diversas formas de aplicación agrícola. Normativamente no se aprecian necesidades regulatorias por tratarse de un producto de escasos riesgos y ya cubierto por la normativa.

Nitrato de amonio:

Este compuesto se forma al reaccionar el amoníaco con ácido nítrico. Contiene alrededor del 33-35% de nitrógeno y es apreciado por su rápida acción y por proporcionar nitrógeno tanto en forma amoniacal como nítrica, lo cual es beneficioso para diferentes etapas de crecimiento de las plantas. Si bien su uso también es habitual, se incluirán algunas recomendaciones al respecto por tratarse de un compuesto potencialmente explosivo.

7.4 El proceso de producción de Amoníaco Verde

El proceso Haber-Bosch es el estándar en la producción industrial de amoníaco. La síntesis de amoníaco a través del proceso Haber-Bosch implica la combinación de hidrógeno y nitrógeno gaseosos para formar amoníaco (NH₃) en condiciones controladas de alta presión y temperatura. En el caso de utilizar hidrógeno generado por electrólisis a partir de electricidad proveniente de fuentes renovables estaremos hablando de “Amoníaco Verde”.

Los catalizadores son sustancias cruciales en el proceso Haber-Bosch, ya que aceleran las reacciones químicas sin consumirse en el proceso. En el contexto de este proceso, los catalizadores juegan un papel esencial para lograr una conversión eficiente de nitrógeno e hidrógeno en amoníaco. Los dos catalizadores más comúnmente utilizados en el proceso Haber-Bosch son el hierro y el rutenio.

Para evitar el envenenamiento de los catalizadores, es necesario purificar los gases reactantes antes de introducirlos en el reactor de síntesis. Los métodos de purificación de gases utilizados en la fabricación de amoníaco son:

- **Absorción:** Uso de solventes líquidos para absorber impurezas gaseosas, como oxígeno y dióxido de carbono.
- **Adsorción:** La adsorción en materiales porosos, como zeolitas o carbones activados, también puede utilizarse para eliminar contaminantes gaseosos, como monóxido de carbono y vapor de agua.
- **Membranas de separación:** Las membranas selectivas pueden emplearse para separar gases específicos, como oxígeno y dióxido de carbono, de las corrientes de gas.
- **Criogenia:** La refrigeración a bajas temperaturas puede utilizarse para condensar y eliminar contaminantes gaseosos, como vapor de agua y dióxido de carbono.

Es presumible suponer que la utilización de hidrógeno proveniente de electrólisis no sólo no supondrá problemas en las condiciones de operación del proceso, sino que además será más favorable en cuanto a los tratamientos del gas que alimenta el reactor puesto que (salvo contaminación cruzada proveniente de otros procesos), ni el CO, ni el CO₂, van a estar presentes, por la propia naturaleza del proceso.

También se ha comprobado que sustituir el reformado de gas natural por la electrólisis supone un ahorro notable en el consumo de agua del proceso.

7.5 Proceso de fabricación de derivados del amoníaco para su uso como fertilizante

7.5.1 Fabricación de Urea

Síntesis de Amoníaco: Ver apartado anterior.

Producción de Dióxido de Carbono: Se obtiene dióxido de carbono, generalmente como subproducto en plantas que producen amoníaco a partir de reformado o a través de la combustión de combustibles fósiles.



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



Reacción de Síntesis de Urea: El amoníaco y el dióxido de carbono se reaccionan a alta presión y temperatura para formar urea. Esta reacción produce una mezcla de urea, agua y otros compuestos que deben ser separados.

Concentración y Cristalización: La solución de urea se concentra mediante evaporación. Posteriormente, la urea se cristaliza y se separa del agua y otros componentes.

Secado y Envasado: La urea cristalizada se seca y luego se envasa para su distribución.

7.5.2 Fabricación de Nitrato de Amonio

Síntesis de Amoníaco: Ver apartado anterior.

Producción de Ácido Nítrico: El ácido nítrico se produce mediante la oxidación del amoníaco con aire en presencia de un catalizador, seguido de la absorción del óxido de nitrógeno resultante en agua.

Neutralización: El amoníaco y el ácido nítrico se mezclan en un reactor de neutralización para formar nitrato de amonio.

Evaporación y Cristalización: La solución de nitrato de amonio se concentra por evaporación y luego se cristaliza.

Secado y Envasado: El nitrato de amonio cristalizado se seca y se prepara para su distribución, ya sea como fertilizante puro o como componente de fórmulas de fertilizantes mixtos.

7.6 Propuesta reglamentaria para la producción y almacenamiento de amoníaco

Entendiendo que no existe en Uruguay un marco jurídico suficiente, y que los volúmenes potenciales de amoníaco renovable que se podrían producir son significativos, se propone la redacción de un **Reglamento Nacional de Instalaciones de Amoníaco y Derivados**, que pueda recoger una serie de condicionantes de seguridad generales, pero también dar cabida a la aplicación de estándares internacionales de referencia en aquellos casos en los que sea necesario.

Se entiende, por ello, que debería reglamentarse las instalaciones de amoníaco y derivados con especial énfasis en la regulación de las condiciones de seguridad de las plantas de producción y almacenamiento de amoníaco, así como sus derivados (principalmente el nitrato), con los contenidos que se detallan en el cuadro siguiente.

Se destaca que este **Reglamento Nacional de Instalaciones de Amoníaco y Derivados** debería ser plenamente compatible, coherente y armónico con el Reglamento Nacional de Instalaciones de Hidrógeno, ya propuesto en instancias previas del presente estudio, puesto que en la práctica ambas normativas cubrirán actividades e instalaciones que a menudo se superpondrán parcialmente, compartiendo recursos humanos y materiales.

Por ejemplo, las plantas destinadas a producción de amoníaco incluirán instalaciones de producción, distribución y almacenamiento de hidrógeno gaseoso, abarcadas por citado Reglamento Nacional de Instalaciones de Hidrógeno y de las correspondientes autoridades competentes.

Es así como en distintas etapas de proyecto de una planta industrial destinada a la producción y almacenamiento de amoníaco y sus derivados (diseño, construcción, puesta en marcha, operación y mantenimiento) serán de aplicación ambos Reglamentos, y se requerirá de la participación competente de diversas Autoridades para la tramitación de las autorizaciones requeridas y posterior fiscalización y control de sus actividades



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



A continuación, se indican los aspectos mínimos a regular, sugiriéndose un índice posible.

Tabla 14. Índice con aspectos mínimos a regular para transporte de metanol y su almacenamiento/manipulación en puertos

APARTADO DEL REGLAMENTO	NORMATIVA O ESTÁNDARES DE APOYO	OBSERVACIONES SOBRE LOS ESTÁNDARES
1. Introducción		
1.1. Objetivos del Reglamento		
1.2. Alcance y Aplicación		
2. Definiciones y Terminología		
2.1. Definiciones Generales	ANSI CGA G-2-2021 <i>Anhydrous Ammonia</i> Instrucción técnica complementaria MIE APQ-0	Recomendables para las definiciones introductorias.
2.2. Definiciones Específicas de Seguridad Industrial	NFPA 704: Sistema de Identificación de Riesgos de Materiales para Respuesta a Emergencias. Reglamento REACH (CE N.º 1907/2006)	REACH se centra en la protección de la salud humana y el medio ambiente a través de una mejor identificación de las propiedades de las sustancias químicas.
3. Requisitos Generales de seguridad y salud		
3.1. Normativas Aplicables		
3.2. Responsabilidades del Operador		
3.3. Requisitos de Diseño y Localización		
4. Diseño y Construcción de Instalaciones		
4.1. Requisitos de ubicación de instalaciones y constructivos.	Instrucción técnica complementaria MIE APQ-4 (amoníaco) Instrucción técnica complementaria MIE APQ-4 (nitrato amónico) Reglamento de Policía del Fuego para las Construcciones No Destinadas a Vivienda (Decreto 222/2010, DNB-MINT)	Define distancias de seguridad, tipo de cimentaciones, estructuras de contención, etc.
4.2. Requisitos generales de equipos.	ANSI CGA G-2.1-2023 <i>Requirements For The Storage And Handling Of Anhydrous Ammonia</i>	Recomendaciones generales para el diseño de equipamiento en planta.
4.3. Criterios de diseño de equipos.	ASME <i>Section VIII Rules for Construction of Pressure Vessels</i> . EN 13445 Recipientes a presión no sometidos a llama EN 14620 Diseño y fabricación de tanques de acero cilíndricos, verticales y de fondo plano, construidos en el lugar de emplazamiento para el almacenamiento de gases licuados refrigerados con temperaturas de servicio entre 0 °C y -165 °C	



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



Fomentado por:
 Ministerio Federal
de Economía
y Protección del Clima

en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por
 giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

	API 620, Anexo R Tanques de almacenamiento de doble pared ASME 31.8 (Transporte por tubería) API625. <i>Tank Systems for Refrigerated Liquefied Gas. Storage</i>	
4.4. Materiales compatibles.	ANSI IIR 2 2021	Si bien se trata de una norma orientada a los sistemas de refrigeración por amoníaco, incluye información relevante con respecto al uso de diferentes materiales en contacto con el amoníaco.
5. Operaciones de Producción, Almacenamiento y Transporte		
5.1. Seguridad Operacional	OSHA 29 CFR 1910.111 <i>Storage and handling of anhydrous ammonia.</i> OSHA 29 1910.119, <i>Process safety management of highly hazardous chemicals.</i> Instrucción técnica complementaria MIE APQ-4 (amoníaco) Instrucción técnica complementaria MIE APQ-4 (nitrato amónico)	OSHA 29 1910.119, aplica a sistemas que contengan más de 10.000 libras de amoníaco.
5.2. Medidas de Seguridad y Prevención de Riesgos en operación	Protección de la seguridad y la salud de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (Decreto 307/2009, MTSS) Sistemas de refrigeración y bombas de calor – Requisitos de seguridad y ambientales (UNIT-ISO 5149-1:2014) Buques que ingresen a puerto y posean plantas frigoríficas de amoníaco. Disposición Marítima N° 112 (2007, Prefectura Nacional Naval, Armada Nacional, MD)	
5.3. Medidas de Seguridad y Prevención de Riesgos en el transporte.	Reglamento de Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (2003, MTOP)	
5.4 Protección del medioambiente en operación.	Directiva de Emisiones Industriales (2010/75/UE) EPA <i>Clean Air Act</i> (CAA)	
6. Gestión de Riesgos y Respuesta a Emergencias		
6.1. Identificación, Evaluación Y Gestión de Riesgos	ISO 31000, 31010, 45001 y ANSI Z10 Y Z690.1 a 3. <i>EPA Risk Management Program (RMP) - 40 CFR Part 68</i>	
6.2. Sistemas de Detección y Alarma	ISO 7240, NFPA 72, EN 54	
6.3. Equipos de Protección Personal y Colectiva	Existe normativa uruguaya suficiente.	
6.4. Planes de Emergencia y Respuesta	ISO 22320, NFPA 1600, OSHA 1910.38	



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán



6.5. Seguridad ante accidentes graves. Protección de la población	DIRECTIVA 2012/18/UE del Departamento Europeo y del Consejo relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias Peligrosas. (SEVESO III). Programa de Prevención de Accidentes Químicos de la EPA - Sección 112(r) de la <i>Clean Air Act</i>	La directiva SEVESO III aborda el control de los peligros asociados con accidentes químicos graves. Incluye disposiciones para la gestión de la seguridad, la planificación de la respuesta a emergencias y la información al público sobre riesgos químicos.
6.6. Capacitación y Formación del Personal	OSHA 2254	
7. Inspecciones y Auditorías		
7.1. Inspecciones Regulares	ISO/IEC 17020, ISO/IEC 17025 Instrucción técnica complementaria MIE APQ-4 (amoníaco). Instrucción técnica complementaria MIE APQ-4 (nitrato amónico).	Participación del Organismo Uruguayo de Acreditación en la habilitación de empresas de inspección para la emisión de los certificados correspondientes a instalaciones de amoníaco. Pueden encontrarse ejemplos de periodicidad y tipo de inspecciones en ITCs citadas.
7.2. Inspecciones No Programadas		
7.3. Auditorías Internas y Externas	ISO 19011, Buenas prácticas recomendadas de la <i>American Society of Safety Professionals (ASSP)</i> .	
8. Gestión de Incidentes y Accidentes		
8.1. Reporte y Registro	ISO 45001, OSHA 29 CFR 1904	
8.2. Investigación de Incidentes	ILO-OSH (OIT) 2001, OSHA 29 CFR 1904	
8.3. Acciones Correctivas y Preventivas	Directiva 89/391/CEE	
8.4. Acciones Correctivas y Preventivas		
9. Finalidad y Revisión del Reglamento		
9.1. Vigencia del Reglamento		
9.2. Procedimiento de Revisión y Actualización		
10. Anexos y Referencias		
10.1. Normativas Relacionadas		
10.2. Glosario de Términos		



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán



7.7 Tramitación de instalaciones de producción y almacenamiento de amoníaco y derivados

En las tablas a continuación, se presenta el esquema normativo para la cobertura de este caso de estudio, subrayándose aquellos instrumentos nuevos a desarrollar y/o complementar.

Tabla 15. Esquema normativo para la cobertura del caso Instalaciones de producción y almacenamiento de amoníaco y derivados

A. Producción y almacenamiento de Amoníaco y derivados					
ETAPA	TRÁMITE	NORMATIVA	DOCUMENTACIÓN	AUTORIDAD/ INSTITUCIÓN COMPETENTE	OBSERVACIONES
Previo a la construcción	Autorización para instalación de actividad. Cambio de categoría de suelo si aplica (Programa de Actuación Integrada) Autorización para la instalación de la actividad, Otras autorizaciones reguladas específicamente en instrumentos departamentales vigentes	Ley 18308 (Artículos 21, 33 y 34) e instrumento de ordenamiento territorial departamental vigente.	Ver instrumento de ordenamiento territorial departamental vigente.	GDs	
Previo a la construcción	Viabilidad Ambiental de Localización (VAL)	Ley No. 16466, Decreto PE No. 349/005 Artículo 20 (aplicable a actividades identificadas en numerales 6, 9 a 12, 16 y 17, 19 a 23 y 32 del artículo 2° del Decreto en cuestión)	Estudio de localización o selección del sitio donde habrá de ejecutarse el proyecto, comprendiendo el análisis de distintas alternativas si las hubiere. ¹⁴⁶	DINACEA-MA	
Previo a la construcción	Autorización Ambiental Previa (AAP)	Ley No. 16466, Decreto PE No. 349/005 Artículo 2 numerales 6, 16, 27, otros.	Comunicación del Proyecto acompañado de información detallada en Artículo 4 Decreto PE No. 349/005	DINACEA-MA	

¹⁴⁶ [HTTPS://WWW.GUB.UY/TRAMITES/VIABILIDAD-AMBIENTAL-LOCALIZACION-COMUNICACION-PROYECTO](https://www.gub.uy/tramites/viabilidad-ambiental-localizacion-comunicacion-proyecto)



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



Previo a la Construcción	Permiso de Construcción	Reglamento de Instalaciones de Amoníaco y Derivados (a desarrollar) Reglamento Nacional de Instalaciones de Hidrógeno	Proyecto de Planta de Amoníaco, avalado por firma de Instalador Gasista Autorizado (perfil a definir)	DNI-MIEM URSEA	Regulación a desarrollar. Debería gestionarse de forma conjunta y simultánea con la de las instalaciones de producción, distribución y almacenamiento de hidrógeno.
Previo a la puesta en servicio	Alta de servicio eléctrico. Documento de Asunción de Responsabilidad (DAR)	Reglamento de Baja Tensión (UTE) Reglamento General del Marco Regulatorio del Sistema Eléctrico Nacional.	Proyecto Eléctrico de la Planta y Proyecto de Instalaciones de Enlace, avalados por firma de Técnico Instalador Eléctrico Categoría A	UTE	
Previo a la puesta en servicio	Permiso de Operación	Reglamento Nacional de Instalaciones de Amoníaco y Derivados (a desarrollar). Reglamento Nacional de Instalaciones de Hidrógeno.	Planos Conforme a Obra y Memorias Técnicas, avalados por firma de Técnico Registrado (perfil a definir)	DNI-MIEM URSEA	Regulación a desarrollar. Debería gestionarse de forma conjunta y simultánea con la de las instalaciones de producción, distribución y almacenamiento de hidrógeno.
Previo a la Puesta en Servicio	Habilitación de Bomberos	Reglamento de Policía del Fuego para las Construcciones No Destinadas a Vivienda (Dec. 222/2010: se entiende conveniente su revisión y actualización específica para las instalaciones de amoníaco y derivados) IT específico para hidrógeno. IT específico para amoníaco.	Proyecto de Protección contra el Fuego, avalado por firma de Técnico Registrado.	DNB-MINT	Regulación a desarrollar. Debería gestionarse de forma conjunta y simultánea con la de las instalaciones de producción, distribución y almacenamiento de hidrógeno.
Previo a la Puesta en Servicio	Inscripción en el Registro único de fabricantes y formuladores de Fertilizantes	Ley N° 13.663 (Producción comercialización importación y exportación de fertilizantes) Decreto N° 310/012 del P.E. (Fertilizantes inorgánicos) Resolución N° 324/019 (Procedimiento para Registro de Fertilizantes Inorgánicos)		DGSA-MGAP	
Previo a la puesta en servicio	Permiso o Concesión de uso de agua superficial o subterránea	Decreto Ley N° 14.859 (Código de Aguas)	Solicitud de derecho de aprovechamiento de agua subterránea o superficial según corresponda. ¹⁴⁷	DINAGUA-MA	

¹⁴⁷ [HTTPS://WWW.GUB.UY/TRAMITES/SOLICITUD-DERECHOS-USO-AGUA](https://www.gub.uy/tramites/solicitud-derechos-uso-agua)



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán



Durante la Operación	Permiso de Operación	Reglamento de Instalaciones de Amoníaco y derivados (a desarrollar) Reglamento Nacional de Instalaciones de Hidrógeno	Certificados de Inspección y Mantenimiento, avalado por firma del responsable Técnico.	DNI-MIEM URSEA	Regulación a desarrollar. Debería gestionarse de forma conjunta y simultánea con la de las instalaciones de producción, distribución y almacenamiento de hidrógeno.
Durante la Operación	Control de Emisiones	Reglamento de Instalaciones de Amoníaco y derivados (a desarrollar).	Certificado de Control de Emisiones, avalado por firma del Responsable Técnico.	DINACEA-MA GDs	Regulación a desarrollar.
Durante la Operación	Control de Efluentes	Reglamento de Instalaciones de Amoníaco (a desarrollar).	Certificado de Control/Tratamiento de Efluentes, avalado por firma del Responsable Técnico	DINACEA-MA GDs	Verificar ausencia de contaminación de acuíferos o cauces fluviales.



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



7.8 Transporte de amoníaco

Entendiendo factible que el amoníaco pueda transportarse desde su lugar de producción hasta una planta de producción de fertilizantes, o directamente ser exportado, se analiza a continuación la normativa de aplicación.

7.8.1 Transporte por carretera

El transporte de amoníaco, como mercancía peligrosa por carretera, está regulado mediante el ADR. El ADR enumera las mercancías peligrosas que pueden ser objeto de un transporte nacional e internacional. Es de aplicación a todo transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera, así como las actividades implicadas (embalaje, carga, descarga...), entre los países adheridos al acuerdo.

Según el ADR, el amoníaco anhidro se clasifica como una sustancia 2TC (gas, tóxico, corrosivo). El ADR contempla que el amoníaco anhidro (N° ONU 1005), el amoníaco en solución acuosa con un contenido superior al 50% (N° ONU 3318) y el amoníaco en solución acuosa con un contenido superior al 35% y un máximo del 50% de amoníaco (N° ONU 2073), son sustancias de la clase 2 (gases), mientras que el amoníaco en solución conteniendo entre un 10% y un 35% de amoníaco (N° ONU 2672) es una materia de la clase 8, no estando sometidas a las disposiciones del ADR las soluciones de amoníaco con un máximo del 10% de amoníaco.

El transporte en grandes volúmenes se deberá realizar en cisternas herméticas fabricadas en acero al carbono de gran espesor (10-12 mm) y tratadas de manera específica para evitar las tensiones térmicas. No se requiere que sean cisternas compartimentadas (aunque sí que deben disponer de rompeolas cuando su volumen será superior a los 7.500 litros) ni exige un aislamiento térmico (calorifugado).

Las cisternas se clasifican como PXBH(M)36, tomando X el valor de la presión mínima de prueba. La presión mínima de prueba (bar) se establece en función de si la cisterna dispone o no de aislamiento térmico, así:

- Cisterna con aislamiento térmico: Presión mínima de prueba 26 bares.
- Cisterna sin aislamiento térmico: Presión mínima de prueba 29 bares.

El transporte de amoníaco en botellas y bidones también está regulado por el Acuerdo en relación con el Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR) Incluso cuando las normas ADR no se aplican (por ejemplo, para el transporte de gases a título privado y para el uso exclusivamente doméstico o cuando los límites superiores a las cantidades no son excedidos) se deben cumplir una serie de aspectos para garantizar la seguridad. Este tipo de transporte se considera como un vehículo que transporta "bultos" y como tal debe ser identificado conforme a los preceptos marcados por el ADR, estando a su vez las botellas y bidones etiquetados conforme al reglamento CLP y la norma EN1089-3.

Las disposiciones del ADR no se aplicarán a cuando la cantidad máxima total de amoníaco que se puede transportar en bultos, por unidad de transporte, sea de 50 Kg; entendiéndose por "cantidad máxima total por unidad de transporte" el contenido nominal del recipiente en litros.

Aunque no es muy habitual, el ADR permite transportar el amoníaco, además de en botellas y bidones, en tubos y bloques de botellas. Los tubos son recipientes a presión transportable, sin soldaduras o de construcción compuesta, de una capacidad superior a 150 litros y no superior a 3000 litros. Los bloques de botellas se definen como el conjunto de botellas unidas entre sí mediante una tubería colectora y transportada como un conjunto indisoluble. La capacidad total no puede sobrepasar 3000 litros; para los bloques destinados a transportar gases tóxicos de la clase 2 (grupos que comienzan por la letra T), esta capacidad está limitada a 1000 litros.

En todos los casos (botellas, bidones, tubos y bloques de botellas), la presión de prueba de los recipientes en el caso del amoníaco anhidro (UN 1005) será de, al menos, 29 bar, la cual se corresponde, aproximadamente, con la PV (Presión de Vapor) a 65° C.

7.8.2 Transporte por ferrocarril

El transporte de amoníaco por ferrocarril está regulado por el apéndice C del Convenio relativo a los transportes internacionales por ferrocarril, de 9 de mayo de 1980, según la redacción que figura en el Protocolo de modificación de 3 de junio de 1999 (COTIF), más conocido como RID.



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



Los vagones cisternas que el RID establece para el transporte de amoníaco son del tipo P26BH, con especial indicación TM6, TT8 y TE25, donde:

- P define una cisterna para gases licuados o gases disueltos a presión.
- 26 es el valor mínimo de la presión de prueba, en bar.
- B, que dispone de llenado inferior o aberturas de descarga con tres cierres.
- H, herméticamente cerrada.
- TM6, donde deberá marcarse con una banda no retroreflectante continua de unos 30 cm de anchura que rodee la cisterna a media altura.
- TT8, que es una cisterna aprobada para el transporte de amoníaco anhidro N° ONU 1005; construida con acero de grano fino con un límite de elasticidad superior 400 N/mm² conforme a la norma sobre el material, y que debe someterse en cada prueba periódica a otras complementarias de controles magnetoscópicos de fisuras superficiales.
- TE25, significa que deberán estar protegidos para evitar el acaballamiento de los topes y el descarrilamiento; o al menos limitar los daños en los topes debidos al acaballamiento.

7.8.3 Transporte marítimo

Si bien se entiende poco probable la exportación marina de amoníaco desde el Uruguay, se incluye de todos modos el presente apartado, a fin de complementar la revisión de requisitos para el transporte de amoníaco.

Además de los requisitos previstos para mercancías peligrosas en puertos uruguayos, ya indicados en el estudio previo para el metanol, deberían tenerse en cuenta las siguientes regulaciones internacionales para el transporte marítimo de amoníaco:

- Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG): Este código, desarrollado por la Organización Marítima Internacional (OMI), proporciona directrices detalladas sobre cómo empacar, etiquetar, estibar y separar las mercancías peligrosas, incluido el amoníaco, en los buques de carga. Incluye clasificaciones de riesgos, procedimientos de emergencia, y requisitos de documentación.
- Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS): SOLAS, también desarrollado por la OMI, establece estándares mínimos para la construcción, el equipo y la operación de los buques, asegurando su seguridad. Contiene disposiciones específicas relacionadas con el transporte de mercancías peligrosas.
- Código Internacional de Gestión de la Seguridad (ISM): Este código obliga a los operadores de buques a establecer y mantener un sistema de gestión de la seguridad que incluya medidas de seguridad para la tripulación, el buque y el medio ambiente, siendo aplicable al transporte de sustancias peligrosas como el amoníaco.
- Convenio MARPOL (Prevención de la Contaminación por los Buques): Aunque MARPOL se centra principalmente en la prevención de la contaminación por petróleo y otras sustancias perjudiciales, también incluye regulaciones relevantes para el transporte de mercancías peligrosas en lo que respecta a la prevención de la contaminación del mar.

7.9 Normativas departamentales para instalaciones de Amoníaco

La regulación normativa integral de la instalación y puesta en servicio de la planta de producción amoníaco y fertilizantes, así como las distintas actividades asociadas a la misma hasta su efectivo transporte tiene una dimensión nacional que necesariamente debe complementarse con la sanción de normativa departamental.

La normativa departamental a sancionarse debería contemplar al menos los siguientes aspectos:

- Zonificación y ubicación permitida de las plantas conforme a los instrumentos de ordenamiento territorial departamentales vigentes.
- Infraestructura requerida y normas de construcción (accesos, viales, alturas).
- Programa y registros de mantenimiento.
- Medidas de prevención y respuesta ante derrames o fugas.



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



Fomentado por:
 Ministerio Federal
de Economía
y Protección del Clima

en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por
 giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

- Manejo y disposición de residuos.
- Vigilancia y control. Responsabilidad de las autoridades departamentales.
- Inspecciones periódicas y reportes.
- Tipificación de infracciones.
- Procedimientos sancionadores y penalidades.

Así, una política sectorial efectiva a nivel país implica el involucramiento de los Gobiernos Departamentales a nivel normativo y administrativo para la efectiva implementación de la misma.

Esto implica no solo contar con un marco normativo departamental que se encuentre en consonancia con el nacional sino también que los Gobiernos Departamentales deben contar con recursos técnicos y económicos apropiados para su implementación.

Para ello, es importante el rol del Congreso de Intendentes a los efectos de trabajar los distintos aspectos asociados a la producción de hidrógeno verde y el rol de los Gobiernos Departamentales en la materia.

7.10 La regulación del sector del amoníaco en Uruguay

Durante la recopilación y análisis de los antecedentes normativos y regulatorios para el manejo del amoníaco en Uruguay, realizado a efectos de elaborar el presente informe y el anterior Caso III ya presentado, se concluyó que existe una carencia al respecto, tanto a nivel nacional como departamental, con la excepción remarcable, pero en cualquier caso insuficiente, del manejo de fertilizantes. Y no porque el sector de los fertilizantes carezca de importancia (que la tiene, evidentemente, en todo el mundo y también en Uruguay), sino porque el amoníaco también se utiliza y manipula en otros sectores de la industria completamente alejados de la producción de fertilizantes, con especificidades y riesgos inherentes que deberían ser gestionados correctamente a través de la reglamentación correspondiente.

En principio, esta carencia de regulación técnica y de seguridad parece sorprendente. En primer lugar, porque existen abundantes antecedentes a nivel internacional, tanto en lo que hace a Reglamentos específicos, como a las normas técnicas que son referenciadas en dichos reglamentos. Es decir, que el proceso de revisión de antecedentes y adopción (o adaptación) de normativa de referencia internacional en nuestro medio podría realizarse de una forma relativamente sencilla (y complementaria) entre las Autoridades Competentes (MIEM, DNB, MGAP, MTSS, GDs, UNIT, AIQU, AIU, CTHPA, etc.) Sin embargo (y parece increíble) el catálogo de normas técnicas de UNIT sólo incluye un documento que trata - muy superficialmente, y de modo colateral - sobre el uso de amoníaco.

El contenido propuesto en el anterior Informe del Caso de Estudio III (sección 1.6) cubre los aspectos que se consideran esenciales, a modo de guía primaria; pero no implica, en modo alguno, que deba existir un Reglamento Nacional único cubriendo todos estos aspectos, sino que lo importante es que se estudien y se plasmen en instrumentos regulatorios y normativos adecuados, seguramente dependientes de diversas Autoridades e Instituciones, pero coordinados y armonizados para incorporar de un modo coherente, abarcativo y sin contradicciones, todos estos aspectos y sectores de la industria del amoníaco.

Se mencionó más arriba que parece sorprendente la carencia de reglamentación en aspectos esenciales de manejo seguro del amoníaco. Y es que, a la relativa facilidad que ofrecería la normativa comparada para corregir esta deficiencia, en Uruguay existen antecedentes que tornan punto menos que increíbles que no se haya avanzado mucho más en este sentido, y desde hace mucho tiempo.

En diciembre de 1977 se registró un gravísimo accidente laboral en la planta de una industria pesquera ubicada en Montevideo; la magnitud del desastre se resume en la afectación (muchas de ellas con internación en CTI) de 41 personas en un total de 10 empleados, 9 de las cuales fallecieron de forma inmediata o posteriormente (<http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Febrero2005/pdf/spa/doc312/doc312-contenido.pdf>)

Podría pensarse que, tras la tragedia (que constituyó probablemente una de las más graves en historia de la seguridad laboral del país) las Autoridades Competentes (MIEM, DNB, MTSS, SIME) podrían haber hecho de la necesidad virtud, y haber puesto a punto un reglamento técnico y de seguridad con alcance nacional, consensuado y permanentemente actualizado para prevenir debidamente estos accidentes. Pero no. Y los accidentes continuaron.

Es difícil analizar debidamente desde un punto de vista estadístico y racional la causalidad de tales accidentes, porque ni siquiera exista un registro unificado y de acceso público que permita estudiar los eventos y avanzar en el tratamiento sistemático de su prevención¹⁴⁸

Así las cosas, la aproximación debe realizarse a través de la recopilación y análisis de notas periodísticas, con las enormes carencias e inexactitudes que ello conlleva. De todos modos, la prensa registra que en junio del año 2005 la explosión y consecuente incendio de un depósito de amoníaco instalado en un pesquero ucraniano, surto en el Puerto de Montevideo, mató a 9 marineros chinos, un indonesio y un ucraniano: 11 víctimas fatales, nada menos, si el extracto es correcto (<https://www.myplainview.com/news/article/Uruguay-al-menos-cuatro-muertos-en-pesquero-8509905.php>)

Un caso muy parecido se registra en febrero de 2013, cuando la explosión (nuevamente) de un depósito de amoníaco en un barco pesquero coreano dejó al menos 4 personas muertas y una veintena ingresada en nosocomios. En este caso, la cantidad de amoníaco liberada fue muy importante, aparentemente con formación y evolución de una nube gaseosa por la inmediata rambla portuaria montevideana; las altas horas de la madrugada en que se registró el accidente evitó, seguramente, que el desastre haya tenido una magnitud incluyó mucho mayor (<https://www.myplainview.com/news/article/Uruguay-al-menos-cuatro-muertos-en-pesquero-8509905.php>)

Diciembre de 2008: escape de amoníaco en el puerto de Montevideo desde un buque pesquero de bandera china (<https://www.elpais.com.uy/informacion/controlan-un-escape-de-amoníaco>); Febrero de 2007: 4 marineros fallecidos y otras 18 personas lesionadas (incluyendo a dos oficiales de bomberos) como consecuencia de un escape de amoníaco en un pesquero coreano surto en el Puerto de Montevideo, 3 de ellos derivados a CTI (<https://www.lr21.com.uy/justicia/246505-doce-marinos-internados-por-escape-de-amoníaco-en-el-pesquero-coreano>). La lista sigue y suma.

Parece claro que la Armada Nacional y las Autoridades Portuarias, con la ineludible colaboración de la DNB, tendrían mucho que aportar en sus respectivos ámbitos de competencia para la elaboración, complementación y actualización del Reglamento (o corpus reglamentario) ya mencionado. Es cierto que la Prefectura Nacional dispone de un Reglamento de Prevención de Accidentes de Trabajo en Buques (DM 51 del 16/12/1996); pero a la vista de la cantidad y recurrencia de accidentes graves posteriores a su publicación, resulta evidente que merecería, como mínimo, una revisión y actualización exhaustivas.

Sin embargo, el ámbito de la industria pesquera no, ni mucho menos, el único sector que merecería una atención mucho mayor que la hasta ahora prestada por las Autoridades Competentes. El manejo del amoníaco se realiza también, obviamente, en frigoríficos y plantas de frío “terrestres”, donde la competencia de los ministerios antes citados, de la DNB y de los GDs implica que sean plenamente responsables de poner a punto una reglamentación técnica y de seguridad adecuada. Porque también es este sector se han producido, con una frecuencia inquietante, accidentes que, nuevamente, son difíciles de analizar en toda su complejidad y magnitud, debido a la falta de registros públicos accesibles y actualizados. Recurriendo también aquí a los extractos de prensa se encuentra, por ejemplo, una gran fuga de amoníaco producida en mayo de 2020 en las instalaciones de un frigorífico de la localidad de Tarariras, en el depto. de Colonia (<https://www.elobservador.com.uy/nota/que-se-sabe-de-la-fuga-de-amoníaco-en-un-frigorífico-que-dejo-a-ocho-personas-en-cti--2020519102122>), con al menos ocho afectados que requirieron internación.

Este recorrido claramente muy limitado, y con evidentes carencias en la calidad técnica de la información, entendemos que sirve, de todos modos, para poner en evidencia la necesidad de avanzar o profundizar en el proceso de reglamentación técnica y de seguridad del sector del amoníaco en Uruguay.

¹⁴⁸ TAMPOCO EXISTE TAL REGISTRO EN OTRAS ÁREAS DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL, ALGO QUE, SE ENTIENDE, DEBERÍA SER RESPONSABILIDAD DE LA POLICÍA DEL FUEGO DEL PAÍS, ESTO ES, DE LA DNB DEL MINT EN SU ROL PREVENTIVO, TENIENDO EN CUENTA QUE ES LA AUTORIDAD CON INTERVENCIÓN LEGAL EN TODOS LOS SINIESTROS, NO SOLO DURANTE LAS FASES OPERATIVAS DE CONTROL, RESCATE, EXTINCIÓN, ETC., SINO TAMBIÉN EN LA INVESTIGACIÓN Y ESCLARECIMIENTO DE SUS CAUSAS (A TRAVÉS DE SU DEPARTAMENTO TÉCNICO) COMO ELEMENTO BÁSICO PARA EL DESARROLLO DE UNA POLÍTICA PREVENTIVA. EN ESTE SENTIDO, PARECE OPORTUNO RECORDAR QUE EL DECRETO 301/016 (REGLAMENTARIO DEL ARTÍCULO 16 DE LA LEY 19315), EN SU ARTÍCULO 2, QUE “LA DIRECCIÓN NACIONAL DE BOMBEROS DESARROLLA LA ACTIVIDAD ADMINISTRATIVA Y OPERATIVA DE POLICÍA DEL FUEGO EN MATERIA DE INCENDIOS Y SINIESTROS, EN SUS FASES PREVENTIVA Y EJECUTIVA. EL MISMO DECRETO, EN EL SIGUIENTE ARTÍCULO 3, LITERAL G, AÑADE QUE “SON COMETIDOS DE LA DIRECCIÓN NACIONAL DE BOMBEROS (...) LLEVAR A CABO LA ESTANDARIZACIÓN, DIVULGACIÓN Y ENSEÑANZA DE REGLAS Y PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS PARA PREVENIR Y EVITAR SINIESTROS”



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán



8

CALIDAD DEL HIDRÓGENO Y DERIVADOS



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



Fomentado por:



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



8. Calidad del hidrógeno y derivados

8.1 Calidad del Hidrógeno verde para vehículos pesados

A la hora de analizar el marco regulatorio del hidrógeno, debe indicarse que, dado lo incipiente del sector y su comercialización, no existen desarrollos regulatorios completos, pero sí que existe un amplio conjunto de estándares (algunos de ellos de obligado cumplimiento en algunos países) que pueden ser utilizados como respaldo para establecer una normativa uruguaya.

En este punto se estudiarán los esquemas normativos (ISO, EN, SAE) para la calidad del hidrógeno, teniendo en cuenta que, en muchos casos pueden ser complementarios o sustitutorios y que no es infrecuente que uno de los estándares remita a otro de una familia diferente.

8.1.1 Normativa ISO para calidad de hidrógeno

En primer lugar, destaca la familia de la norma **ISO 14687:2019**¹⁴⁹: “Hydrogen fuel quality. Product specification”. Esta norma proviene de tres normas anteriores: **ISO 14687-1**: Centrada en el hidrógeno para aplicaciones industriales, establece los requisitos de calidad para el hidrógeno en términos de pureza y métodos de prueba; **ISO 14687-2**: Específicamente dirigida al hidrógeno utilizado en vehículos de células de combustible, detalla los límites de impurezas y los parámetros de calidad necesarios para asegurar el rendimiento óptimo; e **ISO 14687-3**: Orientada hacia futuras tecnologías y aplicaciones de células de combustible) y las actualiza principalmente en lo relativo a requisitos para Pilas de Combustible PEM.

No obstante, esta norma no es únicamente aplicable a tecnología PEM, sino también en sistemas móviles y estacionarios; más aún, ante la carencia de otra normativa más específica, también está siendo utilizada como referente a la hora de definir estándares, por ejemplo, para el transporte de hidrógeno por gasoducto.

Tabla 16. Tipos de hidrógeno y sus aplicaciones según ISO 14687:2019

Estado	Tipo	Grado	Aplicaciones	Pureza (fracción molar mínima)	
Gaseoso	I	A	Cualquier aplicación en transporte y uso residencial, excepto Pilas de Combustible.	98,0	
	I	B	Combustible industrial para uso en generación de potencia o como fuente de calor.	99,9	
	I	C	Sistemas de soporte en tierra de aeronaves y vehículos espaciales.	99,995	
	I	D	Pilas de combustible para vehículos.	99,97	
	I	E	Pilas de combustible estacionarias.	Categoría 1	50
				Categoría 2	50
Categoría 3				99,9	
Líquido	II	C	Sistemas de propulsión a bordo de aeronaves y vehículos espaciales y requerimientos de energía eléctrica y vehículos terrestres, excepto Pilas de Combustible	99,995	
	II	D	Pilas de combustible para el transporte	99,97	
Semisólido (slush)	III		Sistemas de propulsión a bordo de aeronaves y vehículos espaciales	99,995	

¹⁴⁹ [HTTPS://WWW.ISO.ORG/STANDARD/69539.HTML](https://www.iso.org/standard/69539.html)

En particular, la especificación para el hidrógeno gas vehicular estudiado durante esta consultoría sería la correspondiente al grado I-D, que es:

Tabla 17. Especificaciones para el hidrógeno gas vehicular

Especificación	Valor
Concentración (mínimo, %) (A)	99,97
Gases Totales (máximo, ppmv) (B)	300
Agua (máximo, ppmv)	5
Hidrocarburos Totales (máximo, ppmv) (C)	2
Metano (CH ₄)	100
Oxígeno (máximo, ppmv)	5
Helio (máximo, ppmv)	300
Nitrógeno y Argón (máximo, ppmv)	300
Dióxido de Carbono (máximo, ppmv)	2
Monóxido de Carbono (máximo, ppmv) (E)	0,2
Total de compuestos del azufre (máximo, ppmv)	0,004
Formaldehído (máximo, ppmv) (E)	0,2
Ácido Fórmico (máximo, ppmv) (E)	0,2
Amoníaco (máximo, ppmv)	0,1
Total de compuestos halogenados (máximo, ppmv)	0,05
Tamaño de partícula (máximo, µm)	10
Concentración de partículas (máximo, µg/L @ NTP) (D)	1

Notas:

- El Índice de Hidrógeno es el valor obtenido con el valor de Gases Totales medido en % restado del 100%.
- Gases Totales = Suma de todas las impurezas enumeradas en la Tabla 17, excepto las partículas.
- Los Hidrocarburos Totales pueden exceder de 2 ppmv por la presencia de metano, siempre que los gases totales no excedan de 300 ppmv.
- µg/L @ NTP = microgramos por litro de hidrógeno combustible a 0°C y 1 atmósfera de presión.
- La suma de CO, HCHO y HCOOH no superará 0,2 µmol/mol.

En particular, para esta categoría, existe una referencia a otros estándares relacionados con el repostaje de vehículos de hidrógeno, como pueden ser las ISO 19880-1 y 19880-8, que incluyen requisitos relativos a la calidad del hidrógeno en el repostaje (muestreo y control de calidad, respectivamente); o la ISO 21087 “Gas Analysis - Analytical Methods For Hydrogen Fuel - Proton Exchange Membrane (PEM) Fuel Cell Applications For Road Vehicles”, correspondiente a los procedimientos de ensayo a llevar a cabo.

Es muy importante señalar para esta norma que su enfoque es tanto de la búsqueda de requisitos técnicos, como de alcanzar compromisos que los hagan viable en aquellos casos en los que se necesiten especificaciones especialmente exigentes. Además, dentro de esa línea de favorecer la viabilidad de los posibles proyectos, la norma admite la definición de requisitos particulares mediante posibles acuerdos entre productores y consumidores.

Adicionalmente, pueden encontrarse algunas menciones, de carácter más secundario a la calidad del hidrógeno en las normas siguientes:

ISO 16110: Estaciones de Hidrógeno

ISO 16110-1 y ISO 16110-2: Estas normas cubren los sistemas de hidrógeno en estaciones de servicio, enfocándose en la seguridad y el rendimiento de las instalaciones. Aunque no se centran exclusivamente en la calidad del hidrógeno, establecen parámetros relacionados que afectan directamente la calidad del hidrógeno entregado.



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



Fomentado por:
 Ministerio Federal
de Economía
y Protección del Clima
 en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por
 giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

ISO 22734: Producción de Hidrógeno

Esta norma se ocupa de los sistemas de producción de hidrógeno por electrólisis de agua. Aunque su enfoque principal es la tecnología de producción, también incide en la calidad del hidrógeno producido, especialmente en términos de pureza y eficiencia.

Puede concluirse, por lo tanto, que la normativa ISO ofrece una amplia cobertura de los requisitos necesarios para el suministro de hidrógeno destinado a vehículos de transporte pesado con tecnología PEM, pero de forma coherente y flexible como para adaptarse a los distintos escenarios de generación y consumo.

8.1.2 Normativa europea para calidad de hidrógeno

En el contexto europeo se destaca la norma EN 17124:2022 *Hydrogen fuel – “Product specification and quality assurance for hydrogen refuelling points dispensing gaseous hydrogen - Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for vehicles”*.

Esta norma fue desarrollada por el Comité Europeo de Normalización y, en consecuencia, resulta de obligado cumplimiento para los países adheridos al mismo (Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República de Macedonia del Norte, Rumanía, Serbia, Suecia, Suiza y Turquía); como tal, ha tomado forma de Directiva del Parlamento Europeo (2014/94/UE).

Establece las características de calidad del hidrógeno dispensado en estaciones de suministro a vehículos equipados con pilas de combustible de membrana de intercambio protónico (PEM), así como las consideraciones pertinentes sobre garantías de calidad a fin de garantizar la uniformidad del hidrógeno suministrado, por lo que igualmente resulta ajustada al caso particular de dispensación de hidrógeno a vehículos pesados equipados con PEMs.

Esta norma recoge unos requisitos químicos exactamente iguales a los establecidos en la normativa ISO para la categoría de Grado I-D, e incluye un análisis sobre el posible impacto de las impurezas en el tren motriz de la pila de combustible, así como una orientación para la evaluación de la cadena de suministro con respecto a posibles fuentes de impurezas.

Resulta de especial interés la determinación de las impurezas con mayor probabilidad de aparecer en función del proceso de producción del hidrógeno, llegando a distinguir entre los distintos tipos de electrólisis que se emplee. Además, la norma también recoge metodologías tanto para el control de la calidad como para la evaluación de riesgos.

Finalmente, hay que indicar que esta norma hace referencia a las ISO 14687, 19880 y 21087, ya citadas en el punto anterior.

8.1.3 Normativa USA para la calidad de hidrógeno

En el caso de los Estados Unidos, vuelve a aparecer una norma destacada para el suministro de hidrógeno a vehículos, en este caso la norma SAE J2719:2020 de la SAE (Sociedad de Ingenieros de automoción).

También se centra en los requisitos del hidrógeno utilizado para alimentar pilas de combustible de membrana de intercambio protónico (PEM), y se vuelve a encontrar una total correspondencia con la norma ISO 14687:2019.

Esta norma, además de incluir los correspondientes requisitos químicos, remite a diversas normas ASTM para la metodología a emplear en la analítica para verificación de estos requisitos, aunque también admite el empleo en procesos industriales de la norma ISO 21087.

8.1.4 Conclusiones

Si bien existen diferentes estándares, tanto de las tres familias aquí mencionadas como de otras que no se ha considerado necesario reseñar (por ejemplo, normas australianas, japonesas o argentinas), existe en todos los casos un total consenso en cuanto a las especificaciones del hidrógeno a suministrar a vehículos equipados con pila de combustible PEM, siendo absolutamente coincidentes las especificaciones químicas en cada una de ellas y existiendo continuas referencias a las normas ISO auxiliares para la medición y control de calidad, tanto en la normativa norteamericana como en la europea.

En este contexto, se entiende que lo más recomendable para Uruguay sería acogerse a los estándares ISO, puesto que cubren toda la cadena de aseguramiento de los requisitos, incluyendo las correspondientes metodologías de muestreo y de ensayo. Se estima, además, que posiblemente sean en el futuro los que se actualicen con mayor frecuencia, siendo seguidos posteriormente por otros grupos de estándares. Es importante el seguimiento a lo largo de toda la cadena de suministro, aspecto en el que podría ser interesante incorporar algunas prescripciones de la normativa europea.



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



Fomentado por:
 Ministerio Federal
de Economía
y Protección del Clima

en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por
 giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

En todo caso, no debe olvidarse otro factor común presente en todas las normas, a saber, la recomendación de mantener un seguimiento continuado del desarrollo tecnológico y de otros estándares asociados, que pudieran tener un impacto en las tecnologías que se utilicen en el futuro para implementar la movilidad a partir del hidrógeno verde.

8.2 Calidad del amoníaco y fertilizantes derivados de hidrógeno verde

Al analizar los requisitos de calidad en cuanto a productos fertilizantes derivados del hidrógeno verde en Uruguay, vuelven a aparecer dos enfoques diferenciados como ocurría con las normas técnicas de seguridad y otra normativa en la producción de estas sustancias. Para los fertilizantes ya existentes en el mercado (urea, nitratos, etc.) existe una regulación completa y que cubre perfectamente la comercialización de estos productos cuando su origen sea mayoritario de amoníaco verde, pero ese nivel regulatorio no está tan desarrollado para este elemento precursor y que es un producto intermedio entre el hidrógeno verde y su uso como fertilizante.

Si bien siempre pueden existir diferencias según las aplicaciones concretas, con especificaciones muy particulares que muchas veces se circunscriben a una aplicación concreta o a una relación de compraventa entre un fabricante y un consumidor, en Uruguay hay presente un esquema normativo completo para la calidad de fertilizantes, como se recogen en la siguiente legislación, emitida por la Dirección General de Servicios Agrícolas y que son complementarias a la Ley Nacional de Fertilizantes:

Resolución N° 124/021 de la DGSA¹⁵⁰

Modifica la Resolución 738/020, estableciendo requisitos detallados para el registro de fertilizantes, incluyendo la fórmula, los componentes, el contenido de nutrientes, estado físico, densidad, pH, uso recomendado, y límites de metales pesados y biuret. Además, se exige la presentación de un Certificado de Origen y un Certificado de Análisis, que debe estar en conformidad con métodos normalizados internacionales como A.O.A.C., Métodos oficiales de la Comunidad Europea y Manual de métodos analíticos oficiales para fertilizantes de MAPA (Brasil 2017).

Resolución N° 312/021 de la DGSA¹⁵¹

Actualiza los procedimientos y requisitos técnicos para el registro y control de fertilizantes inorgánicos. Se detallan los mismos requisitos que en la Resolución N° 124/021, con énfasis en la presentación del Certificado de Origen y el Certificado de Análisis, que debe seguir las normativas internacionales mencionadas.

Resolución N° 324/019 de la DGSA¹⁵²

Establece el procedimiento para el registro de fertilizantes inorgánicos, incluyendo la necesidad de una traducción al español de documentos en otro idioma, la presentación de estudios de eficacia para aditivos no fertilizantes, y la vigencia y renovación de registros. También se especifica que el fertilizante debe tener una etiqueta conforme a lo aprobado en el registro y que los certificados o constancias deben ser recientes y legalizados o apostillados.

Resolución N° 986/022 de la DGSA¹⁵³

Se centra en los fertilizantes con fines domésticos (cultivos en viviendas, jardinería y césped), estableciendo requisitos específicos para su verificación, autorización de ingreso y comercialización. Estos fertilizantes deben cumplir con estándares de composición y límites de contaminantes, y su etiquetado debe reflejar claramente el uso específico.

Adicionalmente, es necesario indicar también que existe un amplio desarrollo de Normas Técnicas Uruguayas (UNIT) específicas para el análisis y calidad de fertilizantes, cubriendo aspectos como el índice de acidificación o alcalinización, el tamaño de partículas, la determinación de potasio, azufre, humedad, calcio soluble, y biuret, entre otros.

¹⁵⁰ [HTTPS://WWW.GUB.UY/MINISTERIO-GANADERIA-AGRICULTURA-PESCA/INSTITUCIONAL/NORMATIVA/RESOLUCION-N-124021-DGSA-REGISTRO-IMPORTACION-FERTILIZANTES-MODIFICACION](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/institucional/normativa/resolucion-n-124021-dgsa-registro-importacion-fertilizantes-modificacion)

¹⁵¹ [HTTPS://WWW.GUB.UY/MINISTERIO-GANADERIA-AGRICULTURA-PESCA/INSTITUCIONAL/NORMATIVA/RESOLUCION-N-312021-DGSA-ACTUALIZACION-PROCEDIMIENTOS-REQUISITOS-TECNICOS](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/institucional/normativa/resolucion-n-312021-dgsa-actualizacion-procedimientos-requisitos-tecnicos)

¹⁵² [HTTPS://WWW.GUB.UY/MINISTERIO-GANADERIA-AGRICULTURA-PESCA/INSTITUCIONAL/NORMATIVA/RESOLUCION-N-324019-DGSA-PROCEDIMIENTO-PARA-REGISTRO-FERTILIZANTES](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/institucional/normativa/resolucion-n-324019-dgsa-procedimiento-para-registro-fertilizantes)

¹⁵³ [HTTPS://WWW.GUB.UY/MINISTERIO-GANADERIA-AGRICULTURA-PESCA/INSTITUCIONAL/NORMATIVA/RESOLUCION-N-986022-DGSA-REQUISITOS-PARA-INGRESO-PAIS-COMERCIALIZACION](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/institucional/normativa/resolucion-n-986022-dgsa-requisitos-para-ingreso-pais-comercializacion)



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán



Tabla 18. Catálogo de normas UNIT para calidad de fertilizantes

Fertilizantes		
vigente	UNIT 289:1971	Fertilizantes. Método de determinación del índice de acidificación o de alcalinización potencial.
vigente	UNIT 290:1971	Fertilizantes. Método de determinación del tamaño de partículas (tamizado en seco).
vigente	UNIT 291:1971	Fertilizantes. Método de determinación del tamaño de partículas (tamizado en húmedo).
vigente	UNIT 292:1971	Fertilizantes. Determinación del potasio. Método de tetrafenil boro sodio.
vigente	UNIT 293:1971	Fertilizantes. Método de determinación del azufre del sulfato de amonio.
vigente	UNIT 298:1971	Fertilizantes. Método para la determinación de la humedad.
vigente	UNIT 299:1971	Fertilizantes. Método para la determinación del calcio soluble en solución de ácido clorhídrico.
vigente	UNIT 300:1971	Fertilizantes. Método de determinación del Biuret en la urea.
vigente	UNIT 305:1971	Fertilizantes. Extracción y preparación de muestras.
vigente	UNIT 306:1971	Fertilizantes. Método de determinación de la acidez libre.
vigente	UNIT 307:1971	Fertilizantes. Método de determinación de la acidez libre del sulfato de amonio.
vigente	UNIT 308:1971	Fertilizantes. Método cuantitativo de determinación de nitrógeno.
vigente	UNIT 309:1971	Fertilizantes. Sulfato de amonio. Características generales.
vigente	UNIT 343:1973	Fertilizantes. Urea. Características generales.
vigente	UNIT 344:1973	Fertilizantes. Amoníaco anhidro. Método de muestreo.
vigente	UNIT 345:1973	Fertilizantes. Amoníaco anhidro. Método de determinación del aceite.
vigente	UNIT 346:1973	Fertilizantes. Amoníaco anhidro. Método de determinación del residuo por eVaporación.
vigente	UNIT 347:1973	Fertilizantes. Amoníaco anhidro. Características generales.
vigente	UNIT 348:1973	Fertilizantes. Método de determinación del fósforo total.
vigente	UNIT 349:1973	Fertilizantes. Método de determinación del fósforo asimilable.
vigente	UNIT 372:1974	Fertilizantes. Enmiendas y acondicionadores. Nomenclatura.
vigente	UNIT 373:1974	Fertilizantes. Método para la determinación del sodio por espectrofotometría de llama.
vigente	UNIT 374:1974	Fertilizantes. Método para la determinación del potasio por espectrofotometría de llama.
vigente	UNIT 375:1974	Fertilizantes. Método para la determinación del azufre.
vigente	UNIT 376:1974	Fertilizantes. Método para la determinación del residuo insoluble en ácido.
vigente	UNIT 377:1974	Fertilizantes. Método para la determinación del residuo insoluble en agua.
vigente	UNIT 384:1974	Fertilizantes. Método de determinación del fósforo soluble en agua.
vigente	UNIT 385:1974	Fertilizantes. Método de determinación de la acidez libre en superfosfatos.
vigente	UNIT 386:1974	Fertilizantes. Superfosfato simple. Características generales.
vigente	UNIT 387:1974	Fertilizantes. Superfosfato triple. Características generales.
vigente	UNIT 388:1974	Fertilizantes. Superfosfato simple amoniacal granulado. Características generales.
vigente	UNIT 389:1974	Fertilizantes. Superfosfato triple amoniacal granulado. Características generales.
vigente	UNIT 392:1975	Fertilizantes químicos compuestos. Características generales.
vigente	UNIT 393:1975	Fertilizantes químicos compuestos granulados. Características generales.
vigente	UNIT 492:1976	Fertilizantes. Nitrato de amonio. Características generales.

Estas regulaciones y normativas reflejan un esfuerzo por mantener estándares de calidad alineados con prácticas y normas internacionales, asegurando la eficacia y seguridad de los fertilizantes en Uruguay, que debería mantenerse para las futuras formulaciones que se realicen teniendo como origen hidrógeno verde.

Sí puede considerarse que existen más carencias en cuanto a la calidad en la producción del amoníaco, porque como se ha mencionado previamente, la regulación en general es más reducida y muy enfocada al uso de refrigerante como refrigerante o



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



Fomentado por:
 Ministerio Federal
de Economía
y Protección del Clima
 en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por
 giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

en su impacto ambiental (calidad del aire y del agua). En este sentido es necesario indicar que, en muchos casos, los requisitos del amoníaco a emplear como precursor en procesos industriales para la elaboración de fertilizantes no vienen recogidos por estándares al uso, sino que es un parámetro más de proceso y varía en función de la ingeniería de este.

Actualmente el Amoníaco se clasifica, de forma comercial, por “grados” según la Tabla 19, siendo el de grado C el empleado para la fabricación de fertilizantes en grandes cantidades:

Tabla 19. Clasificación del Amoníaco en forma comercial

GRADO	DESCRIPCIÓN	PUREZA	HUMEDAD	OTROS CONTAMINANTES
Premium	Metalúrgico	>99,995%	< 50 pmm	CO ₂ < 50 ppm Hierro < 1ppm Aceite < 10 ppm
R	Refrigeración	>99,98%	< 0,2 %	Aceite < 5 ppm
C	Comercial	> 99,5%	< 0,5 %	Hierro < 1ppm Aceite < 10 ppm

No obstante, sí que es conveniente indicar que, generalmente y a efectos de calidad en el proceso, en el amoníaco verde no están presente algunos de los componentes indeseables que sí están presentes en el caso del reformado, por ser las únicas contaminaciones posibles agua y oxígeno, por lo que es previsible que no sea necesario establecer requisitos especiales por parte de los fabricantes de equipos o diseñadores de plantas, sino que más bien es posible que se reduzcan estos.

De cara a las posibles mediciones en lo relativo a la calidad con respecto a la utilización del amoníaco verde para la fabricación de fertilizantes, se enumeran algunas normas que pueden emplearse para garantizar el cumplimiento de esos requisitos del proceso.

- **ISO 21877:2019:** Esta norma específica un método manual de medición, incluyendo muestreo y diferentes métodos analíticos, para la determinación de la concentración de masa de amoníaco en los gases residuales de plantas industriales, por ejemplo, plantas de combustión o agrícolas.
- **ISO 7103:1982:** Especifica el aparato y el procedimiento a utilizar para la toma de muestras de amoníaco anhidro líquido para uso industrial.
- **ISO 7105:1985** Especifica la forma de determinar el contenido en agua en el amoníaco por el método Karl Fischer.
- **ISO 7106:1985:** Establece dos métodos para la determinación del contenido de aceite no volátil a unos 105 °C en amoníaco anhidro líquido para uso industrial. Incluye un método gravimétrico y un método espectrométrico infrarrojo, aplicables a productos con un contenido de aceite igual o superior a 10 mg/kg. Esta norma podría ser necesario en el caso particular de que pudiera existir una contaminación, por ejemplo, en un hipotético compresor o bomba utilizados en el proceso.
- **ISO 7109:1985:** Soluciones de Amoníaco para uso industrial. Determinación del residuo después de evaporación por método gravimétrico.
- **ISO 7108:1985:** Soluciones de Amoníaco para uso industrial. Determinación del contenido de amoníaco, método tritimérico.
- **ISO 5314:1981 / ISO 25475:2016:** Para la determinación de nitrógeno amoniacal en fertilizantes.
- **ISO 15604:2016:** Para la determinación de diferentes formas de nitrógeno en una muestra que contenga fuentes diversas de nitrógeno (ácido nítrico, amoniacal, urea, etc.)
- **NORMAS UNE EN 12126:2022 y UNE-EN 12122:2006** de productos químicos utilizados en el tratamiento del agua destinada al consumo humano. Incluye requisitos para el amoníaco.
- **UNE 30215:1965:** Análisis físico y químico de las disoluciones acuosas de amoníaco, calidad técnica.

Finalmente, debe recordarse que no van a existir diferencias esenciales a nivel químico entre los fertilizantes obtenidos a partir de hidrógeno verde con respecto a los tradicionales, por lo que toda la operativa de aseguramiento de la calidad para estos nuevos productos podrá y deberá coexistir (al menos transitoriamente, hasta la consecución de los objetivos de descarbonización total) con la que se lleva a cabo actualmente para otros tipos de fertilizantes.

8.3 Calidad del metanol verde

A diferencia de lo que ocurre con el hidrógeno, cuya posibilidad de suministro directo a usuarios finales (en particular, a través de estaciones de repostaje o como gas combustible) motiva la elaboración de reglamentos y/o normas que definan requisitos



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



Fomentado por:

 Ministerio Federal
de Economía
y Protección del Clima
 en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por
giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

estrictos de calidad en dichos puntos de suministro, en el caso del metanol la situación es completamente diferente, debido a su carácter esencial de insumo industrial intermedio. La calidad del metanol suele estipularse, entonces, a nivel comercial en los propios contratos de compra-venta entre productores y usuarios intermedios industriales (por ejemplo, refinerías o “blenders” comercializadores de combustibles), pero en general no es objeto de reglamentación estatal.

En general, a nivel industrial se distinguen dos calidades básicas de metanol, a saber: el “fuel-grade”, tipificado para su mezcla (“blending”) con gasolina, y que normalmente refiere a una pureza en peso de entre 95% y 99%; y el metanol de calidad química (“chemical grade”), del cual se distinguen típicamente dos calidades: el metanol de grado A y el de grado AA.

Ambas calidades “químicas” (A y AA) admiten una pureza mínima del 99,85 % en peso, pero el grado AA sólo permite entre dichas impurezas (además de agua) trazas de acetona y etanol, que normalmente no pueden ser eliminadas por destilación. Una norma de referencia, al respecto, es ASTM D1152-97: *Standard Specification for Methanol*, la cual a su vez remite a otras normas ASTM para la determinación cuantitativa de los contaminantes.

En cuanto al porcentaje autorizado de *blending* de metanol con gasolina, depende de la reglamentación adoptada al respecto en cada país. Desde un punto de vista técnico, viene condicionada por el porcentaje máximo de oxígeno admisible en el análisis último del combustible (que afecta, a partir de cierto valor, a la performance del motor) y por la compatibilidad de la mezcla resultante con los materiales (incluyendo problemas de corrosión). Desde el punto de vista sanitario, se debe considerar la neurotoxicidad del metanol “puro” y en mezcla con otros combustibles.

En general, los porcentajes máximos (en volumen) de *blending* autorizados en Europa y en EEUU son del 3% y 5%, respectivamente (con un límite variable en los distintos Estados norteamericanos). En Italia se han probado mezclas con hasta el 15 % de metanol; y la provincia China de Shanxi implementó en 2002 el programa M15, que lleva este límite también al 15 %, con el agregado obligatorio (al igual que en algunos estados norteamericanos) de aditivos anticorrosivos (2). En general, se utiliza etanol, conjuntamente con metanol, para la formulación del *blending*, y la regulación establece límites para cada uno de ellos (Ref.: *Methanol Gasoline Blends. Methanol Institute, 2019*).

Tabla 20. Porcentajes máximos autorizados de metanol en *blending* con gasolina, con requisitos de aditivos y otros alcoholes co-solventes (por ejemplo, etanol)

Región	Fuente normativa	Año de Introducción	Contenido Máximo de Metanol [%] _{vol}	Contenido Máximo de alcohol co-solvente [%] _{vol}	Contenido Máximo de alcohol oxígeno [%] _{peso}	Aditivos anticorrosivos
Europa	Directiva UE	1985	3	≥ Metanol	3.7	-
U.S.A.	EPA, similar a gasolinas	1979	2.75		2	-
	EPA, Fuel Waiver específico.	1981	4.75	2.5	3.5	Se requieren
		1986	5		3.7	Se requieren
Shanxi (China)	Norma M15	2007	15	El que asegure la tolerancia al agua	7.9	Se requieren

8.4 Sistema de acreditación y certificación

El esquema existente mediante el Organismo Uruguayo de Acreditación (OUA) sería suficiente para la extensión de las normas relativas a calidad para productos con origen renovable, incluso la incorporación de otras citadas en el documento, sin que sea necesaria una modificación de los procedimientos de acreditación y certificación existentes.

Tal como ya se ha indicado en los informes precedentes, la implementación de un sistema de certificación y/u homologación de productos y sistemas integrados en la cadena de valor del hidrógeno constituye un complemento y una herramienta de enorme valor para impulsar y facilitar la regulación exitosa del sector. Los diferentes reglamentos e instrumentos regulatorios asociados (por ejemplo, normas técnicas de UNIT, instructivos técnicos de la DNB, ordenanzas departamentales, etc.) que especifiquen aspectos de calidad, seguridad, eficiencia o, en general, exijan el cumplimiento con determinados estándares nacionales o internacionales, implican en última instancia que dichas especificaciones



Ministerio de Industria, Energía y Minería



Fomentado por:

 Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima
 en virtud de una decisión del Bundestag alemán

Implementado por

 giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

puedan ser verificadas y certificadas a través de organismos certificadores competentes (preferentemente nacionales: UNIT, LATU, QUALIS FIDELIS, laboratorios de ensayos, laboratorios de calibración, etc.), que estén debidamente acreditados para ello por el OUA.

Adicionalmente, una herramienta vinculada estrechamente con lo anterior y que resulta de gran utilidad para garantizar el control, el acceso, la transparencia y la practicidad de los procesos de certificación, es la creación y el mantenimiento de registros (bases de datos) de acceso público, conteniendo la información de todos los productos y sistemas certificados u homologados. La creación y gestión de estos registros accesibles (y, muy especialmente, su permanente actualización) debería ser asumida por las respectivas Autoridades Competentes de las que emanan los instrumentos regulatorios que establecen las condiciones o requisitos sobre productos y sistemas cuyo cumplimiento se verifica, precisamente, mediante una certificación u homologación específica.



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



Fomentado por:



en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

Implementado por



9. Leyes, Decretos, Reglamentos y Normas nacionales citados

- Decreto 222/2010: Reglamento de Policía del Fuego para las Construcciones No Destinadas a Vivienda (MINT-DNB)
- Decreto 259/2021: Sistema nacional de certificación de la energía eléctrica de fuente primaria renovable (SCER)
- Decreto 307/2009: Reglamentación para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (MTSS)
- Decreto 332/2003: Plan de Respuesta ante Emergencias con Mercancías Peligrosas en Rutas Nacionales y Caminos Departamentales (MDN)
- Decreto 349/2005: Reglamento de evaluación de impacto ambiental y autorizaciones ambientales (MVOTMA-DINAMA)
- Decreto PE 30/020: Reglamentación de la Ley 19.525, la Cual Aprueba las Directrices Nacionales de
- Decreto PE 86/004: Aprobación de la Reglamentación De Norma Técnica de Construcción de Pozos Perforados Para captación de Agua subterránea
- Ley 14859: Aprobación del Código de Aguas
- Ley 16466: Ley de Evaluación del Impacto Ambiental
- Ley 18610: Ley de Política Nacional de Aguas
- Ley 18308: Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (06/2008)
- Ley 19525: Aprobación de las Directrices Nacionales de Ordenamiento territorial y Desarrollo Sostenible
- Ley 20075, Art. 237: Aprobación de Rendición de Cuentas y Balance Nacional, Ejercicio 2021. Servidumbres para infraestructura de hidrógeno y derivados
- RIFGC (2014): Reglamento de Instalaciones Fijas de Gas Combustible (URSEA)
- RIFGC (2014): Reglamento de Instalaciones Fijas de Gas Combustible (URSEA)
- RNCV (2009): Reglamento Nacional de Circulación Vial (MTOPI)
- RSECL (2019) Reglamento de Seguridad de Instalaciones y Equipos destinados al Expendio de Combustibles Líquidos (URSEA)
- RTMPC (2003): Reglamento de Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (MTOPI)
- RTSGLP (2004): Reglamento Técnico y de Seguridad de Instalaciones y Equipos destinados al manejo del GLP (URSEA)
- Instrumentos de Ordenamiento Territorial de GDs (<https://www.gub.uy/ministerio-vivienda-ordenamiento-territorial/tramites-y-servicios/servicios/inventario-nacional-ordenamiento-territorial>)

10. Acrónimos

ADME	Administrador del Mercado Eléctrico del Uruguay
ANCAP	Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland
ANEP	Administración Nacional de Educación Pública
CETP	Consejo de Educación Técnica Profesional
DINAMA	(Ex) Dirección Nacional de Medio Ambiente
DNA	Dirección Nacional de Aduanas
DNB	Dirección Nacional de Bomberos
DNCEA	Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental
DNE	Dirección Nacional de Energía
DNT	Dirección Nacional de Transporte
GC	Gobierno Central
GCDS	Gasoducto Cruz del Sur
GDs	Gobiernos Departamentales
IM	Intendencia de Montevideo
MEC	Ministerio de Educación y Cultura
MDA	Ministerio de Ambiente
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
MG	Montevideo Gas
MIEM	Ministerio de Industria y Energía
MINT	Ministerio del Interior
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
MVOT	Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial
MVOTMA	(Ex) Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
OUA	Organismo Uruguayo de Acreditación
SIME	Servicio de Instalaciones Mecánicas y Eléctricas
UDELAR	Universidad de la República
UNIT	Instituto Uruguayo de Normas Técnicas
UNVENU	Unión de Vendedores de Nafta del Uruguay
URSEA	Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua
UUPP	Universidades Privadas del Uruguay
UTE	Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas



Ministerio
de Industria,
Energía y Minería



Fomentado por:



Ministerio Federal
de Economía
y Protección del Clima

Implementado por



Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

en virtud de una decisión
del Bundestag alemán

11. Bibliografía

- 1.- FEDERAL OVERSIGHT OF HYDROGEN SYSTEMS; Austin R. Baird, Brian D. Ehrhart, Austin M. Glover, Chris B. LaFleur; Sandia National Laboratories; USA; 2021.
- 2.- HYDROGEN BLENDING STANDARDS: UK-CANADA-US KNOWLEDGE SHARING AND COLLABORATION BUILDING; Steffan Eldred; Innovate UK KTN; United Kingdom; 2022.
- 3.- GUÍA LEGAL HIDRÓGENO; Patricia Arrázola-Bustillo, José Luís Palacios, Juan Felipe Pulecio; Gómez-Pinzón; Colombia; 2022
- 4.- PROPOSICIÓN DE ESTRATEGIA REGULATORIA DEL HIDRÓGENO PARA CHILE.; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH; Chile; 2020.
- 5.- HIDRÓGENO - CADENAS DE VALOR Y LEGISLACIÓN INTERNACIONAL.; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH; Chile; 2020.
- 6.- ESTÁNDARES DE SOSTENIBILIDAD PARA LA REGULACIÓN DEL MERCADO DE HIDRÓGENO. ESTUDIO DE CERTIFICACIÓN DE HIDRÓGENO; Ana Ángel, Juan Sebastián Márquez; Banco Interamericano de Desarrollo División de Energía; 2022.
- 7.- SPAIN: CURRENT REGULATORY FRAMEWORK FOR GREEN HYDROGEN; Jaime Almenar; José Luis Zamarro; José Guardo; Marc Casas; Clifford Chace; España; 2023.
- 8.- HYDROGEN EUROPE POSITION PAPER. A REGULATORY FRAMEWORK FIT FOR A EUROPEAN HYDROGEN MARKET; Hydrogen Europe; 2022.
- 9.- HYDROGEN BLENDING INTO NATURAL GAS PIPELINE INFRASTRUCTURE: REVIEW OF THE STATE OF TECHNOLOGY; Kevin Topolski et al.; National Renewable Energy Laboratory; USA; 2022.
- 10.- HORIZONTAL POSITION PAPER. GAS GRID ISSUES; Dennis Hayter; HyLAW - Comisión Europea.; 2019
- 11.- HYDROGEN REGULATIONS BY JURISDICTION AND CHANGING TRANSMISSION SYSTEMS; Reed Smith LLP; USA; 2022.
- 12.- FEDERAL HYDROGEN REGULATION IN THE UNITED STATES: WHERE WE ARE AND WHERE WE MIGHT BE GOING; Damien Lyster; Vinson & Elkins LLP; USA; 2020.
- 13.- FACING THE FUTURE OF HYDROGEN: AN INTERNATIONAL GUIDE; CMS Legal Services EEIG; 2021.
- 14.- STATE OF THE ART ON HYDROGEN TECHNOLOGIES AND INFRASTRUCTURES REGARDING A MULTI-FUEL STATION ENVIRONMENT; Deborah Houssin et al.; MultHyFuel; 2021.
- 15.- HYDROGEN STATION PERMITTING GUIDEBOOK; California Governor's Office of Business and Economic Development (GO-Biz); USA; 2020.
- 16.- GUÍA TÉCNICA: SEGURIDAD DEL HIDRÓGENO; BEQUINOR Asociación Nacional de Normalización de Bienes de Equipo y Seguridad Industrial; España; 2023.
- 17.- HYDROGEN FUEL STATIONS IN CALIFORNIA: A PRACTICAL GUIDE TO PERMITTING AND CEQA REVIEW; ARNOLD & PORTER LLP; USA; 2015.
- 18.- HYDROGEN SAFETY FOR ENERGY APPLICATIONS. ENGINEERING DESIGN, RISK ASSESSMENT, AND CODES AND STANDARDS; Alexei Kotchourko, Thomas Jordan; Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier; Alemania; 2022.
- 19.- HY4HEAT WORK PACKAGE 2 HYDROGEN PURITY. FINAL REPORT; Department for Business, Energy & Industrial Strategy; United Kingdom; 2019.