

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN– REY BALDUINO DE BÉLGICA

**EVALUACIÓN AMBIENTAL, DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL
PRELIMINAR EN LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE EN CHILE,
APLICANDO UNA MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE ASPECTOS
AMBIENTALES Y RIESGOS.**

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de INGENIERO EN PREVENCIÓN
DE RIESGOS LABORALES Y AMBIENTALES

Alumno:

Carolina Isla Roco

Profesor Guía:

Víctor Lizama Molina

ÍNDICE

Introducción:..... 1

Objetivo: 2

Objetivo General:.....2

Objetivos Específicos:.....2

Alcance: 3

1. CAPITULO 1: CARACTERIZACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN 4

1.1. Quintero.....5

1.2. Planta de producción de Hidrógeno Verde en Quintero 5

1.3. Breve descripción del proyecto 6

2. CAPITULO 2: MARCO TEORICO Y LEGISLATIVO 7

2.1. Cambio Climático:.....8

2.2. Efectos del cambio climático:.....8

2.3. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: 9

2.4. Protocolo de Kyoto: 9

2.5. Acuerdo de Paris en Chile: 10

2.6. Hidrogeno 10

2.6.1. Procesos de reformado:.....11

2.6.2. Reformado de vapor de agua: 11

2.6.3. Oxidación parcial: 11

2.6.4. Reformado autotérmico: 11

2.6.5. Proceso de Pirolisis: 12

2.6.6. Procesos de gasificación: 12

2.6.7. Termólisis: 12

2.6.8. Electrolisis: 13

2.6.8.1. Electrólisis a baja temperatura:.....13

2.6.8.2. Electrólisis de alta temperatura: 14

2.6.9. Fermentación: 14

2.6.9.1. Fermentación alcohólica: 15

2.6.9.2. Fermentación anaerobia:.....15

2.6.10. Procesos fotolíticos:.....15

2.6.11. Procesos fotobiológicos: 15

2.6.12. Procesos fotoelectroquímicos:.....15

2.6.13. Energías renovables:.....16

2.6.14. Energías renovables en Chile: 17

2.6.15. Normas Nacionales 18

2.6.16. Normas Internacionales:.....19

3. CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA 21

4. CAPITULO 4: MATRIZ DE ASPECTOS E IMPACTO AMBIENTAL.23

4.1. Matriz de aspectos e impacto ambiental.....24

4.2. Identificación de la actividad 24

4.3.	Continuidad de la actividad.....	24
4.4.	Aspectos ambientales.....	24
4.5.	Impacto ambiental	24
4.6.	Valoración del impacto.....	25
4.7.	Significancia del impacto/ Interpretación de resultados	26
4.8.	Determinación de controles.....	26
4.9.	Valoración del control y significancia del impacto.....	26
4.10.	Revisión	26
5.	CAPITULO 5: MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	27
5.1.	Identificación de la actividad	28
5.2.	Puesto de trabajo	28
5.3.	Acto.....	28
5.4.	Fuente o situación	28
5.5.	Incidente	28
5.6.	Medida de control	28
5.7.	Nivel de riesgo.....	29
5.8.	Revisión.....	29
6.	CAPITULO 6: RESULTADOS.....	30
6.1.	Matriz de aspectos e impactos ambientales.....	31
6.2.	Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos	35
6.3.	Resultados de Matriz de aspectos e impactos ambientales	37
6.3.1.	Frecuencia	37
6.3.2.	Potencial de daño	37
6.3.3.	Partes interesadas	38
6.3.4.	Legal.....	38
6.4.	Resultados de Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos.....	39
7.	CAPITULO 7: CONCLUSIÓN	40
8.	CAPITULO 8: RECOMENDACIONES.....	42
	BIBLIOGRAFÍA	44

Introducción.

El mundo entero se ve afectado estas últimas décadas debido a la contaminación ambiental guiada por el desarrollo, las nuevas tecnologías y la industria.

Es por ello, que Chile enfrenta un gran desafío, como lo es la carbono neutralidad antes del 2050, por lo cual es fundamental apoyar y facilitar el cumplimiento de esta meta y es así, como la aspiración del Gobierno es acelerar la incorporación de las energías renovables no convencionales (ERNC) en nuestra matriz energética, de manera que éstas puedan alcanzar un mayor porcentaje de representación de la misma.

Una posible solución para hacer gestionables estas energías, es la producción de hidrógeno verde a partir de estas fuentes energéticas.

Actualmente, Chile tiene un potencial renovable envidiable tanto en el norte como en el sur, es por esto que es necesario analizar el efecto que puede generar la producción, almacenamiento y distribución del hidrógeno verde en Chile.

Por lo cual en este informe se podrá observar a través de una matriz de aspectos e impactos ambientales, tomando como modelo la planta de producción de Hidrogeno Verde en Quintero, en donde se analizan todos procesos de la producción, almacenamiento, distribución y producción de desechos.

Por otro lado, también se realiza una identificación de peligros y evaluación de riesgos en dicha planta antes mencionada.

No cabe duda alguna que Chile es un gran exponente para desarrollar esta energía renovable no convencional y ser un modelo a seguir para que países desarrollados o en vías de desarrollo ayuden a mitigar el cambio climático.

Objetivo.

Objetivo General.

Evaluación ambiental, de seguridad y salud ocupacional preliminar en la producción de hidrógeno verde en Chile, aplicando una matriz de identificación y evaluación de aspectos ambientales y riesgos.

Objetivos Específicos.

- Analizar la actual composición de la matriz energética chilena, según los antecedentes de la Comisión Nacional de Energía (CNE).
- Describir el proceso de generación de Hidrógeno verde, identificando los aspectos ambientales, así como los peligros en cada una de sus etapas productivas.
- Evaluar los aspectos ambientales, así como los riesgos de seguridad y salud ocupacional del proceso de generación de hidrógeno, determinando los niveles de criticidad de cada uno de ellos.
- Proponer medidas de control según la criticidad de los riesgos en seguridad y salud ocupacional, así como los impactos ambientales evaluados.

Alcance.

Análisis del impacto ambiental, seguridad y salud ocupacional, que generará la producción de hidrógeno verde, a través de la implementación de una matriz de aspectos ambientales y de riesgos en Chile para plantas menores a 10 MW de potencia instalada, con el fin de potenciar el desarrollo de este tipo de combustible.

Además, se implementará el uso de la norma ISO 14001 del 2017 y la norma ISO 45001 de 2018, de donde se obtendrán las directrices para el análisis de la producción, almacenamiento y transporte del hidrógeno verde como combustible.

1. CAPITULO 1: CARACTERIZACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

1.1. Quintero.

Quintero es una comuna costera perteneciente a la provincia de Valparaíso, región de Valparaíso y debe su nombre, de acuerdo a la tradición y algunos historiadores, a la llegada a su bahía de la pequeña Nao «Santiaguillo», comandada por el joven piloto andaluz Alonso De Quintero, cuya misión era apoyar y abastecer por mar la expedición del descubridor Diego de Almagro, que viajaba por tierra. Hecho ocurrido a mediados de agosto de 1536. (I municipalidad de Quintero, 2022)

Definir las coordenadas geográficas de Quintero (altitud y latitud) no es un oficio tan sencillo como parece. Generalmente estas coordenadas están ligadas a un punto en donde queda el centro de la ciudad. Pero usted debe saber que estas coordenadas del centro de la Quintero pueden variar dependiendo del servidor cartográfico que se consulte. Sistema de coordenadas usado: latitud, desde -90° hasta 90°; longitud, desde -180° hasta 180°; en grados (°). (Salida y puesta de sol, 2022)

1.2. Planta de producción de Hidrógeno Verde en Quintero.

Antecedentes del titular y representante legal

Nombre del Titular	GNL Quintero S.A.
R.U.T.	76.788.080-4
Dirección	Rosario Norte 532, oficina 1604, Las Condes.
Ciudad	Santiago
Teléfono	+56 22499 0900
Nombre Representante Legal (1):	Antonio Bacigalupo Gittins
Cédula Nacional de Identidad	14.459.337-5
Dirección	Rosario Norte 532, oficina 1604, Las Condes.
Ciudad	Santiago
Teléfono	+56 224990900
e-mail	antonio.bacigalupo@gnlquintero.com
Nombre Representante Legal (2):	Claudio Villanueva Barzelatto
Cédula Nacional de Identidad	10.654.749-4
Dirección	Rosario Norte 532, oficina 1604, Las Condes.
Ciudad	Santiago
Teléfono	+56 224990900
e-mail	claudio.villanueva@gnlquintero.com

1.3. Breve descripción del proyecto.

El Proyecto consiste en la construcción y operación de una planta de electrólisis para la generación de “hidrógeno verde” a partir de agua (H_2O) y electricidad generada a través de fuentes renovables, con una potencia nominal de 10 MW y considera una producción de hidrógeno inicial del orden de 430 t/año, con una producción promedio diaria de 1.200 kg/día aproximadamente.

Este sistema de electrólisis separa las moléculas de agua en moléculas de gases de hidrógeno (H_2) y oxígeno (O_2) a través de una corriente eléctrica continua aplicada mediante electrodos. (SGA Ambiental, 2021).

La “Planta de Producción de Hidrógeno Verde en Quintero” será desarrollada por GNL Quintero, Enagás y Acciona. En conjunto, estas tres organizaciones suman una vasta experiencia nacional e internacional desarrollando proyectos energéticos de gran escala y poseen conocimientos específicos de gran valor para el desarrollo de proyectos de hidrógeno verde. (SGA Ambiental, 2021)

El Proyecto ocupará una superficie aproximada de 0,68 ha, dentro del predio donde se ubica actualmente la planta de regasificación de gas natural de GNL Quintero, en la bahía de Quintero, en las comunas de Quintero y Puchuncaví, Región de Valparaíso. El Proyecto considera su conexión al Sistema Eléctrico Nacional mediante la construcción de una línea de alta tensión de 110 kV de 345 m de longitud aproximada, cuyo trazado irá enterrado en el interior de la propiedad de GNL Quintero desde la subestación eléctrica existente denominada “Main Substation” hasta una nueva subestación de la planta de generación de hidrógeno. Esta línea eléctrica suministrará toda la electricidad requerida por el funcionamiento de las nuevas instalaciones de la planta de hidrógeno. La totalidad de la energía eléctrica que consuma el proyecto, para producir las cantidades de hidrógeno señaladas, provendrá únicamente de fuentes de generación de energía renovables. Para ello se cuenta con la experiencia de ACCIONA Energía, que tiene un portafolio de generación en Chile conformado sólo por plantas solares y eólicas. De esta manera el hidrógeno que se obtendrá en la planta corresponde a “hidrógeno verde” (en adelante también “ H_2 verde” o “ H_2V ”). (SGA Ambiental, 2021)

2. CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO Y LEGISLATIVO

2.1. Cambio Climático.

El cambio climático es considerado uno de los problemas ambientales más importantes de nuestro tiempo, y puede definirse como todo cambio significativo en el sistema climático del planeta, que permanece por décadas o más tiempo. (IPCC, 2014)

El cambio climático puede darse por causas naturales, o como resultado de actividades humanas.

El calentamiento global es la manifestación más evidente del cambio climático, y se refiere al incremento promedio de las temperaturas terrestres y marinas a nivel global. En las tres últimas décadas la superficie de la Tierra se ha vuelto cada vez más cálida, y se han superado los registros de cualquier época precedente a 1850.

A pesar de que el clima del planeta ha cambiado a lo largo del tiempo en forma natural, existen claras evidencias de que el cambio climático puede ser atribuido a efectos ocasionados por actividades humanas, y es que el clima de la Tierra es producto de la constante y compleja interacción entre la atmósfera, los océanos, las capas de hielo, los continentes y los seres vivos, en donde el Sol es su principal fuente de energía.

Desde la Revolución Industrial, nuestra forma de producir y consumir tanto energía como alimentos, ha modificado la composición de la atmósfera por la quema de combustibles fósiles y la degradación de los ecosistemas, aumentado la cantidad de gases de efecto invernadero, y con esto, el clima. Algunos de los efectos climáticos generados por el aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) son:

2.2. Efectos del cambio climático:

- Aumento de la temperatura global de la atmósfera y los océanos.
- Temperaturas extremas.
- Derretimiento de los glaciares.
- Cambios en los patrones de lluvia.
- Sequías.
- Inundaciones.
- Aumento del nivel del mar.
- Cambio en la distribución de especies.
- Desacoplamiento de los procesos biológicos.
- Acidificación de los océanos.
- Incremento en la intensidad y frecuencia de tormentas y huracanes.

Debido a la preocupación que ha generado el cambio climático, y el calentamiento global se han generado diferentes instancias en las cuales se ha discutido la forma de mitigar los efectos generados por la excesiva producción de gases de efecto invernadero (GEI). Entre estos acuerdos se encuentran:

2.3. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), también conocida como la 'Cumbre para la Tierra', tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil, del 3 al 14 de junio de 1992.

En la Cumbre para la Tierra de 1992 se reconoció internacionalmente el hecho de que la protección del medio ambiente y la administración de los recursos naturales deben integrarse en las cuestiones socio-económicas de pobreza y subdesarrollo. Esta idea ha sido recogida en la definición del término desarrollo sostenible hecha por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (la Comisión Brundtland) en 1987 como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Este concepto fue diseñado para satisfacer los requisitos de los partidarios del desarrollo económico, así como los requisitos de los que están interesados principalmente en la conservación medio ambiental.

2.4. Protocolo de Kyoto.

El Protocolo de Kyoto fue aprobado el 11 de diciembre de 1997. Debido a un complejo proceso de ratificación, entró en vigor el 16 de febrero de 2005. Actualmente, hay 192 Partes en el Protocolo de Kyoto.

El protocolo estableció mecanismos especiales para que los países firmantes pudieran cumplir sus objetivos tanto ejecutando medidas nacionales como aplicando mecanismos de mercado que, a grandes rasgos, son éstas:

- Comercio internacional de emisiones: Las emisiones permitidas se dividen en unidades de cantidad asignada. Así, los países que tengan unidades de sobra (permitidas, pero no utilizadas) pueden vender su stock a otros países que superen sus objetivos.
- Mecanismo de desarrollo limpio: Por el cual un país puede implementar un proyecto de reducción de emisiones en países en desarrollo. Así, adquirirá una especie de créditos vendibles que cuentan para la consecución de sus objetivos.

- Implementación conjunta:** Se trata de una colaboración flexible entre países; el país anfitrión obtiene beneficios de la inversión extranjera y la tecnología y el país inversor obtiene unidades de reducción de emisiones que le ayudan a alcanzar el objetivo.

2.5. Acuerdo de Paris en Chile.

El 12 diciembre de 2015, en la COP21 de París, las Partes de la CMNUCC alcanzaron un acuerdo histórico para combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones e inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono.

El objetivo central del Acuerdo de París es reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático manteniendo el aumento de la temperatura mundial en este siglo muy por debajo de los 2 grados centígrados por encima de los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1,5 grados centígrados. Además, el acuerdo tiene por objeto aumentar la capacidad de los países para hacer frente a los efectos del cambio climático y lograr que las corrientes de financiación sean coherentes con un nivel bajo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y una trayectoria resistente al clima.

La COP que se iba a celebrar en Glasgow en 2020 se aplazó por la pandemia a 2021, y será ahí donde y cuando se decida si se mantienen los compromisos por parte de todos los países firmantes. Incluyendo Chile, que firmó el acuerdo para alcanzar la carbono neutralidad antes del 2050.

2.6. Hidrogeno.

El hidrogeno es el más sencillo y ligero de todos los elementos, además es el responsable del brillo de las estrellas y fuente de la energía del sol, es el elemento más abundante del universo, es un gas incoloro, inodoro y no tóxico. El átomo de hidrogeno está formada sólo por un protón y un electrón. Tiene una densidad de 0,0899 kg/Nm³ en estado gaseoso y un poder calorífico que varía entre 120 y 141,86 MJ/kg (Asencio, 2007).

	Densidad [kg/m³]	Energía almacenada		
		Volumen [kWh/m³]	Volumen [kWh/Nm³]	Masa [kWh/kg]
H ₂ líquido (1 bar; -252,8°C)	70,71	2.375	3	33,59
H ₂ gas (300 bar; 25°C)	20,55	690		
H ₂ gas (700 bar; 25°C)	47,96	1.611		
Gas natural (1 bar; 25°C)	0,65	9,1	10	13,93
Butano líquido (25°C)	550	7.000	33	12,73
Gasolina	750	9.270	–	12,36

Fuente 1. El hidrogeno y la energía

Puesto que el hidrógeno no se encuentra aislado en la naturaleza es preciso obtenerlo a partir de otras materias primas llevando a cabo ciertos procesos de transformación, dentro de los cuales tenemos (Soria, 2007):

2.6.1. Procesos de reformado.

Los procesos de reformado son los más habituales hoy día para la obtención de hidrógeno. Desde un punto de vista termodinámico se pueden clasificar en endotérmicos y exotérmicos. Los primeros requieren el aporte de calor desde una fuente externa, como en el reformado con vapor de agua; los segundos liberan calor en la reacción, siendo el caso de la oxidación parcial. En el reformado autotérmico se produce una combinación de los dos procesos, obteniéndose un balance neto de calor nulo. (Hurtado, 2004)

2.6.2. Reformado de vapor de agua.

El proceso de reformado con vapor de agua (SMR, “Steam Methane Reformer”) se puede aplicar a gran variedad de hidrocarburos (gas natural, GLPs, hidrocarburos líquidos, etc.) y alcoholes. De todos ellos el más utilizado por su disponibilidad y facilidad de manejo es el gas natural, que es para el que se particularizarán las reacciones químicas expuestas seguidamente. (Hurtado, 2004)

2.6.3. Oxidación parcial.

La oxidación parcial (POX, “Partial OXidation”) consiste en una oxidación incompleta de un hidrocarburo, por ejemplo, gas natural, donde sólo se oxida el carbono (y sólo hasta CO), quedando libre el hidrógeno. La entalpía estándar de reacción es de -36 kJ/mol, siendo por tanto una reacción exotérmica, pudiendo así prescindir de quemadores externos para mantener la reacción. (Hurtado, 2004)

2.6.4. Reformado autotérmico.

El reformado autotérmico (ATR, “Auto-Thermal Reforming”) es un proceso bien estudiado aplicado industrialmente en grandes unidades centralizadas. Sólo recientemente se ha trasladado esta tecnología a pequeños equipos. Se trata de un método que combina el SMR y el POX, de modo que el calor liberado en el último se aproveche para el primero, dando lugar a un balance neto nulo. El CO producido es desplazado con agua para producir más hidrógeno y CO₂. La eficiencia del proceso es similar a la del método de oxidación parcial. (Hurtado, 2004)

2.6.5. Proceso de Pirolisis.

La pirólisis consiste en la descomposición de un combustible sólido (carbón o biomasa) mediante la acción de calor (normalmente a unos 450°C para la biomasa y 1.200°C para el carbón) en ausencia de oxígeno. Los productos finales de este proceso dependen de la naturaleza del combustible empleado, de la temperatura y presión de la operación y de los tiempos de permanencia del material en la unidad. Los productos que se pueden obtener son: (Hurtado, 2004)

- Gases compuestos por H_2 , CO, CO_2 e hidrocarburos (normalmente metano).
- Líquidos hidrocarbonados.
- Residuos carbonosos (coque).

2.6.6. Procesos de gasificación.

El proceso de gasificación consiste en una combustión con defecto de oxígeno en la que se obtiene CO, CO_2 , H_2 y CH_4 , en proporciones diversas según la composición de la materia prima y las condiciones del proceso. El oxígeno se limita entre un 10 y un 50% del estequiométrico y la temperatura oscila entre 700 y 1.500°C. La gasificación puede aplicarse tanto a la biomasa como al carbón. (Hurtado, 2004)

2.6.7. Termólisis.

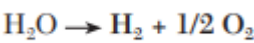
Los procesos de termólisis implican la extracción del hidrógeno de la molécula que lo alberga (hidrocarburo o agua) mediante la aplicación de calor. Bajo esta definición el reformado, la gasificación y la pirólisis se pueden entender como procesos de termólisis. La consideración de estos procesos como métodos químicos o termolíticos depende de la fuente de calor empleada. Así, se habla de procesos químicos, en el sentido del apartado anterior, cuando el calor para el proceso se extrae de la propia materia prima a través de una combustión; por el contrario, se habla de procesos de termólisis cuando el calor procede de una fuente externa, como la energía solar concentrada o la energía nuclear de alta temperatura.

Los principales tipos de procesos termolíticos se pueden agrupar en función de la temperatura de operación en tres clases de procesos. El proceso que mayor temperatura requiere es la termólisis directa del agua, que se verifica a partir de 2.500 K y por tanto resulta inabordable en la práctica. A temperatura intermedia (Clase II) se tienen los procesos de descarbonización (pirólisis, gasificación y reformado), situados todos alrededor de 1.000 K y ya tratados en el apartado de conversión química. La inclusión en esta sección se debe a que el aporte de calor se realiza con una fuente externa (solar o nuclear de alta temperatura). También pertenecen a la Clase II las reacciones de reducción de óxidos metálicos que se sitúan en un nivel superior de temperaturas, sobre los

2.500 K. Por último, a “baja temperatura” (entre 900 y 1.000 K) se verifican ciertos ciclos termoquímicos, de los que el de yodo-azufre es el más prometedor. (Hurtado, 2004)

2.6.8. Electrolisis.

La electrolisis consiste en la ruptura de la molécula de agua por acción de una corriente eléctrica. Cuando ocurre en condiciones ambiente (25°C y 1 atm) se trata de un proceso poco interesante, como muestra el balance energético llevado a cabo sobre la Ecuación



Se obtiene que la electricidad (Δg) necesaria para disociar 1 mol de H₂O líquido a 25°C es 237,75 kJ, resultando 1 mol de H₂. Como el poder calorífico inferior del hidrógeno es de 241,82 kJ/mol resulta que se consumen 237,75 kJ eléctricos por cada 241,82 kJ contenidos en el hidrógeno, es decir, se producen 1,02 kJ de hidrógeno por cada kJ eléctrico consumido. Sin embargo, si la reacción transcurre con vapor de agua a 1.000°C se producen 1,36 kJ de hidrógeno por cada kJ eléctrico consumido

La demanda eléctrica se va reduciendo a medida que la temperatura a la que se verifica la electrólisis aumenta, siendo la reducción mucho más significativa cuando el proceso ocurre con vapor de agua que con agua líquida. La demanda eléctrica se reduce principalmente porque aumenta la demanda térmica (TΔs), que a 1.000°C representa un 29,8% de la energía contenida en el hidrógeno producido. (Hurtado, 2004)

Balances termodinámicos a diferentes temperaturas y 1 atm

	Δh [kJ/mol]	TΔs[kJ/mol]	Δg[kJ/mol]
25°C	286,43	48,72	237,75
1.000°C	249,87	72,17	177,66

Fuente 2. El hidrogeno y la energía
Ilustración 2. Balances termodinámicos

Los resultados anteriores sugieren por tanto dos formas de llevar a cabo la electrólisis:

2.6.8.1. Electrólisis a baja temperatura.

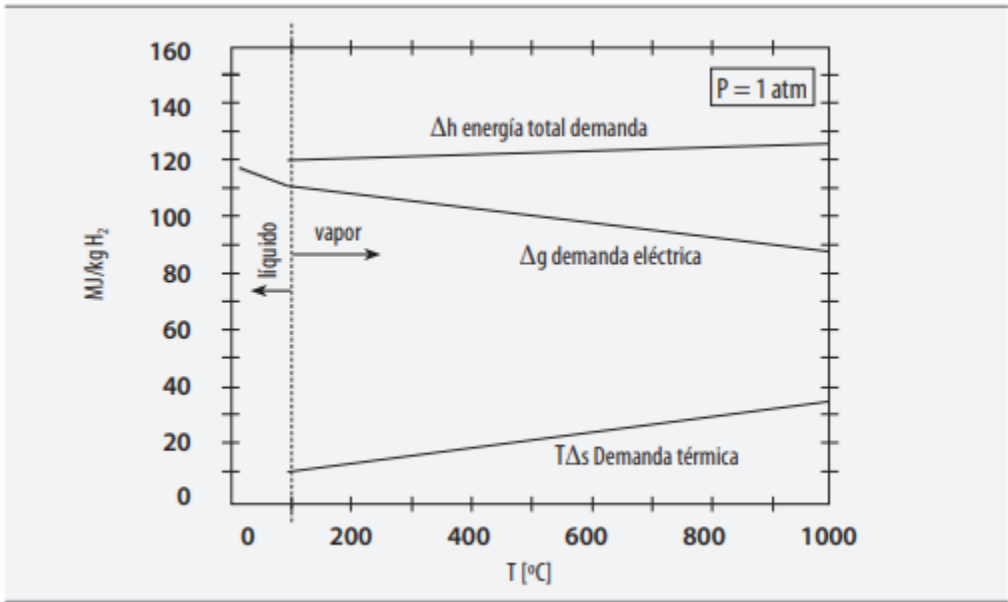
El consumo eléctrico es muy elevado, del orden de la energía contenida en el hidrógeno producido. Si ese hidrógeno se emplea para producir electricidad mediante una pila de combustible con un rendimiento menor del 60% resulta un balance energético deficitario en electricidad. Este

procedimiento, por tanto, sólo se justifica para obtener hidrógeno “in situ” en pequeñas cantidades y en ausencia de otro tipo de suministros. Otra alternativa puede ser la integración con energías renovables (principalmente eólica) en la que se busque una forma de almacenar el potencial eólico excedentario. La temperatura de operación realmente no es 25°C sino hasta 80°C en electrolizadores alcalinos o de membrana de intercambio protónico. (Hurtado, 2004)

2.6.8.2. Electrólisis de alta temperatura.

El consumo de electricidad, siendo alto, comienza a resultar aceptable. Para esta operación se precisa disponer de vapor de agua y de una fuente térmica de elevada temperatura, que puede ser energía solar concentrada o energía nuclear de reactores avanzados, como se explicará más adelante. Los electrolizadores también han de ser modificados, pasando a ser de óxidos sólidos. (Hurtado, 2004)

Demandas energéticas del proceso electrolítico a presión ambiente en función de la temperatura



Fuente 3. El hidrogeno y la energía
Ilustración 3. Demandas energéticas en función de la temperatura

2.6.9. Fermentación.

Dentro de las formas de producir hidrógeno a partir de biomasa destacan las técnicas de fermentación, que pueden ser de tipo alcohólica o de tipo anaeróbica. (Hurtado, 2004)

2.6.9.1. Fermentación alcohólica.

Las plantas almacenan la energía solar captada en forma de hidratos de carbono simples (azúcares) o complejos (almidón o celulosa), a partir de los que se puede obtener etanol por fermentación. (Hurtado, 2004)

2.6.9.2. Fermentación anaerobia.

También conocida como digestión anaerobia, se trata de una fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que produce una mezcla de gases (principalmente CH_4 y CO_2) conocida como biogás, y a una suspensión acuosa o lodo que contiene los componentes difíciles de degradar y los minerales inicialmente presentes en la biomasa. (Hurtado, 2004).

2.6.10. Procesos fotolíticos.

Los procesos fotolíticos emplean la luz solar para producir la hidrólisis del agua. Actualmente se conocen dos procedimientos: los fotobiológicos y los fotoelectroquímicos. En ambos casos se trata de procedimientos actualmente en investigación y que se plantean para largo plazo. (Hurtado, 2004)

2.6.11. Procesos fotobiológicos.

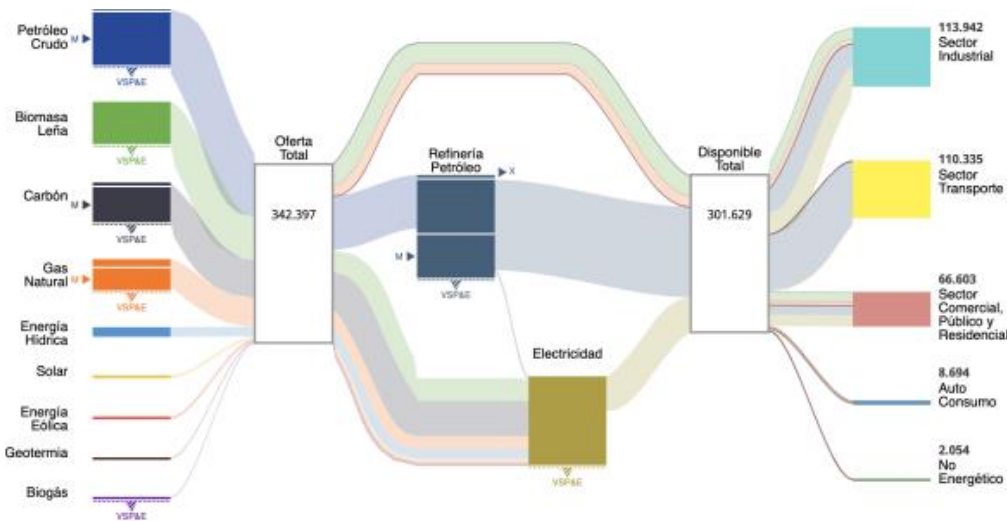
Algunos organismos como las algas verdes, cianobacterias, bacterias fotosintéticas y bacterias de fermentación oscura pueden actuar como catalizadores biológicos para producir hidrógeno a partir de agua y ciertas enzimas como la hidrogenasa y la nitrogenasa. (Hurtado, 2004)

2.6.12. Procesos fotoelectroquímicos.

En este proceso se trata de lograr la electrólisis del agua utilizando la luz solar mediante semiconductores especializados. Diferentes materiales semiconductores trabajan en diferentes longitudes de onda, de manera que las investigaciones se centran en seleccionar aquellos que disocien el agua y sean estables en ella. El atractivo de este procedimiento radica en que ofrece gran potencial de reducción de costes, presenta una eficiencia un 30% mayor que la electrólisis realizada con células fotovoltaicas y en laboratorios se ha obtenido una eficiencia de conversión sol- H_2 de hasta el 16%. (Hurtado, 2004)

2.6.13. Energías renovables.

En la actualidad las energías renovables en Chile, no poseen un completo desarrollo debido a intermitencia en la producción de energía, ya que las energías solares, dependen exclusivamente de las horas de sol, y la energía eólica, de las ráfagas o periodos de viento, lo cual se puede corroborar con lo expuesto en la ilustración 4, la cual corresponde a la actual matriz energética de Chile, con una dependencia de energías fósiles como lo son el petróleo, carbón y gas natural.



Fuente 4. Ministerio de Energía (2021)

Ilustración 4. Matriz energética de Chile

Además, en la ilustración 4 se puede apreciar la poca participación de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC), ya que, de las 342.397 Teracalorías, sólo el 32% corresponde a las ERNC (García, 2021). La mayor parte la utiliza el sector industrial, seguido por el sector transporte, luego el sector comercial, público y residencial, el autoconsumo y finalmente no energético. Es por esto que es importante la utilización de un vector energético, el cual sea capaz de almacenar todo el potencial de las ERNC, pero que a su vez no genere contaminación y se pueda utilizar como combustible.

Es aquí donde destacan 2 elementos principales como solución a esta problemática, las energías renovables que presentan un gran atractivo para la producción de hidrógeno (vector energético) debido a su gran diversidad y su nula emisión de gases de efecto invernadero. Así, y según las predicciones del proyecto HyNET, hoy día son posibles los procedimientos de electrólisis de baja temperatura con energía eólica o fotovoltaica, la gasificación de biomasa por medios solares, con el fin de poder comenzar con el proceso de descarbonización e independencia de combustibles fósiles mediante energía solar o eólica, como también la generación de procesos termoquímicos o fotoquímicos con energía solar.

Según lo anterior, sumado con el actual proceso productivo de hidrógeno procedente de combustibles fósiles, se prevé que a mediano plazo las energías renovables producirán la descarbonización e independencia de dichos combustibles para alcanzar a largo plazo la separación termolítica del agua mediante ciclos termoquímicos. En todo este escenario, como se ve, se da un enorme peso a la energía solar de alta temperatura como medio centralizado y masivo de producción de hidrógeno. (Hurtado, 2004)

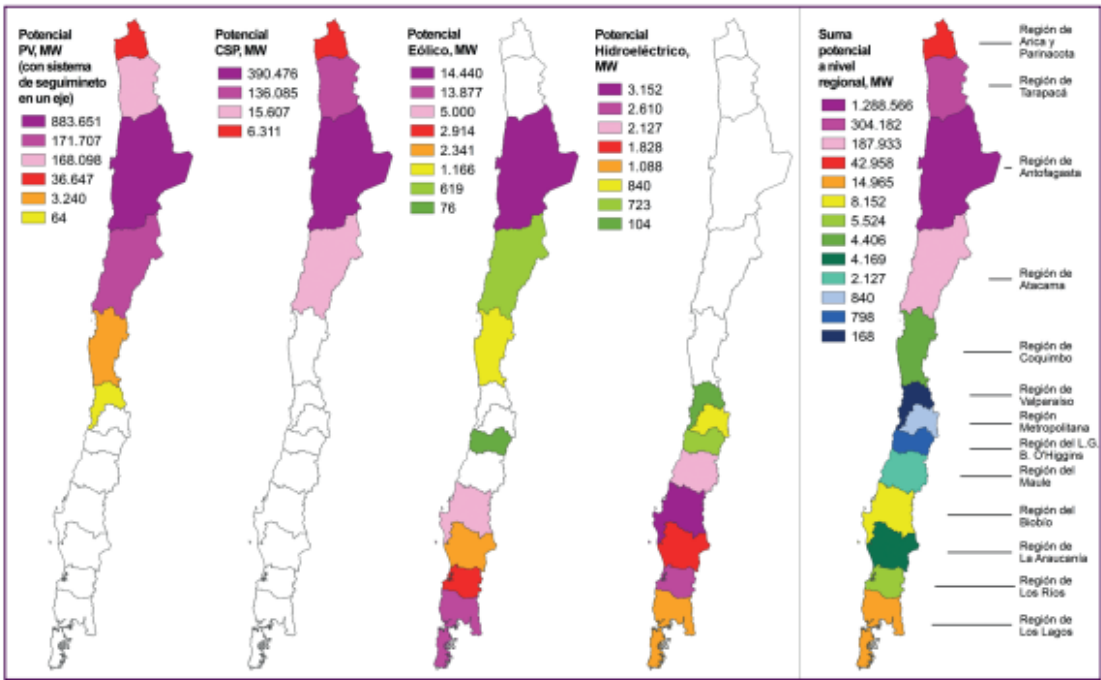
2.6.14. Energías renovables en Chile.

Debido a lo expuesto en el punto 1.18, se abre una enorme oportunidad para Chile para la producción de hidrógeno, denominado verde, debido a la producción desde fuentes renovables como la energía solar, hidráulica o la eólica, las cuales ya cuentan con un desarrollo importante en Chile y con un altísimo potencial a futuro. Lo que podría posicionar a Chile como un país con ventajas competitivas claves a la hora de producir y exportar hidrógeno verde, aportando significativamente a la marca país de "sostenibilidad".

Chile tiene uno de los mayores potenciales del mundo para la producción de energías renovables. Con una longitud de más de 4.200 km de norte a sur se encuentra entre el Océano Pacífico y los Andes. Según el Bloomberg New Energy Finance Climate Scope 2018¹, Chile es el país más atractivo del mundo para invertir en energía limpia (de un total de 103 mercados emergentes). Tiene el potencial de producir entre 1.380 y 1.860 GW de energía renovable, incluyendo energía solar fotovoltaica, energía de Concentración Solar de Potencia (CSP) y energía eólica. (Santana, 2014)

Esto corresponde a unas 70 veces la capacidad de energía eléctrica instalada actualmente. Esto ha llevado al World Energy Council Germany a llamar a nuestro país el "campeón secreto" en su informe de 2018 "Aspectos internacionales de una hoja de ruta para la potenciación. (Santana, 2014)

Potencial disponible de Energías Renovables.



Fuente 5 . Energías Renovables en Chile, Potencial Eólico, Solar e Hidroeléctrico

Ilustración 5.Potencial de desarrollo en Chile

Como se puede apreciar en la ilustración 5 Chile tiene un gran potencial de desarrollo de energías renovables no convencionales, el cual se encuentra concentrado en la zona norte del país. Específicamente en la región de Antofagasta existe un gran potencial de energía fotovoltaica, concentración solar de potencia (CSP) y energía eólica, con un total de 1.825.986 MW de potencia. Y en la zona sur un potencial, principalmente hidroeléctrico, de 12.472 MW de potencia (Santana, 2014).

Debido a que se quiere producir un combustible se debe analizar la normativa aplicable al medio ambiente, seguridad y salud ocupacional al operar, almacenar y distribuir este tipo de compuestos químicos que si no son bien tratados pueden generar un serio problema al medio ambiente y a las personas. Para esto se analizarán las normas nacionales e internacionales existentes para el correcto manejo de este vector energético que se ve como un futuro combustible de bajo impacto ambiental.

2.6.15. Normas Nacionales.

- Decreto 43: Aprueba el reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas
- Decreto 594: Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.
- Decreto 298: Reglamenta transporte de cargas peligrosas por calles y caminos.
- Decreto 40: Aprueba reglamento sobre prevención de riesgos profesionales

- Resolución 96: Actualiza y modifica reglamento de manipulación y almacenamiento; de cargas peligrosas en recintos portuarios.
- Constitución de la república: Artículo 19 asegura que las personas deben vivir en un medio ambiente libre de contaminación, y es deber del estado velar para que este derecho no sea afectado.
- Ley 19.300: Aprueba Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, modificada por la Ley 20.417
- Decreto Supremo 40/2012: Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
- REx. 144/2020: Norma Básica para la Implementación de Modificación al Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, RETC.
- D.S 144/1961: Normas para Evitar Emanaciones o Contaminantes Atmosféricos de Cualquier Naturaleza.
- DS 138/2005: Establece Obligación de Declarar Emisiones que Indica.
- DS 4/1994: Norma de Emisión de Contaminantes Aplicables a los Vehículos Motorizados y Fija los Procedimientos para su Control.
- DS 55/1994: Normas de Emisión Aplicable a Vehículos Motorizados Pesados, del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.
- DS 54/1994: Normas de Emisión Aplicable a Vehículos Motorizados Medianos.
- DS 211/1991: Normas sobre Emisiones de Vehículos Motorizados Livianos.
- DS 38/2011: Norma de Ruidos Generados por Fuentes que indica, elaborada a partir de la revisión del Decreto N°146, de 1997, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.
- DS 148/2003: Reglamento Sanitario de Residuos Peligrosos.
- DS 160/2008: Reglamento de Seguridad para las Instalaciones y Operaciones de Producción, Refinación, Transporte y Almacenamiento, Distribución y Abastecimiento de Combustibles Líquidos.
- Res. 610/1982: Prohíbe el Uso de Bifenilos Policlorinados (PCB) en Equipos Eléctricos.

2.6.16. Normas Internacionales.

- NFPA 2: Sistemas de generación de hidrógeno
- ISO 16110: Generación de hidrógeno usando tecnologías de procesamiento de combustible.
- ISO 22734: Generación de hidrógeno utilizando electrólisis de agua: aplicaciones industriales, comerciales y residenciales
- ANSI/CSA HGA 4.8: Pautas para estaciones de servicio de vehículos a gas hidrógeno a compresión
- CGA H-2: Directriz para la clasificación y etiquetado de sistemas de almacenamiento de hidrógeno

- ASME B31.12: Tuberías y oleoductos de hidrógeno
- EIGA 121/14: Sistemas de tuberías de hidrógeno
- EIGA 15/06: Sistemas de tuberías de hidrógeno
- EIGA 06/19: Seguridad en el almacenamiento, manipulación y distribución de hidrógeno líquido

3. CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este proyecto fue en primer lugar seleccionar el tema a estudiar. Pero no cualquier tema si no, uno que fuera realmente interesante y que motivara tanto al lector como al investigador y que fuera relevante a la obtención del título por el cual se postula “Ingeniero en prevención de riesgos laborales y ambientales”.

Luego se presentó este tema a la mesa evaluadora quienes son las personas competentes dentro de la universidad que evalúan, asesoran y determinan si el proyecto presentado es viable o no.

Una vez aceptado el tema, se debe empezar desde la base de la problemática. Como en este caso fue el hidrogeno verde. Se debió buscar todos los procesos de hidrogeno, hasta seleccionar los medios de obtención de hidrogeno que sean amigables con el medio ambiente y así poder lograr con el objetivo del proyecto.

Una vez que seleccionado el proceso se debe buscar las normativas legislativas aplicables en el proyecto. En este caso particularmente se estudiarán las normas internacionales ISO 14001 y la norma ISO 45001 para la confección de la matriz energética de aspectos ambientales y de riesgos.

Una vez obtenida toda la información suficiente. Solo ahí. Se podrá confeccionar la matriz energética antes mencionada. Para finalizar con la confección del informe final.

4. CAPITULO 4: MATRIZ DE ASPECTOS E IMPACTO AMBIENTAL

4.1. Matriz de aspectos e impacto ambiental.

Para la identificación de los aspectos ambientales se dividieron los procesos y sub procesos desde el punto vista de interacción con el medio ambiente.

Para la realización de la identificación y evaluación de los aspectos ambientales e impactos ambientales se debió conocer el proceso de la electrólisis para la producción, almacenaje y distribución de hidrógeno verde.

Esto fue posible en base al informe “planta de producción de hidrógeno verde en Quintero” ya que se obtuvieron ciertas especificaciones del proceso.

4.2. Identificación de la actividad.

La realización de todas las actividades y tareas identificadas es, a la vez, requisito necesario y suficiente para lograr el resultado final a través de la matriz.

4.3. Continuidad de la actividad.

- **Actividad rutinaria:** Actividad que forma parte de la operación normal de la organización, se ha planificado y es estandarizable. (Decreto 1072, 2015)
- **Actividad no rutinaria:** Actividad que no forma parte de la operación normal de la organización o actividad que la organización ha determinado como no rutinaria por su baja frecuencia de ejecución. (Decreto 1072, 2015)

4.4. Aspectos ambientales.

Según la ISO 14001:2015, un aspecto ambiental es un elemento que deriva de la actividad empresarial de la organización (sea producto o servicio) y que tiene contacto o puede interactuar con el medio ambiente. Debemos matizar que hay diferencia entre los aspectos ambientales normales y los significativos, pues estos últimos pueden causar un impacto importante en el medio ambiente. (ISO 14001, 2015)

4.5. Impacto ambiental.

Cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización (ISO 14001, 2015)

Elemento	Descripción
Agua	Contaminación del agua: Alteración de la calidad de los recursos hídricos superficiales (arroyo, lagos, ríos, etc)
Aire	Contaminación del aire: Alteración de la calidad del aire, con o sin olor (emisión de gases a la atmósfera, polvos)
Ruido	Contaminación sonora
Suelo	Contaminación del suelo o de aguas subterráneas (residuos, infiltraciones de productos químicos o combustibles)
Recursos Naturales	Agotamiento o reducción de la disponibilidad de recursos naturales y otros recursos (petróleo, agua, energía, materia prima, etc.)
Otros	Otros a especificar (molestias a la comunidad, impacto en parte de ecosistemas específicos como bosques, etc)

4.6. Valoración del impacto.

Criterio Ambiental	Valor	Clases	Descripción
Frecuencia	1 - 3	Corta duración	Se presenta en forma intermitente o continua, pero con un plazo limitado de manifestación que puede determinarse (hacia dos años aproximadamente)
	4 - 6	Media duración	Se extiende en el tiempo y luego de un tiempo de finalizada la acción que lo genera (dos a cinco años aproximadamente)
	7 - 10	Larga duración	Aquel que supone un alteración indefinida o muy alta duración en el tiempo (por mas de cinco años)
Potencial de daño	1 - 3	Baja	Bajo grado de afectación del impacto sobre la variable en consideración, la condición basal del medio se mantiene (Excluida la espacialidad)
	4 - 6	Media	Mediano grado de afectación del impacto sobre la variable en consiedración, implica cambios respecto a la condición basal pero dentro de rangos aceptables (Excluida la espacialidad)
	7 - 10	Alta	Alto grado de afectación del impacto sobre la variable en consideración, alteración significativa de la condición basal y en algunos casos inacceptables (Excluida la espacialidad)
Partes interesadas	1 - 3	Puntual	Supone una incidencia puntual en el area estudiada, el impacto se manifiesta en el sector donde se ubica la fuente
	4 - 6	Dispersa	Se detecta en una gran parte del territorio considerado
	7 - 10	Extendida	Se manifiesta de manera generalizada en todo el entorno considerado e incluso fuera del entorno de la fuente
Legal	1 - 5	Reversible	La afectación puede ser asimilada por el entorno de forma medible, a corto, mediano o largo plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales
	6 - 10	Irreversible	Supone la imposibilidad o dificultad externa de retomar, por medios naturales a la condición inicial por la acción que lo produce

4.7. Significancia del impacto/ Interpretación de resultados.

Rango	Nivel	Significado
0- 19	Bajo	La actividad se puede ejecutar sin mayores intervenciones, siempre manteniéndola en observación de modo si existen cambios que puedan incrementar la magnitud del riesgo.
20-29	Medio	Deben existir controles y/o medidas en proporción necesaria para atender el grado de significancia. Evaluar la necesidad de establecer y/o priorizar objetivos y metas
30-38	Alto	La actividad no puede ser ejecutada a menos que se apliquen medidas correctivas/preventivas que hagan disminuir el valor de la probabilidad y de la consecuencia, según corresponda, con el objeto de que la magnitud de riesgo residual sea aceptable.

4.8. Determinación de controles.

La organización debe establecer, implementar y mantener procesos para la eliminación de los peligros y la reducción de los riesgos para la SST utilizando la siguiente jerarquía de los controles:

- Eliminar el peligro
- Sustituir con procesos, operaciones, materiales o equipos menos peligrosos;
- Utilizar controles de ingeniería y reorganización del trabajo;
- Utilizar controles administrativos, incluyendo la formación;
- Utilizar equipos de protección personal adecuados. (ISO 45001, 2018)

4.9. Valoración del control y significancia del impacto.

Para cada impacto, se debe medir si éste es aceptable o no aceptable debido a su repercusión o implicancia en el medio ambiente.

4.10. Revisión.

La matriz de aspectos e impactos ambientales debe ser revisada siempre que haya cambios significativos en las actividades, incluyendo nuevos proyectos, recomendaciones de una auditoria, entre otros.

5. CAPITULO 5: MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

5.1. Identificación de la actividad.

La realización de todas las actividades y tareas identificadas es, a la vez, requisito necesario y suficiente para lograr el resultado final a través de la matriz.

5.2. Puesto de trabajo.

Actividad o actividades concretas que el trabajador desarrolla en la empresa y por las que percibe un determinado sueldo o salario (Real academia de la lengua española, 2020)

5.3. Acto.

Acto inseguro en el trabajo es la acción u omisión del trabajador que origina un riesgo contra su seguridad y la de sus compañeros. Como por ejemplo trabajar con equipos sin autorización (ISO 45001, 2018)

5.4. Fuente o situación.

Situación o acto con potencial para causar daño en término de daño humano o deterioro de la salud, o una combinación de estos. Como por ejemplo Agentes biológicos (Virus, bacterias, hongos, etc) (ISO 45001, 2018)

5.5. Incidente.

Es un evento no deseado que tiene el potencial de producir lesiones y/o daños. Como por ejemplo Contacto con electricidad, Exposición al ruido, Exposición al calor, etc.

5.6. Medida de control.

Una medida de control se define como una acción o actividad que puede realizarse para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable (ISO 45001, 2018)

5.7. Nivel de riesgo.

	Nivel	Significado
	Bajo	<u>Seguridad:</u> No se requiere de acción específica de control, Se debe reevaluar el riesgo en un periodo posterior <u>Higiene:</u> Incorporar o actualizar puestos de trabajo a programa de seguimiento ambiental
	Medio	<u>Seguridad:</u> Se establecerá acciones específicas de control, las cuales deberán ser documentadas e incorporadas en plan o programa de seguridad del lugar donde se establezca este peligro. El control de estas acciones, debe ser realizado en forma anual. <u>Higiene:</u> No aplicable
	Alto	<u>Seguridad:</u> No se debe continuar con la actividad, hasta que se hayan realizado acciones inmediatas para el control del peligro. Posteriormente, las medidas de control y otras específicas complementarias, deben ser incorporadas en plan o programa de seguridad y salud ocupacional del lugar donde se establezca este peligro. Se establecerán objetivos y metas a alcanzar con la aplicación del plan o programa. El control de las acciones incluidas en el programa, debe ser realizado en forma mensual. <u>Higiene:</u> Los riesgos de higiene presentes y no evaluados, se deben Incorporar a Programa de Evaluación Ambiental, se considerarán críticos e importantes.

5.8. Revisión.

La matriz de aspectos e impactos ambientales debe ser revisada siempre que haya cambios significativos en las actividades, incluyendo nuevos proyectos, recomendaciones de una auditoria, entre otros.

6. CAPITULO 6: RESULTADOS

6.1. Matriz de aspectos e impactos ambientales.

Descripción de la actividad					
Actividad	Proceso	Sub proceso	Descripción de la actividad	Continuidad de la actividad	
				R	NR
Producción	Electrólisis	Producción de agua purificada	Se considera una planta de osmosis inversa de 4,5 m3/h que será alimentada desde la red de agua potable ESVAL. De los cuales 1,3 m3/h será agua de rechazo	R	
		Almacenamiento de agua	El agua será almacenada en un tanque de capacidad de 40m3	R	
		Generación de electricidad	El sistema eléctrico tendrá una transmisión de 110 kV que se ubicará en una subestación aledaña a planta. En caso de cortes de energía eléctrica se utilizarán 4 transformadores de los cuales 3 tendrán una capacidad de 4,2 MVA cada uno y el otro de 2,8 MVA	R	
		Generación de H2V mediante electrólisis	Se realizará el proceso a través de un electrolizador con una capacidad de H2V promedio de 1.764 Kg/día	R	
		Purificación y secado de H2V	El H2V debe pasar por la etapa de purificación y secado (el oxígeno producido es liberado a la atmósfera) para luego ser enviado a la zona de compresión	R	
	Compresión 1	Comprimir el H2V a 120 bar	El electrolizador comprimirá el H2V a una presión de 120 bar	R	
		Enfriar el H2V	El compresor a través de su sistema de enfriadores de aire enfriará el H2V tanto en la entrada como en la salida	R	
Almacenamiento	Almacenamiento en tanque	Almacenar el H2V a 120 bar en tanque horizontal	El H2V comprimido a 120 bar se envía a un sistema de almacenamiento constituido por cilindros de acero que irán colocados en una estructura de acero galvanizado con tratamiento anticorrosivo que se ubicará sobre una plataforma plana. El almacenamiento será de 2,646 Kg (volumen de 303,1 m3)	R	
Distribución	Compresión 2	Comprimir el H2V a 350 bar	Se comprimirá el H2V de 150 bar a 350 bar	R	
		Enfriar el H2V	El compresor a través de su sistema de enfriadores de aire enfriará el H2V	R	
	Despacho en camiones cisterna	Entrada y salida de camiones	Se dispondrá de una manguera de conexión rápida para la carga de H2V en camiones cisterna a 350 bar con un caudal nominal de dispersión de 210 Kg/h. Los camiones serán pesados y luego transportarán el H2V. Se requerirán 75 m3 de combustible el cual será suministrado por camiones	R	
Producción de desechos	RILES	Producción de desechos líquidos	La generación mensual de aguas servidas será de 480m3. Además, se deben considerar los 1,3m3/h de agua de rechazo de la osmosis inversa	R	
	RISES	Producción de RISES peligrosos	Se dispondrá de kit anti derrame en caso de existir derrame de combustible. Materiales contaminados (arenas contaminadas, paños de limpieza, filtros de aceite, EPP, etc.)	R	
		Producción de RISES no peligrosos	Restos de maderas de embalajes, papel, catón generando aproximadamente 4 ton al mes.	R	

Identificación de aspectos y valoración de impacto ambiental								
Aspecto ambiental	Impacto ambiental		Valoración el impacto ambiental					Tiene asociado algún requisito legal
Tipo de aspecto	Tipo de impacto	Descripción del impacto	Frecuencia	Potencial de daño	Partes interesadas	Legislación	Total, criterio impacto ambiental	
-Consumo de agua	-Agotamiento de recursos - Contaminación del agua	Agotamiento del agua disponible en el sector, debido al sobreconsumo de agua potable necesaria para el equipo de osmosis inversa. Además, el agua de rechazo será agua con exceso de minerales y partículas.	10	7	3	4	24	Medio x
-Utilización de espacio para instalar el tanque - Daño a la flora y fauna del sector	-Agotamiento de recursos - Contaminación de agua -Daño a la flora y fauna del sector	Posible derrame del agua almacenada en el tanque	3	4	3	3	14	Bajo
Utilización de espacio para la producción de energía eléctrica renovable -Daño a la flora y fauna del sector	Agotamiento de recursos -Daño a la flora y fauna del sector	Se utilizará gran cantidad de energía eléctrica en la producción de H2V. También es considerable el espacio en donde se tendrá dicha central eléctrica Daño a la flora y fauna del sector	8	8	7	4	27	Medio x
-Consumo de agua - Consumo de energía eléctrica - Utilización de espacio para la producción de H2V -Daño a la flora y fauna del sector	Agotamiento de recursos -Daño a la flora y fauna del sector	Agotamiento de agua y electricidad en la producción de H2V	2	1	1	4	8	Bajo x
Consumo de energía eléctrica - Emisión de ruido	-Agotamiento de recursos - Contaminación acústica - Contaminación atmosférica	En el proceso de secado se emite ruido constante y además aumenta la temperatura ambiental local debido a la transferencia de calor.	6	6	3	3	18	Bajo
-Emisión de ruido - Consumo de energía eléctrica	-Agotamiento de recursos - Contaminación acústica	Se emite ruido al comprimir el H2V y uso constante de energía eléctrica	5	1	3	2	11	Bajo
-Consumo de agua - Consumo de energía eléctrica - Emisión de ruido	-Agotamiento de recursos - Contaminación acústica	El compresor durante su funcionamiento emite ruido y funciona a través de energía eléctrica	3	3	3	3	12	Bajo
Utilización de espacio -Daño a la flora y fauna del sector	Agotamiento del recurso natural suelo -Daño a flora y fauna del sector	Debido al almacenaje de estos grandes cilindros se utiliza mucho espacio para el acopio de estos tanques -Daño a la flora y fauna del sector	7	6	3	4	20	Medio x
-Emisión de ruido - Consumo de energía eléctrica	-Agotamiento de recursos - Contaminación acústica	Se utiliza la energía eléctrica para comprimir el H2V	5	1	3	2	11	Bajo
-Consumo de agua - Consumo de energía eléctrica - Emisión de ruido	-Agotamiento de recursos - Contaminación acústica	El compresor durante su funcionamiento emite ruido y funciona a través de energía eléctrica	3	3	3	3	12	Bajo
Consumo de combustible - Emisión de gases de efecto invernadero -Emisión de ruido -Emisión de gases de combustión -Emisión de material particulado	-Agotamiento de recursos - Contaminación atmosférica	Se considera una emisión de gases de combustión y material particulado por cada camión que transporte H2V. Además del consumo de combustible, el cual es un recurso no renovable	10	9	9	8	36	Alto x

-Consumo de agua	-Contaminación al suelo - Contaminación del agua - Agotamiento de recursos	Debido a la operación de la planta se debe considerar que al trabajar personas existirán aguas servidas. Además de considerar el agua de rechazo de la osmosis inversa la cual lleva partículas indeseadas, partículas metálicas, entre otros contaminantes	10	7	10	8	35	Alto	x
-Consumo de materias primas	-Contaminación al suelo - Agotamiento de recursos - Contaminación de agua	Se debe considerar que en la planta existirán productos de limpieza y posible derrame de ellos o combustible utilizado para los camiones.	6	7	10	8	31	Medio	x
-Consumo de materias primas	-Contaminación al suelo - Contaminación atmosférica - Contaminación de agua - Agotamiento de recursos	Las personas utilizarán útiles de oficina y además generarán residuos sólidos orgánicos de comida, maderas provenientes de la compra de insumos, etc.	7	4	10	6	27	Medio	x

6.2. Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos.

TIPO de FILA	PROCESO	ACTIVIDAD (Rutinaria - No Rutinaria)	POR EMPRESA	POR E. SERVICIO	PUESTO DE TRABAJO (ocupación)	N° TRABAJADOR	PELIGROS	
							FUENTE, SITUACIÓN	ACTO
S	Producción	Electrólisis	x		Operador del proceso			-Intervenir equipos energizados y/o en movimientos -Desviarse de los Métodos /normativas aceptadas -Mal manejo de materiales, equipos e insumos -No usar equipo de protección personal
		Osmosis inversa	x		Operador del proceso			-Intervenir equipos energizados y/o en movimientos -Desviarse de los Métodos /normativas aceptadas -Mal manejo de materiales, equipos e insumos -No usar equipo de protección personal
		Purificación y secado	x		Operador del proceso		-Calor	-Intervenir equipos energizados y/o en movimientos -Mal manejo de materiales, equipos e insumos -No usar equipo de protección personal
		Compresión del producto	x		Operador del proceso		-Ruido	-Intervenir equipos energizados y/o en movimientos -Desviarse de los Métodos /normativas aceptadas -Mal manejo de materiales, equipos e insumos -No usar equipo de protección personal
		Sistema de enfriamiento	x		Operador del proceso		-Calor -Frío	-Intervenir equipos energizados y/o en movimientos -Mal manejo de materiales, equipos e insumos -No usar equipo de protección personal
	Almacenamiento	Almacenaje en tanque	x		Operador de maquinaria		-Movimiento repetitivo (Agente Ergonómico)	-Almacenamiento defectuoso -Tiempo de reacción lenta
	Distribución	Compresión del producto	x		Operador del proceso		-Ruido	-Intervenir equipos energizados y/o en movimientos -Desviarse de los Métodos /normativas aceptadas -Mal manejo de materiales, equipos e insumos -Habilidad limitada para mantener posiciones del cuerpo -No usar equipo de protección personal
		Sistema de enfriamiento	x		Operador del proceso		-Calor -Frío	-Intervenir equipos energizados y/o en movimientos -Mal manejo de materiales, equipos e insumos -No usar equipo de protección personal
		Despacho de camiones cisterna	x		Chofer de maquinaria		-Movimiento repetitivo (Agente Ergonómico)	-No advertir /señalizar -Mal manejo de materiales, equipos e insumos -No usar equipo de protección personal -Habilidad limitada para mantener posiciones del cuerpo -Almacenamiento defectuoso.
h	Producción de desechos	RILES	x		Operador de la planta		-Ag. Biológicos (Virus, Bacterias, hongos, etc.)	-No advertir /señalizar -Mal manejo de materiales, equipos e insumos -Tiempo de reacción lenta
		RISES peligrosos	x		-Operador de la planta -Operador de maquinaria		-Ag. Biológicos (Virus, Bacterias, hongos, etc.) -Agentes químicos	-No advertir /señalizar -Mal manejo de materiales, equipos e insumos -No usar equipo de protección personal -Tiempo de reacción lenta -Sensibles a sustancias o alergias -Almacenamiento defectuoso
h		RISES no peligrosos	x		Operador de la planta		-Ag. Biológicos (Virus, Bacterias, hongos, etc.)'- Movimiento repetitivo (Agente Ergonómico)	-No advertir /señalizar-Mal manejo de materiales, equipos e insumos-No usar equipo de protección personal-Sensibles a sustancias o alergias-Almacenamiento defectuoso

INCIDENTES POTENCIAL	MEDIDA DE CONTROL		
			HIGIENE OCUPACIONAL
		Nivel de Riesgo	Existe Evaluación de Riesgo
-Contacto con electricidad	Ropa aislante (EPP)	MEDIO	NO
-Contacto con sustancias químicas	Ropa adecuada (EPP) -Conocer la HDS de los productos	BAJO	NO
Exposición a calor	Ropa adecuada (EPP)	MEDIO	NO
Explosión -Exposición a ruido	Ropa adecuada (EPP) -Medidor de decibeles y adecuado programa preventivo -Sensor de presión	BAJO	NO
-Exposición a calor y frío	Ropa adecuada (EPP) -Sensor de temperatura	MEDIO	NO
-Exposición a mov repetitivo -Agente Ergonómico	Pausas activas	MEDIO	NO
Explosión -Exposición a ruido	Ropa adecuada (EPP) -Medidor de decibeles y adecuado programa preventivo -Sensor de presión	BAJO	NO
-Exposición a frío y calor	Ropa adecuada (EPP) -Sensor de temperatura	MEDIO	NO
-Choque por otro vehículo -Choque contra objetos o estructura fija -Exposición a movimientos repetitivos	- Espejo Ojo de pez -Velocidad adecuada y precaución -Pausas activas	MEDIO	NO
-Exposición a ag. Biológico (Virus, bacterias, hongos, etc) -Contacto con sustancias químicas	-Seguir los manuales de operación adecuadamente -Ropa adecuada (EPP)	MEDIO	NO
-Contacto con sustancias químicas	Ropa adecuada (EPP) -Conocer la HDS de los productos	BAJO	NO
- Exposición a ag. Biológico (Virus, bacterias, hongos, etc)-Exposición a manejo manual de carga-Agente ergonómico-Objetos punzantes	Ropa adecuada (EPP)	MEDIO	NO

6.3. Resultados de Matriz de aspectos e impactos ambientales.

6.3.1. Frecuencia.

En la frecuencia se evaluó si ésta era de corta, larga o alta frecuencia por lo que dio el máximo puntaje a:

- La producción de agua purificada porque en la zona en la cual se está trabajando, la utilización de agua potable en consumo industrial generará un gran impacto de larga duración en los habitantes del lugar debido a que el país y el mundo están pasando por una escasez hídrica.
- La entrada y salida de camiones también tiene puntaje 10 debido a que los camiones emiten gases de efecto invernadero que se queda en la atmósfera.
- Si no se les da una buena disposición final a los RILES afecta irreversiblemente el medio ambiente, debido a que el agua de recazo tiene un alto contenido de minerales que generan problemas alteración en el lugar.

Se evaluó con puntaje 8 a la generación de electricidad, ya que, al utilizar gran espacio de suelo, ese espacio no se recuperará en un periodo corto de tiempo, afectando la flora y fauna del sector donde se instale la producción de energía. Lo mismo sucede con el almacenaje de H₂V.

El que genera más problema son los residuos orgánicos dentro de los RISES, ya que puede generar metanización generando unos de los gases culpables del efecto invernadero obteniendo puntuación 7.

La purificación y secado de H₂V obtuvo 6 esto se debe a que si bien genera un calor local no es un aumento de temperatura tan alto. Los RISES peligrosos también tiene 6 ya que si no se les da una buena disposición final puede generar cambios inalterables en el sector donde se dispongan.

La compresión 1, compresión 2 el mayor impacto es el ruido.

Los otros procesos no son tan considerables ya que se abastecen de energías renovables.

6.3.2. Potencial de daño.

En este punto se evaluó el grado de afección del daño que pudiera ser baja, medio o alto en donde el más significativo fue el proceso de entrada y salida de camiones ya que puede generar daños irreparables la contaminación atmosférica producida por los gases con 9 puntos.

Le sigue la generación de electricidad por la afectación de daño en la ocupación de espacio utilizado, ya que afecta a la flora y fauna del lugar.

Con 7 puntos se aprecia a la producción de agua purificada porque genera desabastecimiento de agua, la producción de desechos líquidos debido a que si el agua no es tratada adecuadamente y es arrojada al mar afecta a través de la eutrofización, impidiendo la fotosíntesis y afectando a la vida marina; y la producción de RISES peligrosos porque generan cambios irreversibles en el medio ambiente.

El almacenamiento de H₂V en tanque horizontal y la purificación y secado de H₂V se quedan con 6 puntos, el primero porque utiliza un espacio considerable que no podrá ser reparado en un periodo corto de tiempo y el segundo porque se genera contaminación atmosférica a través de gases y genera afectación en el espacio utilizado

Con 4 puntos se queda el proceso de producción de RISES no peligrosos debido a que generan daños, pero si se tratan bien pueden ser reparables y el almacenamiento de agua por la afectación de daño en la ocupación de espacio utilizado, ya que afecta a la flora y fauna del lugar.

Al enfriar el H₂V utiliza un espacio considerable que no podrá ser reparado en un periodo corto de tiempo por lo que se consideró puntaje de 3.

Por último, solo obtienen 1 punto los procesos de comprimir el H₂V y la producción de H₂V mediante la electrolisis ya que generan solo ruido bajo la normativa legal vigente.

6.3.3. Partes interesadas.

Se busca evaluar si afecta el impacto donde se manifiesta la fuente, si se detecta el impacto en gran parte del territorio considerado o se manifiesta el impacto de manera generalizada (todo el entorno)

Los RILES y RISES peligrosos y no peligrosos obtienen puntaje de 10 ya que afecta de manera generalizada. La entrada y salida de camiones también afecta de manera generalizada, pero obtiene 9 puntos.

Con 7 puntos el proceso de generación de electricidad ya que afecta el lugar y fuera de la zona (solo personas no al medio ambiente).

Los procesos siguientes obtienen 3 puntos ya que solo tienen una afectación local (pudiendo afectar solo a los trabajadores de la planta).

6.3.4. Legal.

Se busca identificar y evaluar si estos impactos son reversibles e irreversibles, es por ello los procesos de RILES, RISES peligrosos y la entrada y salida de camiones son los más significativos con 8 puntos ya que dificultan su reversibilidad por medios naturales.

Los procesos siguientes fueron considerados reversibles, quizás unos en periodos de tiempo más cortos que otros, debido a que son procesos limpios.

6.4. Resultados de Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos .

A diferencia de la Matriz de Aspectos e impactos ambientales, esta no se puede evaluar numéricamente, ya que esta planta aún no se encuentra en funcionamiento por lo que la relación entre frecuencia y probabilidad que suceda aún no se asocia.

En la producción de Hidrogeno, específicamente en el proceso de electrolisis y el proceso de purificación y secado pueden existir actos inseguros que son más considerables que en otros procesos de la producción, por lo cual es importante que el personal sea debidamente instruido en la correcta ejecución del proceso.

En el almacenamiento existe mucho trabajo con movimientos repetitivos, pero se considera que con pausas activas de trabajo no se deberían percibir alteraciones en la matriz.

En la distribución existen dos procesos que son necesarios revisar porque en el sistema de enfriamiento existen temperaturas altas de calor y frío (no se consideran extremas, pero si se percibirán por periodos largos de tiempo); y en el proceso de entrada y salida de camiones se perciben exposición a agentes biológicos (virus, bacterias, hongos, etc) .

Para finalizar, los RILES y RISES si no son adecuadamente trasladados a disposición final pueden ocasionar exposición a agentes biológicos (virus, bacterias, hongos, etc), a diferencia del proceso de entrada y salida de camiones. Los RISES de desechos orgánicos pueden ocasionar gases de metano, considerado que es uno de los gases mas importantes en el cambio climático. Y los RILES pueden afectar el ecosistema marino, impidiendo el proceso de la fotosíntesis.

7. CAPITULO 7: CONCLUSIÓN

Si bien, Chile quiere lograr un máximo desarrollo del hidrógeno verde debido a su gran potencial energético (ERN) y contribuir a la mitigación del cambio climático, se debe estudiar y generar normativas aplicables a la producción de este vector energético, ya que las normativas actuales aplicables solo tratan al hidrógeno como una sustancia química peligrosa. También se abarcan normativas para el almacenamiento, distribución y producción donde tratan a este elemento como un combustible en base a hidrocarburo.

En la Producción de Hidrógeno el proceso más importante es la electrólisis, en ésta podemos encontrar sub procesos, entre ellos el proceso de osmosis inversa que genera un impacto en el medio ambiente debido al agua de rechazo que esta desprecia para el proceso y el proceso de generación de electricidad debido a que, si bien se genera un gasto en la matriz energética, ésta se almacena para poder utilizarse en cualquier proceso

El almacenamiento de Hidrógeno es un proceso más que genera impacto en el medio ambiente, debido a que el almacenaje en estos tanques utiliza mucho espacio en el acopio pudiendo afectar la flora y fauna del sector.

El ser humano es considerado la mejor máquina del mundo por ende ellos realizarán las operaciones de la planta, lo defectuoso es que generan grandes cantidades de RILES y RISES debido a su consumo de materias primas para su existencia.

En cuanto a los riesgos asociados existen factores físicos como el frío, el calor, el ruido y agentes biológicos en los RILES y RISES producido por los mismos trabajadores.

Finalmente, se puede decir que el hidrógeno puede ayudar a mitigar el cambio climático y a limpiar la matriz energética de Chile, pero no deja de ser importante el hecho de que es un gas, y se comportará como tal.

El trabajo a grandes presiones es un trabajo riesgoso ya que necesita una capacitación adecuada y entender que es una gran responsabilidad tanto para su entorno, como con el planeta.

El almacenamiento de Hidrógeno es un proceso más que genera impacto en el medio ambiente, debido a que el almacenaje en estos tanques utiliza mucho espacio en el acopio pudiendo afectar la flora y fauna del sector.

8. CAPITULO 8: RECOMENDACIONES

Se recomienda reforzar constantemente los procesos de la producción de Hidrógeno a todos los trabajadores para que no se vea alterado ninguno de ellos que pudiera afectar la vida útil de las maquinarias.

Generar un plan de prevención que sirva tanto para los trabajadores, en donde entiendan cómo funcionan las maquinarias más que utilizar unos botones, que ayude a realizar inspecciones reales de las condiciones de los equipos, ya que una mínima fuga en el proceso puede causar grandes impactos que repercuten o afecten en el medio ambiente y en las personas.

Es necesaria la formación de una normativa para instalar plantas de Hidrogeno verde en Chile, ya que actualmente no existen, y es importante que se pueda clasificar y trabajarlo de forma particular y no como una sustancia peligrosa.

En un futuro se recomienda utilizar equipos y maquinarias en donde su fuente de energía sea el hidrogeno, ya que, si bien se busca obtener energías limpias, no tiene mucho sentido que las maquinarias sean un foco de contaminantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Asencio, P. (2007). *Hidrógeno y pila de combustible* . Madrid: Haya comunicaciones .
- Decreto 1072. (2015).
- Garcia, N. (2021). *Matriz Energética y Eléctrica en Chile*. Santiago.
- Hurtado, J. L. (2004). *el Hidrogeno y la energia*. Madrid: Asociación Nacional de ingenieros ICAI.
- I municipalidad de Quintero*. (2022). Obtenido de I municipalidad de Quintero: muniquintero.cl/index.php/historia-de-la-comuna/
- IPCC. (2014). *Climate Change Synthesis Report*. Génova.
- ISO 14001. (2015). *Sistemas de gestión ambiental*.
- ISO 45001. (2018). *Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo*.
- Real academia de la lengua española. (2020). *Diccionario panhispánico del español jurídico*. Obtenido de Diccionario panhispánico del español jurídico: <https://dpej.rae.es/lema/puesto-de-trabajo>
- Salida y puesta de sol*. (2022). Obtenido de Salida y puesta de sol: salidaypuestadelsol.com/location/quintero
- Santana, C. (2014). *Energías Renovables en Chile, El Potencial Eólico, Solar e Hidroeléctrico de Arica a Chiloé*. Santiago.
- SGA Ambiental. (2021). *Planta de producción de Hidrógeno verde en Quintero*. Quintero.
- Soria, J. I. (2007). *El hidrógeno y la energía*. Madrid: Asociación Naciona de Ingenieros del ICAI.