

**AUTORIZA A CENTRO NACIONAL DE PILOTAJE
DE TECNOLOGÍAS PARA LA MINERÍA Y MINERA
SAN PEDRO S.A. PROYECTO ESPECIAL
PILOTAJE DE TECNOLOGÍA DE HIDRÓGENO
VERDE PARA ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO
DE CAMPAMENTO MINERO, SEGÚN SE INDICA**

VISTOS:

Lo dispuesto en la Ley N° 18.410, Orgánica de esta Superintendencia, el DFL N°1, de 1978, del Ministerio de Minería; y las Resoluciones N°6, N°7 y N°8, todas de 2019, de la Contraloría General de la República, y;

CONSIDERANDO:

1° Que mediante carta de fecha 28.10.2021 (OP N° 134340), complementada con los ingresos N°s 143690, 165935 y 171895, de fechas 14.01.2022; 13.07.2022 y 19.08.2022, respectivamente, la alianza formada por las empresas Centro Nacional de Pilotaje de Tecnologías para la Minería, RUT: 65.190.249-5 y Minera San Pedro S.A. RUT: 85.466.200-7, representada para estos efectos por los Sres. Patricio Aguilera Poblete: Andrés Guerrero Marcó, respectivamente, presentó una solicitud de autorización del proyecto especial, correspondiente a la instalación y operación de una planta piloto de producción y consumo de hidrógeno, en las instalaciones de la Minera San Pedro, ubicada en la calle Darío Ovalle S/N, en la comuna de Til Til, Región Metropolitana.

2° Que los reglamentos de seguridad de los combustibles gaseosos vigentes no contemplan requisitos de seguridad para el diseño, construcción y operación de instalaciones que produzcan, almacenen, distribuyan y/o consuman hidrógeno, sin embargo, para el registro ante esta Superintendencia, de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 2° del DFL N°1, de 1978, el proyecto especial denominado “Proyecto especial pilotaje de tecnología de hidrógeno verde para abastecimiento energético de campamento minero”, deberá contar con la autorización de este Organismo Fiscalizador.

3° Que el proyecto presentado, consiste, en síntesis, en un sistema de generación de hidrógeno mediante dos electrolizadores marca Enapter, que producen cada uno aproximadamente un kilogramo de hidrógeno por día, complementado con los siguientes sistemas auxiliares: purificación de agua, secador o purificador de hidrógeno, y estanque de almacenamiento para el agua purificada. Los electrolizadores más los sistemas auxiliares estarán integrados en un gabinete de 19 pulgadas con capacidad máxima de producción de hidrógeno de hasta 2,15 kg por día, los cuales se almacenarán a una presión de 35 bar, en un estanque de almacenamiento de 850 litros volumétricos, diseñado específicamente para el almacenamiento de hidrógeno gaseoso de hasta 60 bar, marca Mahytec. Este hidrógeno almacenado será consumido por las celdas de combustibles de 1 kW y 2,2 kW de potencia, marca Plug Power, las que transformaran el hidrógeno en energía eléctrica para uso de respaldo energético.

4° Que mediante carta de fecha 28.10.2021 ingresada con el OP N° 134340, la alianza formada por las empresas Centro Nacional de Pilotaje de Tecnologías para la Minería (CNP) y Minera San Pedro S.A. (MSP) presentaron los antecedentes siguientes:



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183

VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

1/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

- 4.1 Presentación del proyecto especial de hidrógeno CNP-MSP, en formato Power Point.
- 4.2 Informe "Proyecto piloto de hidrógeno verde para la minería CNP-MSP", de fecha 25.10.2021, que contiene los antecedentes siguientes:

i) Carta de Presentación

- Identificación del interesado: Minera San Pedro S.A. (MSP) y Centro Nacional de Pilotaje de Tecnologías para la Minería (CNP).
- Nombre del Proyecto: Pilotaje de tecnología de hidrógeno verde para abastecimiento energético de campamento minero.
- Ubicación: En las instalaciones de la Minera San Pedro S.A., ubicada en comuna de Til Til, Región Metropolitana.
- Breve descripción del proyecto: El proyecto contempla un sistema de generación de hidrógeno mediante dos (2) electrolizadores marca Enapter, que producen cada uno aproximadamente un (1) kilogramo de hidrógeno por día, complementado con los siguientes sistemas auxiliares: purificación de agua, secador o purificador de hidrógeno, y estanque de almacenamiento para el agua purificada. Los electrolizadores más los sistemas auxiliares estarán integrados en un gabinete de 19 pulgadas con capacidad máxima de producción de hidrógeno de hasta 2,15kg por día, los cuales se almacenarán a una presión de 35 bar, en un estanque de almacenamiento de 850 litros volumétricos, diseñado específicamente para el almacenamiento de hidrógeno gaseoso de hasta 60 bar, marca Mahytec. Este hidrógeno almacenado será consumido por las celdas de combustibles de 1 kW y 2,2 kW de potencia, marca Plug Power, las que transformaran el hidrógeno en energía eléctrica para uso de respaldo energético.
- Objetivo principal del proyecto: Instalación y operación de una planta piloto de producción y consumo de hidrógeno para la posterior validación tecnológica y pilotaje de distintos usos del hidrógeno en entorno minero.
- Uso final del hidrógeno: Generación de energía eléctrica por medio de celdas de combustible y permitirán respaldar energéticamente a fuentes de consumo off-grid.
- Tipo de hidrógeno que producirá y consumirá la instalación: Verde.

ii) Antecedentes Legales.

iii) Descripción del proyecto:

- Ubicación referencial del Proyecto: La ubicación escogida para el proyecto se encuentra en las instalaciones de MSP, ubicado en la calle Darío Ovalle comuna de Til Til, en la Región Metropolitana. Con coordenadas 33°06'08.3"S, 70°55',46.0"W en formato WGS84. Particularmente, dentro de un contenedor marítimo acondicionado como planta piloto en el área exterior de MSP y no cercana a los procesos productivos.
- Diagrama general de proceso: El diagrama de proceso del proyecto consta de cuatro principales etapas:
 - 1) Paneles Solares + Inversor: Fuente eléctrica para el proyecto.
 - 2) Generación de hidrógeno - Electrolizadores (2), Secador de hidrógeno (H₂ Dryer), Estanque de agua purificada (WTM) y Purificador de agua (WPS): Equipos modulares para producción de hidrógeno mediante electrólisis (proceso electroquímico de separación de la molécula de agua en hidrógeno y oxígeno mediante energía eléctrica).
 - 3) Almacenamiento de hidrógeno gaseoso: Estanque de hidrógeno 850 L – 60 bar. En esta configuración se utilizará a presión de salida de los electrolizadores de un máximo de 35 bar.



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183
VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

2/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

- 4) Celdas de combustible estacionarias: Dispositivos electroquímicos de funcionamiento inverso a los electrolizadores que permiten transformar hidrógeno en energía eléctrica con agua como subproducto.
- Documentos referenciales del proyecto.
 - Referencia a otros proyectos de hidrógeno, tales como:
 - 1) Microrred de Mafate (Mafate, La Reunión - Francia), el sistema de energía de respaldo, en base a hidrógeno generado por electrolizadores Enapter. Esta Microrred proporciona energía a varias casas, una escuela, un taller y un dispensario médico.
 - 2) Almacenamiento residencial (Münster - Alemania), un sistema de batería solar e hidrógeno proporciona energía limpia off-grid a un complejo residencial. Utiliza energía solar para producir hidrógeno mediante electrolizadores Enapter y luego celdas de combustible Gensure de Plug Power para volver a producir energía eléctrica usando el hidrógeno.
- iv) Matriz de comparación normativa, versión 1.
- v) Diseño del proyecto
- Requerimiento: Pruebas de hidrógeno en instalaciones mineras. Para este caso no existe requerimiento de capacidad de producción, ya que en un comienzo se realizarán pruebas puntuales con el hidrógeno disponible.
 - Base de Diseño: El proyecto se sustenta en los siguientes procesos principales:
 - 1) Generación de electricidad a través de paneles fotovoltaicos.
 - 2) Electrolisis
 - 3) Almacenamiento
 - 4) Celdas de combustible
 - Equipos principales:
 - 1) Purificador de agua.
 - 2) Estanque de almacenamiento de agua.
 - 3) Electrolizadores.
 - 4) Secador o purificador de hidrógeno.
 - 5) Estanque de almacenamiento de hidrógeno.
 - 6) Celdas de combustible.
 - Planos y Memorias de cálculo.
 - Diagrama de flujo de procesos.
 - Memoria de cálculo de equipos.
 - Memoria de cálculo sísmica.
- vi) Seguridad en instalaciones
- Estudio de evaluación de riesgos del sistema.
 - Matriz con medidas de mitigación de riesgos.
 - Clasificación de zonas de riesgo.
 - Descripción de sistemas de seguridad de la instalación.
 - Estudio de cálculo de áreas clasificadas.
- vii) Calidad
- Evaluación de la conformidad: Certificados de conformidad de los equipos principales.
- viii) Anexos equipos principales.



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183
VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

3/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

5° Que mediante Oficio ORD. SEC N° 99043, de fecha 22.12.2021, esta Superintendencia informó las observaciones encontradas a la presentación realizada por la alianza Minera San Pedro S.A. y Centro Nacional de Pilotaje de Tecnologías para la Minería, de fecha 28.10.2021 (OP N° 134340).

6° Que mediante presentación de fecha 14.01.2022, ingresada con OP N° 143690, los Sres. Patricio Aguilera Poblete y Andrés Guerrero Marcó en representación del Centro Nacional de Pilotaje de Tecnologías para la Minería y Minera San Pedro S.A., respectivamente, responden al Oficio ORD. SEC N° 99043, de fecha 22.12.2021, complementando la presentación del proyecto con los antecedentes siguientes:

- 6.1 Informe "Proyecto piloto de hidrógeno verde para la minería CNP-MSP", Versión A, de fecha 21.12.2021.
- 6.2 Matriz de comparación normativa, versión 2, de fecha 22.12.2021.
- 6.3 Evaluación de riesgos relacionados con el cambio y planeación de medidas de control y/o mitigación, de fecha 22.12.2021, versión 2.
- 6.4 Planos:
 - i) Zonas de Seguridad (vista superior 1). Nombre de plano "Plano MSP- Sector el Rulo", en Rev 0, de fecha 22.12.2021, N° de dibujo "CNP-MSP-CONT-H2-Sector-Rulo".
 - ii) Zonas de Seguridad (vista superior 2). Nombre de plano "Plano MSP- Sector el Rulo", de fecha 22/12/21, N° de dibujo "CNP-MSP-CONT-H2-Sector-Rulo".
 - iii) Diagrama del contenedor (vista lateral). Nombre de plano "Diagrama Contenedor H2 – Seguridad", en Rev 0, de fecha 22.12.2021, N° de dibujo "CNP-MSP-CONT-H2_Seguridad-003".
 - iv) Diagrama del contenedor (vista frontal). Nombre de plano "Diagrama Contenedor H2 – Seguridad", en Rev 0, de fecha 22.12.2021, N° de dibujo "CNP-MSP-CONT-H2_Seguridad-002".
 - v) Diagrama del contenedor (vista superior). Nombre de plano "Diagrama Contenedor H2 – Seguridad", en Rev 0, de fecha 22.12.2021, N° de dibujo "CNP-MSP-CONT-H2_Seguridad-001".
 - vi) Informe de mecánica de suelos, diciembre de 2013.
 - vii) Memoria de Cálculo, "Servicios de Ingeniería Estructural, Planta EH2V en MSP", en Revisión A, de fecha 28.10.2021.

7° Que mediante Oficio ORD. SEC N° 106084, de fecha 22.02.2022, esta Superintendencia informó las observaciones encontradas a la presentación realizada por la alianza Minera San Pedro S.A. y Centro Nacional de Pilotaje de Tecnologías para la Minería, de fecha 14.01.2022 (OP N° 143690).

8° Que a través de Ingreso OP N° 165935, de fecha 13.07.2022, el CNP y MSP dan respuesta al oficio ORD SEC N° 106084, complementando el proyecto especial de hidrógeno en lo siguiente:

- 8.1 Carta respuesta a Oficio N° 106084 de fecha 05.07.2022.
- 8.2 Informe "Proyecto piloto de hidrógeno verde para la minería CNP-MSP", Versión B, de fecha 05.07.2022.
- 8.3 Informe de mecánica de suelo.
- 8.4 Diagrama unilineal sala de fuerza y control P107-ELEC-US-001-UL001 Rev. C de fecha 20.06.2022.



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183
VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

4/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

- 8.5 Cuadro de carga sala de fuerza y control. Plano P107-ELEC-UL-002-PL001 Rev. C de fecha 20.06.2022.

9º Que mediante reunión efectuada con fecha 02.08.2022, esta Superintendencia informó a la alianza Minera San Pedro S.A. y Centro Nacional de Pilotaje de Tecnologías para la Minería, respecto de las observaciones encontradas a la presentación realizada.

10º Que mediante ingreso OP N° 171895, de fecha 19.08.2022, el CNP y MSP, comunican acerca de la actualización y complemento de algunos antecedentes del proyecto especial en análisis, en lo pertinente, informan lo siguiente:

- 10.1 Se modifica en el documento "Informe Proyecto H2 – Versión C" la sección 3 las referencias de las normas NFPA 2 y ISO 15926 por NFPA 2:2020 y ISO 5926:2015, respectivamente.
- 10.2 Se modifican los documentos "Zona de Seguridad" números de documentos del 2 al 6 correspondientes a los planos de la zona clasificada de riesgo de la planta H2. Se incorpora una celosía de 500x300 mm como sistema de ventilación de la sala de proceso.
- 10.3 Se elimina referencia a Decreto Supremo (DS) 43 en la sección 5.3 del documento "Informe Proyecto H2 – Versión C". Por otra parte, se modifican los documentos "Zona de Seguridad" números de documentos del 2 al 6 correspondientes a los planos de la zona clasificada de riesgo de la planta H2, de acuerdo con la norma NFPA 2:2020, capítulo 7 en su tabla 7.3.2.3.1.1. Indicando el radio de seguridad de 6 m.
- 10.4 Respecto a la observación realizada por la SEC, si el aire acondicionado se encuentra en zona clasificada de riesgo, la norma NFPA 2:2020 sólo refiere como zonas clasificadas de riesgo a aquellas zonas de almacenaje, no refiriendo como zona clasificada el área de generación de hidrógeno. Adicionalmente, el área de generación y de almacenaje de hidrógeno se encuentran separadas por dos paredes que cumplen con Resistencia al Fuego de 120 y 180 minutos según la normativa EN 1634-1:2010 (RF-120 y RF-180), como se indica en el documento "Plano Contenedor – Documento N°1".
- 10.5 Finalmente, se adjuntan a la presentación los siguientes documentos:
 - a) Informe "Proyecto piloto de hidrógeno verde para la minería CNP-MSP", Versión C, de fecha 09.08.2022.
 - b) Planos:
 - i. "Diagrama Contenedor H2 - Tabiques", Vista Superior, Rev 0, de fecha 22.12.2021, N° de dibujo "CNP-MSP-CONT-H2-001".
 - ii. "Diagrama Contenedor H2 - Iluminación", Vista Superior, Rev 0, de fecha 22.12.2021, N° de dibujo "CNP-MSP-CONT-H2-003".
 - iii. "Diagrama Contenedor H2 – Aire Acondicionado", Vista Superior, Rev 0, de fecha 22.12.2021, N° de dibujo "CNP-MSP-CONT-H2-002".
 - iv. "Diagrama Contenedor H2 – Paneles", Vista Superior, Rev 0, de fecha 22.12.2021, N° de dibujo "CNP-MSP-CONT-H2-004".
 - v. "Diagrama Equipos H2", Vista S, F,L, Rev 0, de fecha 22.12.2021, N° de dibujo "CNP-MSP-Equipos-005".
 - vi. "Plano MSP-Sector el Rulo", Vista Superior, Rev 1, de fecha 07.08.2022, N° de dibujo "CNP-MSP-CONT-H2-Sector-Rulo" (Escala 1:500).
 - vii. "Plano MSP-Sector el Rulo", Vista Superior, Rev 1, de fecha 07.08.2022, N° de dibujo "CNP-MSP-CONT-H2-Sector-Rulo" (Escala 1:100).
 - viii. Diagrama Contenedor H2 – Seguridad", Vista Superior, Rev 1, de fecha 07.08.2022, N° de dibujo "CNP-MSP-CONT-H2-Seguridad-001".



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183
VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

5/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

- ix. Diagrama Contenedor H2 – Seguridad”, Vista Superior, Rev 1, de fecha 07.08.2022, N° de dibujo "CNP-MSP-CONT-H2-Seguridad-002".
- x. Diagrama Contenedor H2 – Seguridad”, Vista Superior, Rev 1, de fecha 07.08.2022, N° de dibujo "CNP-MSP-CONT-H2-Seguridad-003".

11° Que el diseño, construcción y operación del proyecto especial presentado se basa en las normas técnicas y códigos que se detallan en el siguiente cuadro:

Nº	Código/Estandar	Contenido	Año
1	NFPA 2	Hydrogen Technologies Code	2020
2	ISO / TR 15916	Basic considerations for the safety of hydrogen system	2015
3	Certificaciones del fabricante CE		

El detalle de los aspectos que aplican de las normas de referencia al proyecto se muestra a continuación:

11.1. NFPA 2 - “Hydrogen Technologies Code (2020)

Nº	Contenido relevante		Aplicación en el proyecto
	Sección	Subsección	
1	6.4 Clasificación de ocupación	6.4.1.1.1 Se debe contar con válvulas de alivio de presión que venteen directo al exterior, en casos que se exceda a los valores de la tabla 6.4.1.1.1	Considerado en instalación de acuerdo a manuales del fabricante.
2		6.4.1.5.1.3 Hidrógeno gaseoso es permitido en habitaciones que cumplen con 10.4.3.3 en cantidades superiores a las permitidas en tabla 6.4.1.1.1 para ensambles, educación, institución, residencial y comerciales.	Considerado en instalación de acuerdo a manuales del fabricante.
3	6.5 Piping. Se considera que el diseño e instalación de tuberías debe aplicar las secciones de ASME B31 y 701.1.2.3, 704.1.2.4 y 704.1.2.5 de ICC internacional I fuel gas code	6.5 Se considera que el diseño e instalación de tuberías debe aplicar las secciones de ASME B31 y 701.1.2.3, 704.1.2.4 y 704.1.2.5 de ICC internacional I fuel gas code	Tuberías de acero inoxidable 316 y de 1/4" diámetro
4		6.5.1.2 Las uniones deben tener un punto de fundición de 538°C	Conexiones estándar de acero inoxidable 316.
5		6.5.1.5 Sistemas de prevención de Back Flow (contraflujo) NFPA 55 7.3.1.3.2	Válvulas de retención entre equipos para evitar retornos de purgas y venteos O2/H2/H20
6		6.5.2 Ensamblaje de partes tuberías y componentes	Todos los componentes en contactos con H2 son indicados por el fabricante (Swagelok). Equipos dentro de laboratorio los cuales serán operados por personal capacitado.
7	6.8 Equipamiento eléctrico	6.8.1.1 Para el almacenamiento de GH2 se debe contar con equipos eléctricos conectados a un sistema eléctrico en stand by que consideren los requerimientos de NFPA 70. Equipos como: Ventilación mecánica, Sistemas de tratamiento, Control de	El electrolizador incluye alarmas, detectores internos, control de temperatura. Y para estanque H2 no aplica debido a que se encuentra en exterior rodeado.



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183

VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

6/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

Nº	Contenido relevante		Aplicación en el proyecto
	Sección	Subsección	
	temperatura, Alarms, Detectores, Otros equipos eléctricos.		
8	6.8.2 Energía de emergencia: cuando se requiera de energía de emergencia, el sistema considerar un sistema de nivel 2 que cumpla con los requerimientos de NFPA 110 o NFPA 111.		Para casos de emergencia, se considera un protocolo de emergencia de ventilación natural en la sala de electrolizador.
9	6.9 Sistema de alarmas para los empleados:	Requeridos por la regulación del gobierno local. Para avisar a los trabajadores de los riegos y procedimientos de mitigación o evacuación	Se utilizará la alarma interna de los electrolizadores que detectan condiciones de fuga y detienen los equipos y avisan al sistema. No se requiere alarmas adicionales dado las condiciones de ventilación de la sala.
10	6.12 sistema de alarma de fuego	6.12.1 Manual del sistema de alarma de incendio debe ser provisto	Instalar alarma manual de incendio
11		6.12.2 El sistema de ser diseñado, instalado y mantenido de acuerdo con NFPA 72	NFPA 72
12	6.13 Sistemas de detección de GH2:	6.13.1 Los sistemas incorporados deben ser listados o aprobados.	Se considera el sistema de detección interna del electrolizador el cual está diseñado por el fabricante y detecta fugas por diferencias de presión.
13	6.14 Iluminación:	Las áreas de uso y almacenamiento deben contar con luz natural o artificial (55:6.12)	Se considera iluminación artificial.
14	6.16 Estanterías de cilindros.	6.16.1 Deben ser construidos en materiales no combustibles y diseñados para soportar el peso.	Construidos en estructuras de acero al carbono.
15	6.17 Terminación de ventilación	6.17.1 La salida del venteo debe estar al menos 3 metros sobre el suelo o 0.61 sobre los equipos adyacentes o 1.5 metros sobre el techo.	Se considera un venteo a una distancia de 3 metros a otros venteos y altura 1.5 m sobre el techo.
16		6.17.2 Las salidas deben estar ubicadas afuera y lejos de áreas de personal, fuentes de ignición, entradas de aire, áreas abiertas y voladizos.	Venteos y purgas fuera del contenedor y dirección contraria a ubicación de personal.
17	6.18 Ventilación: Almacenamiento en entornos cerrados y áreas de uso deben contar con ventilación mecánica o ventilación natural.	6.18.1 Tasas de ventilación: Debe proveer una tasa no menor a 0.0051m ³ /s/m ² del área sobre el área de almacenamiento o uso.	Se considera la ventilación del sistema de aire acondicionado, la cual es sobredimensionada por 4 veces el mínimo 0.0051 m ³ /s/m ² .
18		6.18.1.2 Sistemas mecánicos de ventilación. Debe cumplir con los requerimientos del manual del ventilador. (mechanical code)	
19		6.18.2.1.1 Operación continua	
20		6.18.2.1.7 Descarga de la ventilación: la mezcla de aire+H ₂ debe terminar en un punto en el exterior no menor a 9.1 m de los límites de la propiedad, 3 m de las áreas abiertas de la estructura, 1.8 m de la pared exterior techo, 9.1 de paredes inflamables y áreas abiertas en el edificio que están en dirección de las descargas y 3 m sobre estructura contigua**	Diseño de sistema de venteo (ver planos).



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183

VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

7/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

Nº	Contenido relevante		Aplicación en el proyecto
	Sección	Subsección	
21	6.22 Limpieza y purga del sistema de piping:	(procedimientos, medidas y condiciones de limpieza y purga)	Los electrolizadores tienen un sistema de líneas purga y limpieza de estas el cual es automático. Esta considerado un procedimiento de puesta en marcha para asegurar calidad y niveles de pureza.
22	7.1 Generalidades de hidrógeno gaseoso	7.1.5 Cilindros, contenedores y tanques	El estanque utilizado cuenta con certificación europea 2006/42/CE donde se encuentra considerada la ASME B31:12 entre otras
23		7.1.5.5 Sistemas de alivio de presión (CGA S-1.1 1.2 y 1.3)	El estanque considera válvulas de alivio de presión al estar al exterior el hidrógeno se difunde reduciendo el riesgo de desplazamiento de oxígeno y atmósfera explosiva.
24		7.1.5.5.5 Las válvulas deben ser dispuesta de tal modo que liberen el gas a la atmósfera de forma segura (estructura adyacente, personal)	Válvula ubicada en el exterior del contenedor.
25		7.1.5.6 Diseñado en ubicaciones donde no pueda acumularse humedad y congelarse.	Se considera que las válvulas del estanque se encontrarán en una estructura techada que lo protegerá de la humedad y las tuberías se dispondrán de tal modo que no se acumule humedad al momento de su instalación.
26		7.1.6 Etiquetas (almacenamiento, mantenimiento, cilindros, tanques, piping, advertencias peligros)	Se utiliza normativa chilena de sustancias peligrosas para etiquetado.
27		7.1.7 Seguridad	Se desarrolla en 7.1.7.2 y 7.1.7.3
28		7.1.7.2 Áreas	Se mantendrá restringido el acceso y se complementará con señaléticas.
29		7.1.7.3 Protección física	Se contemplan barreras que separan el estanque de almacenamiento de cualquier vehículo que circule por la zona. (Considerar barrera física cilindros de acero complementaria).
30		7.1.8 Protección de válvulas de cilindros, contenedor o tanques	Se desarrolla en 7.1.8.1.1 y 7.1.8.2.
31		7.1.8.1.1 Las válvulas deberán ser protegidas de cualquier daño físico por medio de tapas, collares o dispositivos similares.	El estanque al estar dentro de un área asegurada, la válvula estará protegida de daños físicos externos.
32		7.1.8.2 tapas Protección de válvulas (se deberá mantener la tapa todo el tiempo, excepto cuando está vacío, reemplazo o conectado para usos.)	Se considera en procedimientos de operación.
33		7.1.9 Separación para evitar condiciones de peligros	Se desarrolla en 7.1.9.1.1 y 7.1.9.1.2.
34		7.1.9.1.1 Separación de 10ft o 3.1 m de cualquier residuo inflamable, vegetación, y materiales similares.	Se consideran distancias de seguridad con un radio de 6 metros donde no habrá materiales



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183

VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

8/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

Nº	Contenido relevante		Aplicación en el proyecto
	Sección	Subsección	
	35		inflamables o fuentes de ignición. Tabla NFPA 2
35		7.1.9.1.2 No debe existir elevadores, plataformas o alturas cercanas al estanque. Se debe evitar tener el tanque en alturas superiores a la mitad de la altura del tanque.	El tanque se encontrará bajo el nivel indicado.
36		7.1.9.1.3 Temperaturas extremas: No debe ser expuesto directamente al sol y no debe superar temperaturas ambientales de 52 °C	El estanque se encontrará cubierto de tal forma que no llegará radiación solar, que pueda elevar su temperatura. Las condiciones climáticas del lugar no alcanzan los 52°C ambiente.
37		7.1.9.1.4 Caída de objetos	El estanque estará cubierto en la parte superior de la estructura donde se encontrará.
38		7.1.9.1.5 Sistemas de calefacción eléctricos	El estanque no se calentará por sistemas de calefacción exterior.
39		7.1.9.1.6 Fuentes de ignición	No existen fuentes de ignición cercanas al contenedor.
40		7.1.9.1.7 Expuesto a químicos	No existen compuestos químicos peligrosos cercanos al contenedor.
41		7.1.9.1.8 Expuesto a circuitos eléctricos	Circuitos eléctricos no se encuentran en zona de estanque.
42		7.1.10 Servicio y reparación debe ser realizada por personal capacitado	Mantenciones menores serán realizadas por personal interno capacitados, y mantenciones mayores realizadas por personal externo experto.
43		7.1.11 Uso no autorizado. No debe ser utilizado para propósitos diferentes del cual diseñado	Operación realizada por personal capacitado y uso de producción será autorizado por MSP y CNP.
44		7.1.12 Cilindros expuesto a fuego: Los cilindros que fueron expuesto a fuego no deben ser utilizados hasta que no hayan sido revisados por personal experto.	En caso de fuego ningún equipo será utilizado antes de ser revisado por personal capacitado.
45		7.1.13 Fugas, daño y corrosión:	Procedimientos de detención, reemplazo, reparación, manipulación en caso de fuga, daño o corrosión.
46		7.1.14 Superficie: el cilindro debe ser protegido de corrosión, por lo que no debe estar en contacto directo con el suelo o de agua.	Zona de contención del estanque a una altura del suelo, por lo que el estanque no tiene contacto directo con el suelo ni agua.
47		7.1.15 Válvulas	Diseño e instalación de válvulas serán realizadas de acuerdo a los usos especificados por el fabricante (apto para uso con H2)
48		7.1.16 Sistema de venteo.	Los sistemas de venteo cumplen con la CGA G5.5.
49		7.1.19 Compresión y equipos de procesamiento: Deberá ser diseñado para el uso específico de gas de H2	Se considera un secador de H2 que cumple con las condiciones de operación del sistema. No se considera sistema de compresión.
50		7.1.19.3	Sistema de parado de emergencia se encuentra integrado en el electrolizador el cual se activa y se



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183

VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

9/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

Nº	Contenido relevante		Aplicación en el proyecto
	Sección	Subsección	
51	7.1 No a granel, bajas cantidades (Non Bulk)	7.1.23 Válvula de Parada de emergencia.	mantiene hasta que sea revisado por personal autorizado.
52		7.1.25 Fuentes de ignición	El electrolizador considera una válvula de flujo que reacciona ante cualquier parada de emergencia, apagando el sistema. Adicionalmente existen válvulas manuales entre electrolizador y estanque que permiten cerrar el flujo de H ₂ ante cualquier emergencia.
53			Se consideran señaléticas de no fumadores o el uso de fuego en una zona no menor a 7.6 m. normativa chilena.
54		7.1.26 Instrucciones Operación	Se considera capacitación de operación en base a manuales de fabricantes y se mantendrá una copia del manual en español cercana a los equipos.
55	7.2 No a granel, bajas cantidades (Non Bulk)	7.2.2.3 Almacenamiento exterior	El sistema de almacenamiento se encuentra a más de 6 metros de vías públicas, edificios, construcciones, que es mayor a lo indicado por la tabla 7.2.2.3.2. artículos siguientes no aplican.
56		7.2.3 Uso	Cumple el uso de hidrógeno al interior de Contenedor (venteos exteriores, uso de materiales adecuados, sistemas de emergencia y procedimientos adecuados) considerados en 7.1.
57	12 Sistemas de celdas de combustible de H ₂	12.2.1.1 Las celdas de combustible del proyecto, se deben instalar de acuerdo con las instrucciones del fabricante	Se adjuntará manual de fabricante de Celdas de combustible Plug power.
58		12.3.1.1.1 Las celdas de combustible pre-empaquetadas, autónomas y estacionarias, se deben diseñar, probar y enlistar de acuerdo con lo establecido en la norma ANSI/CSA FC1, Fuel Cell TechnologiesPart 3-100: Stationary Fuel Cell Power SystemsSafety	El fabricante cumple con las normas señaladas (plug Power).
59		12.4.1 Los sistemas de almacenamiento conectados para dar funcionamiento a celdas de combustible estacionarias deben cumplir con lo descrito en la norma NFPA 853 (Estándar para instalación de sistemas de celdas de combustible)	La instalación de equipos cumplirá con todo lo señalado por el fabricante. (NFPA 853/ 9.3.6.4 La celda de combustible considera un sistema de detección de fuga y aislamiento automático el cual está integrado al dispositivo y es interno)
60	13 Sistemas de generación de H ₂	13.1.1.1 Este capítulo se aplicará a sistemas de generación de hidrógeno permanentes con una capacidad	Aplica debido a que produce 90g/h.



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183

VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

10/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

Nº	Contenido relevante		Aplicación en el proyecto
	Sección	Subsección	
		nominal mayor a 36 g/h y menor a 100 kg/h.	
61		<p>13.2.2.1 Las tuberías, válvulas y accesorios del sistema desde la generación hacia otros equipos, incluidos los sistemas de almacenamiento, deben cumplir con la norma ASME B31 - Code for Pressure Piping</p>	tuberías de acero inoxidable 316 y de 1/4" diámetro.
62		<p>13.2.4 Los sistemas de generación de hidrógeno se instalarán cumpliendo con lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) Sobre una base firme con capacidad de soportar el equipo y accesorios según ASCE-7 - Minimum Design Loads For Buildings and Other Structures. (2) En una ubicación anclada y protegida de bajas temperaturas y eventos sísmicos. (3) Debe considerar restricción de acceso a personas no autorizadas, garantizando accesos de emergencia para bomberos. (4) Fuera de algún área potencialmente peligrosa de acuerdo a lo definido en NFPA 70 - Artículo 500, a menos que esté aprobado para tales áreas. (5) La ventilación del sistema de generación debe cumplir con la sección 6.17. (6) Los controles de seguridad deben cumplir con la norma NFPA 79 (Estándar eléctrico para maquinaria industrial) 	<ul style="list-style-type: none"> - Contenedor con puertas y acceso restringido - Sistemas construidos en estructuras de acero (no inflamable) - Cumplimiento norma chilena antisísmica no aplica, está estático. (Diseñado fijo a piso) - Se considera viento a una distancia de 3 metros a otros vientos y altura 1,5 m sobre el techo. Vientos y purgas fuera del contenedor y dirección contraria a ubicación de personal - Los electrolizadores consideran sistemas de detección de h2 diseñado por el fabricante a modo de seguridad del sistema.
63		<p>13.2.5.1 En adición a lo establecido en 13.2.4, para sistemas de generación en interiores se debe cumplir:</p> <ul style="list-style-type: none"> (2) Las distancias de separación de los equipos del sistema de generación de hidrógeno con volúmenes menores o iguales a (MAQ definido en 6.4.1.1) deben cumplir con lo establecido en tabla 7.2.2.2 o 7.3.2.3 (la menor exigencia entre ellos). (3) No se exigirá que un sistema de generación de hidrógeno y el almacenamiento de hidrógeno asociado con volúmenes internos inferiores o iguales al MAQ definido en 6.4.1.1 dispongan de una separación resistente al fuego. 	Se considera una distancia de seguridad de acuerdo con tabla 7.2.2.2 y norma local (6 metros de separación) para el sistema de almacenamiento y sala con electrolizadores. Consideramos una barrera RF120 entre la pared que separa electrolizadores y almacenamiento.
64		13.2.5.2 Un sistema de generación instalado en interiores debe ubicarse	Cumple de acuerdo con consideración de ventilación inicial (Se sobredimensiona la extracción)



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183

VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

11/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

Nº	Contenido relevante		Aplicación en el proyecto
	Sección	Subsección	
		en un área ventilada cumpliendo con lo dispuesto en la sección 6.18.	de aire de la sala de electrolizador por lo que no se considera medición de porcentaje de O2 o H2 al interior).
65		13.3.1.1.2 Los electrolizadores deben estar enlistados o aprobados para su uso.	Todos los equipos se encuentran certificados.
66		13.3.1.2.1 Si se requiere ventilación mecánica, se debe proporcionar un control que permita apagar el electrolizador en caso de pérdida de ventilación.	Aplica lo considerado en 6.18.1
67		13.3.1.2.3 La ventilación de los electrolizadores en interior se ajustará a las instrucciones de instalación del fabricante y al siguiente punto: (2) Uso de ventilación constante suficiente para mantener una concentración promedio de gas H2 dentro de la habitación por debajo del 25% de LFL basado en la fuga de hidrógeno máxima anticipada según lo determinado por las instrucciones de instalación del fabricante.	Aplica lo considerado en 6.18.1
68		13.4.1.2 Las tuberías, válvulas y accesorios de hidrógeno desde el electrolizador al sistema de almacenamiento deben estar de acuerdo con la normativa ASME B31.12 - Tuberías y tuberías de hidrógeno.	Véase 6.5

11.2. ISO / TR 15916:2015

Nº	Contenido relevante		Aplicación en el proyecto
	Sección	Subsección	
1	6 Consideraciones de seguridad	Hace referencia a los factores de peligro de combustión, presión, fragilización de materiales,	Considerado en matriz IPER.
2	7.1.2 Lecciones aprendidas	Identifica y categoriza las causales de incidente más común con uso de hidrógeno. Deficiencias operativas	En revisiones de diseño, procedimientos y matrices incluir medidas en función a las lecciones aprendidas.
3	7.2 Diseño medidas de prevención y mitigación diseño.	7.2.1 Diseño a prueba fallas automática (válvulas vuelvan a posición segura, monitoreo remoto, sensores, sistemas de alertas), diseño seguro: Estanques de acuerdo a normas de presión y resistencia al fuego, marcado con nombre Hidrogeno y rombo NFPA según, válvulas de cierre en puerto descarga.	Consideraciones de diseño del fabricante de los equipos. Se utiliza acero inoxidable para el transporte de hidrógeno con sus respectivas certificaciones adjuntas en carpeta. Se consideran muros de resistencia al fuego RF 120 que aislan la sala de operaciones de H2. Asimismo, se considera un muro de RF180 que separa los equipos de la sala de almacenamiento exterior. Además, se consideran válvulas de alivio de presión y venteos con distancias seguras de acuerdo a NFPA 2 y fabricante.
4		7.2.2 Uso de Materiales resistentes a temperaturas de operación, evitar fragilidad de hidrógeno, compatibilidad de metales utilizados. Estos deben responder a ISO 11114-40 materiales resistente al hidrogeno,	



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183

VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

12/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Nº	Contenido relevante		Aplicación en el proyecto
	Sección	Subsección	
	7.3 Prevención y mitigación de peligros y riesgo de incendio y explosión.	aceros inoxidables o de baja aleación. cilindros para transporte deben responder a ISO 1119, ISO 19881 para almacenamiento, e ISO 19884 para aplicaciones estacionarias. Materiales construcción adecuado limpieza del sistema de hidrógeno. Debe diseñarse para mantenerse limpio. Establecer procedimiento limpieza.	Consideración de ventilación en sala de operaciones, para reducir la probabilidad de generar una atmósfera
5		7.2.3 consideraciones de componentes y recipiente: Incluir sistema de alivio de presión adecuados por volumen almacenado y evitar una la sobrepresión del sistema.	
6		7.2.5 Tuberías, conexiones y juntas	
7		7.2.6 Limpieza	
8		7.2.7 Componentes de alivio presión, filtros instrumentación y control	
9		7.3.3 Eliminar las fuentes de ignición como:	
10		7.3.3.1 por electricidad (estática, carga eléctrica por equipos de apoyo, arco eléctrico, relámpagos.)	
11		7.3.3.2 mecánicos (impactos, fricción, vibración mecánica)	
12	7.4 Consideración de instalaciones	7.3.3.3 temperatura (llamas abiertas, cargas explosivas, químicos reactivos)	Se considera pintura antiestática y anti ignífuga. Además se considera una barra química para la puerta a tierra.
13		7.3.4 Estrategias para evitar detonaciones y deflagración. Uso apagallamas, Evitar confinamiento	
14		7.4.1 Sistema de detección fuga de gas. 7.4.2 Sistema detección de fuego	
15		7.5.1 lugar	Lugar con accesos controlados
16		7.5.3 exclusión de áreas (limitar acceso, operaciones aprobadas, letreros, rejas para áreas críticas)	Se considera en los planos y diseño de la exclusión de áreas.
17		7.5.4 barricadas de protección (protección por posible explosiones y proyección de materiales)	Se consideran barras de contención y separación de las vías para vehículos
18		7.5.5 Equipos control seguridad (sistema advertencias condiciones anormales, controles flujos caudal, válvulas de seguridad, software)	Sistema de monitoreo y sensores de seguridad. Equipos con sistemas de apagado automático ante detección de fugas.
19		7.5.6 Eliminación intencional de hidrógeno (Los sistemas de ventilación debe ubicarse de manera que el hidrógeno no ingrese a las tomas de aire y protección contra rayos)	Véase en consideraciones de ventilación NFPA2 y planos.
20		7.5.8 Ventilación (eliminar hidrógeno de los espacios confinados hacia afuera, Ventilación natural o forzada	Véase en consideraciones de ventilación NFPA2 y mínimos de ventilación para minimizar las atmósferas explosivas.



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183

VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

13/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

Nº	Contenido relevante		Aplicación en el proyecto
	Sección	Subsección	
21		7.5.9 Componentes eléctricos (deben ser certificados o aprobados para entorno de hidrógeno) equipos deben estar conectados a tierras y con sello de polímero)	Se considera materiales aislantes y barras químicas antiestáticas para conexión a tierra.
22		7.5.10 Alarms audibles visible o ambas (fuga hidrógeno, fuego, presión alta trabajo, posición de válvulas)	Se considerará alarma visible y audible para los riesgos considerados.
23		7.5.11 Los sistemas de protección contra incendios pueden ser automático o manual (extintores PQS), sprinklers o cortinas de agua.	Se considerarán sistemas de polvo químico en seco PQS o CO2 en caso de incendio en sala de electrolizadores y procedimiento de mitigación de llama en estanque de almacenamiento exterior.
24	7.6 Consideraciones de operación	7.6.2 Procedimientos de operación	Se considerarán los procedimientos de seguridad, operación, almacenamiento y transporte donde se instalarán los equipos de H2, de acuerdo a los requerimientos de los fabricantes y normas locales de seguridad y operación de entornos industriales.
25		7.6.3 Equipos de protección personal	
26		7.6.5 Transporte	
27		7.6.6 Operación de almacenamiento y transferencia	
28		7.6.7 Procedimiento emergencia	

11.3. CE Marking

Nº	Contenido relevante		Aplicación en el proyecto
	Sección	Subsección	
1		Comisionamiento y puesta en marcha	<ul style="list-style-type: none"> Procedimientos previo a la puesta en marcha según art. 5.1.12.3.
2	Certificación de fabricante	Diseño y fabricación Electrolizador y Estanque (Manual de operación y mantenimiento), (Manual de seguridad)	<p>Equipamiento cumple con al menos las siguientes directivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Machinery directive; 98/37/EC, Equipment and protective systems intended for use in Potentially Explosive Atmosphere; 94/9/EC, Pressure equipment directive; 97/23/EC, Low voltage directive; 73/23/EEC, Electromagnetic compatibility directive; 89/336/EEC, Simple pressure vessels directives; 87/404/EEC, 90/448/EC.

12º Que en el punto vi) del numeral 4.2) del Considerando 4º, se presentan los antecedentes relativos a la descripción de los riesgos levantados, según se indica a continuación:



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183
VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

14/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

Etapa de operación	Aspecto / peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo	Controles
Producción de Hidrógeno				
Acondicionamiento eléctrico	Electricidad	Contacto con energía eléctrica / electrocución	Alto	1.Puesta a tierra de equipos e infraestructura 2.Diferencial en equipos 3.EPP dieléctricos 4.Personal especializado / capacitado 5.Señalética 6. Programa mantenimiento equipos 7.Diseño de acuerdo con normativa eléctrica y consumos
		Quemaduras por arco eléctrico	Alto	
		Sobrecalentamiento eléctrico / cortocircuito	Alto	
Electrolysis	Electricidad	Contacto con energía eléctrica	Alto	1.Puesta a tierra de equipos e infraestructura 2.Diferencial en equipos 3.EPP dieléctricos 4.Personal especializado / capacitado 5.Señalética 6. Programa mantenimiento equipos 7.Diseño de acuerdo con normativa eléctrica y consumos
		atmosfera explosiva / incendio	Alto	
	H2 gaseoso	asfixia / hipoxia	Medio	1.Ventilación forzada y natural 2.Sensores fuga de hidrógeno 3.Sistemas de alarma sonora y estroboscópica 4.Sistema de extinción 5.Planes de emergencia 6.Cámaras infrarrojo 7.Diseño de acuerdo NFPA 2 (distancias, materiales, cortafuegos)
		Quemaduras a personas	Bajo	
	Superficies con temperatura	Sobrecalentamiento equipos	Medio	1.Aislación y protección térmica 2.Señalética 3. Equipos de acuerdo con normativa de incendio.
		fuga oxígeno	Alto	
	proyección agua	Combustión espontánea	Alto	1.Ventilación forzada y natural 2.Definición de parámetros de operación 3.Diseño de acuerdo NFPA 2 (distancias, materiales, cortafuegos)
		Cortocircuito eléctrico	Medio	
		Contacto con energía eléctrica	Medio	1.Red de agua y estanque normativa 2.Revisión periódica e inspección de fugas de agua 3.Equipos eléctricos protección IP. 4. Mantenimiento preventivo equipos y red agua. 5. Ingreso restringido al sector y señalización peatonal
Acondicionamiento de H2	Agua	Cortocircuito eléctrico	Medio	1. Revisión periódica e inspección de fugas de agua



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183
VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

15/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

Etapa de operación	Aspecto / peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo	Controles
Operación	Presión	Atmosfera explosiva por fuga de hidrógeno.	Alto	1. Definición parámetros de operación por proveedor de equipo y diseño de operación. 2. Detectores de hidrógeno
		Contacto con energía eléctrica	Medio	1. Puesta a tierra de equipos e infraestructura 2. Diferencial en equipos 3. EPP dieléctricos 4. Personal especializado / capacitado 5. Señalética 6. Programa mantenimiento equipos 7. Diseño de acuerdo a normativa eléctrica y consumos
		arco eléctrico	Medio	
	Electricidad	atmosfera explosiva / incendio	Alto	1. Ventilación forzada y natural 2. Sensores fuga de hidrógeno 3. Sistemas de alarma sonora y estroboscópica 4. Sistema de extinción 5. Planes de emergencia 6. Cámaras infrarrojo 7. Diseño de acuerdo NFPA 2 (distancias, materiales, cortafuegos)
		asfixia / hipoxia	Medio	
	H2 gaseoso	liberación de energía por acumulación	Medio	1. Sistemas de control y medición de presión de hidrógeno. 2. Definición Parámetros de Operación
		atmosfera explosiva	Alto	
		asfixia / hipoxia	Alto	1. Ventilación forzada y natural 2. Sensores fuga de hidrógeno 3. Sistemas de alarma sonora y estroboscópica 4. Sistema de extinción 5. Planes de emergencia 6. Cámaras infrarrojo 7. Diseño de acuerdo NFPA 2 (distancias, materiales, cortafuegos)
Transporte (piping y válvula)	Presión/explosión	Contacto con energía eléctrica	Alto	1. Implementar medidas etapa Hidrolisis 2. Diseño de sistemas con puntos de bloqueo o aislación 3. Procedimiento Bloqueo 4. Capacitación
		arco eléctrico	Alto	
	H2 gaseoso	atmosfera explosiva	Extremo	1. Implementar medidas etapa Hidrolisis 2. Diseño de sistemas con puntos de bloqueo y aislación 3. Procedimiento Bloqueo y verificación energía 4. Capacitación
		asfixia / hipoxia	Alto	
	Presión/explosión	liberación de energía por acumulación	Alto	1. Sistemas de control y medición de presión de hidrógeno. 2. Definición Parámetros de Operación
Mantenimiento	Electricidad	atmosfera explosiva	Extremo	1. Implementar medidas etapa Hidrolisis 2. Diseño de sistemas con puntos de bloqueo o aislación 3. Procedimiento Bloqueo 4. Capacitación
		arco eléctrico	Alto	
	H2 gaseoso	asfixia / hipoxia	Alto	1. Implementar medidas etapa Hidrolisis 2. Diseño de sistemas con puntos de bloqueo y aislación 3. Procedimiento Bloqueo y verificación energía 4. Capacitación



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183
VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

16/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

Etapa de operación	Aspecto / peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo	Controles
Alimentación de agua y tratamiento	Electricidad	Contacto con energía eléctrica	Bajo	1.Puesta a tierra de equipos e infraestructura 2.Diferencial en equipos 3.mantenimiento de equipos
Transversal	Eventos climáticos	fuga de hidrogeno	Alto	1. Estructura antisísmica 2 Controles asociado a la fuga de hidrogeno
	Ruido	Daño auditivo	Bajo	1. Equipos certificados bajo norma ruido ambiental 2. Uso de protección aditiva
Almacenamiento				
Almacenamiento a baja presión 35 [bar]	Presión/Explosión / Incendio	Sobrepresión, Fuga de H2 (Daños materiales)	Medio	1. Diseño de tanques bajo norma con grosores adecuados 2. Sistema de control de proceso, válvulas de alivio.
		Fuga de H2 más Fuente de ignición (Daño de material)	Alto	3. Sistema de parada de emergencia [válvulas de corte (caso de fuga) 4 plan emergencia 5. Sistema de control, detectores de H2.
	Corrosión, abrasión, oxidación (polvo en suspensión)	Daños de soportes y superficie de tanques	Medio	1.Diseño de estructura, 2. Inspección y mantenimiento
Regulación de presión [bar]	Presión/Explosión /Incendio	Fuga de H2 en los sellos, Sobrepresión	Medio	1. Detectores de humo, 2 Detectores de H2, 3 Paradas de emergencia (Electrolizador + Compresor), 4. protección contra fuego del contenedor
		Fuga de H2 y Fuente de ignición (Daño de material)	Alto	5.Equipo de Primera respuesta
	Desplazamiento de O2	Asfixia	Medio	1. Sistema de extracción de aire 2. sensores de hidrógeno (Alarma)
celdas de combustible	Presión/Explosión / Incendio	Fuga de H2 en conexiones	Alto	1. Diseño de tuberías bajo norma con grosores adecuados 2. Sistema de control de proceso, válvulas de alivio
		Fuga de H2 más Fuente de ignición (Daño de material)	Alto	3. Sistema de parada de emergencia [válvulas de corte (caso de fuga) 4 plan emergencia
	Electricidad	Contacto con energía eléctrica	Alto	1.Puesta a tierra de equipos e infraestructura 2.Diferencial en equipos 3.EPP dieléctricos 4.Personal especializado / capacitado 5.Señalética 6. Programa mantenimiento equipos 7.Diseño de acuerdo a normativa eléctrica y consumos
	Operación (Inspección) y Mantenimiento de	Presión/Explosión / Incendio	Fuga de H2	1 Capacitación de personal, 2 manuales de de H2 en tuberías)



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183

VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

17/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

Etapa de operación	Aspecto / peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo	Controles
Desplazamiento de O2	equipos en esta Área		(Daño al personal)	4 Planta parada y con sus sistemas libre de H2 al momento de mantenimiento
	Incendio	Fuga de H2 más Fuente de ignición (Daño de material)	Medio	1. Protocolos de inspección y mantenimiento 2. sistemas bloqueos equipos y verificación energía
		Asfixia	Medio	1. Viento natural o forzado durante mantención de sensores o detectores de gases portátiles
		Psicosocial Incorrecta inspección y mantenimiento	Alto	1. Correcta implementación de procedimiento, 2 evaluación de capacidades y estados mentales de personal 3. inspección y mantenimiento
		Explosión de sistema de almacenamiento de hidrógeno en el equipo. Crackeo de Material.	Alto	1. Sensores de concentración de hidrógeno 2. Materiales certificados-normados 3. Procedimiento de carga y planes de emergencia 4. Sensores infrarrojos para ver hidrógeno 5. Mantenimiento preventivo 6. Revisar sistemas de viento
Recarga de H2 a Celdas de Combustible	Incendio	Incendio al existir alguna chispa en el ambiente y fuga de hidrógeno.	Alto	1.Botón rojo que interrumpe suministro de H2 y energía eléctrica 2.Definir protocolo de seguridad y planes de emergencia 3.Ventilación en caso de lugares cerrados 4.Sensores infrarrojo para ver hidrógeno
	Celdas de combustible			
	Ambiente sin oxígeno	El hidrógeno reemplaza el aire.	Alto	1.Lugar definido adecuadamente. 2. Sistemas que evitan fugas de H2
	Eléctrico	Falla de conexión a tierra. De todas maneras, el riesgo es bajo.	Alto	1.Sistema de control entre celda y dispensador 2.Protocolos estandarizados y señalización 3.Uso de zapatos de seguridad
	Polvo en suspensión	Se tapa las válvulas de viento.	Alto	1.Sistemas de filtro de polvo incorporados en Fuel cell 2.Protocolos estandarizados para sistema de mantenimiento del filtro 3.Comunicación operador-Mantenedor 4.Definir periodos de mantenimiento.
Operación	Vapor de agua	No representa riesgo a la seguridad	Bajo	1.Procedimiento de vientos programados 2.Protocolos estandarizados y señalización
	Incendio	Incendio al existir alguna chispa en el	Alto	1.Prohibido el uso de otros equipos eléctricos.



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183

VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

18/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

Etapa de operación	Aspecto / peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo	Controles
Operación		ambiente y fuga de hidrógeno.		2. Restricción de acceso a área de celdas de combustible 3. Plan de emergencia en caso de incendio. 4. Sistema de parada de emergencia por fugas u otros incidentes.
	Ambiente sin oxígeno	Baja concentración de Oxígeno (es más operacional de eficiencia)	Bajo	1. Sistemas de ventilación 2. Sistemas de paradas de emergencia
	Eléctrico	Cortocircuito. No tenga suministro eléctrico (Es equivalente a una eléctrica)	Medio	1. Sistema de control de regímenes de operación de Celdas 2. Protocolos estandarizados y señalización 3. Uso de EPP adecuado
	Polvo en suspensión	Se tapan válvulas de venteo. Se tapa el sistema de filtro. No hay refrigeración	Medio	1. Se consideran gabinetes con sellos en puertas 2. Sistema de filtros y ventilación 3. Uso de EPP adecuado
Mantenimiento	Presión/explosión	Crackeo de material	Alto	1. Sensores de concentración de hidrógeno 2. Instrumentación y herramientas adecuadas. 3. Procedimiento de carga y planes de emergencia 4. Revisar sistemas de venteo
	Incendio	Incendio producido al momento de hacer mantenimiento	Alto	1. Chequeo de fugas y materiales en mal estado 2. Uso de EPP adecuado
	Eléctrico	Descargas por estática de sistemas cargados	Medio	2. Protocolos de prueba y tiempos adecuados para desenergizar y manipular equipos. 3. Uso de EPP adecuado

13º Que en el punto vii) del numeral 4.2) en el Considerando 4º, se indican antecedentes relativos a los aspectos de calidad de componentes de la instalación de hidrógeno, tales como:

- a) Electrolizadores Enapter EL 2.1. Certificado del proveedor N°: ELE21-CRT-DOC01.
- b) Secador de hidrógeno Enapter Dry 2.1. Certificado del proveedor N°: DRY21-CRT-DOC01.
- c) Purificador de agua WPS – BWT Bonaqua 500. Certificado del proveedor código: 16182AB.
- d) Estanque de agua Enapter WTM.
- e) Estanque de hidrógeno Mahyec 60 bar - 850 L.
- f) Celdas de combustible Plug Power E-1100 y E-2500 (Equivalentes a Relion E-1000x y 2200x) CSA certified.

14º Que analizados los antecedentes presentados es posible concluir que el proyecto especial es concordante con las normativas de seguridad vigentes a la fecha de presentación de los antecedentes, e incorpora elementos de seguridad que mitigan los riesgos en el manejo y el uso del hidrógeno como energético, en particular respecto de los siguientes aspectos:



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183
VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

19/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

- 14.1 La presentación incluye un análisis comparativo de cumplimiento de la normativa técnica seleccionada por el proyecto, respecto de su contenido relevante y de sus aplicaciones en el diseño del proyecto.
- 14.2 La presentación contempla materiales tales como, aceros inoxidables 316/316L, aptos para el uso con hidrógeno.
- 14.3 La presentación contempla una clasificación de zonas de riesgo, de acuerdo con lo establecido en la norma internacional NFPA 2 de 2020, y considera un radio de seguridad de 6 metros.
- 14.4 Se han presentado antecedentes de declaración de conformidad o certificación por un tercero competente para los equipos principales de la instalación, tales como electrolizadores Enapter EL2.1, secador de hidrógeno Enapter Dry 2.1, estanque de hidrógeno Mahyec 60 bar – 850 L y celdas de combustibles Plug Power E-1100 y E2500.
- 14.5 Las especificaciones técnicas de los equipos principales y las obras civiles señaladas en el proyecto, contemplan normas, requisitos y condiciones de seguridad específicas que deben ser considerados por las empresas que proveerán los equipos o los contratistas que ejecutarán las obras, según corresponda.
- 14.6 La presentación contempla una evaluación del riesgo y las medidas para mitigar los riesgos levantados.
- 14.7 La presentación contempla protocolos de seguridad que describen los sistemas de seguridad y los procedimientos necesarios para su correcto funcionamiento

15° Que analizados los antecedentes tenidos a la vista y habiendo dado cumplimiento a las observaciones de esta Superintendencia, y dado que el artículo 2º, del DFL N°1, de 1978, del Ministerio de Minería, establece la necesidad de inscribir las instalaciones de combustibles en el registro que mantiene esta Superintendencia, corresponderá autorizar el proyecto especial denominado “proyecto especial pilotaje de tecnología de hidrógeno verde para abastecimiento energético de campamento minero”, a ser implementado dentro de las instalaciones de Minera San Pedro, ubicada en Darío Ovalle S/N, en la comuna de Til Til, Región Metropolitana, el cual deberá cumplir con todas las disposiciones señaladas en el citado proyecto.

RESUELVO:

1° Autorízase a las empresas Centro Nacional de Pilotaje de Tecnologías para la Minería, RUT: 65.190.249-5 y Minera San Pedro S.A. RUT: 85.466.200-7, el proyecto especial denominado “Proyecto especial pilotaje de tecnología de hidrógeno verde para abastecimiento energético de campamento minero”, a implementarse en las instalaciones de la Minera San Pedro S.A., ubicada en la calle Darío Ovalle S/N, en la comuna de Til Til, Región Metropolitana, de acuerdo con los antecedentes y especificaciones técnicas presentadas en el proyecto aludido, antecedentes que pasan a ser parte integrante de la presente Resolución, sin perjuicio de las normas técnicas que se dicten en lo sucesivo sobre la materia, y del cumplimiento de otras autorizaciones y permisos sectoriales.

2° La responsabilidad por el diseño, construcción, operación, mantenimiento e inspección de la instalación objeto de autorización, quedará radicada en el propietario y/u operador, según corresponda.



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183
VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

20/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

3° Se hace presente, que la instalación deberá contar con los procedimientos de operación, inspección y mantenimiento de los respectivos equipos y accesorios que la componen, los cuales deberán estar en conocimiento del personal que operará las distintas partes de la instalación de hidrógeno, y a disposición permanente de esta Superintendencia, cuando lo solicite.

4° El operador de la instalación deberá comunicar a esta Superintendencia, dentro de un plazo no mayor a 24 horas desde su ocurrencia, los Accidentes o Incidentes, que ocurran en sus equipos o instalaciones.

5° Previo a la puesta en servicio, y a efecto de dar cumplimiento a lo dispuesto en el Considerando 14° de la presente Resolución, la instalación de gas hidrógeno en comento, deberá ser inscrita en esta Superintendencia, de acuerdo con lo señalado en el Artículo 2°, del DFL N°1, de 1978, del Ministerio de Minería, utilizando para ello el formulario que se adjunta en la presente Resolución, y acompañando los siguientes antecedentes:

- 5.1 Formulario de declaración, en tres copias, según formato que se adjunta a la presente Resolución.
- 5.2 Fotocopia de la cédula de identidad del representante legal y del propietario.
- 5.3 Plano de Layout general de la instalación "As Built".
- 5.4 Plano de redes de gas "As Built".
- 5.5 Memoria técnica general del proyecto.
- 5.6 Informe de pruebas y ensayos de fuga conformes de los sistemas y subsistemas y equipos, según especificaciones técnicas y normas.
- 5.7 Informe de verificación del montaje de la instalación en conformidad con las exigencias del proyecto autorizado, con las firmas del profesional proyectista responsable, según lo efectivamente instalado en terreno ("As Built").
- 5.8 Cronograma de operación de la planta piloto de hidrógeno.
- 5.9 Manual de seguridad de la instalación de hidrógeno.
- 5.10 Copia de la Resolución que autoriza el presente proyecto especial.

6° La presente resolución sólo es válida con los antecedentes tenidos a la vista por esta Superintendencia, cualquier modificación sobre el particular, deberá ser informada oportunamente por el solicitante, para su evaluación.

ANÓTESE, NOTIFIQUESE Y ARCHÍVESE

MARIANO CORRAL GONZÁLEZ
Superintendente de Electricidad y Combustibles (S)



Caso:1657521 Acción:3119080 Documento:3219183
VºBº GGT/PLS/HCM/IMC/SL.

21/21

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3119080&pd=3219183&pc=1657521>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl