

Cadenas de valor del hidrógeno verde producción, modularidad y transporte: Aproximación a Instituciones jurídicas y regulatorias para destrabar su valor intrínseco.

Jornadas de Energía UC - 2023



¿Cuál es la intención de esta exposición?

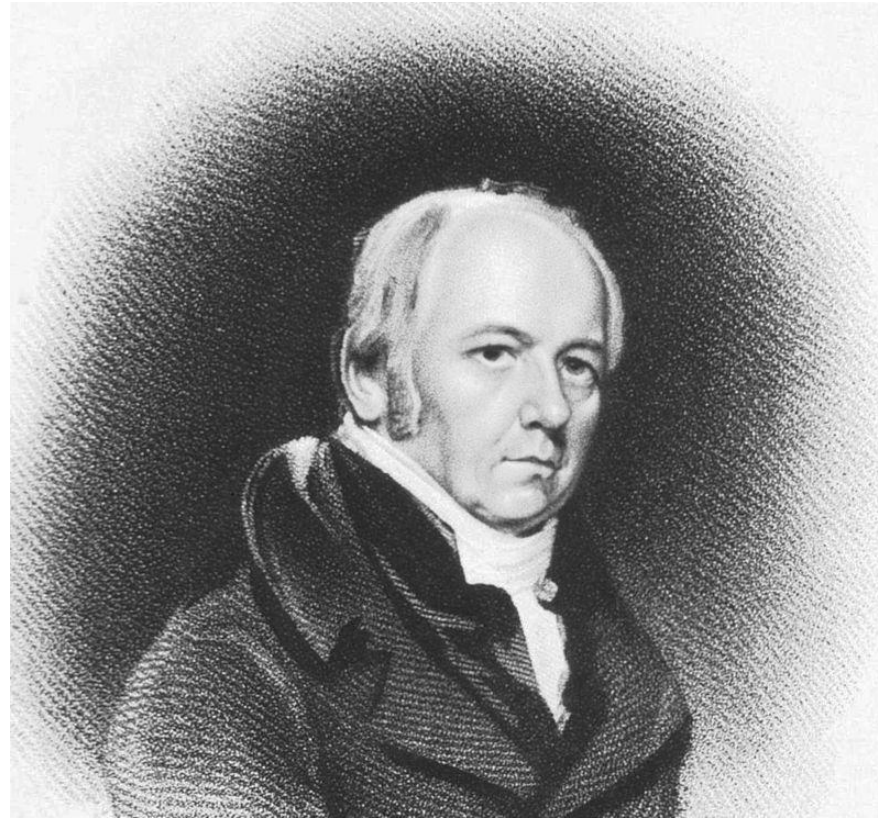
- ▶ Primeramente, dar luces a lo que significa la producción de Hidrógeno verde: i.e. por qué es **verde**, y cuál es la importancia estratégica de su “cadena de valor” (hidrógeno verde en adelante como “H2V”).
- ▶ Asimismo, presentaremos un breve estado del arte de la normativa en Chile, con respecto al H2V.
- ▶ Luego, entendidos que fueren los “términos de la discusión”, avanzaremos en presentar ciertos desafíos jurídicos o regulatorios, y explorar ciertas propuestas regulatorias a fin de poder avanzar en la discusión legal en torno a ésta industria.
- ▶ Cual es la intención **última** de ésta presentación:
 - ▶ Existen **ambiciosas metas** por parte del Estado de Chile de convertirse en productor y uno de los exportadores más grandes a escala mundial;
 - ▶ Tenemos que desarrollar, discutir, pensar y sentar las bases para un desarrollo de la industria doméstica, que sea “**escalable**” a un desarrollo internacional.

¿Qué es el Hidrógeno?

- ▶ El hidrógeno es uno de los elementos más simples, que consiste en un protón y un electrón.
- ▶ Es uno de los elementos más comunes abundantes en la tierra (y en el Universo), que unido con oxígeno forma Agua (H_2O) y unido con carbón puede formar Metano (CH_4).
- ▶ No tiene color ni olor, y es *altamente inflamable*. Tiene el mayor contenido energético por *peso* que cualquier otro combustible. Asimismo tiene mayor densidad energética (tres veces mayor) que el diesel o la bencina.
- ▶ En otras palabras 1 Kg de hidrogeno, utilizado en una celda de Hidrogeno para la combustión en un motor eléctrico, tiene casi la misma energía que un galón de diesel (3,78 kg).
- ▶ Comparado con Gas natural, el hidrógeno tiene el doble de contenido calórico por *kilo*.
- ▶ (No así, comparándose con el gas natural en relación al volumen, bajo la misma presión).

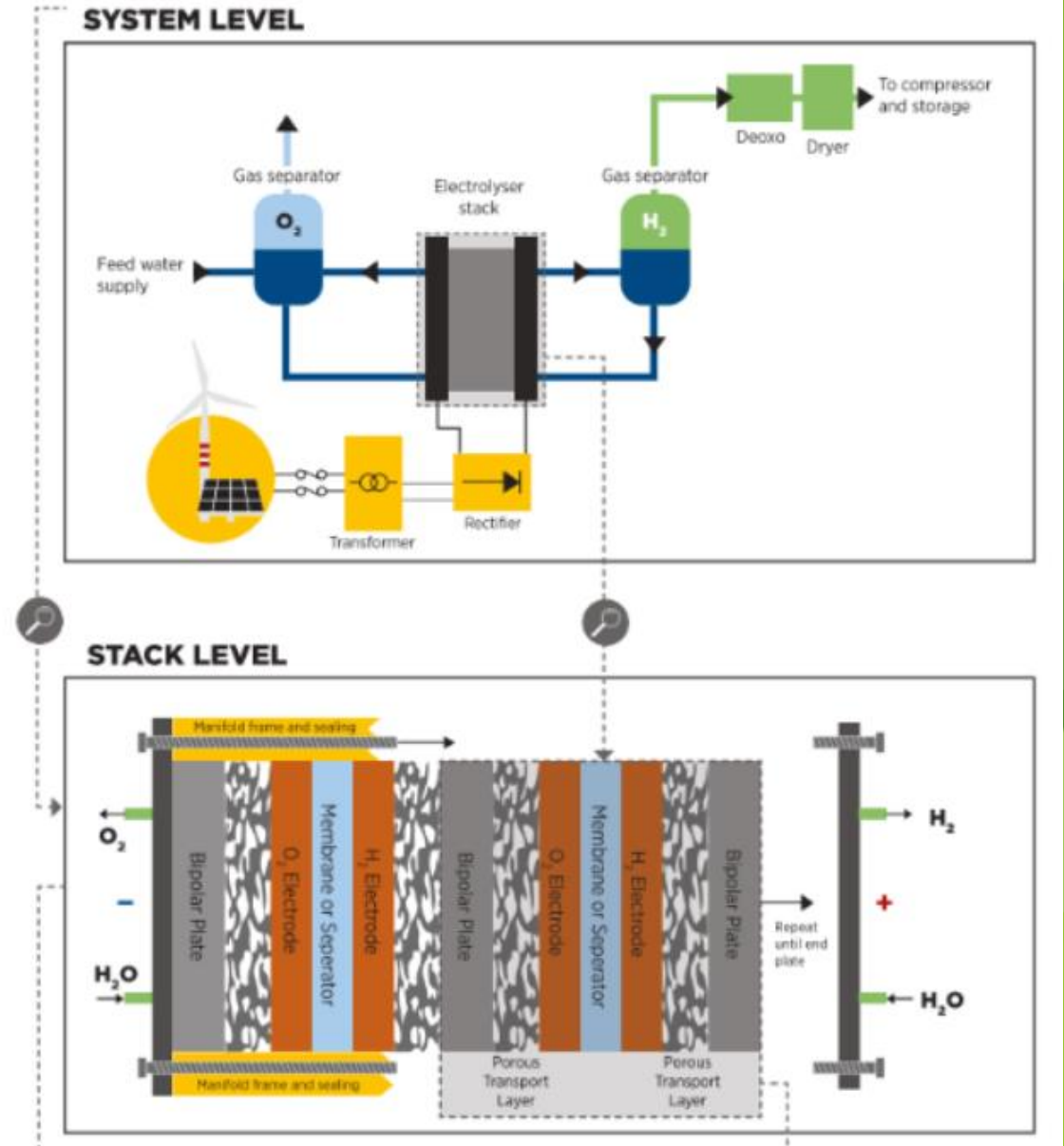
¿Qué es la electrolisis?

- ▶ La electrólisis es un proceso de larga data, descubierto en el 1800 (accidentalmente por W. Nicholson - luego sistematizado por Faraday).
- ▶ El proceso en virtud del cual, mediante electricidad se utiliza para dividir el agua en hidrógeno y oxígeno se llama *electrolisis*.
 - ▶ (Considérense la existencia de otros métodos, como la termólisis)
- ▶ Ésta reacción química toma lugar en una máquina denominada electrolizador.

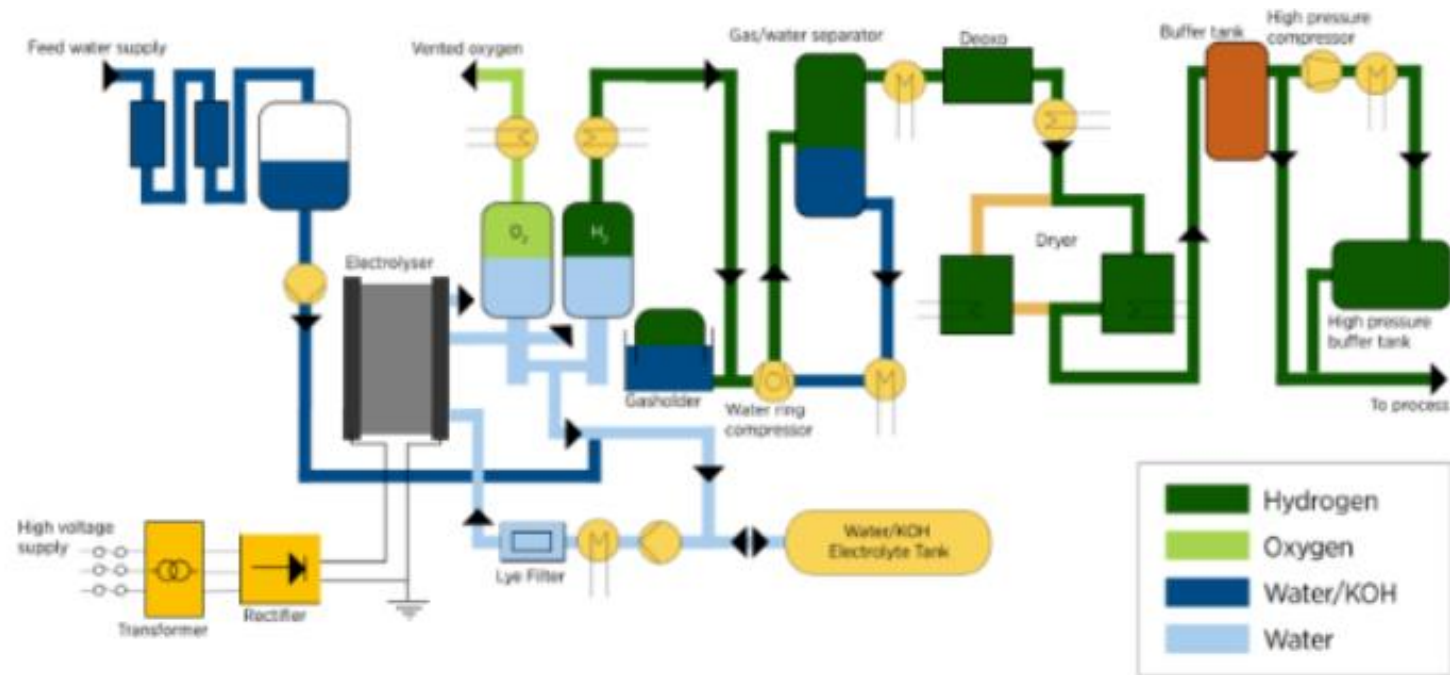


Electrolizadores

- ▶ Existen además distintas tecnologías, siendo las más comunes: **Electrolisis alcalina** y electrólisis por intercambio de protones a través de membrana (PEM).
- ▶ A su turno la eficiencia y costo del electrolizador dependerá de su *stack*, *i.e.* el conjunto de ánodos, conjunto de electrodos (ánodos y cátodos) y electrolitos, intercalados, y apilados en una estructura.
- ▶ La eficiencia de los *stacks* dependerá de sus elementos (e.g. iridio o platino).
- ▶ El costo de un electrolizador hoy es de aproximadamente USD 800-840 por Kg., pero se espera reducirse a USD 130 por Kg., al 2050.



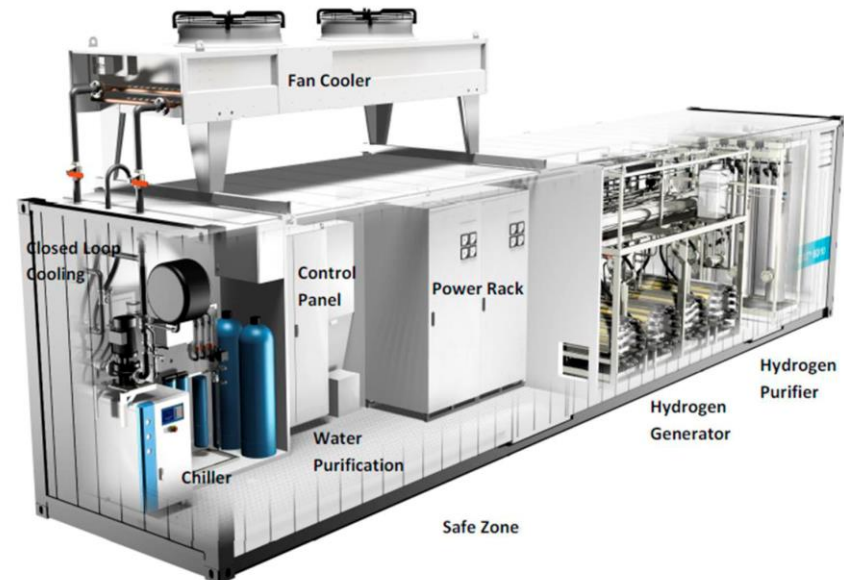
Electrolizadores: Esquema



Note: This configuration is for a generic system and might not be representative of all existing manufacturers.

Basado en IDFNA analitic

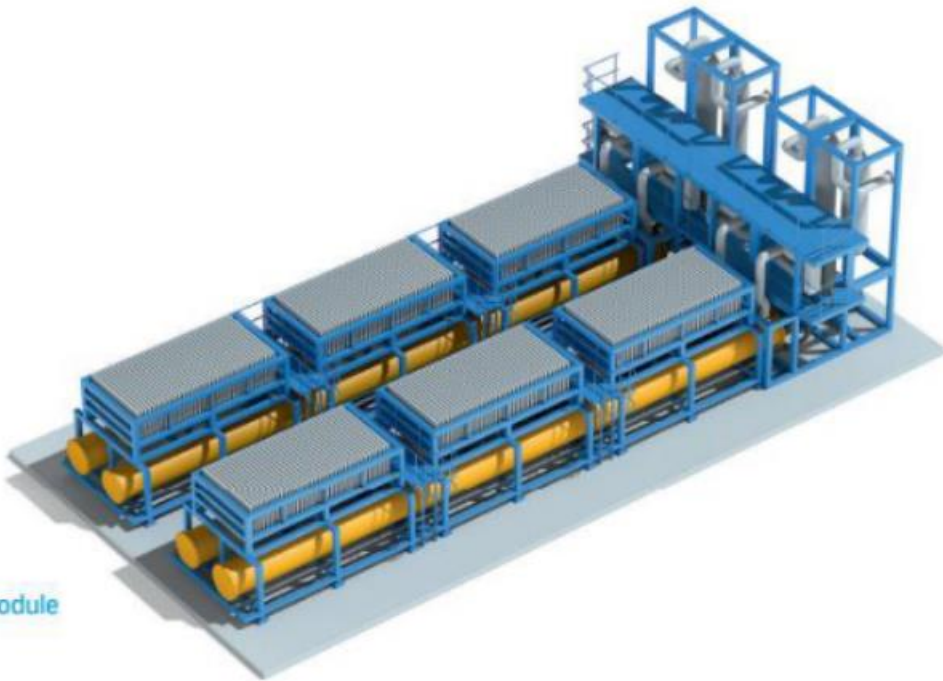
- Nótese entonces la modularidad de las unidades y su “escalabilidad”.



Electrolizadores

- ▶ Los electrolizadores pueden variar en tamaño y capacidad. Pueden ser del tamaño de una lavadora, o bien, de un tamaño mayor, para producción industrial.
- ▶ Fotos: Capacidad de 20 MW (aproximadamente cancha de futbol americano)
- ▶ Capacidad de 5 MW

20 MW module

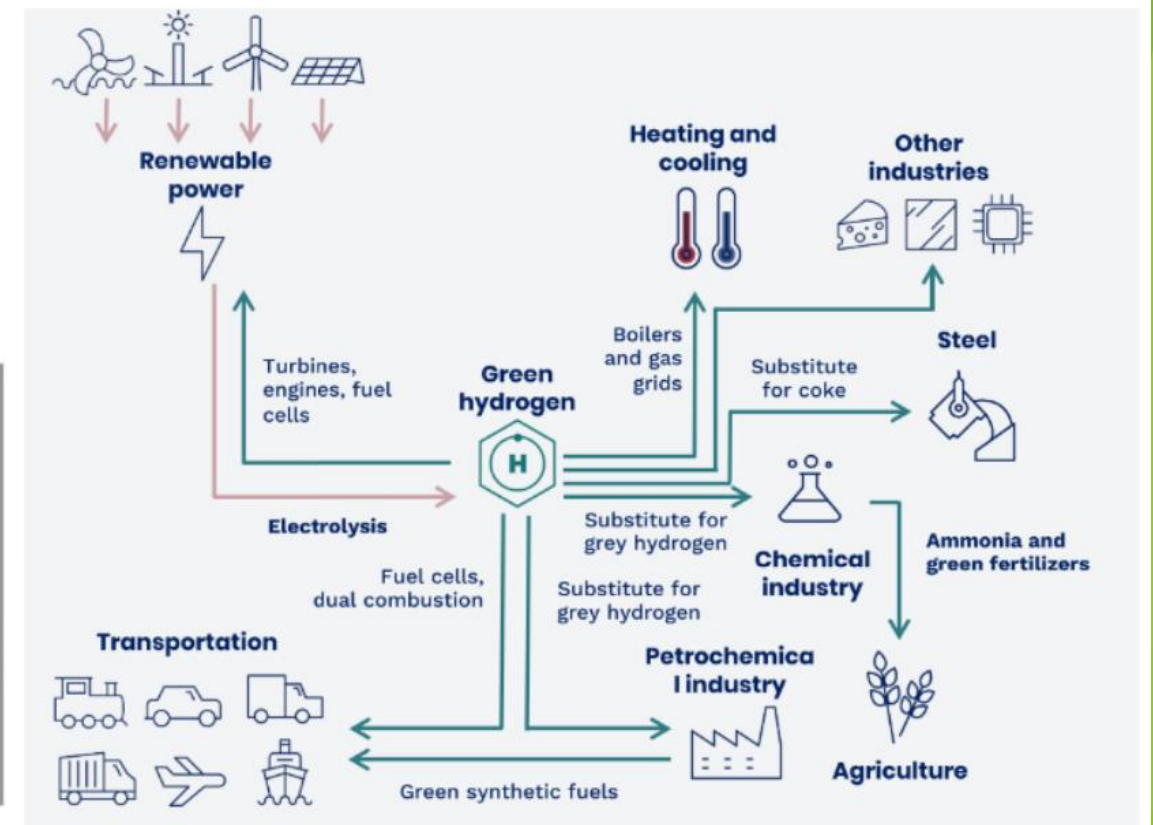
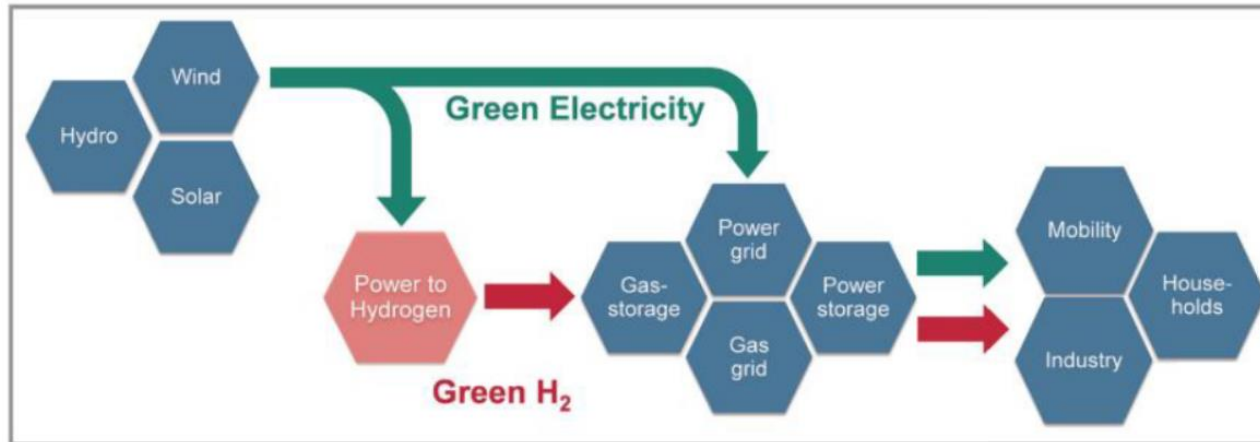


¿Qué es el Hidrógeno Verde?

- ▶ Vimos entonces la producción del hidrógeno, mediante la electrolisis, y la complejidad de los electrolizadores.
- ▶ **¿Qué constituye en consecuencia el hidrógeno verde?**
- ▶ Como ya habrán adivinado, la electrolisis es impulsada por energías renovables no convencionales / o de fuente variable, no emitiendo por tanto, en ningún momento gases de efecto invernadero.
- ▶ Por ejemplo, un parque Solar no emite Dióxido de Carbono, y luego el único producto de la electrólisis es: oxígeno.
- ▶ Existen otros colores (e.g. hidrógeno gris, cuya electrólisis está impulsada por gas natural, o bien aquél hidrógeno creado mediante carbón, hidrógeno café).

Cadena de valor.

Teniendo presente lo anterior, se hace necesario revisar los otros componentes que *rodean* la electrólisis, y que en consecuencia, permiten el desarrollo de una industria del H₂V.



Podríamos resumir la cadena en los siguientes hitos:

- (i) Generación;
- (ii) Producción y Acondicionamiento (compresión, licuefacción, amoniaco);
- (iii) Almacenamiento;
- (iv) Transporte/distribución/exportación.

Costos de infraestructura: Planificación de la industria y densidad energética.

- ▶ La literatura ha identificado que la planificación del sitio en el cual se emplace la infraestructura asociada al hidrógeno es clave para su avance, considerándose las distancias físicas entre los *distintos eslabones de la cadena* y la *logística* para conectarlas (siendo además la *producción de H₂V* altamente interdependiente de otras etapas).
- ▶ Los principales elementos de planificación —entre otros— son: *(i)* costo de generación eléctrica; *(ii)* acceso (posibilidad) y costo del precio de la energía; *(iii)* suficiencia de infraestructura de transmisión; *(iv)* posibilidad de almacenamiento; y, *(v)* posibilidad de transporte (gasoductos, acceso a vías y/o trenes).
- ▶ Todos estos elementos asimismo, están conectados por el elemento “*ubicación*” (quédense con esto en mente).

Costos de infraestructura: Planificación de la industria y densidad energética.

- ▶ Con todo, hay un cierto consenso académico y del *policy makers* es que la superficie predial no es un *impedimento crítico* para el desarrollo de la industria, aunque sí una potencial barrera de entrada.
- ▶ Lo anterior se explica por los siguientes elementos:
 - (i) Densidad energética en relación con los requerimientos superficiales/prediales; y,
 - (ii) La escalabilidad de los *stacks* y a su turno de los electrolizadores.
- ▶ En efecto, algunas proyecciones en la literatura indica que:
 - ▶ Alemanes: Una planta de electrólisis de 100 MW, ocuparía 6.300 metros cuadrados;
 - ▶ Holandeses: Una planta de electrólisis de 1 GW tomaría 130.000 metros cuadrados.
 - ▶ Para dar cierta perspectiva una planta de electrolisis de 1.000 GW sería suficiente para sustituir la producción mundial de Hidrógeno, y cabría en la isla de Manhattan.

Costos de infraestructura: Planificación de la industria y densidad energética.



- ▶ De acuerdo a las especificaciones de éste proveedor, cada electrolizador ocupa 16 metros cuadrados.

Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde.

- ▶ Las ventajas en Chile considerándose sus costos en generación mediante fuentes renovables son atractivos.
- ▶ La estrategia chilena es mediante fases:
- ▶ **Primera fase (2020-2025):** Promoción para el consumo de hidrógeno doméstico; Comenzar con aplicaciones de amoníaco; incentivos a lo anterior;
- ▶ **Segunda Fase (2025-2030):** Incrementar exportaciones de amoníaco verde. Creación de *clusters* y consorcios de hidrógeno. Asegurar financiamiento para proyectos de H2V.
- ▶ **Tercera Fase (2030 en adelante):** Aumento en la infraestructura relativa al H2V. La meta es instalar 25 GW de electrolisis. Producción de 1 kg de H2V en USD \$1,5 (siendo el más competitivo del mundo). **Hoy** el costo varía entre USD \$6,35 y \$3,00, cada Kilogramo.

Estado del Arte Regulación

Organismo	Título	Tipo y número del documento	Fecha de publicación
Ministerio de Salud	Aprueba el reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas	DTO-43	25-09-2016
	Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo	DTO-594	14-02-2018
	Aprueba listado de sustancias peligrosas para la salud	RES 408 EXENTA	10-06-2016
Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones	Reglamenta transporte de cargas peligrosas por calles y caminos	DTO-298	02-02-2002
	Actualiza y modifica reglamento de manipulación y almacenamiento de cargas peligrosas en recintos portuarios	Resolución 96	20-01-1997
Ministerio del Trabajo y Previsión Social	Aprueba reglamento sobre prevención de riesgos profesionales	DTO-40	16-09-1995
Ministerio de Minería	Aprueba reglamento de seguridad minera	DTO-132	07-02-2004
INN	Mercancías peligrosas- Clasificación	NCh382.Of98	2017
	Transporte de sustancias peligrosas- Distintivos para identificación de riesgos	NCh2190.Of2003	2003
	Prevención de riesgos - Parte 4: Señales de seguridad para la identificación de riesgos de materiales	NCh1411/4.Of78	2000
	Hoja de datos de seguridad para productos químicos	NCh2245.Of2015	2015

Fuente: Proposición de Estrategia Regulatoria del Hidrógeno para Chile. GIZ

Estado del Arte Regulación

- ▶ Asimismo, regulación más reciente:
- ▶ **Febrero 2021: Ley de Eficiencia Energética No. 21,305** la cual -entre otras materias– categorizó el hidrógeno como un vector energético, quedando en consecuencia bajo la supervigilancia de la institucionalidad energética (i.e. Ministerio de Energía, SEC, et. al.).
- ▶ **Decreto Supremo No. 13/2022**, que “*Aprueba reglamento de seguridad de instalaciones de hidrógeno*”.
 - ▶ Recientemente reingresado para su toma de razón en CGR.
 - ▶ Asimismo, tiene instalaciones excluidas: Surtidoras de hidrogeno; Redes de transporte y distribución; Vehículos que operen; Vehículos , ferrocarriles, naves o aeronaves.
- ▶ **Cámara de Diputados Boletín 14756-08**: Proyecto de ley que “Impulsa la producción y uso del hidrógeno verde en el país”
 - ▶ Establece metas para los concesionarios de distribución de gas, y mezclar (*blending*) hidrógeno.

Otras iniciativas sectoriales:

Diversas Autoridades y Ministerios han ido otorgando guías de apoyo para avanzar en proyectos de Hidrógeno (solo se mencionan para referencia).

- ▶ **Servicio de Evaluación Ambiental: “CRITERIO DE EVALUACIÓN EN EL SEIA: Descripción integrada de proyectos para la generación de hidrógeno verde en el SEIA”.** (marzo 2023)
 - ▶ Entendimiento que hay diversos proyectos en la cadena de valor, con distintos impactos ambientales.
 - ▶ Al efecto, se deberá incluir el proceso o subproceso que más impactos cause, atendido sus efectos sinérgicos (“condición más desfavorable”).
 - ▶ La autoridad indica las tipologías aplicables: Botón de muestra: ñ.3 RSEIA. Sustancias inflamables.

Otras iniciativas sectoriales.

- ▶ **Ministerio de Energía: GUÍA DE APOYO - PARA SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE PROYECTOS ESPECIALES DE HIDRÓGENO (mayo 2021)**
 1. También se considera la cadena de valor: Producción, acondicionamiento, almacenamiento, transporte y distribución;
 2. Los proyectos podrán ser ingresados a la oficina de partes;
 3. Proyectos deberán estar respaldados por normas extranjeras pertinentes, internacionalmente reconocidas (aquí entra reglamento de seguridad).

Otras iniciativas sectoriales.

- ▶ Ministerio de Vivienda y Urbanismo: Circular Ord. 504/ noviembre 2022 DDU 470 (División de Desarrollo Urbano): ***“Uso de suelo aplicable a edificaciones, instalaciones y redes asociadas a la generación de Hidrógeno”***.
 - ▶ LGUC y OGUC;
 - ▶ Infraestructura energética;
 - ▶ Informes favorables de SEREMI Minvu previo informe SAG;
 - ▶ Redes o trazados ***“siempre admitidos”***.
- ▶ ***Especial importancia*** le han dado estudios internacionales (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit; Inter-American Development Bank*), a la planificación urbana y al efecto a la necesidad de modificar los Instrumentos de Planificación Territorial.

Otras iniciativas sectoriales

- ▶ Programa de Ministerio de Bienes Nacionales “*Ventana al Futuro*”.
- ▶ Resolución Exenta No. 998/2021 “*Aprueba Plan Nacional de Fomento al a producción de Hidrógeno Verde en Territorio Fiscal*”.
- ▶ Otorga concesiones onerosas sobre terrenos fiscales, a fin de promover proyectos (tanto generación eléctrica, como de producción de hidrógeno).

Desafío normativo/regulatorio: Preguntas iniciales.

- ▶ Nos parece importante entonces, destacar que independiente de la dispersión normativa que el tratamiento del hidrógeno pueda tener, se hace necesario previamente intentar *categorizar* este elemento, para así definir la *naturaleza jurídica de su tratamiento*.
- ▶ Lo anterior pues, teniendo claro los elementos de la discusión, es posible identificar de mejor manera los bienes jurídicos deseados de protección.

Desafío normativo/regulatorio: Preguntas iniciales.

- ▶ Así las cosas, ya sabemos que el **Hidrógeno es un elemento (naturalmente) gaseoso**. No obstante, **no es un hidrocarburo**.
- ▶ En consecuencia, **no** es del dominio absoluto, inalienable e imprescriptible del Estado, pues no lo vamos a encontrar en un yacimiento (hubo un intento, mediante un proyecto de ley, de declarárselo como Bien Nacional de Uso Público - Boletín 14044-12).
- ▶ Es más bien un gas creado/manufacturado: Es un bien mueble (quasi incorporal, o bien corporal en tanto en cuanto su captura, almacenamiento y distribución).
- ▶ Es cierto que -como pretende el proyecto de ley actualmente en trámite— este gas pueda inyectarse a las redes de gas natural. Pero aquello, se enmarca dentro de las obligaciones del concesionario gasífero.

Desafío normativo/regulatorio: Preguntas iniciales.

- ▶ Por otra parte, es cierto que desde Febrero del año 2021, es un *vector energético*.
- ▶ En este sentido, ¿Es correcto decir que su generación y/o distribución es un servicio público?
- ▶ Dicho de otro modo, ahora que es un vector energético, ¿debería “aprovechar” el legislador y establecer que su provisión debería considerarse como una actividad *publificada*?
- ▶ Pero, ¿cabe intervenir con la técnica concesional un elemento que en rigor, no ha sido declarado como propiedad inalienable e imprescriptible del Estado?
- ▶ O bien, realmente ¿es este elemento parte de la satisfacción de las necesidades públicas, y la producción y distribución de H2V por parte de privados?, ¿es entonces la *publificación de una actividad*?

Desafío normativo/regulatorio: Preguntas iniciales.

- ▶ Por otra parte, se hace necesario considerar que *sin duda alguna* hay un interés público, o al menos una incidencia del H2V en los asuntos humanos: Hay *sin duda alguna, al menos un bien jurídico a ser protegido: Las personas y sus cosas.*
- ▶ Lo anterior se hace claro, con la *actual regulación*. Si bien pueden llevarse a cabo una actividad que involucre hidrógeno, de manera espontánea, igualmente hay restricciones y títulos habilitantes para su desarrollo, principalmente basado en la seguridad (e.g. transporte y almacenamiento de sustancias peligrosas).
- ▶ Así las cosas, *en este punto de la discusión*: nos encontramos ante un elemento que contiene las características de los vectores energéticos, pero *no todas*.
- ▶ “*Tiene cola de león, patas de león, orejas de león, pero no es un león*”.

Técnica autorizacional: *Autorizaciones Administrativas.*

- ▶ En nuestra opinión, y atendida la naturaleza del H2V, se hace necesario utilizar ésta técnica autorizatoria.
- ▶ Su realización es quasi-espontánea, pues la autorización administrativa, (en palabras del Prof. Arancibia) **no** es un mero levantamiento de una prohibición, sino más bien, la *legalización de una actividad sujeta a un modus anterior y posterior* a su realización.
- ▶ **Frontera Autorización - Concesión:**
 - ▶ Concesión es un acto estatal unilateral, de titularidad pública, con fines de comento, policía, servicio o empresa estatal.
 - ▶ En consecuencia, es **muy similar a la autorización: ambas** son habilitantes
 - ▶ **Pero:** En este caso -proponemos— la autorización es más bien el levantamiento de una barrera para ejercer una actividad, de un derecho pre-existente en el particular (y no en el estado, donde yace la titularidad del primero).
- ▶ Podemos llamarlo Autorización de Hidrógeno o bien Permiso de Hidrógeno.

Técnica autorizacional: *Autorizaciones Administrativas.*

- ▶ Más todavía la autorización tiene a su turno, derechos asociados a la misma, que ***corren en paralelo*** al objeto del permiso mismo, es decir: la capacidad de solicitar el Permiso; la capacidad de solicitar su modificación; la capacidad de reclamar (recursos administrativos) contra el contenido del mismo (o su no otorgamiento).
- ▶ ¿Por qué una autorización? ***Qué bienes jurídicos quiere promover/proteger:***
 - (i) ***Seguridad de las personas y sus cosas (Nch. 382);***
 - (ii) ***Certeza jurídica tanto en su objeto como en la confianza legítima a poder obtenerlo (en tanto y en cuanto se cumplan con sus requisitos).***
 - (i) Permite mayor bancabilidad/inversión de los proyectos
 - (ii) Incentivos.
 - (iii) ***Transferibilidad del permiso; y,***
 - (iv) ***Gobernanza*** (escalar de producción doméstica a exportación).

Permiso de Hidrógeno / Cadena de Valor: Experiencia en Regulación Energética.

- ▶ Ustedes dirán, en justicia, ¿qué suma un permiso al ordenamiento jurídico? ¿Acaso las normas existentes no logran éste cometido?
- ▶ Hay -en nuestra opinión—un elemento muy interesante en la LGSE, que ha permitido el desarrollo de la industria energética en Chile, como **actividad publicada**, que convendría tomar del león y aplicarlo a la leona.
- ▶ La “libertad” o bien la opción de elegir ejercer la actividad publicada, pero *sin necesariamente estar revestida de una concesión*. Tal es el caso de, por ejemplo, la transmisión. “*El agente económico va a perseguir una concesión para aprovechar los beneficios del título concesional*” (Vergara).

Permiso de Hidrógeno / Cadena de Valor: Experiencia en Regulación Energética.

- ▶ ***¿Cuál es aquél beneficio? La servidumbre de ocupación y/o tránsito; y/o uso gratuito de bienes nacionales de uso público.***
- ▶ Creemos que para desarrollar ésta actividad, el titular del permiso debiese (pudiese) estar revestido de éste derecho.
- ▶ Aquí, nuevamente nos empalmamos con el principio de nuestra presentación: la modularidad y la escalabilidad, la densidad energética por metro cuadrado (recuérdese la ***ubicación*** de los proyectos de electrólisis).
- ▶ Incluir también La transmisión del gas mediante ductos (“*pipeline governance*”).
- ▶ En este sentido, considérese (por ejemplo): ***un permiso de generación (podría incluir acondicionamiento); permiso de almacenamiento; y/o permiso de transporte.***
- ▶ Más todavía, la regulación actual no permite la interposición de dichas servidumbres / uso de BBNN, en la medida que no sean de Fuente legal (*numerus clausus*).

Permiso de Hidrógeno / Cadena de Valor: Experiencia en Regulación Energética.

- ▶ En este sentido, considérese (por ejemplo): *un permiso de generación (podría incluir acondicionamiento); permiso de almacenamiento; y/o permiso de transporte.*
- ▶ Más todavía, como bien sabemos, la regulación actual y dispersa, no permitiría la interposición de dichas servidumbres / uso grat. de BBNN, en la medida que *no sean de Fuente legal (numerus clausus).*

Permiso de Hidrógeno / Cadena de Valor: Experiencia en Regulación Energética.

- ▶ ¿Qué ocurre con la generación y/o los elementos energéticos?
- ▶ Puede existir convivencia de permisos con concesiones, e.g. una subestación eléctrica.
- ▶ Con todo, sí nos permitimos proponer lo siguiente:
- ▶ Actualmente la política Ventana al Futuro indica que para el uso de concesión onerosa de predios fiscales podrán inclusive, desarrollarse proyectos de energía *exclusivamente* para las edificaciones de hidrógeno (e.g. electrolizadores).
- ▶ Entonces, y por ejemplo:
 - ▶ Proyecto conectado al SEN, la planta electrolizadora deberá retirar la energía que la planta de renovables ingresó, tolerándose un margen de error de un 20%.

Permiso de Hidrógeno / Cadena de Valor: Experiencia en Regulación Energética.

- ▶ Este título habilitante, *no* tiene por qué ser omnicompreensivo.
- ▶ No sería necesario, en nuestra visión, fundar un *Corpus Iuris Hydrogenium*.
- ▶ Sin duda que en otras actividades de recursos naturales en Chile (e.g. minas, energía), existen un cúmulo de permisos sectoriales.
- ▶ No obstante lo anterior, es cierto -consideramos– que un título habilitante (así como la concesión tanto en minería como en energía), es una deseable piedra angular que sistematiza el ordenamiento jurídico, y provee seguridad a los privados.

Permiso de Hidrógeno / Cadena de Valor: Experiencia en Regulación Energética.

- ▶ Cuales serían los requisitos que habiliten el otorgamiento del permiso:
- ▶ Principalmente:
 - (i) Seguridad en las personas y sus cosas (cumplimiento reglamento seguridad, estándares internacionales, se hace necesario nuevo reglamento);
 - (ii) Tramitación similar a la de las concesiones hoy. Su tramitación ya está relativamente sistematizada en la guía de apoyo a proyectos especiales del Ministerio de Energía.
 - (iii) **Fundamental importancia:** Planos especiales de servidumbre.

Permiso de Hidrógeno / Cadena de Valor: Experiencia en Regulación Energética.

- ▶ Qué preguntas quedan:
- ▶ ¿Someteremos al mismo permiso la generación eléctrica?
- ▶ ¿Separamos servidumbres de producción con transporte?
- ▶ ¿Podría obligar a un productor a estar coordinado? ¿Hasta qué punto? Qué pasa si aquél productor es solamente un exportador?
- ▶ ¿Debiera pagar una tasa para mantener el “amparo del permiso”?

Conclusiones

- ▶ En este sentido, si los “tomadores de decisiones” (*stakeholders, policy makers*) quieren “*tomarse en serio*” las etapas de producción doméstica y luego internacional, debemos incentivar la seguridad técnica como jurídica de la producción de H2V.
- ▶ El permiso revestido de una servidumbre, permite lo que -en nuestra opinión—ha permitido el desarrollo del escenario energético actual. Aquella cierta laxitud para los privados, y conveniencia en la planificación
- ▶ Dicha conveniencia en la planificación, “ataca” las barreras de entrada que puedan presentarse en cada uno de los eslabones que puedan existir en la cadena de valor. Asimismo permite, *desacoplar* la cadena y obtener el valor intrínseco en cada uno de ellos.
- ▶ Toma “*lo bueno*” de la actividad concesional, pero *no* circunscribe ni al legislador ni al privado al clivaje de la *publicatio*.

Muchísimas gracias.

Preguntas? Comentarios?

- ▶ *"Creo que un día el **agua** será un carburante, que el **hidrógeno** y el oxígeno que la constituyen, utilizados solos o conjuntamente, proporcionarán una **fente inagotable de energía y de luz**, con una intensidad que el carbón no puede; dado que las reservas de carbón se agotarán, nos calentaremos gracias al agua. **El agua será el carbón del futuro**".*

Julio Verne "La isla misteriosa" (1874).